

国外大豆种质资源农艺及品质性状分析与评价

赵朝森, 王瑞珍, 赵现伟

(江西省农业科学院作物研究所, 南昌 330200)

摘要: 对 239 份国外大豆种质资源的 23 个质量性状和 15 个农艺及品质数量性状进行了评价鉴定, 并筛选出特异种质, 为我国南方大豆种质资源创新和新品种选育提供物质基础。结果表明, 该批国外大豆种质资源具有较为丰富的遗传多样性, 23 个质量性状的 Simpson 多样性指数范围为 0~0.6720, 荚色多样性指数最大, 茎形状和荚形多样性指数为 0; 15 个农艺及品质性状变异系数范围为 4.85%~83.73%, Simpson 多样性指数范围为 0.6406~0.8526, 主茎节数多样性指数最大, 荚宽多样性指数最小, 底荚高度变异系数最大, 粗脂肪含量、荚长、生育日数、粗蛋白质含量变异系数均小于 10%; 国外大豆种质资源粗蛋白质含量集中分布在 40.01%~45.00% 之间, 而粗脂肪含量集中分布在 18.01%~20.00% 之间; 粗蛋白质含量仅与底荚高度呈显著正相关, 生育日数、茎粗、单株粒数、单株粒重、百粒重、荚长、荚宽的改良, 有利于粗脂肪含量的提高; 前 5 个主成分的累计贡献率达 84.419%, 第 1 主成分为产量构成因子, 第 2 主成分为粒荚因子, 第 3 主成分为株高因子, 第 4 主成分为品质因子, 第 5 主成分为生育期因子; 筛出 14 份高粗蛋白质含量、6 份高粗脂肪含量和 2 份特大粒特异种质。

关键词: 国外大豆; 种质资源; 农艺性状; 品质性状; 遗传多样性

Analysis and Evaluation of Agronomic and Quality Traits of Soybean Germplasm Resources from Abroad

ZHAO Chao-sen, WANG Rui-zhen, ZHAO Xian-wei

(Institute of Crop Sciences, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200)

Abstract: In this study, 23 qualitative traits and 15 agronomic and quality quantitative traits of 239 soybean germplasm resources introduced from abroad were evaluated. Elite germplasms were screened to provide reference for soybean germplasm innovation and breeding in southern China. The results showed that those soybean germplasms represented abundant genetic diversity. The Simpson diversity index of 23 qualitative traits ranged from 0 to 0.6720. The mature pod color diversity index was the highest, and the stem shape and pod shape diversity indexes were 0. The variation coefficients of the 15 agronomic and quality traits ranged from 4.85% to 83.73%, and the Simpson diversity index ranged from 0.6406 to 0.8526. The number of nodes on main stem diversity index was the highest, and the pod width diversity index was the lowest. The variation coefficient of bottom pod height was the highest, and the variation coefficients of crude fat content, pod length, growth duration and crude protein content were <10%. The crude protein content was concentrated in the range of 40.01% to 45.00%, while the crude fat content was concentrated in the range of 18.01% to 20.00%. The crude protein content was only positively correlated with the bottom pod height, and the improvement of growth duration, stem diameter, seed number per plant, seed weight per plant, 100-seed weight, pod length and pod width was beneficial to the increase of crude fat content. The top 5 principal components, from top downwards, were the yield component factor, the seed and pod factor, the plant height factor, the quality factor, and the growth period

收稿日期: 2020-09-24 修回日期: 2020-10-19 网络出版日期: 2020-12-04

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20200924002>

第一作者研究方向为大豆遗传育种与资源研究, E-mail: zcssoybean@163.com

通信作者: 王瑞珍, 研究方向为大豆遗传育种与栽培技术, E-mail: dadouzu@163.com

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0100201); 国家现代大豆产业技术体系建设(CARS-04-CES27)

Foundation projects: National Key Research and Development Programs(2016YFD0100201), China Agriculture Research System of Soybean(CARS-04-CES27)

factor, their cumulative contribution reached 84.419%. From those soybean germplasm resources, 14 with high crude protein content, 6 with high crude fat content, and 2 with very large seed were screened.

Key words: soybeans from abroad; germplasm resources; agronomic traits; quality traits; genetic diversity

大豆原产我国,籽粒中含有大量的蛋白质、脂肪和碳水化合物,还含有丰富的矿物质和维生素,是我国重要的植物蛋白和油脂来源,在我国的经济生活中起到不可替代的作用^[1]。大豆从中国向世界各地传播,在不同的生态环境下经长期的自然和人工选择,形成不同的品种类型^[2]。中国已从美国、日本、俄罗斯等 20 多个国家引进并编入中国大豆品种资源目录的国外大豆种质资源 3218 份^[3-4],可提供大豆科研和育种利用。引进和利用国外大豆种质,能拓宽中国大豆遗传基础,提高产量、增强抗病和抗逆性、改善品质^[5]。我国大豆育种家利用国外引进的十胜长叶、Logbeao、Williams、Franklin、科索和比松等先后培育出优质高产大豆合丰 25、东农 36、冀豆 7 号等品种^[6-7]。郭泰等^[8]利用美国矮秆大豆品种资源育成的大豆新品种(系)在主要农艺性状、产量、品质、抗病性及适应性等重要性状上有较大改进。钟彩霞等^[9]认为大部分巴西大豆资源在磷效率性状方面存在明显优势,可在改良华南地区大豆品种的磷效率方面发挥作用。育种实践证明,国外种质在我国大豆品种改良中起到非常重要的作用。

大豆是喜温需水较多的短日照作物。江西属亚热带气候,光、温、水资源丰富,较适宜大豆生长。江西栽培大豆遍布全省各地,类型十分丰富,生产上有春、夏、秋 3 种不同播种类型,种植方式有净种、间套种等^[10]。江西大豆种质群体蛋白质含量、脂肪含量和蛋脂总含量平均值分别为 46.9%、17.5% 和 64.4%,蛋白质含量和蛋脂总含量高而脂肪含量低是江西大豆种质资源的突出特点^[11]。江西地方大豆种质靖安大黄豆、萍乡白毛豆、贵溪懒豆蛋白质含量超过 52%,其高蛋白优异特性没有得到应用。国家种质库保存的国外大豆种质蛋白质含量多介于 40.01%~45.00% 之间,油分含量多介于 18.01%~22.00% 之间,脂肪含量大于 22.00% 的种质有 136 份,占 9.05%,A2396(WDD01480)脂肪含量最高,为 25.30%,高油大豆种质突出^[12],但其农艺及品质性状在我国南方地区种植时的表型遗传多样性及变异鲜有报道。我国对大豆品种品质的要求已经改变,要求蛋白质含量相应较高,而含油量在 20% 左右,大豆育种目标应有所调整。育种实践证明,亲本的选择与使用是杂交育种成败的关键,挖掘

与创新及引入国外优异大豆种质资源是当前育种工作亟待解决的问题。本研究在中国江西秋季播种的生态条件下,对引自国外的大豆种质的农艺性状、蛋白质及脂肪含量进行了分析,从中筛选出优异种质,为我国南方地区大豆新品种选育、种质创新和资源有效利用提供物质基础。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究材料为引自原产于美国、日本和俄罗斯等超过 12 个国家和地区的国外大豆种质 239 份,由中国农业科学院作物科学研究所提供(表 1)。

表 1 239 份国外大豆种质资源
Table 1 239 soybean germplasm resources from abroad

原产地 Origin	份数 Number of accessions
美国 USA	150
日本 Japan	20
俄罗斯 Russia	14
加拿大 Canada	5
巴西 Brazil	4
韩国 South Korea	4
德国 Germany	3
泰国 Thailand	2
意大利 Italy	2
朝鲜 North Korea	1
尼日利亚 Nigeria	1
东欧 Eastern Europe	3
国外(不详) From abroad of unidentified origin	30
合计 Total	239

1.2 方法

试验于 2017-2018 年进行,试验地点设在江西省农业科学院作物研究所武阳镇繁育基地,试验地为水稻土,地势平坦,土壤肥力较好。按大豆种质的生育期长短进行排序,播种日期为 7 月 25 日,每个种质种植 2 行,3 次重复,行长 1.8 m,行株距 40 cm × 10 cm,每行定苗 16 株。田间管理按常规方法进行。在整个大豆生育期间及收获后,进行田间表型性状数据调查与观测。大豆成熟时,每个种质取连续 10 个单株进行室内考种。表型性状的调查主要包括叶形、茸毛色、花色、花序长短、茸毛密度、

倒伏性、下胚轴颜色、小叶数目、叶色、小叶大小、叶柄长短、茎秆强度、根瘤、株型、落叶性、裂荚性、茸毛直立程度、茎形状、荚形、荚色、种皮光泽、种皮裂纹、粒色 23 个形态描述型质量性状,以及初花日数、生育日数、株高、底荚高度、茎粗、主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重、荚长、荚宽 13 个数值型农艺性状,籽粒的粗蛋白质含量、粗脂肪含量用波通 DA7250 近红外分析仪测定。所有表型性状的数据观测记载均按照《大豆种质资源描述规范和数据标准》进行^[13]。以国家高蛋白型品种(粗蛋白质含量 $\geq 45\%$)、高油型大豆品种(粗脂肪含量 $\geq 21.5\%$)审定标准^[14],特大粒(百粒重 $\geq 30.0\text{ g}$)为筛选指标,筛选出具有高粗蛋白质含量、高粗脂肪含量和特大粒优异种质。

1.3 数据分析

试验材料的描述型质量性状于 2017-2018 年进

行观测,数值型数量性状取 2 年数据的平均值。描述型性状按照标准进行分级赋值,数值型性状则不需赋值以实测值进行数学运算。采用 Excel 2007 处理各性状的数据,并计算各数值型性状的最大值、最小值、平均值、标准差和变异系数,并进行 10 级分类,1 级 $< X-2s$,10 级 $\geq X+2s$,中间每级间差 $0.5s$, X 为平均值, s 为标准差^[15]。表型性状的遗传多样性,根据其分级和赋值采用 Simpson 指数 D_s 进行描述和评价,计算公式: $D_s = 1 - \sum (N_i/N)^2$,其中, N_i 表示某性状第 i 个代码值(即第 i 级)出现个数, N 为总个体数。数值型数量性状数据采用 SPSS 19.0 进行性状的描述统计、主成分分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 国外大豆种质资源质量性状的多样性

由表 2 可知,239 份国外大豆种质资源以椭圆

表 2 国外大豆种质资源质量性状的频率

Table 2 The distribution of frequency of qualitative traits in soybean germplasm resources from abroad

性状 Trait	类型 - 频率(%) Type-Frequency					Simpson 多样性指数 Simpson diversity index
	1	2	3	4	5	
叶形 Leaf shape	披针 -5.86	卵圆 -28.03	椭圆 -63.18	圆 -2.93		0.5180
茸毛色 Pubescence color	灰 -45.61	棕 -54.39				0.4961
花色 Flower color	白 -31.38	紫 -68.62				0.4307
花序长短 Inflorescence length	短 -95.40	中 -4.60	长 -0			0.0878
茸毛密度 Pubescence density	无 -0	稀 -2.93	中 -24.69	密 -72.38		0.4142
倒伏性 Lodging	不倒 -99.16	轻倒 -0.84	中倒 -0	重倒 -0	严重倒 -0	0.0166
下胚轴颜色 Hypocotyl color	绿 -31.38	紫 -68.62				0.4307
小叶数目 Number of leaflets	3 个 -98.33	4~6 个 -1.67	7 个以上 -0			0.0329
叶色 Leaf color	淡绿 -99.16	绿 -0.84	深绿 -0	黄绿 -0		0.0166
小叶大小 Leaflet size	小 -5.52	中 -70.29	大 -4.18			0.4390
叶柄长短 Petiole	短 -59.41	长 -40.59				0.4823
茎秆强度 Stem strength	弱 -0.84	中 -75.73	强 -23.43			0.3715
根瘤 Nodule	无 -77.41	有 -22.59				0.3498
株型 Plant type	收敛 -95.4	半开张 -4.18	开张 -0.42			0.0882
落叶性 Defoliation habit	不落 -18.41	半落 -28.87	落 -52.72			0.6048
裂荚性 Shattering	不裂 -98.74	轻裂 -1.26	中裂 -0	易裂 -0		0.0248
茸毛直立程度 Pubescence type	直立 -78.66	倾斜 -21.34	紧贴 -0			0.3357
茎形状 Stem shape	正常茎 -100.00	扁茎 -0	曲茎 -0			0
荚形 Pod shape	直形 -0	弯镰形 -100.00	弓形 -0			0
荚色 Mature pod color	灰褐 -16.32	黄褐 -34.31	褐 -42.26	深褐 -7.11	黑 -0	0.6720
种皮光泽 Seedcoat luster	无 -47.70	微 -29.71	强 -22.59			0.6332
种皮裂纹 Seed crack	不裂 -58.16	轻 -32.22	中 -8.79	易裂 -0.84		0.5502
粒色 Seedcoat color	黄 -84.94	绿 -5.44	黑 -7.95	褐 -1.67	双色 -0	0.2690

形叶形为主,棕色茸毛稍多,紫花花色居多,以短花序占绝对优势,未发现有长花序表型种质;密茸毛居多,未发现无茸毛种质;种质群体倒伏性以不倒伏居多,下胚轴颜色以紫茎居多,复叶以 3 个小叶为主,未发现有 7 个以上小叶复叶的种质;叶色以淡绿居多,中等大小叶占比较大;短叶柄占 59.41%,而长叶柄占 40.59%。茎秆强度表现中等居多,种质根部结根瘤较少,收敛株型占绝对优势;大部分种质成熟时叶片表现落叶,收获时豆荚表现不裂荚的占绝对优势;直立茸毛为主;种质主茎均呈正常茎,豆荚荚型均为弯镰形,豆荚荚色呈褐色较多;种皮无光泽居多,大部分种质种皮不裂纹,粒色呈黄色居多,无双色粒色种质。国外大豆种质 23 个质量性状的 Simpson 多样性指数范围为 0~0.6720,其中荚色具有最大多样性指数(0.6720),其次是种皮光泽(0.6332),而茎形状和荚形为 0,表明荚色、种皮光泽性状的遗传多样性丰富。

2.2 国外大豆种质资源数量性状的多样性

由表 3 可知,15 个农艺及品质性状的变异系数

范围为 4.85%~83.73%,底荚高度最大,为 83.73%,其次是有效分枝数,为 47.00%,粗蛋白质含量最小,为 4.85%。粗脂肪含量、荚长、生育日数、粗蛋白质含量性状的变异系数均小于 10%,按性状的变异系数由大到小排序:底荚高度>有效分枝数>单株粒重>单株粒数>单株荚数>百粒重>株高>茎粗>主茎节数>初花日数>荚宽>粗脂肪含量>荚长>生育日数>粗蛋白质含量。15 个农艺和品质性状的 Simpson 多样性指数范围为 0.6406~0.8526,主茎节数最大,为 0.8526,有效分枝数次之,为 0.8474,再次是株高,为 0.8470,荚宽最小,为 0.6406,按 Simpson 多样性指数由大到小排序:主茎节数>有效分枝数>株高>粗蛋白质含量>单株粒重>单株荚数>底荚高度>单株粒数>茎粗>初花日数>粗脂肪含量>荚长>生育日数>百粒重>荚宽。综合上述分析可见,该批国外大豆种质资源性状的遗传多样性较高,资源类型丰富,种质之间存在的差异大,有利于优异种质的比较和筛选。

表 3 国外大豆种质资源数量性状的变异

Table 3 The phenotypic variation of quantitative traits in soybean germplasm resources from abroad

性状 Trait	最小值 Minimum	最大值 Maximum	均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数(%) Coefficient of variation	Simpson 多样性指数 Simpson diversity index
初花日数(d)IFD	19.5	45.0	25.22	3.512	13.93	0.8228
生育日数(d)GD	62.5	108.0	86.86	7.927	9.13	0.7897
株高(cm)PH	13.8	61.0	32.79	7.628	23.27	0.8470
底荚高度(cm)BPH	0	9.6	1.52	1.269	83.73	0.8369
茎粗(mm)SD	2.0	6.7	4.43	0.687	15.49	0.8314
主茎节数NNMS	6.6	16.1	11.08	1.554	14.03	0.8526
有效分枝数EBN	0.2	5.4	2.05	0.962	47.00	0.8474
单株荚数PNP	14.3	89.3	36.87	11.434	31.01	0.8408
单株粒数SNP	19.9	180.4	73.87	23.585	31.93	0.8329
单株粒重(g)SWP	2.9	23.2	11.18	3.662	32.75	0.8427
百粒重(g)SW	3.4	53.1	15.33	4.285	27.95	0.7858
荚长(cm)PL	2.5	5.6	3.93	0.364	9.27	0.8068
荚宽(cm)PW	0.6	1.4	0.92	0.096	10.41	0.6406
粗蛋白质含量(%)CP	34.7	51.2	41.53	2.014	4.85	0.8465
粗脂肪含量(%)CF	11.0	22.0	19.10	1.846	9.66	0.8114

IFD: Initial flower days, GD: Growth duration, PH: Plant height, BPH: Bottom pod height, SD: Stem diameter, NNMS: Number of nodes on main stem, EBN: Effective branch number, PNP: Pod number per plant, SNP: Seed number per plant, SWP: Seed weight per plant, SW: 100-seed weight, PL: Pod length, PW: Pod width, CP: Crude protein content in seed, CF: Crude fat content in seed. The same as below

2.3 国外大豆种质资源粗蛋白质含量和粗脂肪含量的分布

由表 4 可知, 239 份国外大豆种质资源中, 籽粒粗蛋白质含量在 40.01%~45.00% 之间的种质有 171 份, 占 71.55 %; 而籽粒粗蛋白质含量 $\geq$ 45.01% 的种质有 14 份, 占 5.86%。籽粒粗脂肪含量在 18.01%~20.00% 之间的种质有 113 份, 占 47.28%; 而粗脂肪含量 $\geq$ 21.51% 的种质有 6 份, 占 2.51%。以上分析表明, 国外大豆种质资源粗蛋白质含量主要集中在 40.01%~45.00% 之间, 而粗脂肪含量主要集中在 18.01%~20.00% 之间。按照中国高蛋白型、高油型大豆品种审定标准^[14](粗蛋白质含量 $\geq$ 45%, 粗脂肪含量 $\geq$ 21.5%), 国外大豆种质资源中有 14 份为高蛋白型品种, 有 6 份为高油型品种, 这些优异国外大豆种质是中国大豆品质改良的重要物质基础。

2.4 国外大豆种质资源农艺及品质性状的相关关系

国外大豆种质资源 15 个农艺及品质性状相关性分析结果见表 5。通过相关性分析发现, 粗蛋白

表 4 国外大豆种质资源粗蛋白质含量和粗脂肪含量的分布与比率

Table 4 Distribution and ratio of crude protein content in seed and crude fat content in seed of soybean germplasm resources from abroad

性状 Trait	范围(%) Range	份数 Number of accessions	比率(%) Percentage
粗蛋白质含量 CP	<38.00	3	1.26
	38.01~40.00	51	21.34
	40.01~45.00	171	71.55
	45.01~48.00	13	5.44
	$\geq$ 48.00	1	0.42
	合计	239	100.00
粗脂肪含量 CF	<18.00	44	18.41
	18.01~20.00	113	47.28
	20.01~21.50	76	31.80
	21.51~22.00	5	2.09
	$\geq$ 22.01	1	0.42
	合计	239	100.00

表 5 国外大豆种质资源数值型性状的相关性

Table 5 Correlation of quantitative traits in soybean germplasm resources from abroad

性状 Trait	初花 日数 IFD	生育 日数 GD	株高 PH	底荚 高度 BPH	茎粗 SD	主茎 节数 NNMS	有效分 枝数 EBN	单株 荚数 PNP	单株 粒数 SNP	单株 粒重 SWP	百粒 重 SW	荚长 PL	荚宽 PW	粗蛋白 质含量 CP
生育日数 GD	0.731**	1												
株高 PH	0.312**	0.316**	1											
底荚高度 BPH	0.184**	-0.032	0.184**	1										
茎粗 SD	0.513**	0.677**	0.381**	0.035	1									
主茎节数 NNMS	0.242**	0.237**	0.855**	0.223**	0.370**	1								
有效分枝数 EBN	0.523**	0.451**	0.166*	-0.156*	0.247**	0.064	1							
单株荚数 PNP	0.558**	0.512**	0.521**	-0.107	0.374**	0.417**	0.732**	1						
单株粒数 SNP	0.511**	0.562**	0.551**	-0.118	0.460**	0.449**	0.648**	0.894**	1					
单株粒重 SWP	0.503**	0.726**	0.428**	-0.089	0.775**	0.328**	0.501**	0.623**	0.720**	1				
百粒重 SW	0.042	0.268**	-0.134*	0.052	0.436**	-0.126	-0.136*	-0.295**	-0.248**	0.398**	1			
荚长 PL	0.107	0.303**	-0.017	0.077	0.426**	0.005	-0.078	-0.235**	-0.150*	0.375**	0.742**	1		
荚宽 PW	-0.094	0.017	-0.153*	0.114	0.246**	-0.138*	-0.207**	-0.350**	-0.326**	0.194**	0.683**	0.675**	1	
粗蛋白质含量 CP	-0.203**	-0.453**	-0.112	0.163*	-0.196**	-0.030	-0.212**	-0.273**	-0.313**	-0.367**	-0.046	-0.039	0.018	1
粗脂肪含量 CF	0.064	0.385**	0.090	-0.073	0.364**	0.052	-0.046	0.041	0.158*	0.389**	0.235**	0.272**	0.219**	-0.726**

**和*分别表示在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平下相关性极显著和显著

**and * indicate extremely significant and significant at $P<0.01$ and $P<0.05$ levels respectively

质含量与荚宽正相关但不显著,与株高、主茎节数、百粒重、荚长负相关但不显著,而与底荚高度显著正相关,与初花日数、生育日数、茎粗、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重极显著负相关,说明了这些性状的变化直接影响粗蛋白质含量的变化。粗脂肪含量与生育日数、茎粗、单株粒重、百粒重、荚长、荚宽极显著正相关,与单株粒数显著正相关,表明了这些性状的改良有利于粗脂肪含量的提高。

2.5 国外大豆种质资源农艺及品质性状主成分分析

对 239 份国外大豆种质资源的 15 个农艺及品质性状进行主成分分析,得到 15 个性状遗传相关矩阵的特征根和对应的特征向量,而前 5 个特征根在 15 个特征根中累计贡献率达 84.419%(表 6),基本能反映全部特征。

第 1 主成分特征值为 5.327,贡献率为 35.511%;正向载荷较高的性状有单株粒重、单株粒数、生育日数、单株荚数和茎粗,而负向载荷最高的性状是粗蛋白质含量。单株粒重、粒数和荚数是大豆产量的构成因子,产量的增加会降低籽粒粗蛋白质含量,故第 1 主成分为产量构成因子。

第 2 主成分特征值为 3.232,贡献率为 21.548%;正向载荷较高的性状有百粒重、荚长、荚宽,而负向载荷较高的性状是单株荚数和单株粒数。百粒重、荚长、荚宽为大豆的粒荚性状,豆芽的增长增宽必然是籽粒的增大,但会导致单株荚数和粒数的减少,故第 2 主成分为粒荚因子。

第 3 主成分特征值为 1.772,贡献率为 11.813%;正向载荷较高的性状有主茎节数、底荚高度、株高、粗蛋白质含量,而负向载荷较高的性状是粗脂肪含量和有效分枝数。株高、主茎节数、底荚高度的变化反映了大豆植株高度的变化,会影响粗脂肪含量的变化,故第 3 主成分为株高因子。

第 4 主成分特征值为 1.377,贡献率为 9.180%;正向载荷最高的性状是粗蛋白质含量,而负向载荷最高的性状是粗脂肪含量。粗蛋白质含量和粗脂肪含量是 2 个相互制约的性状,故第 4 主成分为品质因子。

第 5 主成分特征值为 0.955,贡献率为 6.368%;正向载荷较高的性状有底荚高度、初花日数、生育日数,主要反映了生育期性状对国外大豆种质资源变异差异的影响,故第 5 主成分为生育期因子。

表 6 入选主成分的特征根及特征向量
Table 6 Eigenvalue and eigenvector of selected principal components

性状 Trait	主成分 Principle component				
	1	2	3	4	5
初花日数 IFD	0.716	-0.034	0.057	0.332	0.453
生育日数 GD	0.828	0.226	-0.143	0.092	0.216
底荚高度 BPH	-0.022	0.079	0.625	-0.040	0.685
株高 PH	0.614	-0.230	0.563	-0.342	-0.181
茎粗 SD	0.741	0.413	0.158	0.060	-0.080
主茎节数 NNMS	0.518	-0.204	0.651	-0.367	-0.190
有效分枝数 EBN	0.629	-0.293	-0.292	0.456	0.011
单株荚数 PNP	0.809	-0.457	-0.071	0.130	-0.086
单株粒数 SNP	0.851	-0.369	-0.067	0.025	-0.141
单株粒重 SWP	0.879	0.289	-0.047	0.088	-0.190
百粒重 SW	0.098	0.888	0.067	0.179	-0.095
荚长 PL	0.171	0.845	0.151	0.134	-0.096
荚宽 PW	-0.071	0.828	0.128	0.090	-0.108
粗蛋白质含量 CP	-0.457	-0.138	0.556	0.544	-0.220
粗脂肪含量 CF	0.366	0.433	-0.378	-0.644	0.130
特征值 Eigenvalue	5.327	3.232	1.772	1.377	0.955
贡献率(%) Contribution rate	35.511	21.548	11.813	9.180	6.368
累积贡献率(%) Cumulative percentage	35.511	57.058	68.871	78.051	84.419

2.6 国外大豆优异种质筛选

根据对国外大豆种质资源性状鉴定结果,以我国高蛋白、高油大豆品种审定标准为指标^[14],初

步筛选出具有粗蛋白质含量高、粗脂肪含量高、特大粒的特异种质资源 22 份(表 7)。其中,粗蛋白质含量超过 45% 的种质有 14 份,除原产于泰国的

表 7 22 份国外优异大豆种质资源

Table 7 22 accessions of soybean germplasm resources from abroad with elite agronomic traits

全国统一 编号 Accession number	品种 Cultivar	原产地 Origin	茸毛色 Pubescence color	花色 Flower color	生育 日数 (d) Gd	株高 (cm) PH	底荚 高度 (cm) BPH	茎粗 (mm) SD	主茎 节数 NNMS	有效分 枝数 EBN	单株 荚数 PNP	单株 粒数 SNP	单株 粒重 (g) SWP	百粒 重(g) SW	荚长 (cm) PL	荚宽 (cm) PW	粗蛋白 含量 (%) CP	粗脂肪 含量 (%) CF	优异 性状 Elite trait
WDD01215	Saikai 20	日本	灰	紫	73.0	25.6	3.8	4.2	11.2	2.9	31.8	59.4	8.7	15.2	4.0	1.1	51.22	12.84	高蛋白
WDD02702	MONETA	俄罗斯	棕	紫	69.5	23.5	3.0	3.5	9.0	2.5	21.0	41.5	4.7	11.2	3.8	1.0	46.71	16.28	高蛋白
WDD02708	PSB313	俄罗斯	棕	紫	67.0	38.8	0.4	2.2	10.5	1.9	42.6	95.4	3.6	3.4	2.6	0.6	46.61	12.90	高蛋白
WDD02989	Pin-din-guan	美国	棕	白	68.5	17.6	1.1	3.4	8.7	1.2	18.0	34.1	3.9	8.9	3.4	0.9	46.17	15.55	高蛋白
WDD01954	BARC—7	美国	灰	紫	89.0	24.6	0.8	4.9	9.9	2.1	32.7	78.9	10.5	14.6	3.9	0.9	46.11	17.22	高蛋白
WDD00624	PI82295	美国	灰	紫	85.5	27.0	1.7	4.4	10.0	1.5	28.8	51.2	9.7	19.2	4.1	1.0	45.73	17.30	高蛋白
WDD00481	Altona	美国	灰	紫	85.5	40.3	2.0	4.2	11.1	1.4	23.1	45.7	5.9	14.3	3.8	0.9	45.72	17.05	高蛋白
WDD02957	POLUKULTURNAYA-1	俄罗斯	棕	紫	69.5	33.2	0.9	2.7	12.3	2.4	48.4	66.0	4.3	4.2	2.7	0.7	45.72	10.99	高蛋白
WDD02958	POLUKULTURNAYA-2	俄罗斯	棕	紫	71.5	31.6	0.6	2.4	10.9	1.8	40.9	74.8	4.6	4.8	3.0	0.6	45.60	11.44	高蛋白
WDD00681	AGS162	泰国	棕	紫	99.0	50.7	9.6	5.8	14.8	0.7	37.1	82.9	13.7	16.5	3.8	0.9	45.57	16.32	高蛋白
WDD01000	PI189866	美国	棕	紫	62.5	43.5	2.7	2.7	12.1	2.4	37.4	60.6	3.1	3.8	2.5	0.6	45.56	13.56	高蛋白
WDD00524	Vinton 81	美国	灰	紫	88.0	29.1	1.5	4.2	11.3	1.1	17.6	37.7	6.7	19.6	4.1	1.0	45.27	18.13	高蛋白
WDD01674	T116H	美国	棕	紫	71.5	19.8	0.9	2.0	8.3	1.7	26.6	66.5	2.9	4.6	3.0	0.6	45.19	13.87	高蛋白
WDD01488	CX1038-14	美国	棕	紫	88.5	49.6	4.5	5.3	13.8	1.3	29.2	66.5	10.5	13.9	4.3	0.9	45.12	17.63	高蛋白
—	Saline	国外	灰	白	90.0	38.9	0.5	4.4	12.3	2.2	43.4	76.1	11.8	13.3	3.7	0.9	38.12	22.02	高油
WDD01707	T307	美国	棕	紫	88.5	34.6	2.3	4.1	11.6	1.4	22.9	51.5	10.1	19.3	4.2	1.0	38.02	21.69	高油
WDD01577	Holt	美国	灰	白	87.0	33.0	0.4	4.3	11.3	1.8	37.7	73.7	12.6	15.5	3.7	0.9	39.53	21.68	高油
WDD03008	Tousan kei NA75	美国	灰	紫	91.0	40.4	1.8	5.7	12.3	3.4	53.4	142.5	18.2	11.7	3.4	0.8	38.57	21.58	高油
WDD00340	L83-4387(ti)	美国	灰	紫	86.5	36.5	2.5	3.8	11.1	1.9	33.5	78.4	11.6	13.6	3.8	0.8	37.28	21.56	高油
WDD00573	Hobbit	美国	棕	白	89.0	22.6	0.3	4.5	8.4	2.0	32.2	66.4	10.8	15.5	3.8	0.9	39.18	21.52	高油
—	单波一号	日本	棕	紫	97.5	28.8	2.1	6.7	10.6	2.6	22.8	42.0	22.9	53.1	5.6	1.4	43.27	15.76	特大粒
—	岩姬	日本	灰	白	87.0	22.1	0.5	5.1	8.4	2.1	33.1	53.6	14.5	32.3	4.4	1.0	44.18	16.10	特大粒

— : 新引进种质, 未进行统一编号

— : A newly introduced germplasm, which has not been uniformly numbered

AGS162 (WDD00681) 生育期较长外 (生育日数 99.0 d), 其他 13 个高粗蛋白质含量种质均表现早熟^[1]; 原产于日本的 Saikai 20 (WDD01215) 粗蛋白质含量 51.22%, 极早熟 (生育日数 73.0 d), 百粒重 15.2 g, 可作为高蛋白型骨干亲本进行大豆品质改良, 也可以直接作为高蛋白特异品种应用。粗脂肪含量超过 21.5% 的种质有 6 份, 生育期适中 (生育日数在 90.0 d 左右), Saline 粗脂肪含量 22.02%, 生育日数 90.0 d, 百粒重 13.3 g, 可作为高油型骨干亲本应用于育种实践。单波一号原产于日本, 具有特大粒特性 (百粒重 53.1 g), 成熟荚荚长且宽 (荚长 5.6 cm、荚宽 1.4 cm), 可作为籽粒大小优异基因型进行基因挖掘, 也是优异菜用大豆骨干亲本品种。岩姬原产于日本, 籽粒大, 生育期适中, 综合农艺性状较好, 是优异的菜用大豆骨干亲本品种。

3 讨论

大豆优良品种的培育离不开具有优异性状亲本的利用。由国外直接引进新品种, 一是拓宽了我国大豆遗传基础, 二是其特异性种质资源对我国大豆品种改良具有重要的现实意义^[5, 16]。本研究中, 239 份国外大豆种质资源 23 个质量性状的 Simpson 多样性指数范围为 0~0.6720, 15 个农艺及品质性状的 Simpson 多样性指数范围为 0.6406~0.8526, 变异系数范围为 4.85%~83.73%, 反映了其性状的遗传多样性较高, 资源类型丰富, 种质间差异大, 该批国外大豆种质可拓宽我国大豆遗传基础。1981-2000 年中国育成的大豆品种平均蛋白质含量 42.04%、粗脂肪含量 19.7%^[17], 入选《中国大豆品种志 (2005-2014 年)》的品种中高蛋白品种 (粗蛋白质含量 $\geq 45\%$) 有 79 个, 占 8.61%^[1]。生产上, 一般认为粗蛋白质含量高于 45% 的为高蛋白品种; 粗脂肪含量高于 21% 的为高油品种; 粗蛋白质含量高于 40%、粗脂肪含量大于 20%, 并且蛋脂总含量超过 63% 的品种被认为是大豆“双高”品种^[18]。根据性状鉴定结果, 本研究筛选出具有高粗蛋白质含量种质 14 份, 具有高粗脂肪含量种质 6 份, 具有特大粒种质 2 份, 可作为高蛋白、高油型及菜用大豆专用型品种选育的骨干亲本应用于育种实践。

作物引种是从异地引进作物种子、苗木等种质材料, 供农业生产、作物育种或种质资源研究用的技术。引种的一般原则是作物原产地和引入地之间应具有生态条件或气候条件的某种相似性。作物引种后对新的环境条件能否适应, 取决于物种或品

种本身的遗传特性和新地区与原产地环境条件差异的大小。国家长期库现存的 2156 份引进大豆种质多表现为生育期较长、株型高大^[12], 中晚熟及极晚熟种质 (生育期 >100 d) 占总数的 83.07%, 株高介于 40.1~90.0 cm 的种质占总数的 55%。154 份江西秋播类型地方大豆生育日数在 76~112 d 之间, 平均值为 92.9 d; 株高在 20~82.1 cm 之间, 平均值为 41.5 cm^[11]。本研究中, 239 份国外大豆种质资源的生育日数在 62.5~108.0 d 之间, 平均值为 86.86 d, 株高在 13.8~61.0 cm 之间, 平均值 32.79 cm, 表现生育期短, 植株矮小。这一结果与上述研究结论大相径庭。究其原因是该批国外大豆种质大多数原产于美国、日本、俄罗斯等国家, 引入中国北方和黄淮海地区种植时, 由于地理纬度、气候较相似, 国外大豆种质生长发育表现较正常, 而国外大豆种质资源在引入中国江西秋季种植时, 遭遇高温短日照环境, 生育期缩短, 营养体生长不良, 植株较矮小, 难以在生产上直接应用。因此, 国外大豆种质资源在引入中国南方时, 一般较少直接应用, 应通过引种后进行鉴定、评价, 筛选出优异材料作为育种亲本进行间接利用。

参考文献

- [1] 中国农业科学院作物科学研究所, 吉林省农业科学院大豆研究所. 中国大豆品种志 (2005-2014). 北京: 中国农业出版社, 2018: 1-9
Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Soybean Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences. Chinese soybean varieties (2005-2014). Beijing: China Agricultural Press, 2018: 1-9
- [2] 常汝镇, 孙建英, 邱丽娟. 中国大豆种质资源研究进展. 作物杂志, 1998 (3): 7-9
Chang R Z, Sun J Y, Qiu L J. Research progress of soybean germplasm resources in China. Crops, 1998 (3): 7-9
- [3] 中国农业科学院作物品种资源研究所. 中国大豆品种资源目录 (续编二). 北京: 中国农业出版社, 1996: 261-359
Institute of Crop Variety resources, Chinese Academy of Agricultural Sciences. Catalogues of Chinese soybean germplasm resources: continuation II. Beijing: China Agricultural Press, 1996: 261-359
- [4] 中国农业科学院作物科学研究所. 中国大豆品种资源目录 (续编三). 北京: 中国农业大学出版社, 2013: 176-255
Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences. Catalogues of Chinese soybean germplasm resources: continuation III. Beijing: China Agricultural University Press, 2013: 176-255
- [5] 邱丽娟, 常汝镇, 袁翠平, 关荣霞, 刘章雄, 李英慧. 国外大豆种质资源的基因挖掘利用现状与展望. 植物遗传资源学报, 2006, 7 (1): 1-6
Qiu L J, Chang R Z, Yuan C P, Guan R X, Liu Z X, Li Y H. Prospect and present status of gene discovery and utilization

- for introduced soybean germplasm. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2006, 7(1): 1-6
- [6] 盖钧镒, 赵团结, 崔章林, 邱家驹. 中国 1923~1995 年育成 651 个大豆品种的遗传基础. *中国油料作物学报*, 1998, 20(1): 17-23
- Gai J Y, Zhao T J, Cui Z L, Qiu J X. The genetic base for 651 soybean cultivars released during 1923-1995 in China. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 1998, 20(1): 17-23
- [7] 郭娟娟, 常汝镇, 章建新, 张巨松, 关荣霞, 邱丽娟. 日本大豆种质十胜长叶对我国大豆育成品种的遗传贡献分析. *大豆科学*, 2007, 26(6): 807-812
- Guo J J, Chang R Z, Zhang J X, Zhang J S, Guan R X, Qiu L J. Contribution of Japanese soybean germplasm Tokachi-Nagaha to Chinese soybean cultivars. *Soybean Science*, 2007, 26(6): 807-812
- [8] 郭泰, 刘成贵, 郑伟, 李灿东, 张振宇, 郭美玲, 刘鑫磊, 李忠财. 美国矮秆大豆资源引入与育种利用效果分析. *大豆科学*, 2014, 33(5): 638-641
- Guo T, Liu C G, Zheng W, Li C D, Zhang Z Y, Guo M L, Liu X L, Li Z C. Breeding effect analysis and introduction of USA dwarf soybean resources. *Soybean Science*, 2014, 33(5): 638-641
- [9] 钟彩霞, 钟开珍, 赵云云, 陈林, 年海, 马启彬, 杨存义. 巴西大豆资源及其在华南地区衍生品种的磷效率评价. *中国油料作物学报*, 2013, 35(2): 162-170
- Zhong C X, Zhong K Z, Zhao Y Y, Chen L, Nian H, Ma Q B, Yang C Y. Evaluation of Brazilian soybean resources and south China soybean cultivars derived from Brazilian soybean in phosphorus efficiency. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2013, 35(2): 162-170
- [10] 程春明, 王瑞珍, 吴问胜, 赵朝森. 新时期江西大豆生产与发展的探讨. *江西农业学报*, 2008, 20(11): 42-44
- Cheng C M, Wang R Z, Wu W S, Zhao C S. Discussion on the soybean production and development of Jiangxi province in the new period. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2008, 20(11): 42-44
- [11] 赵朝森, 王瑞珍, 李英慧, 邱丽娟, 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, 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
- [12] 刘章雄, 常汝镇, 邱丽娟. 国家种质库保存国外大豆种质的分析研究. *植物遗传资源学报*, 2009, 10(1): 68-72
- Liu Z X, Chang R Z, Qiu L J. Analysis of foreign soybean germplasm stored in the national genebank of China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2009, 10(1): 68-72
- [13] 邱丽娟, 常汝镇, 刘章雄, 关荣霞, 李英慧. 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: 9-31
- Qiu L J, Chang R Z, Liu Z X, Guan R X, Li Y H. Descriptors and data standard for soybean (*Glycine* spp.). Beijing: Chinese Agricultural Press, 2006: 9-31
- [14] 全国农业技术推广服务中心. NY/T 1298—2007 农作物品种审定规范 大豆. (2007-04-17) [2020-09-24]. <http://down.foodmate.net/standard/sort/5/15578.html>
- National Agricultural Technology Extension Service Center. NY/T 1298—2007 Crop variety certification standard soybean. (2007-04-17) [2020-09-24]. <http://down.foodmate.net/standard/sort/5/15578.html>
- [15] 张赤红, 曹永生, 宗绪晓, 王志刚, 王述民. 普通菜豆种质资源形态多样性鉴定与分类研究. *中国农业科学*, 2005, 38(1): 27-32
- Zhang C H, Cao Y S, Zong X X, Wang Z G, Wang S M. Morphological diversity and classification of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm resource in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(1): 27-32
- [16] 张军, 赵团结, 盖钧镒. 亚洲大豆栽培品种遗传多样性、特异性和群体分化研究. *中国农业科学*, 2008, 41(11): 3511-3520
- Zhang J, Zhao T J, Gai J Y. Genetic diversity, specificity and population differentiation of soybean cultivars in Asia. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(11): 3511-3520
- [17] 万超文, 邵桂花, 吴存祥, 曹永生, 韩天富. 中国大豆育成品种品质性状的演变. *大豆科学*, 2004, 23(4): 289-295
- Wan C W, Shao G H, Wu C X, Cao Y S, Han T F. Evolution of quality traits of developed soybean varieties in China. *Soybean Science*, 2004, 23(4): 289-295
- [18] 李为喜, 朱志华, 刘三才, 刘方, 张晓芳, 李燕, 王述民. 中国大豆 (*Glycine max*) 品种及种质资源主要品质状况分析. *植物遗传资源学报*, 2004, 5(2): 185-192
- Li W X, Zhu Z H, Liu S C, Liu F, Zhang X F, Li Y, Wang S M. Quality characters of Chinese soybean (*Glycine max*) varieties and germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2004, 5(2): 185-192