



大豆资源抗旱表型指标筛选及抗旱性评价

赵晶云,马俊奎,任小俊,任海红,刘小荣,刘学义

(山西农业大学 经济作物研究所,山西 太原 030001)

摘要:为探讨快捷鉴定大豆资源抗旱性的表型性状评价指标及评价方法,设置正常灌水和干旱处理,以黄淮海地区122份大豆资源为材料,分析干旱胁迫对大豆主要农艺性状的影响及其变化情况,筛选高效的大豆抗旱性评价表型指标性状。结果表明:干旱胁迫下,不同大豆资源的生物产量变异量最大,其次为单株粒数、株高、单株产量、单株荚数、生育期、百粒重和有效分枝数;前5个性状的变化量之和占8个性状变化总量的90.25%;干旱对各性状的抑制率分别为43.89%、43.29%、40.36%、39.66%、28.13%、19.70%、6.77%和4.02%。通过分析水旱两种条件下主要农艺性状的方差、变异系数、差值及抗旱指数,确定以产量、生物产量、单株荚数和株高4个性状作为抗旱鉴定的评价指标,为抗旱性评价提供了简捷有效的表型指标依据。以高度抗旱大豆品种晋豆21号为对照,基于这4个评价指标,计算标准抗旱指数,根据五级抗旱分类方法,鉴定出5份高度抗旱材料(汾豆92、石豆658、石豆111、阜02-1和周09013-1-1),及11份中高抗旱材料。

关键词:大豆;干旱胁迫;抗旱性鉴定;表型;指标

Screening of Soybean Drought Resistance Phenotypic Index and Evaluation of Drought Resistant Resources

ZHAO Jing-yun, MA Jun-kui, REN Xiao-jun, REN Hai-hong, LIU Xiao-rong, LIU Xue-yi

(Institute of Cash Crops, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030001, China)

Abstract: In order to explore the evaluation indexes and evaluation methods of phenotypic traits for rapid identification of drought resistance of soybean resources, we set up normal irrigation and drought treatments, used 122 soybean resources in Huang-Huai-Hai region to study the effects of drought stress on main agronomic characters of soybean and its variation, selection of high efficient drought resistance evaluation phenotypic index characters. The results showed that the variation of biomass yield was the largest under drought stress, followed by the seeds number per plant, plant height, yield per plant, pods number per plant, growth period, 100-seed weight and effective branching number. The total variation of the first five characters accounting for 90.25% of the total variation of the eight characters, and the inhibition rates of drought to the characters were 43.89%, 43.29%, 40.36%, 39.66%, 28.13%, 19.70%, 6.77% and 4.02%, respectively. Through the analysis of variance, coefficient of variation, difference and drought resistance index under the conditions of flood and drought, the yield, biological yield, pods number per plant and plant height were established as the evaluation indexes of drought resistance, which provided a simple and effective phenotypic index for drought resistance evaluation. In comparison with Jindou 21, based on these four evaluation indicators, calculated the standard drought resistance index, and according to the five-level drought resistance classification method, five high drought-resistant materials (Fendou 92, Shidou 658, Shidou 111, Fu 02-1 and Zhou 09013-1-1), and eleven middle-high drought-resistant varieties were evaluated by this comprehensive drought-resistant index method.

Keywords: soybean; drought stress; drought resistance identification; phenotype; indicator

大豆是人类获取优质植物蛋白的重要来源,干旱会造成大豆大幅度减产,是制约大豆产量的主要因素之一。选育抗旱性大豆品种是应对干旱减产最有效的方式,而抗旱大豆资源是选育抗旱品种的必备条件,因此对于资源抗旱性的有效评价具有十分重要的意义。

农作物品种抗旱性是由多个基因控制的数量性状^[1],表型随环境变化而变化,抗旱性的有效评价较为复杂不易。大豆生长发育受环境影响较大,抗旱程度在不同旱胁迫下表现不同,到目前为止,

尚未发现可以作为大豆抗旱性鉴定的稳定性状指标^[2]。国内外科研工作者对大豆抗旱性研究做了大量的工作,形成了实验室盆栽鉴定法、田间鉴定法^[3]、土壤反复干旱法^[4]、集水槽法^[5]等多种涉及不同空间、胁迫方式、时期^[6-9]的鉴定方法。同时也建立了多样性的分析方法:产量直接评价法^[10]、抗旱系数法^[9-12]、有隶属函数法^[8,11,13-20]、抗旱指数法^[12,18]、相对值法^[9]、主成分分析法^[9,12,21]、聚类法^[8-9,12,22-23]、灰色关联法^[7-8,24]、判别法^[9]以及各种类型的综合评价^[8-9,12,18,20]。方法的发展固然有其

收稿日期:2022-02-05

基金项目:国家大豆产业技术体系(CARS-04-CES19);山西农业科学院青年基金项目(YCX2020YQ62)。

第一作者:赵晶云(1976—),女,硕士,副研究员,主要从事大豆育种研究。E-mail:zhongjiyw@126.com。

通讯作者:刘学义(1959—),男,研究员,主要从事大豆育种研究。E-mail:lxy1959@126.com。

科学性,但准确的抗旱性评价还取决于所选择指标性状的科学性。随着大豆抗旱研究的深入,形成了一批的与抗旱相关的形态学^[5,7-9,11,13,15,19-22]及生理生化指标^[7-8,16,18],已在实际育种工作中得到一定的应用。但好多生理生化指标的使用要结合实验室数据分析或通用性不好,使用较为复杂,迫切需要简单、直观且能够快速形成鉴定结果的指标。

抗旱性是由多基因控制的数量性状,对于抗旱性评价来说,选择的指标愈多,其结果愈可靠,但是简单高效的筛选指标是抗旱性评价的理想追求,特别是当进行大量种质材料鉴定时,简单高效的表型性状指标更是至关重要。本研究通过综合分析干旱胁迫及水分充足条件下大豆 8 个主要生长性状变化情况,筛选确定适当的抗旱评价表型性状指标,并对大豆的抗旱性进行评价,以期为大豆资源的抗旱性鉴定提供简捷高效的表型指标依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2017 年在山西省农业科学院经济作物研究所试验田进行。土质为砂壤,土壤耕作层有机质 8.23 g·kg⁻¹。全氮 0.75 g·kg⁻¹,有效磷含量 5.2 mg·kg⁻¹,速效钾含量 45.2 mg·kg⁻¹。试验地无霜期 180 d 左右,年均降雨量 470 mm,属西北干旱半干旱型气候。

1.2 材料

供试材料为黄淮海地区的 122 份大豆种质资源,是近年参加黄淮海多点鉴定参试材料,由本单位收集。对照为高度抗旱品种晋豆 21 号。

1.3 试验设计

1.3.1 品种种植和试验地管理 供试材料单行种植,行长 3 m,行距 50 cm,株距 18.7 cm,3 次重复。采用水旱对比处理法,旱处理用集水槽法^[4],每两行间放置一个 25 cm 宽的集水槽,收集一半雨水,通过薄膜排出。春播,4 月 28 日播种。播前统一浇水,旱地处理出苗到成熟不再灌水。水地处理根据当年旱情分别于 6 月 20 日和 7 月 20 日浇水,使其生长不受旱情影响,每次供水量为 1 125 m³·hm⁻²。

1.3.2 综合鉴定指标确立 对 122 份材料的表型性状进行调查,计算干旱胁迫下各表型性状的抑制率,分析干旱对大豆主要农艺性状的影响。分析干旱处理、灌溉处理下大豆主要农艺性状的平均值、变化范围、标准方差、变异系数及多个性状累计值,并比较两个处理下各表型数据相应差值和抗旱系数,综合分析并确定大豆抗旱性综合鉴定指标。

1.3.3 抗旱评价 根据大豆抗旱性综合鉴定指标,以晋豆 21 号为对照,计算 122 份材料的抗旱系数、抗旱指数及标准抗旱指数。采用五级抗旱分类方

法,以标准抗旱性指数为依据进行分类,鉴定高抗旱和中高抗旱大豆材料。标准抗旱指数为材料的最终抗旱性鉴定结果。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 生长性状 参照邱丽娟等^[10]的方法,考察生育期、产量、收获地上部干重(代表生物产量)、单株荚数、单株粒数、百粒重、株高和有效分枝数。

1.4.2 抑制率 $抑制率(\%) = (1 - \frac{旱地值}{水地值}) \times 100$

1.4.3 抗旱系数 通过性状筛选确定抗旱性指标性状并进行抗性评价。以高度抗旱品种晋豆 21 号为对照,其标准抗旱指数为 0.762 9^[3],计算供试材料的抗旱系数,抗旱系数 $Y_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{x_{ij}}{y_{ij}}$,其中, x_{ij} 是 i 品系 j 性状的旱处理性状值, y_{ij} 为 i 品系 j 性状水处理性状值, n 为选择的表型性状数量。

1.4.4 抗旱指数 $B_i = Y_i \times \frac{x_i}{\Delta X}$,其中, B_i 为抗旱指数, x_i 指 i 品系的旱地产量, ΔX 为对照品种(晋豆 21 号)的旱地产量。

1.4.5 标准抗旱指数 $b_i = \frac{B_i \times \Delta b}{\Delta B}$,其中, b_i 为标准抗旱指数; Δb 为汾阳晋豆 21 号标准抗旱指数, $\Delta b = 0.762 9$, ΔB 为对照晋豆 21 号的实际抗旱指数。

1.4.6 抗旱分级标准 一级:高抗旱品种, $b_i \geq 0.70$;二级:中高抗旱品种, $0.70 > b_i \geq 0.60$;三级:抗旱品种, $0.60 > b_i \geq 0.50$;四级:中敏感品种, $0.50 > b_i \geq 0.40$;五级:敏感品种, $b_i < 0.40$ 。

1.5 数据分析

使用 Excel 2003 数据处理及分析。

2 结果与分析

2.1 干旱对大豆主要农艺性状的影响

基于对抗旱综合指标简化处理的计算表明,干旱对主要农艺性状的抑制率由大到小依次为单株粒数(43.89%)、单株荚数(43.29%)、单株产量(40.36%)、生物产量(39.66%)、有效分枝数(28.13%)、株高(19.70%)、生育期(6.77%)和百粒重(4.02%)。结果说明干旱胁迫下大豆主要农艺性状变化十分明显。

主要农艺性状水旱处理差值绝对量分析结果显示,干旱胁迫的影响程度依次为生物产量、单株粒数、单株产量、单株荚数、株高、生育期、分枝数和百粒重。水旱处理间各性状平均差值为,单株生物产量 116.0 g、单株粒数 65.7 粒、单株产量 49.2 g,单株荚数 31.3 个、株高 19.6 cm、生育期 9.7 d、分枝数 0.9 个、百粒重 0.8 g(表 1)。由于各个性状单位不同,数量差值可反映一般表观情况,而不能对干旱抑制程度进行定量比较。

表 1 不同处理下大豆种质资源主要农艺性状差异分析

Table 1 Analysis on difference of main agronomic characters of soybean germplasm resources under different treatments

| 处理 Treatmeat | 性状 Agronomic trait | 平均值 Average | 范围 Range | 标准方差 SD | 变异系数 CV/% |
|--|-------------------------------|----------------|---------------|------------|--------------|
| 干旱处理 Drought | 单株产量 Yield per plant/g | 72.7 | 27.5 ~ 124.2 | 18.92 | 26.03 |
| | 株高 Plant height/cm | 79.9 | 32.8 ~ 134.4 | 19.79 | 24.77 |
| | 生物产量 Biomass/g | 176.5 | 80.0 ~ 320.0 | 48.33 | 27.39 |
| | 单株荚数 Pods number per plant | 41.0 | 14.3 ~ 92.3 | 16.74 | 40.81 |
| | 单株粒数 Seeds number per plant | 84.0 | 30.3 ~ 198.0 | 32.40 | 38.57 |
| | 有效分枝数 Effective branch number | 2.3 | 0 ~ 4.7 | 1.07 | 47.06 |
| | 百粒重 100-seed weight/g | 19.1 | 11.8 ~ 24.4 | 4.49 | 23.51 |
| | 生育期 Growth period/d | 133.6 | 110.0 ~ 148.0 | 9.15 | 6.85 |
| | 共计 Total | | | 150.89 | 234.99 |
| 灌溉处理 Irrigation | 单株产量 Yield per plant/g | 121.9 | 43.8 ~ 255.0 | 42.46 | 34.83 |
| | 株高 Plant height/cm | 99.5 | 40.7 ~ 167.3 | 19.31 | 19.40 |
| | 生物产量 Biomass/g | 292.5 | 125.0 ~ 585.0 | 93.70 | 32.03 |
| | 单株荚数 Pods number per plant | 72.3 | 28.0 ~ 159.0 | 24.22 | 33.49 |
| | 单株粒数 Seeds number per plant | 149.7 | 34.7 ~ 284.0 | 54.38 | 36.31 |
| | 有效分枝数 Effective branch number | 3.2 | 0.3 ~ 6.3 | 1.54 | 48.24 |
| | 百粒重 100-seed weight/g | 19.9 | 12.4 ~ 25.3 | 5.05 | 25.38 |
| | 生育期 Growth period/d | 143.3 | 119.0 ~ 160.0 | 10.03 | 7.00 |
| | 共计 Total | | | 250.68 | 236.68 |
| 水旱处理差值 Difference between water and drought treatment | 单株产量 Yield per plant/g | 49.2 | | 23.54 | 8.80 |
| | 株高 Plant height/cm | 19.6 | | -0.48 | -5.37 |
| | 生物产量 Biomass/g | 116.0 | | 45.37 | 4.64 |
| | 单株荚数 Pods number per plant | 31.3 | | 7.48 | -7.32 |
| | 单株粒数 Seeds number per plant | 65.7 | | 21.98 | -2.26 |
| | 有效分枝数 Effective branch number | 0.9 | | 0.47 | 1.18 |
| | 百粒重 100-seed weight/g | 0.8 | | 0.56 | 1.87 |
| | 生育期 Growth period/d | 9.8 | | 0.88 | 0.15 |
| | 平均值 Average value | 36.7 | | 12.50 | 0.20 |
| 抗旱系数 Drought resistance coefficient | 单株产量 Yield per plant/g | 0.60 | | 0.45 | 0.75 |
| | 株高 Plant height/cm | 0.80 | | 1.02 | 1.28 |
| | 生物产量 Biomass/g | 0.60 | | 0.52 | 0.86 |
| | 单株荚数 Pods number per plant | 0.57 | | 0.69 | 1.22 |
| | 单株粒数 Seeds number per plant | 0.56 | | 0.60 | 1.06 |
| | 有效分枝数 Effective branch number | 0.71 | | 0.69 | 0.98 |
| | 百粒重 100-seed weight/g | 0.96 | | 0.89 | 0.93 |
| | 生育期 Growth period/d | 0.93 | | 0.91 | 0.98 |
| | 平均值 Average value | 0.72 | | 0.72 | 1.01 |
| 抑制率 Inhibition rate/% | 单株产量 Yield per plant/g | 40.36 | | | |
| | 株高 Plant height/cm | 19.70 | | | |
| | 生物产量 Biomass/g | 39.66 | | | |
| | 单株荚数 Pods number per plant | 43.29 | | | |
| | 单株粒数 Seeds number per plant | 43.89 | | | |
| | 有效分枝数 Effective branch number | 28.13 | | | |
| | 百粒重 100-seed weight/g | 4.02 | | | |
| | 生育期 Growth period/d | 6.77 | | | |

2.2 不同处理大豆主要农艺性状差异分析

对供试 122 份材料 8 个主要农艺性状标准方差分析表明,干旱处理下标准方差累积值为 150.89, 灌水处理下为 250.68,表明干旱胁迫后,主要性状变异量显著降低,而变异系数没有明显差异,二者变异系数累积值分别是 234.99 和 236.68,累积值相差 1.69;干旱胁迫下主要农艺性状的变异幅度并没有与标准方差一样大幅度降低,而非胁迫条件下近似一致,且水和旱处理变异系数差值累积值较小,性状间变异系数差值为 -7.32% ~ 8.79% (表 1)。

基于标准方差分析农艺性状的变异程度表明,灌水处理下生物产量标准方差最大,其次为单株粒数、单株产量、单株荚数、株高、生育期、百粒重和分枝数,变异主要发生在前 5 个性状,标准方差合计为 234.07,占 8 个性状总变量的 93.37%。干旱处理生物产量变异量仍最大,其次为单株粒数、株高、单株产量、单株荚数、生育期、百粒重和有效分枝数;前 5 个性状变异总量之和为 136.18,占到 8 个性状总变量的 90.25%。在灌水和干旱处理间,8 个性状变量的基本排序相同,只是株高与单株产量的位次发生了变化。

水、旱处理性状标准方差的差异较大的性状为生物产量、单株产量、单株粒数和单株荚数,其差值分别为 45.37,23.54,21.98 和 7.48。而株高、生育期、百粒重和分枝数的标准方差变化不大。但株高性状表现比较特别,干旱处理标准方差(19.79)超过灌水处理标准方差(19.31),并且干旱处理下不同品种间株高变异系数值达到 24.77%,较灌水处理高 5.37%。干旱处理中单株荚数和单株粒数的标准方差(16.74,62.40)小于灌水处理(24.22,54.38),但其变异系数均大于灌水处理,旱处理分别较灌水处理高 7.32% 和 2.26%。该结果说明,干旱胁迫主要导致株高、单株荚数和单株粒数大幅变化,从而导致产量降低。

抗旱系数反映了不同性状对于干旱胁迫敏感性反应的不同,抗旱系数的变异系数更为直观。不同性状抗旱系数的变异系数中,3 个最高的变异系数分别为株高、单株荚数、单株粒数,进一步说明这 3 个性状对于干旱胁迫的敏感性更高,对品种的抗旱性影响较大。

2.3 综合鉴定指标的确立

对大豆来说,籽粒产量和生物产量均为主要经济性状,且本研究两个处理的这两个性状标准差及差值都较大,因此,在选择抗旱性评价指标时,需要考虑到籽粒产量和生物产量。百粒重、分枝数和生育期 3 个性状变量较低,且变量差异不明显,表明这 3 个性状相对稳定,对于干旱反映相对迟钝,不宜作为指标性状。

株高、单株荚数和单株粒数性状的变异较大,且干旱处理条件下其变异系数大于灌水处理,适合作为抗旱性综合评价指标性状。株高是大豆的重要植物学性状,常常被用作抗旱性鉴定指标。株高是本研究中最活跃的性状,在水、旱处理间的变量不按规律发生变化,旱地处理的标准差和变异系数均大于水处理,对抗旱鉴定值有很大的影响,成为可供选择的抗旱性评价指标性状。单株荚数和单株粒数是大豆产量构成因素中的重要因子,一般应考虑作为指标性状。本研究中这两个性状变异总量、抑制率都比较突出,且干旱处理的变异系数大于大于水处理,变异范围增大,表明它们对于干旱的反映十分敏感,对抗旱性有较大的决定作用,且单株荚数的影响大于单株粒数,二者均可成为可选择的抗旱性评价指标性状。

因此,单株产量、生物产量、株高、单株荚数和单株粒数 5 个性状较适合作为田间水旱处理条件下抗旱性评价的综合指标。生物产量和株高代表生长发育性状,其它为产量性状。如果考虑在抗旱性评价中,增大产量性状的加权量,那么这 5 个性状可以全部采用;如果要保证二者均等,则可以仅选择籽粒产量、生物产量、株高和单株荚数 4 个性状作为综合评价抗旱性的指标。因为大量研究表明单株荚数与单株粒数具有显著相关性,故两个形状中可以只保留 1 个,且单株荚数的变异系数大、相比于单株粒数更易于数据采集。所以本研究选定的抗旱性鉴定指标性状为:单株产量、生物产量、株高、单株荚数。

2.4 抗旱评价

以产量、生物产量、株高和单株荚数为评价指标性状,以晋豆 21 号为对照,计算 122 份材料的抗旱系数、抗旱指数及标准抗旱指数。采用五级分类方法,以标准抗旱性指数为依据进行分类,评价出高度抗旱材料 5 份,中高抗旱材料 11 份(表 2)。

表 2 高抗旱和中高抗旱大豆资源鉴定结果

Table 2 Identification results of high drought-resistant and medium-high drought-resistant soybean resources

| 材料 | 抗旱系数 | 抗旱指数 | 标准抗旱指数 | 抗旱级别 |
|-------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Material | Drought resistance coefficient | Drought resistance index | Standard drought resistance index | Drought resistance level |
| K106-12 | 0.7760 | 0.6578 | 0.6107 | 2 |
| 汾豆 92 | 0.8032 | 0.7835 | 0.7273 | 1 |
| 汾豆 93 | 0.7535 | 0.7254 | 0.6734 | 2 |
| 石豆 473 | 0.8341 | 0.6760 | 0.6275 | 2 |
| 荷 12-68 | 0.6599 | 0.6580 | 0.6108 | 2 |
| SK38 | 0.7548 | 0.7014 | 0.6511 | 2 |
| 泛豆 4 号新系 | 0.8521 | 0.7048 | 0.6543 | 2 |
| 蒙 03-26 | 0.8698 | 0.6767 | 0.6282 | 2 |
| 安豆 5246 | 0.6662 | 0.7029 | 0.6525 | 2 |
| 石豆 658 | 0.6462 | 0.7883 | 0.7318 | 1 |
| 石豆 153 | 0.7030 | 0.7064 | 0.6558 | 2 |
| 石豆 111 | 0.6849 | 0.7542 | 0.7002 | 1 |
| 阜 058-6 | 0.6546 | 0.6700 | 0.6220 | 2 |
| 阜 02-1 | 0.6885 | 0.8142 | 0.7559 | 1 |
| 沧 0627 | 0.6663 | 0.6977 | 0.6477 | 2 |
| 周 09013-1-1 | 0.6861 | 0.7683 | 0.7132 | 1 |

3 讨论

现有大豆抗旱性评定指标的选择中,存在较大的随意性^[11]。目前常用的综合抗旱指数评价法,评价抗旱性的准确性往往取决于性状量的多少,但如采用的性状过多,则数据采集及统计工作量巨大,而对简单高效抗旱表型指标的确定将大大减少工作量,成为抗旱种质鉴定工作的关键。本研究为简化抗旱性鉴定指标,从统计分析入手,对水、旱处理条件下多个表型指标进行分析,筛选出简捷高效的抗旱鉴定表型指标。

产量是抗旱研究的最终目的,刘桂茹等^[25]指出作物的抗旱性最终要体现在产量上,各种指标的正确与否最终需以产量结果做出判断。景蕊莲^[26]也认为应把产量作为抗旱性的重要指标。营养生长是生殖生长的基础,没有一定的营养生长也形不成产量,所以,抗旱性评定中引入营养生长指标是必要的。Songsri 等^[27]指出干旱胁迫下产量的抗旱指数与生物量显著相关。胡福顺^[28]指出,抗旱基因型必须具备旱地产量高和抗旱系数大的双重标准。本研究确定了产量、生物产量、株高、单株荚数这 4 个性状作为主要表型评价要素,增加了营养生长因子,相比于前人提出的多个指标性状更具有相对合理性。

农艺性状的表现型代表着作物品种的遗传特性,变异是衡量各性状表现的差异程度,产量变异

受到不同品种农艺性状的影响^[29],同样抗旱性也受农艺性状变异的影响。本研究中,无论是灌水处理还是旱处理下农艺性状均有丰富的变异表现,与前人的研究结果相同^[30-31]。在受到干旱胁迫时,主要农艺性状的变异量都有所降低,其变异系数范围也出现变小趋势。但是株高、单株荚数和单株粒数受干旱胁迫后,变异系数不降反升,说明这些性状对干旱反映敏感,有必要入选抗旱性指标性状。本研究的结果与刘学义等^[11]对黄淮海地区大豆种质资源鉴定工作中发现的株高在干旱胁迫下的变化一致。这充分印证了在抗旱指标筛选中,要考虑所选指标对胁迫的灵敏性,以确定有效指标范围,使评价结果符合实际表现^[6]。

本研究利用筛选到的指标对供试材料进行抗旱性评价,筛选到汾豆 92、石豆 658、石豆 111、阜 02-1 和周 09013-1-1 共 5 份一级抗旱材料,这些材料在干旱条件下具有较高的产量、生物产量、株高、单株荚数,且水、旱相差不大,与兰巨生^[32]关于抗旱性材料选择的方法要求相符。这 5 份大豆种质可作为今后大豆的抗旱育种基础资源。

4 结论

本研究通过分析正常灌溉和干旱处理条件下,黄淮海地区 122 份大豆资源主要农艺性状变化量、方差、变异系数、差值及其比值,确定以产量、生物产量、单株荚数和株高 4 个性状作为抗旱鉴定的评

价指标,为大豆抗旱性评价提供了简捷有效的表型指标依据。以高度抗旱大豆品种晋豆 21 号为对照,应用综合抗旱指数法,依照这 4 个评价指标,评价出高度抗旱材料 5 份,中高抗旱品种 11 份。

参考文献

[1] 胡荣海, 昌小平. 反复干旱法的生理基础及其应用[J]. 华北农学报, 1996, 11(3): 51-56. (HU R H, CHANG X P. The physiological base and utilization of repeated drought method[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 1996, 11(3): 51-56.)

[2] 王瑞云, 王玉国, 养晓霞. 大豆抗旱的生理生态基础[J]. 山西农业大学学报, 2001, 21(3): 305-307. (WANG R R, WANG Y G, YANG X X. Physio-ecological foundation of drought-resistance of soybean [J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2001, 21(3): 305-307.)

[3] 刘学义. 干旱[M]//林汉明, 常汝镇, 邵桂花, 等. 中国大豆耐逆研究. 北京: 中国农业出版社, 2009: 1-60. (LIU X Y. Drought[M]//LAM H M, CHANG R Z, SHAO G H, et al. Tolerance research on tolerance to stresses in Chinese soybean. Beijing: China Agriculture Press, 2009: 1-60.)

[4] 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. (PU W F, JI Z B, LI G L, et al. Research progress on crop drought-resistance appraisal methods [J]. Journal of Hebei Normal University of Science and Technology, 2011, 25(2): 34-39.)

[5] 马俊奎, 刘小荣, 周伟, 等. 集水槽法在大豆抗旱性鉴定中的应用研究[J]. 大豆科学, 2016, 35(5): 766-771. (MA J K, LIU X R, ZHOU W, et al. Application of collecting trough method on identification of soybean drought resistance [J]. Soybean Science, 2016, 35(5): 766-771.)

[6] 祁旭升, 刘章雄, 关荣霞, 等. 大豆成株期抗旱性鉴定评价方法研究[J]. 作物学报, 2012, 38(4): 665-674. (QI X S, LIU Z X, GUAN R X, et al. Comparison of evaluation methods for drought-resistance at soybean adult stage[J]. Acta Agronomica Sinica, 2012, 38(4): 665-674.)

[7] 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.)

[8] 王燕平, 任海洋, 孙晓环, 等. 不同基因型大豆花荚期抗旱性综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(1): 37-44. (WANG Y P, REN H X, SUN X H, et al. Comprehensive evaluation on drought resistance of different soybean cultivars at flowering-podding stage[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2015, 16(1): 37-44.)

[9] 王敏, 杨万明, 侯燕平, 等. 不同类型大豆花荚期抗旱性形态指标及其综合评价[J]. 核农学报, 2010, 24(1): 154-159. (WANG M, YANG W M, HOU Y P, et al. Morphological indexes of drought resistance of soybean accessions and its comprehensive evaluation on flowering and podding stage [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2010, 24(1): 154-159.)

[10] 邱丽娟, 常汝镇. 大豆种质资源描述规范和数据标准[M]. 北

京: 中国农业出版社, 2006. (QIU L J, CHANG R Z. Descriptors and data standard for soybean [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.)

[11] 刘学义, 张小虎. 黄淮海地区大豆种质资源抗旱性鉴定及其研究[J]. 山西农业科学, 1993, 21(1): 19-24. (LIU X Y, ZHANG X H. Studies and evaluation on drought-tolerances of soybean germ plasm from Huang-Huai-Hai valleys[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 1993, 21(1): 19-24.)

[12] 李贵全, 张海燕, 季兰, 等. 不同大豆品种抗旱性综合评价[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2408-2412. (LI G Q, ZHANG H Y, JI L, et al. Comprehensive evaluation on drought-resistance of different soybean varieties[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(12): 2408-2412.)

[13] 刘学义. 大豆抗旱性评定方法探[J]. 中国油料, 1986(4): 23-26. (LIU X Y. Evaluation method of drought resistance of soybean[J]. Chinese Oil, 1986(4): 23-26.)

[14] 乔亚科, 杨晓倩, 乔潇, 等. 大豆基于形态及生理指标的抗旱性评价及相关性分析[J]. 大豆科学, 2014, 33(5): 667-673. (QIAO Y K, YANG X Q, QIAO X, et al. The correlation of drought-resistance evaluation between agronomic traits and physiological indexes of wild and cultivated soybean[J]. Soybean Science, 2014, 33(5): 667-673.)

[15] 张小虎, 刘学义. 大豆品种资源抗旱性鉴定指标及方法[J]. 山西农业科学, 2011, 39(2): 106-108, 112. (ZHANG X H, LIU X Y. Drought resistance identification index and Methods in Soybean germ plasm[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2011, 39(2): 106-108, 112.)

[16] 张海燕, 焦碧蝉, 李贵全. 大豆抗旱性鉴定指标评价的研究[J]. 大豆科学, 2005, 24(3): 183-188. (ZHANG H Y, JI B C, LI G Q. Study on selecting targets in drought resistance breeding of soybean [J]. Soybean Science, 2005, 24(3): 183-188.)

[17] 孙继颖, 高聚林, 薛春雷. 不同品种大豆抗旱性能比较研究[J]. 华北农学报, 2007, 22(6): 91-97. (SUN J Y, GAO J L, XUE C L. Comparative experiment on drought resistant characters of different soybean varieties [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2007, 22(6): 91-97.)

[18] 谢皓, 朱世明, 包子敬, 等. 干旱胁迫下大豆品种抗旱性评价与筛选[J]. 北京农学院学报, 2008, 23(3): 7-11. (XIE H, ZHU S M, BAO Z J, et al. Identification and selection of soybean drought resistant variety on the drought intimidation[J]. Journal of Beijing Agricultural University, 2008, 23(3): 7-11.)

[19] 汤复跃, 陈渊, 梁江, 等. 广西春大豆品种耐旱性鉴定研究[J]. 广西农学报, 2010, 25(6): 8-11. (TANG F Y, CHEN Y, LIANG J, et al. Study on identification in drought resistance of Guangxi spring soybean varieties [J]. Journal of Guangxi Agricultural, 2010, 25(6): 8-11.)

[20] 闫春娟, 宋书宏, 王文斌, 等. 大豆耐旱种质的鉴定[J]. 大豆科学, 2015, 34(1): 163-167. (YAN C J, SONG S H, WANG W B, et al. Identification of drought tolerans in soybean [J]. Soybean Science, 2015, 34(1): 163-167.)

[21] 潘相文, 李文滨, 李艳华, 等. 主成分分析在大豆抗旱性评价上的应用[J]. 大豆科学, 2006, 25(4): 379-389. (PAN X W, LI W B, LI Y H, et al. Application of principal component analysis in evaluation the drought-resistance of soybean genotypes [J]. Soybean Science, 2006, 25(4): 379-389.)

[22] 崔杰印, 武婷婷, 宋雯雯, 等. 黑龙江中上游地区早熟野生大豆种质资源的抗旱性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(6): 1073-1082. (CUI J Y, WU T T, SONG W W, et al. Drought tolerance evaluation of early-maturing annual wild soybean from the upper and middle reaches of the Heilongjiang River[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(6): 1073-1082.)

[23] 王兴荣, 张彦军, 苟作旺, 等. 大豆种质资源抗旱性综合评价[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(5): 17-23, 40. (WANG X R, ZHANG Y J, GOU Z W, et al. Comprehensive evaluation on drought-resistance traits of soybean germplasm resources[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2015, 33(5): 17-23, 40.)

[24] 臧紫薇, 赵雪, 李海燕, 等. 大豆种质资源苗期抗旱性评价[J]. 大豆科学, 2016, 35(6): 964-968. (ZANG Z W, ZHAO X, LI H Y, et al. Evaluation of drought resistance of soybean germplasm in seedling stage[J]. Soybean Science, 2016, 35(6): 964-968.)

[25] 刘桂茹, 张荣芝, 卢建祥, 等. 小麦品种抗旱性鉴定指标与产量性状关系的探讨[J]. 河北农业大学学报, 1995, 18(1): 10-14. (LIU G R, ZHANG R Z, LU J X, et al. Relationship between yield and indices determining drought-resistance in winter wheat[J]. Journal of Hebei Agricultural University, 1995, 18(1): 10-14.)

[26] 景蕊莲. 作物抗旱研究的现状与思考[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(2): 79-85. (JING R L. Present situation and approach of study on crop drought resistance[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1999, 17(2): 79-85.)

[27] SONGSRI P, JOGLOY S, KESMALA T, et al. Heritability of drought resistance traits and correlation of drought resistance and agronomic traits in peanut[J]. Crop Science, 2008, 48(6): 2245-2253.

[28] 胡福顺. 抗旱性鉴定[M]//李杏普. 小麦遗传资源研究. 北京: 中国农业大学出版社, 1997: 45-63. (HU F S. Drought resistance identification[M]//Li X P. Research on wheat genetic resources. Beijing: China Agricultural University Press, 1997: 45-63.)

[29] 谢成俊, 王平, 李卫民, 等. 小麦收获指数与主要农艺性状的相关性分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(3): 88-93. (XIE C J, WANG P, LI W M, et al. Correlation analysis between wheat harvest index and main agronomic characters[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(3): 88-93.)

[30] 汪宝卿, 张礼凤, 戴海英, 等. 黄淮海地区夏大豆农业性状的遗传变异、相关及主成分分析[J]. 大豆科学, 2012, 31(2): 208-212. (WANG B Q, ZHANG L F, DAI H Y, et al. Genetic variation, correlation and principal component analysis on agronomic traits of summer sowing soybean(*Glycine max* Merr.) in Huanghuai Region[J]. Soybean science, 2012, 31(2): 208-212.)

[31] 李向华, 常汝镇. 中国春大豆品种聚类分析及主成分分析[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 325-332. (LI X H, CHANG R Z. Cluster and principal component analysis of the spring soybean varieties in China[J]. Acta Agronomica Sinica, 1998, 24(3): 325-332.)

[32] 兰巨生. 农作物综合抗旱性的评价[J]. 中国农学通报, 1994, 10(5): 34-35. (LAN J S. Evaluation of comprehensive drought resistance of crops[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 1994, 10(5): 34-35.)

立足黑龙江 辐射全中国 聚焦大农业 促进快发展

2023 年《黑龙江农业科学》征订启事

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主管主办的综合性科技期刊,是全国优秀期刊、黑龙江省优秀期刊。现已被中国核心期刊(遴选)数据库、中国学术期刊综合评价数据库等多家权威数据库收录。

月刊,每月 10 日出版,国内外公开发行。国内邮发代号 14-61,每期定价 25.00 元;国外发行代号 M8321,每期定价 25.00 美元。

热忱欢迎广大农业科研工作者、农业院校师生、农业技术推广人员、管理干部和广大农民群众踊跃订阅。全国各地邮局均可订阅。

地址: 哈尔滨市松北区创新三路 800 号国际农业科技创新中心 1320 室
邮编: 150028
电话: 0451-51522869
投稿网址: <http://hljnykx.haasep.cn>

