

黄淮海大豆种质农艺与品质性状分析及综合评价

徐泽俊, 齐玉军, 邢兴华, 童飞, 王幸

(江苏徐淮地区徐州农业科学研究所, 徐州 221131)

摘要: 以 303 份黄淮海地区大豆种质资源为研究对象, 利用变异系数和 Shannon-Weaver 多样性指数对 11 个农艺性状和 2 个品质性状进行多样性分析, 通过主成分、相关性以及逐步回归分析对大豆种质资源进行综合评价和评价指标筛选, 为黄淮海大豆种质创新和品种选育提供参考。结果表明: 13 个性状变异系数的变化范围为 5.52%~27.61%, 生育日数、每荚粒数、蛋白含量、脂肪含量等 4 个性状较稳定, 株高、单株粒数、单株荚数、单株粒重、百粒重等 5 个性状变异丰富; 13 个性状多样性指数变化范围为 1.9906~2.0956。聚类分析将 303 份大豆种质资源分为 7 个类群, 其中第 V 类群综合性状最好, 可作为黄淮海大豆育种的优质亲本。主成分分析将 13 个性状简化为 4 个主成分, 累积贡献率为 75.051%, 第 1 主成分与单株荚数、粒数有关; 第 2 主成分与蛋白质、脂肪含量有关; 第 3 主成分与籽粒大小有关; 第 4 主成分与单株产量有关。303 份大豆种质资源综合评价 F 值均值为 0.549, ZDD04189 涟水天鹅蛋的 F 值最高 (0.935), ZDD23089 晋品 42 的 F 值最低 (0.207)。通过逐步回归分析得到生育日数、株高、单株粒数、单株粒重、蛋白质含量等 5 个表型性状, 可以作为黄淮海大豆种质表型综合评价的主要指标。

关键词: 大豆; 农艺性状; 品质性状; 遗传多样性; 综合评价

Analysis and Evaluation of Agronomic and Quality Traits in Soybean Germplasms from Huang-Huai-Hai Region

XU Ze-jun, QI Yu-jun, XING Xing-hua, TONG Fei, WANG Xing

(Xuzhou Institute of Agricultural Sciences of Xu-Huai Region of Jiangsu, Xuzhou 221131)

Abstract: Eleven agronomic traits and 2 quality traits in 303 soybean germplasm resources collected from Huang-Huai-Hai region were studied by using variation coefficient and Shannon-Weaver Information index. Principal component analysis, correlation and regression analysis were used to evaluate the soybean germplasm resources and select important characteristics, which provides reference for soybean germplasm resources innovation and breeding in Huang-Huai-Hai Region. The results showed that variation coefficients of 13 descriptive traits ranged from 5.52% to 27.61%, and growth duration, seed number per pod, protein content, and fat content remained relatively stable, while large variations were found in plant height, seed number per plant, pod number per plant, seed weight per plant, and 100-seed weight. Meanwhile, Shannon-Weaver Information index of the above traits ranged from 1.9906 to 2.0956. Cluster analysis divided the 303 soybean germplasm resources into 7 Groups. Group V, which had excellent overall traits, was suitable for use as breeding materials in Huang-Huai-Hai Region. The cumulative contribution of the top 4 principal factors reached 75.051% in principal factors analysis. The first principal factor was related to pod number per plant and seed number per plant, the second principal factor was related to protein content and fat content, the third principal factor was related to seed size, the fourth principal factor was related to single plant yield. The average F value from the evaluation of phenotypic traits of 303 soybean germplasm resources was 0.549. Lianshui Tianedan (ZDD04189) had the

收稿日期: 2021-09-15 修回日期: 2021-10-05 网络出版日期: 2021-11-05

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210915001>

第一作者研究方向为大豆遗传育种与资源研究, E-mail: xzpicture@126.com

通信作者: 王幸, 研究方向为大豆遗传育种与栽培技术, E-mail: sxwangxing@126.com

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFD0100201)

Foundation project: Nation Key Research and Development Programs (2016YFD0100201)

highest F value (0.935), and Jinpin 42 (ZDD23089) the lowest F value (0.207). Five phenotypic traits: growth duration, plant height, seed number per plant, seed weight per plant, and protein content, were selected as an evaluation index of phenotypic traits of soybean germplasm resources in Huang-Huai-Hai region by stepwise regression analysis.

Key words: soybean; agronomic traits; quality traits; genetic diversity; evaluation

大豆起源于中国,是植物蛋白和油脂的最重要原料。黄淮海地区是我国大豆主产区之一,但近年来种植面积逐步下降,主要原因在于大豆单产低,种植效益低于玉米、水稻等农作物,而品种改良是实现大豆增产的最有效途径之一^[1]。我国拥有丰富的大豆种质资源^[2],资源的多样性对大豆品种改良具有重要作用^[3],农艺和品质性状是评判大豆种质资源优劣的两大类重点性状,这些性状多为数量性状,易受环境因素影响。

大豆农艺、品质性状的评价分析多采用聚类分析^[4-5]、变异分析^[6-10]、相关性分析^[7-9, 11-14]、主成分分析^[4-5, 9, 11-14]等方法。张礼凤等^[4]对 205 份山东大豆种质资源进行形态多样性分析,结果表明总体上数量性状形态多样性指数大于质量性状。赵朝森等^[8]研究显示江西省大豆种质资源的品质性状遗传变异系数小,蛋白质含量及蛋脂总含量高而脂肪含量低是江西省大豆种质资源的突出特点。李强等^[12]对北方春大豆区 151 份大豆资源的研究表明,参试品种的变异系数较大,各品种间性状差异达极显著水平,产量与有效分枝数、蛋白质含量之外的性状均呈显著或极显著相关。李艳花等^[5]将 103 份重庆市大豆地方品种聚为 6 类,各类群间的表型分化与地理分布既有一定的联系又不绝对相关。赵朝森等^[9]分析了 239 份国外大豆资源的 15 个农艺及品质性状,归纳出产量构成因子、粒荚因子、株高因子、品质因子、生育期因子等 5 个主成分,累计贡献率达 84.419%,并筛选出 22 份蛋白质、脂肪含量高,大粒的特异资源。代希茜等^[13]通过多种分析方法相结合,研究了 451 份云南省夏大豆种质资源的 11 个重要表型性状,建立了可用于大豆种质综合评价的数学模型,为定向选择有重要价值的亲本提供依据。

基于种质资源的表型性状,利用隶属函数法与主成分分析相结合对种质资源进行综合评价的方法已在水稻^[15]、陆地棉^[16]、花生^[17]、宽皮柑橘^[18]等作物的表型性状综合评价中得到应用。然而对黄淮海大豆种质资源表型性状综合评价的研究不多见。本研究在徐州地区对 303 份黄淮海大豆种质进行 3 年

的农艺、品质性状鉴定,结合多样性分析、聚类分析、隶属函数法、相关分析、主成分分析和逐步回归方法进行综合评价,为合理利用这批大豆资源进行新品种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

303 份试验材料来源于北京、山东、江苏等 10 个黄淮海省区市,由中国农业科学院作物科学研究所提供。

1.2 试验设计

2018-2020 年试验材料种植于徐州农科所试验示范基地 (34° 17' 49" N, 117° 24' 10" E), 试验地海拔 29 m。生育期间 (6-10 月), 平均降水 698.9 mm, 平均气温 24.5 °C, 日照时数 888.9 h。前茬小麦, 2018 年播种前土壤有机质含量为 1.37%, 全氮含量为 2.51×10^3 mg/kg, 速效磷含量为 22.3 mg/kg, 速效钾含量为 113.65 mg/kg。

6 月中下旬播种, 2 行区, 行长 2 m, 行距 0.4 m、每行留苗 15 株左右。肥水管理及病虫害防治和正常大田生产相同。

1.3 测定性状

按照《大豆种质资源描述规范和数据标准》^[19], 记载各品种开花期、成熟期并计算初花日数、生育日数。成熟后每小区非边缘区域随机选取 10 株进行室内考种, 主要考察株高、底荚高度、主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、每荚粒数、单株粒重、百粒重; 使用波通 DA7200 近红外品质分析仪测定脂肪、蛋白质含量。以 3 年的平均值进行描述性统计分析和相关性分析。

1.4 数据分析

根据各性状的平均值 (\bar{x}) 和标准差 (σ) 划分性状的等级, 按照公式 $\bar{x} \pm k\sigma$ ($k=0, 0.5, 1, 1.5, 2$) 将各个性状的数值进行分级, 级别从 1 级 [$X_i < (\bar{x} - 2\sigma)$] 到 10 级 [$X_i > (\bar{x} + 2\sigma)$]; 公式 $P_{ij} = n_{ij} / n$ 用于计算每一级的分布频率, P_{ij} 表示第 i 个性状处于第 j 个变异的分布频率, n_{ij} 表示第 i 个性状处于第 j 个变异的材料个数, n 表示试验材料的总数; 利用公式

$H = -\sum p_{ij} \ln p_{ij}$ 计算群体多样性指数, 其中 \ln 为自然对数^[20-21]。

1.5 大豆种质综合评价方法

通过模糊隶属函数法^[17,22]将 303 份大豆种质的 13 个表型性状函数值定义在 $[0, 1]$ 区间内, 计算公式: $U_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$ 。 U_{ij} 表示隶属函数值, X_{ij} 表示品种 i 在指标 j 的测定值, X_{jmin} 与 X_{jmax} 表示试验材料 j 的最小值和最大值。对标准化后的 13 个性状进行主成分分析, 将标准化表型性状数据乘以相应主成分因子得分系数, 计算各个主成分的得分 (F_n), 结合主成分因子权重 (V_n) 计算每份种质的综合得分 (F 值)^[17-18], $F = V_1F_1 + V_2F_2 + \dots + V_nF_n$ 。

利用 Excel 2016 整理各性状数据并进行描述性统计分析, SPSS Statistics 20.0 进行聚类分析、相关性分析、主成分分析和回归分析。

2 结果与分析

2.1 大豆种质资源农艺和品质性状描述性统计

对 303 份大豆种质资源的 13 个性状进行描述

性统计分析(表 1), 13 个性状的变异系数范围为 5.52%~27.61%, 平均值为 18.45%, 株高的变异系数最大, 变异幅度为 22.3~122.0 cm, 蛋白质含量变异系数最小, 变异幅度为 35.7%~50.6%。变异系数较低的性状有生育日数、每荚粒数、蛋白质含量、脂肪含量, 变异范围为 5.52%~8.66%, 表明这 4 个性状变异幅度较小, 遗传较稳定; 变异系数较大的有株高、单株粒数、单株荚数、单株粒重、百粒重, 变异范围为 23.47%~27.61%, 表明这 5 个性状变异较为丰富。13 个性状的多样性指数范围为 1.9906~2.0956, 单株荚数多样性指数最小, 主茎节数多样性指数最大。以上结果表明, 303 份大豆种质资源具有较丰富的遗传多样性, 不同种质间性状的差异较大, 适宜进行评价分析。

2.2 大豆种质资源 13 个表型性状的聚类分析

以标准化后的数据对 303 份大豆种质进行聚类分析(详见 <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210915001>, 附图 1), 在欧氏距离为 15 时, 303 份大豆资源可分为 7 个类群, 各类群种质的表型数据见表 2。

表 1 303 份大豆种质资源农艺和品质性状变异

Table 1 The phenotypic variation of agronomic and quality traits in 303 soybean germplasm resources

性状 Trait	最小值 Min.	最大值 Max.	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 (%) CV	多样性指数 H
初花日数(d)IFD	28.0	60.7	39.4	5.80	14.71	1.9996
生育日数(d)GD	83.0	120.3	101.3	5.78	5.70	2.0003
株高(cm)PH	22.3	122.0	68.1	18.80	27.61	2.0534
底荚高度(cm)PHB	4.0	21.1	12.8	2.91	22.76	2.0617
主茎节数NNMS	8.8	20.6	14.9	2.59	17.37	2.0956
有效分枝数EBN	0.9	5.5	3.3	0.75	22.45	2.0652
单株荚数PNP	28.7	129.2	59.3	15.76	26.60	1.9906
单株粒数SNP	55.6	279.1	124.3	33.72	27.13	2.0474
每荚粒数SP	1.6	2.6	2.1	0.18	8.66	2.0518
单株粒重(g)SWP	7.8	40.5	21.5	5.63	26.25	2.0689
百粒重(g)SW	7.2	35.3	18.0	4.22	23.47	2.0618
蛋白质含量(%)PC	35.7	50.6	42.5	2.35	5.52	2.0494
脂肪含量(%)FC	15.4	23.9	19.9	1.56	7.84	2.0873

IFD: Initial flowering duration, GD: Growth duration, PH: Plant height, PHB: Pod height at bottom, NNMS: Number of nodes on main stem, EBN: Effective branch number, PNP: Pod number per plant, SNP: Seed number per plant, SP: Seed number per pod, SWP: Seed weight per plant, SW: 100-seed weight, PC: Protein content, FC: Fat content, the same as below

表 2 不同类群大豆种质性状的平均值

Table 2 Mean values of soybean germplasm resources traits in different groups

类群 Group	初花 日数 (d)	生育 日数 (d)	株高 (cm) PH	底荚 高度 (cm) PHB	主茎 节数 NNMS	有效 分枝 数 EBN	单株 荚数 PNP	单株 粒数 SNP	每荚 粒数 SP	单株 粒重 (g) SWP	百粒重 (g) SW	蛋白质 含量 (%) PC	脂肪 含量 (%) FC
I	44	104	72.4	14.8	15.0	3.0	62.7	130.1	2.1	26.8	21.6	43.18	19.54
II	55	113	94.1	16.3	16.6	3.5	69.3	141.2	2.0	21.8	16.5	42.87	19.01
III	42	101	75.7	13.5	15.4	3.9	67.6	136.6	2.0	19.4	14.5	43.21	19.10
IV	51	113	99.0	12.1	18.1	4.1	104.5	216.6	2.1	25.8	12.3	41.62	19.12
V	44	104	78.3	14.0	15.6	3.6	70.1	143.3	2.0	22.3	16.3	42.93	19.29
VI	37	97	54.4	11.3	12.9	3.4	48.3	93.9	1.9	15.7	17.5	45.31	18.01
VII	36	98	47.8	10.8	12.4	3.0	48.0	101.5	2.1	19.6	19.7	41.59	20.84

第 I、V 类群种质,以育成品种(系)为主,主要优点是成熟期、株高适宜,田间综合表现好,尤其是第 I 类群的 47 份种质,单株粒重高、百粒重大,可作为本地区主要育种亲本的来源;第 II 类群包含 9 份地方品种,主要来源于河南、陕西、山西省,主要特征是开花、成熟晚,植株较高,主茎节数较多,但田间种植表现为半直立或半蔓生,抗倒伏性差,不建议育种利用;第 III 类群包含 63 份种质,以地方品种为主;第 IV 类群包含 8 份地方品种,来源于河南、江苏和山西省,主要特征是主茎节数、有效分枝数、单株粒数较多,百粒重较小,可作为芽豆资源加以利用,但第 IV

类群材料开花、成熟晚,要注意后代材料可能出现成熟期过晚问题;第 VI、VII 类群分别以地方品种、育成品种(系)为主,主要来源于北京、河北、山东、山西等黄淮海中北部地区,这批种质的主要特征是开花、成熟早,植株较矮,主茎节数、单株荚数、粒数较少,但蛋白质含量、脂肪含量高,可作为优质亲本材料的主要来源。

2.3 大豆种质资源农艺及品质性状的相关性分析

对 303 份大豆种质的 13 个性状进行相关性分析(表 3),结果表明,各性状间存在不同程度的相关性,且多数性状间存在极显著相关性。其中,生育日数、株

表 3 303 份大豆种质资源农艺和品质性状相关性

Table 3 Correlation of agronomic and quality traits in 303 soybean germplasm resources

性状 Trait	初花 日数 IFD	生育 日数 GD	株高 PH	底荚 高度 PHB	主茎 节数 NNMS	有效 分枝 数 EBN	单株 荚数 PNP	单株 粒数 SNP	每荚 粒数 SP	单株 粒重 SWP	百粒重 SW	蛋白质 含量 PC
生育日数 GD	0.654**											
株高 PH	0.415**	0.522**										
底荚高度 PHB	0.385**	0.348**	0.489**									
主茎节数 NNMS	0.195**	0.439**	0.787**	0.416**								
有效分枝数 EBN	0.198**	0.145*	0.159**	-0.050	0.157**							
单株荚数 PNP	0.444**	0.462**	0.488**	0.165**	0.477**	0.468**						
单株粒数 SNP	0.364**	0.439**	0.517**	0.174**	0.535**	0.407**	0.954**					
每荚粒数 SP	-0.203**	-0.035	0.140*	0.102	0.228**	-0.177**	-0.067	0.224**				
单株粒重 SWP	0.239**	0.467**	0.310**	0.280**	0.381**	0.180**	0.496**	0.552**	0.256**			
百粒重 SW	-0.037	0.078	-0.202**	0.091	-0.177**	-0.238**	-0.462**	-0.454**	0.023	0.442**		
蛋白质含量 PC	0.259**	-0.137*	-0.102	0.016	-0.262**	0.127*	-0.100	-0.183**	-0.267**	-0.153**	0.120*	
脂肪含量 FC	-0.351**	0.076	-0.008	-0.013	0.178**	-0.218**	-0.077	0.022	0.325**	0.194**	0.095	-0.847**

* 和 ** 分别表示在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平下显著和极显著差异,下同* and ** indicate significance at $P<0.05$ and $P<0.01$ levels, respectively, the same as below

高、主茎节数与单株粒重均呈极显著正相关,说明适当延长生育日数,增加大豆株高、主茎节数是提高大豆单产的有效途径之一,但要注意协调生育日数的长短,以免对后茬作物播种造成影响,同时注意植株过高易导致抗倒伏性下降。黄淮海地区是我国高蛋白大豆生产的优势主产区之一,而蛋白质含量与单株粒重之间呈极显著负相关,说明在高蛋白育种工作中不宜仅仅依靠田间表现,还需在早世代对蛋白质含量进行测定,亦可适当降低田间选择标准,以增加高蛋白单株的当选概率。单株荚数与单株粒数呈极显著正相关,相关系数达 0.954,二者与百粒重呈极显著负相关,而生产中,徐州地区多喜欢种植籽粒大的品种,但受土壤墒情的影响,大籽粒存在萌发、出苗差的风险,在育种工作中要注意单株荚数、单株粒数与百粒重大小的协调。

2.4 大豆种质资源农艺及品质性状的主成分分析

为消除性状间的相关性对种质评价产生的影响,特对 303 份大豆种质资源的 13 个表型性状进行主成分分析,根据特征值大于 1 的标准确定了 4 个主成分^[23-24],累积贡献率为 75.051% (表 4)。

表 4 303 份大豆种质资源农艺和品质性状的主成分分析
Table 4 Principal component analysis of agronomic and quality traits in 303 soybean germplasm resources

性状 Trait	主成分 Principle component			
	1	2	3	4
初花日数 IFD	0.279	-0.316	0.254	-0.039
生育日数 GD	0.342	-0.015	0.264	0.069
株高 PH	0.376	0.021	0.079	-0.380
底荚高度 PHB	0.228	0.016	0.375	-0.389
主茎节数 NNMS	0.361	0.163	0.006	-0.289
有效分枝数 EBN	0.185	-0.248	-0.270	0.354
单株荚数 PNP	0.405	-0.116	-0.267	0.198
单株粒数 SNP	0.413	-0.001	-0.270	0.172
每荚粒数 SP	0.067	0.377	0.008	-0.074
单株粒重 SWP	0.294	0.163	0.279	0.518
百粒重 SW	-0.119	0.116	0.617	0.373
蛋白质含量 PC	-0.086	-0.529	0.197	-0.022
脂肪含量 FC	0.019	0.579	-0.067	0.085
特征值 Eigen value	4.360	2.409	1.777	1.211
贡献率(%) Contribution ratio	33.538	18.530	13.668	9.315
累积贡献率(%) Cumulative contribution ratio	33.538	52.068	65.736	75.051

第 1 主成分的特征值为 4.360,贡献率为 33.538%,对应的特征向量中以单株粒数的值最大,其次是单株荚数,说明第 1 主成分主要是与单株荚粒数相关的性状,其特征向量间的关系表明,单株荚数、粒数多的品种,一般生育日数较长、株高较高、主茎节数较多;第 2 主成分的特征值为 2.409,贡献率为 18.530%,对应的特征向量中以脂肪含量的值最大,蛋白质含量特征值为负值最大,说明第 2 主成分主要是与大豆品质相关的性状,蛋白质、脂肪含量相互制约,反映了大豆的品质性状;第 3 主成分的特征值为 1.777,贡献率为 13.668%,对应的特征向量中以百粒重的值最大,说明第 3 主成分主要与籽粒大小相关,反映了籽粒性状;第 4 主成分的特征值为 1.211,贡献率为 9.315%,对应的特征向量中以单株粒重的值最大,说明第 4 主成分主要是与单株产量相关的性状,其特征向量间的关系表明,在高产育种中要适当增加植株的分枝数和百粒重,降低植株高度、底荚高度。

2.5 大豆种质资源表型性状的综合评价

将标准化后的 13 个表型性状值代入上述 4 个主成分中,可得到 4 个主成分的得分公式: $F_1=0.279X_1+0.342X_2+0.376X_3+0.228X_4+0.361X_5+0.185X_6+0.405X_7+0.413X_8+0.067X_9+0.294X_{10}-0.119X_{11}-0.086X_{12}+0.019X_{13}$, $F_2=-0.316X_1-0.015X_2+0.021X_3+0.016X_4+0.163X_5-0.248X_6-0.116X_7-0.001X_8+0.377X_9+0.163X_{10}+0.116X_{11}-0.529X_{12}+0.579X_{13}$, $F_3=0.254X_1+0.264X_2+0.079X_3+0.375X_4+0.006X_5-0.270X_6-0.267X_7-0.270X_8+0.008X_9+0.279X_{10}+0.617X_{11}+0.197X_{12}-0.067X_{13}$, $F_4=-0.039X_1+0.069X_2-0.380X_3-0.389X_4-0.289X_5+0.354X_6+0.198X_7+0.172X_8-0.074X_9+0.518X_{10}+0.373X_{11}-0.022X_{12}+0.085X_{13}$ 。

根据 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 数值及各主成分的贡献率权重 (0.447、0.247、0.182、0.124),由每个品种的综合得分公式: $F=0.447F_1+0.247F_2+0.182F_3+0.124F_4$ 计算出 F 值,依 F 值大小对 303 份大豆资源表型性状进行综合评价 (表 5),F 值越大,表型综合性状越好。303 份大豆种质资源的表型性状平均 F 值为 0.549, ZDD04189 涟水天鹅蛋的 F 值最高 (0.935),来自山西的 ZDD23089 晋品 42 的 F 值最低 (0.207),说明涟水天鹅蛋的综合表现最好,晋品 42 的综合表现最差。排在前 10 位的分别是涟水天鹅蛋、灵宝白荆豆、濮豆 206、16CR198-2、汾豆 105、16CR198-1、16CR198-4、16CR198-3、晋豆 28、Z13-642-4。

表 5 303 份大豆种质资源综合得分

Table 5 The comprehensive score of 303 soybean germplasm resources

编号 Code	全国统一 编号 Accession number	名称 Name	来源地 Origin	综合得分 Comprehensive score	类群 Group	编号 Code	全国统一 编号 Accession number	名称 Name	来源地 Origin	综合得分 Comprehensive score	类群 Group
1	—	16ZF447-2C	北京	0.299	VII	37	—	中黄 688	北京	0.571	VII
2	ZDD02559	蚕丝豆	山西	0.252	VI	38	ZDD10204	老白豆	陕西	0.626	VII
3	ZDD18642	北水泉乡黄豆	河北	0.258	VII	39	ZDD18439	六十天还仓	河北	0.349	VII
4	ZDD08643	小黄豆	山西	0.432	VII	40	—	中黄 57	北京	0.530	VII
5	ZDD23891	中豆 27	北京	0.488	VII	41	ZDD24632	中黄 30	北京	0.396	VII
6	ZDD24636	中黄 35	北京	0.581	VII	42	ZDD23881	中黄 18	北京	0.348	VII
7	ZDD08650	黄豆 <2>	山西	0.403	VII	43	ZDD02891	大黄豆	山东	0.433	VII
8	ZDD19105	烟黄 3 号	山东	0.263	VII	44	ZDD03638	大颗黄豆	陕西	0.539	VII
9	—	16ZF447-2B	北京	0.332	VII	45	ZDD02626	胜利 3 号	山东	0.214	VI
10	ZDD19368	烟黄四号	山东	0.302	VII	46	ZDD18635	榆树林子黄豆	河北	0.275	VII
11	ZDD18632	冀豆 7 号	河北	0.452	VII	47	ZDD08558	圆黄豆	山西	0.301	VII
12	ZDD18657	紫荆关黄豆	河北	0.450	VII	48	ZDD24660	中作引 1 号	北京	0.451	VII
13	ZDD19107	水狼皮	山东	0.230	VII	49	—	中黄 6002	北京	0.488	VII
14	ZDD24640	中黄 39	北京	0.519	VII	50	—	中黄 6003	北京	0.469	VII
15	ZDD23867	科丰 14	北京	0.439	VII	51	ZDD23910	冀豆 15	河北	0.486	VII
16	—	齐黄 36	山东	0.563	VII	52	—	齐黄 38	山东	0.557	VII
17	—	Z11-245	甘肃	0.464	VII	53	ZDD02096	天鹅蛋	山西	0.449	VII
18	ZDD24713	晋豆 39	山西	0.537	VII	54	ZDD18847	晋豆 15 号	山西	0.550	V
19	—	安 1498	河南	0.540	VII	55	ZDD23915	五星 1 号	河北	0.606	V
20	ZDD23221	潍 J127	山东	0.435	VII	56	—	16ZF308-2	北京	0.629	V
21	ZDD23089	晋品 42	山西	0.207	VII	57	ZDD24002	晋豆 25	山西	0.532	VII
22	ZDD19379	潍 8640-112 (鲁豆 11)	山东	0.366	VII	58	—	16ZF308-1	北京	0.665	V
23	ZDD24646	中黄 45	北京	0.517	VII	59	—	16ZF309-1	北京	0.567	V
24	ZDD01982	天鹅蛋	山西	0.403	VII	60	ZDD18630	冀豆 4 号	河北	0.678	V
25	ZDD23877	中黄 14	北京	0.386	VII	61	—	Z13-630-15	甘肃	0.707	V
26	ZDD02571	牟平平顶黄	山东	0.441	VII	62	ZDD18723	西垒桥黄豆	河北	0.719	V
27	ZDD18878	晋遗 9 号	山西	0.453	VII	63	—	Z13-631-2	甘肃	0.576	V
28	—	中作 09-560	北京	0.544	VII	64	—	Z13-653-1	甘肃	0.611	VII
29	—	Z13-631-7	甘肃	0.442	VII	65	—	Z13-633-1	甘肃	0.581	V
30	—	中黄 606	北京	0.454	VII	66	ZDD24685	冀豆 17	河北	0.629	V
31	—	Z11-78-1	甘肃	0.535	VII	67	ZDD23896	中品 95-5383	北京	0.728	V
32	ZDD24022	齐黄 31 (鲁 99-7)	山东	0.407	VII	68	ZDD24065	徐豆 11	江苏	0.654	V
33	—	中品 11091	北京	0.414	VII	69	ZDD19381	高作选 1 号	山东	0.726	V
34	ZDD24657	中黄 59	北京	0.419	VII	70	—	Z13-642-4	甘肃	0.822	V
35	ZDD08603	小黄豆	山西	0.237	VI	71	ZDD18856	晋品 19 号	山西	0.804	V
36	—	中黄 46	北京	0.462	VII	72	—	中黄 68	北京	0.668	V
						73	ZDD23992	晋豆 28	山西	0.830	V
						74	ZDD24629	科新 7 号	北京	0.603	V

表5(续)

编号 Code	全国统一		来源地 Origin	综合得分 Comprehensive score	类群 Group	编号 Code	全国统一		来源地 Origin	综合得分 Comprehensive score	类群 Group
	编号 Accession number	名称 Name					编号 Accession number	名称 Name			
75	—	Z11-256	甘肃	0.576	V	114	—	中黄 6005	北京	0.659	V
76	ZDD18402	中黄 4	北京	0.652	V	115	—	Z11-295	甘肃	0.809	V
77	—	Z13-628-3	甘肃	0.766	V	116	—	冀 16YG162	河北	0.726	V
78	—	16ZF310-5	北京	0.512	V	117	—	晋豆 23	山西	0.817	V
79	ZDD18928	汾豆 31 号	山西	0.616	V	118	—	汾豆 105	山西	0.860	V
80	—	中品 661	北京	0.738	V	119	—	荷豆 19	山东	0.522	VII
81	—	16CR198-2	北京	0.873	V	120	ZDD19405	豫豆 11	河南	0.631	I
82	—	五星 3 号	河北	0.619	V	121	ZDD24638	中黄 37	北京	0.639	VII
83	—	汾豆 78	山西	0.799	V	122	ZDD24063	徐豆 9 号	江苏	0.565	VII
84	ZDD23883	中黄 20	北京	0.464	V	123	—	齐黄 42	山东	0.542	VII
85	—	16CR198-4	北京	0.856	V	124	ZDD23277	郑 92116	河南	0.594	I
86	—	齐黄 35	山东	0.594	VII	125	—	6221-15	甘肃	0.473	VII
87	ZDD09882	鲁豆二号	山东	0.673	V	126	ZDD09884	鲁豆四号	山东	0.499	III
88	—	16ZF308-3	北京	0.520	V	127	ZDD08033	早熟 7 号	北京	0.353	VI
89	ZDD23131	汾豆 49	山西	0.619	V	128	ZDD03733	邳县红毛油	江苏	0.490	III
90	ZDD24724	晋大 78	山西	0.589	V	129	—	冀豆 21	河北	0.446	VII
91	—	齐黄 41	山东	0.576	VII	130	ZDD08213	肖张大黄豆	河北	0.426	III
92	—	中黄 71	北京	0.775	V	131	—	皖豆 35	安徽	0.535	VII
93	—	16CR198-1	北京	0.857	V	132	ZDD24785	淮豆 4 号	江苏	0.588	I
94	ZDD24655	中黄 56	北京	0.766	V	133	—	皖宿 01-15	安徽	0.579	I
95	ZDD23882	中黄 19	北京	0.647	V	134	ZDD02866	大白皮	山东	0.444	III
96	—	五星 2 号	河北	0.703	V	135	ZDD10100	郑 8516	河南	0.534	I
97	—	齐黄 39	山东	0.754	V	136	—	徐豆 23	江苏	0.706	I
98	—	16ZF308-4	北京	0.608	V	137	ZDD09160	大青豆	山西	0.503	III
99	—	Z13-653-6	甘肃	0.564	VII	138	ZDD10084	早丰一号	河南	0.522	III
100	ZDD23959	邯豆 5 号	河北	0.620	V	139	ZDD08968	白豆	山西	0.403	VI
101	ZDD08024	科丰 6 号	北京	0.575	V	140	ZDD10499	八月早	陕西	0.598	III
102	—	齐黄 40	山东	0.645	VII	141	ZDD09895	跃进五号	山东	0.460	III
103	ZDD23885	中黄 22	北京	0.603	V	142	—	商豆 157	河南	0.601	I
104	—	陇中黄 601	甘肃	0.584	V	143	ZDD03229	息县平顶式大豆	河南	0.504	III
105	ZDD24101	皖豆 16	安徽	0.682	V	144	—	商豆 1310	河南	0.535	III
106	ZDD24626	科新 3 号	北京	0.522	V	145	—	商豆 151	河南	0.626	I
107	ZDD08705	大黄豆 <1>	山西	0.636	V	146	—	瑞豆 1 号	江苏	0.660	I
108	ZDD11436	蒙 8206	安徽	0.692	V	147	ZDD01716	抓子腿黄豆	河北	0.376	VI
109	ZDD01761	元豆	河北	0.682	V	148	—	黄矮丰	陕西	0.551	VII
110	ZDD02114	天鹅蛋	山西	0.674	V	149	—	圣豆 20	山东	0.608	I
111	ZDD19699	泗豆 2 号	江苏	0.639	V	150	—	SK27-1	安徽	0.727	I
112	ZDD24748	荷豆 18	山东	0.738	V	151	ZDD24832	皖豆 28	安徽	0.574	I
113	ZDD23945	冀 NF58	河北	0.654	V	152	—	SK2026	安徽	0.606	I

表 5(续)

编号 Code	全国统一		来源地 Origin	综合得分 Comprehensive score	类群 Group	编号 Code	全国统一		来源地 Origin	综合得分 Comprehensive score	类群 Group
	编号 Accession number	名称 Name					编号 Accession number	名称 Name			
153	ZDD24783	徐豆 16	江苏	0.681	VII	190	ZDD18989	鸡腰白豆	山西	0.617	III
154	—	中黄 6001	北京	0.576	VII	191	ZDD11343	太和圆滚珠	安徽	0.778	I
155	—	WDC-8	安徽	0.651	I	192	ZDD09985	耀角黄	山东	0.662	I
156	—	蒙 119807-2	安徽	0.617	I	193	ZDD08697	榆选 13 号	山西	0.708	III
157	—	中黄 6006	北京	0.599	VII	194	ZDD11396	滁县大白壳	安徽	0.799	I
158	ZDD24757	濮海 10 号	河南	0.668	I	195	ZDD02673	气土谷	山东	0.659	I
159	ZDD24078	泗豆 288	江苏	0.717	V	196	ZDD02138	长白豆	山西	0.679	II
160	—	16CR198-3	北京	0.831	V	197	ZDD03257	宁陵天鹅蛋	河南	0.619	II
161	ZDD02764	四粒圆	山东	0.515	I	198	ZDD08787	小白黑豆	山西	0.747	IV
162	ZDD24823	阜豆 9765	安徽	0.792	I	199	ZDD02892	大天鹅蛋	山东	0.552	I
163	ZDD24113	合豆 2 号 (MN413)	安徽	0.701	I	200	ZDD01972	小白豆	山西	0.635	II
164	ZDD08230	杜士大青豆	河北	0.528	I	201	—	HD22518	安徽	0.644	I
165	ZDD19410	郑 492(豫豆 22)	河南	0.735	I	202	ZDD23873	中黄 10	北京	0.396	VI
166	ZDD24103	皖豆 19	安徽	0.648	I	203	ZDD03739	邳县大紫花糙	江苏	0.246	VI
167	ZDD03222	汝南平顶式	河南	0.620	II	204	ZDD18470	金杖子黄豆	河北	0.319	VI
168	ZDD10615	老鼠皮	陕西	0.779	II	205	ZDD09929	平顶黄	山东	0.488	III
169	ZDD11340	亳县千斤豆	安徽	0.562	I	206	ZDD02736	白花糙	山东	0.380	VI
170	ZDD02615	莒选 23	山东	0.619	I	207	ZDD10972	八月炸	甘肃	0.387	III
171	ZDD03230	方城糙黄豆	河南	0.690	III	208	ZDD02581	齐黄 10 号	山东	0.250	VI
172	ZDD03916	铜山天鹅蛋	江苏	0.707	I	209	ZDD02651	八月芒	山东	0.307	VI
173	—	商豆 6 号	河南	0.683	I	210	ZDD01961	晋豆 371	山西	0.296	VI
174	—	商豆 066	河南	0.732	I	211	ZDD02723	平顶黄	山东	0.353	VI
175	ZDD03279	伊阳人头豆	河南	0.727	II	212	ZDD08166	新华小金元	河北	0.521	III
176	ZDD02881	腰角黄	山东	0.655	I	213	ZDD18655	黄豆	河北	0.335	VI
177	ZDD03289	郸城大籽黄	河南	0.670	I	214	ZDD18645	黄豆	河北	0.268	VI
178	ZDD03174	郑州小籽黄豆	河南	0.657	III	215	ZDD18672	下河黄豆	河北	0.253	VI
179	—	商豆 1201	河南	0.644	I	216	ZDD23895	中品 95-5117	北京	0.477	III
180	ZDD03286	罗山天鹅蛋	河南	0.667	II	217	ZDD10186	早熟黄豆	陕西	0.464	III
181	—	商豆 14	河南	0.714	I	218	ZDD01735	牛毛黄	河北	0.283	VI
182	ZDD03281	潢川天鹅蛋	河南	0.754	II	219	ZDD08214	一窝猴黄豆	河北	0.454	III
183	ZDD11401	砀山大茧壳	安徽	0.589	I	220	ZDD01637	保定黄豆	河北	0.332	VI
184	ZDD24759	濮豆 206	河南	0.909	I	221	ZDD19339	8588	山东	0.326	VI
185	ZDD09850	鬼脸白豆	山西	0.681	IV	222	ZDD02675	黄四粒	山东	0.355	VI
186	ZDD19409	郑 84240-B1 (豫豆 18)	河南	0.621	I	223	ZDD10167	八月炸	陕西	0.445	III
187	ZDD10987	黄皮小黄豆	甘肃	0.673	III	224	ZDD07987	诱变 30	北京	0.446	III
188	ZDD23987	晋豆 21	山西	0.643	III	225	ZDD02715	平顶黄	山东	0.358	VI
189	ZDD18712	石庄大粒黄	河北	0.699	V	226	ZDD08352	本地大黄豆	河北	0.375	VI
						227	ZDD02830	一窝猴	山东	0.326	VI

表5(续)

编号 Code	全国统一		来源地 Origin	综合得分 Comprehensive score	类群 Group	编号 Code	全国统一		来源地 Origin	综合得分 Comprehensive score	类群 Group
	编号 Accession number	名称 Name					编号 Accession number	名称 Name			
228	ZDD02884	晚熟平顶黄	山东	0.501	Ⅲ	266	ZDD02694	七月忙	山东	0.555	V
229	ZDD09941	小蓝花	山东	0.419	Ⅲ	267	ZDD01641	极早黄	河北	0.409	Ⅵ
230	ZDD03741	邳县四粒糙	江苏	0.453	Ⅲ	268	ZDD03273	陈留牛毛黄	河南	0.408	Ⅲ
231	ZDD02662	平顶黄	山东	0.379	Ⅵ	269	ZDD19127	旅顺豆	山东	0.590	Ⅲ
232	ZDD18714	黄豆	河北	0.245	Ⅵ	270	ZDD05074	—	安徽	0.571	Ⅲ
233	ZDD19131	毛豆	山东	0.328	Ⅵ	271	ZDD11395	蒙城白茧壳	安徽	0.556	Ⅲ
234	ZDD03191	中牟铁角二糙	河南	0.440	Ⅲ	272	ZDD03212	长垣小天鹅蛋	河南	0.587	Ⅲ
235	ZDD08371	黄豆	河北	0.381	Ⅵ	273	ZDD02864	平顶黄豆	山东	0.600	Ⅲ
236	ZDD03864	丰县牛毛黄	江苏	0.404	Ⅲ	274	ZDD11342	濉溪白花糙	安徽	0.444	Ⅲ
237	ZDD18558	花黑虎	河北	0.503	Ⅲ	275	ZDD08812	大黄豆	山西	0.491	Ⅲ
238	ZDD24690	五星4号	河北	0.333	Ⅵ	276	ZDD03947	邳县软条枝	江苏	0.564	Ⅲ
239	—	冀HJ043	河北	0.299	Ⅵ	277	ZDD03293	泌阳牛毛黄	河南	0.518	Ⅲ
240	—	冀HJ116	河北	0.335	Ⅵ	278	ZDD08048	杜家桥黄豆	宁夏	0.418	Ⅵ
241	—	冀HJ117	河北	0.247	Ⅵ	279	ZDD08146	北石佛黄豆	河北	0.327	Ⅲ
242	—	冀HJ289	河北	0.274	Ⅵ	280	ZDD08645	早熟1号	山西	0.489	Ⅲ
243	—	冀09B9	河北	0.379	Ⅵ	281	ZDD05166	—	安徽	0.541	Ⅲ
244	ZDD24054	郑98005	河南	0.560	Ⅲ	282	ZDD08005	沙河黄豆	北京	0.638	Ⅲ
245	ZDD19191	白荚子	山东	0.604	Ⅲ	283	ZDD08190	样田小黄豆	河北	0.608	Ⅲ
246	ZDD02710	平顶黄	山东	0.395	I	284	ZDD24651	中黄50	北京	0.384	Ⅶ
247	ZDD01629	白脐大豌豆	河北	0.345	Ⅵ	285	—	齐黄34	山东	0.564	Ⅶ
248	ZDD02125	大白豆	山西	0.620	Ⅲ	286	ZDD19144	气死洼	山东	0.619	I
249	ZDD03138	民权牛毛黄	河南	0.535	Ⅲ	287	ZDD24734	山宁7号	山东	0.511	Ⅶ
250	ZDD03227	光山天鹅蛋	河南	0.574	Ⅲ	288	ZDD19963	系19(皖豆15)	安徽	0.559	Ⅶ
251	ZDD02731	平顶黄	山东	0.526	Ⅲ	289	—	皖豆33	安徽	0.540	Ⅶ
252	ZDD03755	东海白花糙甲	江苏	0.417	Ⅲ	290	ZDD19714	楚秀	江苏	0.535	I
253	ZDD11235	宿迁大堵豆	江苏	0.552	Ⅲ	291	ZDD19648	徐州下淀黄豆	江苏	0.627	I
254	ZDD02876	牛毛黄	山东	0.465	Ⅲ	292	ZDD05182	—	安徽	0.653	I
255	ZDD10393	老鼠皮	陕西	0.490	Ⅲ	293	ZDD25366	ZP611-it1	北京	0.417	V
256	ZDD03237	浙川鸡窝黄	河南	0.551	Ⅲ	294	—	冀16GM383	河北	0.395	Ⅵ
257	ZDD03183	通许小籽黄	河南	0.617	Ⅲ	295	—	冀16HP91-94	河北	0.479	I
258	ZDD08928	六十日白豆	山西	0.557	V	296	ZDD04189	涟水天鹅蛋	江苏	0.935	Ⅳ
259	ZDD03901	铜山平顶五	江苏	0.588	Ⅲ	297	ZDD03297	沁阳水豆	河南	0.741	I
260	ZDD07993	通县黄豆	北京	0.527	Ⅲ	298	ZDD10473	白油豆	陕西	0.778	Ⅱ
261	ZDD02076	黄花豆	山西	0.674	Ⅲ	299	ZDD08981	黄豆	山西	0.806	Ⅳ
262	ZDD02826	七月乱	山东	0.502	Ⅲ	300	ZDD03232	西峡小籽黄	河南	0.753	Ⅳ
263	ZDD01983	白皮黄豆	山西	0.369	Ⅲ	301	ZDD03969	邳县拉秧黄	江苏	0.768	Ⅳ
264	ZDD02848	平顶黄	山东	0.495	Ⅲ	302	ZDD03270	灵宝白荆豆	河南	0.920	Ⅳ
265	ZDD03802	灌云红毛油丙	江苏	0.481	V	303	ZDD11226	灌云海白花	江苏	0.817	Ⅳ

— : 表示无

— : Indicates none

表型性状 F 值与 13 个表型性状的相关分析表明(表 6), F 值与百粒重呈显著正相关, 与蛋白质含量呈极显著负相关, 与其他 11 个性状均呈极显著正相关, 说明 F 值可以作为大豆种质综合评价的指标。

表 6 表型性状 F 值与 13 个表型性状的相关系数
Table 6 Correlation coefficients between F value and 13 phenotypic traits

性状 Trait	相关系数 Correlation coefficient	性状 Trait	相关系数 Correlation coefficient
初花日数 IFD	0.396**	单株粒数 SNP	0.713**
生育日数 GD	0.718**	每荚粒数 SP	0.349**
株高 PH	0.624**	单株粒重 SWP	0.830**
底荚高度 PHB	0.405**	百粒重 SW	0.118*
主茎节数 NNMS	0.649**	蛋白质含量 PC	-0.433**
有效分枝数 EBN	0.171**	脂肪含量 FC	0.395**
单株荚数 PNP	0.630**		

2.6 大豆种质资源综合评价指标筛选

以 13 个表型性状值为自变量, F 值为因变量, 通过逐步线性回归方法构建回归方程: $Y=0.224+0.454X_{10}+0.181X_3-0.259X_{12}+0.251X_2+0.151X_8$, 公式中 X_2 、 X_3 、 X_8 、 X_{10} 、 X_{12} 分别代表了生育日数、株高、单株粒数、单株粒重、蛋白质含量 5 个性状, 其直接通径系数分别为 0.256、0.226、0.15、0.516、-0.269, 方程式的 r 和 R^2 分别为 0.977、0.976, 说明这 5 个自变量可以解释 97.6% 的总变异, F 值为 2475.19, 回归方程达到极显著水平, 表明以上 5 个性状可作为大豆种质综合评价指标。

3 讨论

种质资源综合分析、评价是种质创新的基础, 是品种改良的关键。对 303 份大豆种质进行遗传多样性分析, 结果表明, 生育日数、每荚粒数、蛋白脂含量、脂肪含量变异系数较低, 遗传较稳定; 株高、单株粒数、单株荚数、单株粒重、百粒重等 5 个性状变异丰富, 变异系数范围为 23.47%~27.61%, 这与前人研究结果一致^[4,9]。13 个性状的多样性指数范围为 1.9906~2.0956, 低于李艳花等^[5]研究结果。

聚类分析将 303 份大豆种质资源分为 7 个类群, 但同一来源地的种质并非必然聚在一起, 这与李艳花等^[5]研究结果差别较大, 可能是因为表型性状受遗传与环境因素的共同调节, 而这些种质在原产

地的环境条件以及经历的人工选择标准与本地区相似^[25]。每一类群种质间都存在区别于其他类群的特征, 可根据不同的育种目标选择利用, 提高育种效率。第 VI、VII 类群成熟期早, 植株矮, 主茎节数略少, 第 VI 类群蛋白质含量、第 VII 类群脂肪含量高于其他类群, 可作为优质亲本材料加以利用; 第 I、III、V 类群成熟期中, 植株稍高, 主茎节数多于第 VI、VII 类群, 其中第 I 类群主要特点是单株粒重高、百粒重大, 第 III 类群以地方品种为主, 籽粒小, 第 V 类群以育成品种(系)为主, 综合性状最好, 具有较高的利用价值, 可作为黄淮海大豆育种的优异亲本。第 II、IV 类群种质是地方品种, 主要特点是熟期晚, 植株高, 主茎节数、有效分枝数、单株粒数多, 籽粒较小, 尤其是第 II 类群, 不建议育种利用。

主成分分析方法可以简化资源筛评、价选的程序, 本研究将 13 个性状简化为 4 个主成分, 累积贡献率为 75.051%, 说明这 4 个主成分是决定大豆种质多样性的主要因素。从贡献率来看, 第 1 主成分的贡献率最大(33.538%), 说明对它进行改良较容易实现。李艳花等^[5]研究了 103 份重庆大豆地方品种的 10 个性状, 选出产量因子、生长势因子、籽粒性状因子等 3 个主成分, 特征向量值最大的分别是单株荚数、主茎节数、百粒重。赵朝森等^[9]对 239 份国外大豆资源的 15 个农艺及品质性状进行主成分分析, 归纳出产量构成因子、粒荚因子、株高因子、品质因子、生育期因子等 5 个主成分, 载荷最大的分别是单株粒重、百粒重、主茎节数、脂肪含量、底荚高度。代希茜等^[13]研究了 451 份云南省大豆种质资源, 将 11 个性状浓缩成产量构成因子、品质因子、株高因子、粒重因子、单荚粒数因子等 5 个公共因子, 对应的特征值最大的分别是单株粒数、脂肪含量、株高、单株粒重、单荚粒数。产生这些差异的主要原因可能是选用的种质群体和目标性状不同。

基于种质资源的表型性状, 利用隶属函数法与主成分分析相结合对种质资源进行综合评价的方法已在其他作物^[15-18]表型性状的综合评价中得到应用。本研究以表型性状综合得分 F 值的大小为依据, 评判 303 份大豆种质资源综合性状的优劣程度, 为育种工作中选择亲本提供依据, 结果表明, ZDD04189 涟水天鹅蛋的 F 值最高(0.935), 综合表现最好, ZDD23089 晋品 42 的 F 值最低(0.207), 综合表现最差。涟水天鹅蛋是来源于江苏淮安的地方品种, 在徐州地区种植表现出较好的丰产性, 主要表现为植株较高而田间轻度倒伏, 主茎节数 19.6

节,有效分枝数 5.1 个,单株荚数 97.3 个,百粒重 18.3 g,单株粒重 33.9 g,缺点是熟期稍晚。该种质的来源地和徐州属于同一大豆产区,可利用它改良本地育成品种的丰产性。

大豆的表型性状间存在不同程度的相关性,影响了大豆种质资源的高效研究、利用,而逐步回归分析方法可以筛选出最优化的种质资源评价指标,解决表型性状复杂繁多并彼此相关的问题。本研究以 13 个表型性状为自变量,F 值为因变量,通过逐步回归分析得到 5 个重要性状,包括生育日数、株高、单株粒数、单株粒重、蛋白质含量,可作为黄淮海大豆种质表型性状综合评价的主要指标,为高效利用大豆种质资源提供参考。

参考文献

- [1] 王燕平,宗春美,孙晓环,齐玉鑫,白艳凤,李文,任海祥,王晓梅,侯国强,徐德海,张帅,师红财. 东北春大豆种质资源表型分析及综合评价. 植物遗传资源学报, 2017, 18(5): 837-845
Wang Y P, Zong C M, Sun X H, Qi Y X, Bai Y F, Li W, Ren H Y, Wang X M, Hou G Q, Xu D H, Zhang S, Shi H C. Phenotype analysis and comprehensive evaluation on Northeast spring soybean resources in Mudanjiang. Journal of Plant Genetic Resources, 2017, 18(5): 837-845
- [2] 邱丽娟,李英慧,关荣霞,刘章雄,王丽侠,常汝镇. 大豆核心种质和微核心种质的构建、验证与研究进展. 作物学报, 2009, 35(4): 571-579
Qiu L J, Li Y H, Guan R X, Liu Z X, Wang L X, Chang R Z. Establishment, representative testing and research progress of soybean core collection and mini core collection. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(4): 571-579
- [3] 彭玉华. 大豆遗传多样性对产量改良的重要性及其展望. 中国农业科学, 1999, 32(S): 49-58
Peng Y H. The importance and prospects of genetic diversity for yield improvement. Scientia Agricultura Sinica, 1999, 32(S): 49-58
- [4] 张礼凤,李伟,王彩洁,徐冉,戴海英. 山东大豆种质资源形态多样性分析. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4): 450-454
Zhang L F, Li W, Wang C J, Xu R, Dai H Y. Morphological diversity of soybean germplasm resources in Shandong. Journal of Plant Genetic Resources, 2006, 7(4): 450-454
- [5] 李艳花,杜成章,陈红,王克晶,王萍,张继君. 重庆大豆地方资源多样性评价及群体表型特点研究. 植物遗传资源学报, 2013, 14(6): 1025-1030
Li Y H, Du C Z, Chen H, Wang K J, Wang P, Zhang J J. Study of genetic diversity and population morphological characteristics of soybean landraces in Chongqing. Journal of Plant Genetic Resources, 2013, 14(6): 1025-1030
- [6] 宋荣浩,朱丽华,顾卫红,杨红娟,马坤,智海剑,单志慧. 上海地方大豆品种资源主要农艺性状的鉴定评价. 植物遗传资源学报, 2014, 15(6): 1182-1187
Song R H, Zhu L H, Gu W H, Yang H J, Ma K, Zhi H J, Shan Z H. Evaluation of agronomic characteristics for soybean landraces from Shanghai Chongming islands. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(6): 1182-1187
- [7] 谭千军,吴雨珊,刘卫国,杨峰,武晓玲,杨文钰. 西南夏大豆种质资源的筛选与鉴定. 大豆科学, 2015, 34(6): 921-926
Tan Q J, Wu Y S, Liu W G, Yang F, Wu X L, Yang W Y. Screening and identification of summer sowing soybean varieties in Southwest China. Soybean Science, 2015, 34(6): 921-926
- [8] 赵朝森,王瑞珍,李英慧,邱丽娟,赵现伟,郭兵福. 江西大豆种质资源表型及品质性状综合分析与评价. 大豆科学, 2019, 38(5): 686-693
Zhao C S, Wang R Z, Li Y H, Qiu L J, Zhao X W, Guo B F. Comprehensive analysis and evaluation of the phenotype and quality traits of Jiangxi soybean germplasm resources. Soybean Science, 2019, 38(5): 686-693
- [9] 赵朝森,王瑞珍,赵现伟. 国外大豆种质资源农艺及品质性状分析与评价. 植物遗传资源学报, 2021, 22(3): 665-673
Zhao C S, Wang R Z, Zhao X W. Analysis and evaluation of agronomic and quality traits of soybean germplasm resources from abroad. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(3): 665-673
- [10] 田中艳,宗春美,杨柳,李建英,吴耀坤,周长军,王燕平,任海祥,傅蒙蒙,赵团结,杜维广,盖钧镒. 东北大豆种质群体在大庆的表现及其育种意义. 植物遗传资源学报, 2018, 19(4): 694-704
Tian Z Y, Zong C M, Yang L, Li J Y, Wu Y K, Zhou C J, Wang Y P, Ren H X, Fu M M, Zhao T J, Du W G, Gai J Y. Performance and breeding potential of the Northeast China soybean germplasm population in Daqing, China. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(4): 694-704
- [11] 慈敦伟,张礼凤,汪宝卿,王彩洁,李伟,徐冉. 大豆种质资源农艺性状和产量的年份间差异及其关系. 植物遗传资源学报, 2011, 12(6): 872-880
Ci D W, Zhang L F, Wang B Q, Wang C J, Li W, Xu R. Variation of agronomic traits and production of germplasm resources of soybean in different years and the relationship between them. Journal of Plant Genetic Resources, 2011, 12(6): 872-880
- [12] 李强,高聚林,苏二虎,廉博. 大豆种质表型性状鉴定与分析. 大豆科学, 2015, 34(5): 752-759
Li Q, Gao J L, Su E H, Lian B. Identification and analysis of phenotypic traits in soybean. Soybean Science, 2015, 34(5): 752-759
- [13] 代希茜,赵银月,詹和明,单丹丹,张亮,王铁军. 云南省夏大豆种质资源表型鉴定和综合评价模型构建. 植物遗传资源学报, 2018, 19(5): 830-845
Dai X X, Zhao Y Y, Zhan H M, Shan D D, Zhang L, Wang T J. Phenotypic screening of summer sowing soybean germplasm resources in Yunnan province and constructing a comprehensive evaluation model. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(5): 830-845
- [14] 刘念析,李穆,李秀平,杨伟光,年海. 大豆主要农艺性状间的相关性分析. 大豆科学, 2013, 32(4): 570-572
Liu N X, Li M, Li X P, Yang W G, Nian H. Correlation analysis of major agronomic traits in soybean. Soybean Science, 2013, 32(4): 570-572
- [15] 胡标林,万勇,李霞,雷建国,罗向东,严文贵,谢建坤. 水稻核心种质表型性状遗传多样性分析及综合评价. 作物学报, 2014, 40(12): 2031-2040
Hu B L, Wan Y, Li X, Lei J G, Luo X D, Yan W G, Xie J K. Genetic diversity analysis and comprehensive evaluation of core germplasm phenotypic traits in rice. Acta Agronomica Sinica, 2014, 40(12): 2031-2040

- 2012, 38 (5): 829-839
Hu B L, Wan Y, Li X, Lei J G, Luo X D, Yan W G, Xie J K. Analysis on genetic diversity of phenotypic traits in rice (*Oryza sativa*) core collection and its comprehensive assessment. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38 (5): 829-839
- [16] 代攀虹, 孙君灵, 何守朴, 王立如, 贾银华, 潘兆娥, 庞保印, 杜雄明, 王谧. 陆地棉核心种质表型性状遗传多样性分析及综合评价. *中国农业科学*, 2016, 49 (19): 3694-3708
Dai P H, Sun J L, He S P, Wang L R, Jia Y H, Pan Z E, Pang B Y, Du X M, Wang M. Comprehensive evaluation and genetic diversity analysis of phenotypic traits of core collection in upland cotton. *Scientia Agricultura Sinica*, 2016, 49 (19): 3694-3708
- [17] 孙东雷, 卞能飞, 陈志德, 邢兴华, 徐泽俊, 齐玉军, 王幸, 王晓军, 王伟. 花生种质资源表型性状的综合评价及指标筛选. *植物遗传资源学报*, 2018, 19 (5): 865-874
Sun D L, Bian N F, Chen Z D, Xing X H, Xu Z J, Qi Y J, Wang X, Wang X J, Wang W. Comprehensive evaluation and index screening of phenotypic traits in peanut germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2018, 19 (5): 865-874
- [18] 孙珍珠, 李秋月, 王小柯, 赵婉彤, 薛杨, 冯锦英, 刘小丰, 刘梦雨, 江东. 宽皮柑橘种质资源表型多样性分析及综合评价. *中国农业科学*, 2017, 50 (22): 4362-4372
Sun Z Z, Li Q Y, Wang X K, Zhao W T, Xue Y, Feng J Y, Liu X F, Liu M Y, Jiang D. Comprehensive evaluation and phenotypic diversity analysis of germplasm resources in mandarin. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50 (22): 4362-4372
- [19] 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
Qiu L J, Chang R Z. Descriptions and data standard for soybean (*Glycine* spp.). Beijing: China Agriculture Press, 2006
- [20] 刘思辰, 曹晓宁, 温琪汾, 王海岗, 田翔, 王君杰, 陈凌, 秦慧彬, 王纶, 乔治军. 山西谷子地方品种农艺性状和品质性状的综合评价. *中国农业科学*, 2020, 53 (11): 2137-2148
Liu S C, Cao X N, Wen Q F, Wang H G, Tian X, Wang J J, Chen L, Qin H B, Wang L, Qiao Z J. Comprehensive evaluation of agronomic traits and quality traits of foxtail millet landrace in Shanxi. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53 (11): 2137-2148
- [21] 周瑜, 李泽碧, 黄娟, 吴毓, 张亚勤, 张志良, 张晓春. 高粱种质资源表型性状的遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2021, 22 (3): 654-664
Zhou Y, Li Z B, Huang J, Wu Y, Zhang Y Q, Zhang Z L, Zhang X C. Genetic diversity of sorghum germplasm based on phenotypic variations. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 22 (3): 654-664
- [22] 杨涛, 黄雅婕, 李生梅, 任丹, 崔进鑫, 庞博, 于爽, 高文伟. 海岛棉种质资源表型性状的遗传多样性分析及综合评价. *中国农业科学*, 2021, 54 (12): 2499-2509
Yang T, Huang Y J, Li S M, Ren D, Cui J X, Pang B, Yu S, Gao W W. Genetic diversity and comprehensive evaluation of phenotypic traits in sea-island cotton germplasm resources. *Scientia Agricultura Sinica*, 2021, 54 (12): 2499-2509
- [23] 纪龙, 申红芳, 徐春春, 陈中督, 方福平. 基于非线性主成分分析的绿色超级稻品种综合评价. *作物学报*, 2019, 45 (7): 982-992
Ji L, Shen H F, Xu C C, Chen Z D, Fang F P. Comprehensive evaluation of green super rice varieties based on nonlinear principal component analysis. *Acta Agronomica Sinica*, 2019, 45 (7): 982-992
- [24] 李慧琴, 于娅, 王鹏, 刘记, 胡伟, 鲁丽丽, 秦文强. 270 份陆地棉种质资源农艺性状与品质性状的遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2019, 20 (4): 903-910
Li H Q, Yu Y, Wang P, Liu J, Hu W, Lu L L, Qin W Q. Genetic diversity analysis of the main agronomic and fiber quality characteristics in 270 upland cotton germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20 (4): 903-910
- [25] 崔艳华, 邱丽娟, 常汝镇, 吕文河. 黄淮海大豆遗传多样性分析. *中国农业科学*, 2004, 37 (1): 15-22
Cui Y H, Qiu L J, Chang R Z, Lü W H. A study of genetic diversity of Huanghuai summer sowing soybean in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37 (1): 15-22