

大豆种质表型性状鉴定与分析

李 强¹,高聚林²,苏二虎¹,廉 博³

(1. 内蒙古自治区农牧业科学院 玉米研究所,内蒙古 呼和浩特 010031; 2. 内蒙古农业大学 农学院,内蒙古 呼和浩特 010019; 3. 呼伦贝尔市农业技术推广服务中心,内蒙古 呼伦贝尔 021008)

摘 要:以来自不同生态区的 151 份大豆种质资源为材料,对农艺、产量、品质等 14 个数量性状进行了 2 年的精准鉴定,并对其进行了方差分析、相关分析及主成分分析。结果表明:参试品种的表型性状两年变异系数分别为 6.50% ~ 52.03% 和 6.71% ~ 50.90%,变异较大。不同品种间,除每荚粒数差异不显著外,其它各性状都达到了极显著水平;产量除与有效分枝数、蛋白含量相关性不显著外,与其它性状均呈显著相关关系;产量性状因子、生长发育因子、粒重脂肪因子和株型蛋白因子 4 个主成分累积贡献率达到 78.088%,基本可以反映大豆植株的生长发育、产量及品质状况。

关键词:大豆;表型性状;方差分析;相关分析;主成分分析

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.05.0752

Identification and Analysis of Phenotypic Traits in Soybean

LI Qiang¹, GAO Ju-lin², SU Er-hu¹, LIAN Bo³

(1. Maize Research Institute, Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Huhhot 010031, China; 2. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China; 3. Inner Mongolia Hulunbeir Agricultural Technology Service Center, Hulunbeir 021008, China)

Abstract: We have studied the agronomic, yield and quality traits of 151 soybean accessions for 2 years and analyzed with the method of ANOVA, correlation and cluster analysis. The results showed that the coefficient of variation (*CV*) of germplasm of soybean based on phenotypic traits were 6.50%-52.03% and 6.71%-50.90%, respectively. Agronomic traits and production were significantly different between cultivars except for number of seeds per pod. The results of correlation analysis indicated that yield correlated significantly positively with all phenotypic traits except effective branch number and protein content. The results of principal component analysis of 14 traits suggested that these traits might be reduced into 4 comprehensive indexes (yield traits factors, growth factors, grain weight and adipokines factors, plant type and protein factors), whose cumulative contribution rate accounted for 78.088%, reflecting basically the growth, yield and quality status of soybean.

Keywords: Soybean; Phenotypic traits; ANOVA analysis; Correlation analysis; Principal component analysis

大豆是世界上主要的粮、油、饲兼用作物,也是人类重要的植物蛋白来源。我国具有丰富的大豆种质资源,但育成品种却只用了少数亲本,以致遗传基础日趋狭窄,是大豆育种难以突破的瓶颈^[1-3]。大豆农艺、产量及品质性状多数为复杂的数量性状,受多基因控制,并受环境影响较大,前人对此进行了一系列的研究^[4-7],因材料、方法及生态环境的不同,研究结果不尽相同。

内蒙古自治区是我国大豆优势产区,但经纬度跨度较大,气候条件比较复杂,大豆在超早熟、早熟、中早熟、中熟、晚熟区域均有分布,年播种面积 60 万 hm²,位居全国第三位。内蒙古东部区是大豆主产区,大豆面积占全区种植面积的 85% 以上;西部区大豆种植相对分散,大豆品种主要为农家品种,缺乏高产、优质大豆新品种,且相关系统性研究

报道较少,严重制约了该区域大豆生产的发展。因此,开展内蒙古西部区大豆种质资源农艺性状、产量、品质鉴定与分析十分必要。

本研究对 151 份大豆种质资源进行了 2 年的表型农艺、产量、品质鉴定,并进行了方差分析、相关分析、主成分分析等,旨在鉴定高产大豆品种,明确各数量性状间的相关性,提高性状选择效率,为今后大豆新品种选育提供理论依据,为大豆生产实践提供服务。

1 材料与方法

1.1 材料

选取适宜北方春大豆区种植的 151 份国内外大豆品种。国内品种主要来源于黑龙江、吉林、内蒙

收稿日期:2014-12-15
基金项目:内蒙古农牧业创新基金项目(2013CXJJN02);内蒙古自治区农牧业科学院青年创新基金(2014QNJJN01)。
第一作者简介:李强(1982-),男,博士,助理研究员,主要从事大豆育种与栽培研究。E-mail: hamerliqiang@163.com。
通讯作者:苏二虎(1968-),男,研究员,主要从事大豆育种、栽培研究。E-mail: nmnkyshe@163.com。

古、辽宁、北京、山西、新疆、河北、宁夏等省区,国外 拉夫、德国等(表 1)。
品种主要来源于美国、俄罗斯、日本、意大利、南斯

表 1 供试品种信息
Table 1 The tested soybean cultivars

品种编号 Sample No.	品种名称 Variety	地理来源 Geographical origin	品种编号 Sample No.	品种名称 Variety	地理来源 Geographical origin
Z001	N09	美国	Z077	四粒黄	吉林
Z002	蒙豆 9 号	内蒙古	Z078	铁荚四粒黄	吉林
Z003	Wilkin	美国	Z079	通农 13	吉林
Z004	铁荚子	辽宁	Z080	小黄豆	山西
Z005	Proto	美国	Z081	小黄豆	内蒙古
Z006	东农 434	黑龙江	Z082	小金黄	吉林
Z007	杜纳吉卡	波兰	Z083	压破车	黑龙江
Z008	丰收 6 号	黑龙江	Z084	焉耆黄豆	新疆
Z009	合丰 35	黑龙江	Z085	紫花 2 号	黑龙江
Z010	和龙油太	吉林	Z086	登科 1 号	内蒙古
Z011	黑农 35	黑龙江	Z087	黑河 38	黑龙江
Z012	吉育 67	吉林	Z088	垦农 5 号	黑龙江
Z013	龙品 03-311	黑龙江	Z089	红丰 11	黑龙江
Z014	嫩丰 11	黑龙江	Z090	蒙豆 14	内蒙古
Z015	嫩丰 15	黑龙江	Z091	蒙豆 30	内蒙古
Z016	绥农 6 号	黑龙江	Z092	黑农 44	黑龙江
Z017	小粒秣食豆	黑龙江	Z093	黑农 48	黑龙江
Z018	元宝金	黑龙江	Z094	黑农 53	黑龙江
Z019	Magnolid(美)	美国	Z095	黑农 56	黑龙江
Z020	Bell	美国	Z096	黑农 58	黑龙江
Z021	Boige du lot et geronne	德国	Z097	东农 53	黑龙江
Z022	CN 210	美国	Z098	东农 9602	黑龙江
Z023	Hack	美国	Z099	合丰 25	黑龙江
Z024	Harosoy	美国	Z100	合丰 50	黑龙江
Z025	Hodgson	美国	Z101	合丰 47	黑龙江
Z026	Hodgson 78	美国	Z102	合丰 52	黑龙江
Z027	L64-1067	美国	Z103	合丰 55	黑龙江
Z028	L66-707	美国	Z104	合丰 58	黑龙江
Z029	L67-225	美国	Z105	垦丰 16	黑龙江
Z030	L69-6095	美国	Z106	垦丰 20	黑龙江
Z031	L72-1138	美国	Z107	垦丰 26	黑龙江
Z032	L72D-4045	美国	Z108	绥农 10	黑龙江
Z033	L81-4075	美国	Z109	绥农 14	黑龙江
Z034	L83-4387	美国	Z110	绥农 26	黑龙江
Z035	L90-4711	美国	Z111	绥农 25	黑龙江
Z036	LS201	美国	Z112	丰豆 2 号	内蒙古
Z037	MTJ9911-1	内蒙古	Z113	赤豆 1 号	内蒙古
Z038	Nova	意大利	Z114	兴豆 5 号	内蒙古
Z039	SS201	美国	Z115	Acbir	美国
Z040	T295H	美国	Z116	Decabig	美国
Z041	Weber	美国	Z117	长农 13	吉林

续表 1

品种编号 Sample No.	品种名称 Variety	地理来源 Geographical origin	品种编号 Sample No.	品种名称 Variety	地理来源 Geographical origin
Z042	白城秣食豆	吉林	Z118	吉农 12	吉林
Z043	北见白	日本	Z119	吉农 9 号	吉林
Z044	薄地高	辽宁	Z120	长农 14	吉林
Z045	茶秣食豆	吉林	Z121	长农 15	吉林
Z046	茶色豆	吉林	Z122	通农 14	吉林
Z047	昌吉黄豆	新疆	Z123	通农 11	吉林
Z048	花大粒	内蒙古	Z124	吉林 44	吉林
Z049	大粒黑豆	内蒙古	Z125	吉林 49	吉林
Z050	嘟噜豆	吉林	Z126	吉育 53	吉林
Z051	多马卡·托利萨	南斯拉夫	Z127	吉育 72	吉林
Z052	方正秣食豆	黑龙江	Z128	吉育 79	吉林
Z053	丰地黄	吉林	Z129	吉育 81	吉林
Z054	公野 03-5570	吉林	Z130	吉育 82	吉林
Z055	公野 03-7239	吉林	Z131	吉育 89	吉林
Z056	公野 04-L15	吉林	Z132	九农 26	吉林
Z057	龙豆 2 号	黑龙江	Z133	九农 27	吉林
Z058	赫尔松 2 号	前苏联	Z134	九农 28	吉林
Z059	黑龙江 41	俄罗斯	Z135	辽豆 26	辽宁
Z060	黑农 2 号	黑龙江	Z136	辽豆 29	辽宁
Z061	怀德白花大粒	吉林	Z137	晋豆 19	山西
Z062	黄宝珠	吉林	Z138	晋豆 22	山西
Z063	黄大粒	吉林	Z139	晋豆 34	山西
Z064	吉林 20	吉林	Z140	铁豆 46	辽宁
Z065	吉林 30	吉林	Z141	铁 02064-17	辽宁
Z066	吉育 57	吉林	Z142	中黄 30	北京
Z067	金元 1 号	辽宁	Z143	中黄 35	北京
Z068	锦州 4-1	辽宁	Z144	承豆 6 号	河北
Z069	荆山璞	黑龙江	Z145	宁豆 4 号	宁夏
Z070	九农 21	吉林	Z146	中黄 13	北京
Z071	六十天还仓	内蒙古	Z147	新大豆 1 号	新疆
Z072	猫眼豆	辽宁	Z148	蒙科豆 1 号	内蒙古
Z073	牡丰 1 号	黑龙江	Z149	蒙科豆 2 号	内蒙古
Z074	青豆	黑龙江	Z150	本地黑豆	内蒙古
Z075	庆安黑豆	黑龙江	Z151	吉育 86	吉林
Z076	石大豆 1 号	新疆			

1.2 试验设计

试验材料分别于 2011 年 4 月 30 日和 2013 年 5 月 1 日播种于呼和浩特市内蒙古农牧业科学院试验农场。随机区组试验设计,3 次重复,每小区 3 行,行长 3 m,行距 0.45 m。为保证苗匀,每 10 cm 人工点播 4 粒种子,出苗后 15 d 左右间苗,每行保留 31 株。田间管理同当地大田生产。

1.3 测定项目与方法

对试验材料进行开花期、成熟期等生育期调查,成熟后在每小区中部取长势均匀的 10 株进行考种,考种性状包括:株高、底荚高度、主茎节数、有效分枝数、单株有效荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重等,计全小区籽粒产量,晒干扬净后称重,并将考种取样豆粒重量加入。利用瑞典波通 9200 谷物整

粒近红外分析仪进行脂肪含量、蛋白质含量的测定。

1.4 数据分析

利用 SPSS 17.0 软件对 151 个大豆品种的 14 个数量性状 2 年的试验数据进行描述性统计、方差分析、相关分析及主成分分析。

2 结果与分析

2.1 大豆种质表型性状分析

由表 2 可知,两年间 14 个数量性状的偏度和峰

度均不大,绝对值大多接近 1,说明大部分指标符合正态分布。2011 和 2013 年 14 个数量性状的变异系数分别为 6.50%~52.03%和 6.71%~50.90%,各指标品种间变异均较大。其中变异系数较大的性状有:有效分枝数、底荚高度、单株有效荚数、单株粒数,表明参试品种在这些性状上具有丰富的遗传变异,具有很大的选择潜力;而每荚粒数、蛋白质含量、生育期、脂肪含量的变异系数相对较小,均在 10% 以内。

表 2 151 个大豆种质资源农艺性状、产量及品质的描述性统计
Table 2 Description statistic of agronomic traits, yield and quality traits of 151 soybean germplasm

性状 Trait	年份 Year	均值 Mean	最小值 Min.	最大值 Max.	极差 Range	标准差 Std.	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	变异系数 CV/%
开花期	2011	40.11	27.0	61.0	34.0	6.29	0.42	0.64	15.68
FT/d	2013	42.99	30.0	63.0	33.0	6.23	0.50	0.97	14.49
生育期	2011	119.77	96.7	139.3	42.6	10.18	-0.30	-0.86	8.50
GP/d	2013	124.26	100.1	144.1	44.0	10.52	-0.37	-0.92	8.47
株高	2011	82.96	50.1	113.8	63.7	14.39	-0.16	-0.72	17.35
PH/cm	2013	85.07	49.5	135.5	86.0	15.99	0.08	-0.45	18.80
底荚高度	2011	11.99	3.0	26.2	23.2	4.72	0.72	0.07	39.39
BPH/cm	2013	12.89	4.6	28.6	24.0	4.20	0.89	1.50	32.58
主茎节数	2011	12.88	9.3	18.3	9.0	1.87	0.42	-0.49	14.51
PNP	2013	13.56	10.0	17.6	7.6	1.76	0.33	-0.74	12.97
有效分枝数	2011	1.74	0	4.4	4.4	0.91	0.69	0.11	52.03
EBN	2013	1.68	0	5.0	5.0	0.85	1.03	1.86	50.90
单株有效荚数	2011	42.29	21.7	85.6	63.9	10.90	1.27	1.80	25.78
EPP	2013	47.81	28.4	81.6	53.2	9.55	1.04	1.30	19.98
单株粒数	2011	100.32	55.8	194.3	138.5	22.80	1.11	1.82	22.73
GNP	2013	107.55	62.4	202.4	140.0	20.95	1.12	2.59	19.48
单株粒重	2011	17.42	10.7	23.4	12.7	3.22	0.24	-0.80	18.48
GWP/g	2013	18.74	10.8	26.6	15.8	3.10	-0.24	-0.09	16.57
每荚粒数	2011	2.39	1.9	2.9	1.0	0.16	-0.06	0.78	6.50
NSP	2013	2.26	1.8	2.6	0.8	0.15	-0.14	-0.16	6.71
百粒重	2011	17.84	6.7	26.8	20.1	2.94	-0.64	2.08	16.50
HSW/g	2013	17.87	6.2	27.2	21.0	2.98	-0.62	2.47	16.65
产量	2011	2620.27	1646.92	3535.82	1888.90	487.45	0.34	-0.90	18.60
YLD/kg·hm ⁻²	2013	2878.68	1656.80	4012.37	2355.57	437.64	-0.22	0.00	15.20
脂肪含量	2011	20.72	15.6	24.6	9.0	1.84	-0.69	0.14	8.90
OC/%	2013	20.58	15.6	23.8	8.2	1.89	-0.77	0.07	9.19
蛋白含量	2011	39.72	33.8	47.1	13.3	2.83	0.40	-0.39	7.13
Pro/%	2013	39.78	35.1	46.5	11.4	2.83	0.55	-0.39	7.12

FT、GP、PH、BPH、PNP、EBN、EPP、GNP、GWP、NSP、HSW、YLD、OC、Pro 分别是开花期、生育期、株高、底荚高度、主茎节数、有效分枝数、单株有效荚数、单株粒数、单株粒重、每荚粒数、百粒重、单位面积产量、脂肪含量和蛋白含量的英文缩写,下同。

FT: Flowering time; GP: Growth period; PH: Plant height; BPH: Bottom pods height; PNP: Pods number per plant; EBN: Efficient branch number; EPP: Efficient pods per plant; GNP: Grain number of single plant; GWP: Grain weight per plant; NSP: Number of seeds per pod; HSW: 100-seed weight; YLD: Yield per plot; OC: Oil content; Pro: Protein content; The same below.

2.2 151 个大豆种质 2 年 14 个性状的方差分析

各性状年份间、品种间方差分析,结果如表 3 所示,除主茎节数、有效分枝数、百粒重、脂肪含量、蛋白含量年份间差异不显著外,其它 9 个性状年份间差异都达到了显著或极显著水平,对这些性状的选

择必须经过多年的试验;不同品种间,除每荚粒数差异不显著外,其它各性状都达到了极显著水平,表明参试品种各个性状的遗传变异非常丰富,为今后挖掘性状优异位点奠定了基础。

表 3 151 个大豆品种 14 个性状两年表型数据方差分析
Table 3 Analysis of variance for fourteen phenotypic traits in 151 varieties in two years

性状 Trait	变异来源 Variation source	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F 值 F value	P 值 P value
开花期 FT	年份 Year	1	629.457	629.457	16.064 **	<0.0001
	品种 Varieties	150	11286.755	75.245	10.348 **	<0.0001
生育期 GP	年份 Year	1	1525.727	1525.727	14.233 **	<0.0001
	品种 Varieties	150	31994.270	213.295	19.058 **	<0.0001
株高 PH	年份 Year	1	1238.611	1238.611	5.351 *	0.0390
	品种 Varieties	150	66501.782	443.345	20.401 **	<0.0001
底荚高度 BPH	年份 Year	1	211.691	211.691	10.593 **	0.0010
	品种 Varieties	150	5210.847	34.739	6.204 **	<0.0001
主茎节数 PNH	年份 Year	1	10.070	10.070	3.060	0.0810
	品种 Varieties	150	826.634	5.511	4.258 **	<0.0001
有效分枝数 EBN	年份 Year	1	0.286	0.286	0.369	0.5440
	品种 Varieties	150	221.983	1.480	20.250 **	<0.0001
单株有效荚数 EPP	年份 Year	1	2300.957	2300.957	21.898 **	<0.0001
	品种 Varieties	150	29650.199	197.668	7.153 **	<0.0001
单株粒数 GNP	年份 Year	1	3951.450	3951.450	8.243 **	0.0040
	品种 Varieties	150	135669.810	904.465	11.295 **	<0.0001
单株粒重 GWP	年份 Year	1	131.435	131.435	13.142 **	<0.0001
	品种 Varieties	150	2755.181	18.368	7.364 **	<0.0001
每荚粒数 NSP	年份 Year	1	1.311	1.311	55.623 **	<0.0001
	品种 Varieties	150	4.439	0.030	1.133	0.2230
百粒重 HSW	年份 Year	1	0.086	0.086	0.010	0.9210
	品种 Varieties	150	2607.519	17.383	122.402 **	<0.0001
产量 YLD	年份 Year	1	5041577.339	5041577.339	23.496 **	<0.0001
	品种 Varieties	150	59033138.25	393554.255	5.726 **	<0.0001
脂肪含量 OC	年份 Year	1	1.516	1.516	0.434	0.5100
	品种 Varieties	150	1031.654	6.878	60.380 **	<0.0001
蛋白含量 Pro	年份 Year	1	0.286	0.286	0.036	0.8500
	品种 Varieties	150	2369.495	15.797	67.201 **	<0.0001

** :0.01 极显著水平; * :0.05 显著水平。下同。
** : Represent significance at 1% probability level; * : Were significance at 5% probability level. The same below.

2.3 151 个大豆种质 14 个性状间的相关分析

为了进一步了解 14 个数量性状间的相互关系,对 151 个大豆种质 14 个性状进行相关分析(表 4)。结果表明,开花期与生育期为极显著正相关,株高、底荚高度、主茎节数、有效分枝数、单株有效荚数、单株粒数、单株粒重、产量与开花期、生育期呈极显著正相关;脂肪含量、每荚粒数与开花期、生育期呈

显著负相关;底荚高度、主茎节数、有效分枝数、单株有效荚数、单株粒数、单株粒重、产量与株高呈极显著正相关;脂肪含量、每荚粒数、百粒重与株高存在显著负相关,也就是说,生育期长、开花晚、植株高大的品种,其单株荚数较多,单株粒重较大,产量较高,蛋白含量较高,脂肪含量较低,百粒重较小。

由表 4 可进一步看出,单株有效荚数与主茎节

数、有效分枝数、单株粒数、单株粒重、产量呈极显著正相关,而与每荚粒数、百粒重呈极显著负相关,这可能是由于荚数、粒数的不断增加,使运送到每粒种子的营养减少,从而影响了荚粒数的形成及种子的饱满程度,这也是百粒重与荚数、粒数、分枝数呈负相关的主要原因。另外,产量除了与每荚粒数呈负相关,与有效分枝数、蛋白含量不显著外,与其

它性状均呈显著地正相关。这也说明,产量的形成是个复杂的过程,在高产新品种选育时,不应过多考虑籽粒大小,因为百粒重虽然大了,但单株有效荚数、粒数等减小了。因此,应注重单株荚数和单株粒数的有效选择,同时注意生育期、株高等的选择。

表 4 151 个大豆品种 14 个性状表型数据相关分析
Table 4 Correlation analysis of fourteen phenotypic traits in 151 varieties

Trait	FP	GP	PH	BPH	PNH	EBN	EPP	GNP	GWP	NSP	HSW	YLD	OC	Pro
FP	1	0.851**	0.586**	0.665**	0.508**	0.150**	0.201**	0.173**	0.214**	-0.120*	-0.016	0.220**	-0.222**	0.157**
GP	0.851**	1	0.692**	0.655**	0.576**	0.176**	0.204**	0.173**	0.286**	-0.150**	0.044	0.287**	-0.224**	0.089
PH	0.586**	0.692**	1	0.584**	0.661**	0.383**	0.318**	0.303**	0.249**	-0.120*	-0.133*	0.242**	-0.176**	0.076
BPH	0.665**	0.655**	0.584**	1	0.497*	0.095	0.088	0.090	0.213**	-0.012	0.044	0.206**	-0.166**	0.087
PNH	0.508**	0.576**	0.661**	0.497**	1	0.224**	0.328**	0.330**	0.340**	-0.095	-0.084	0.344**	-0.032	-0.037
EBN	0.150**	0.176**	0.383**	0.095	0.224**	1	0.572**	0.572**	0.075	-0.146*	-0.501**	0.072	-0.224**	0.038
EPP	0.201**	0.204**	0.318**	0.088	0.328**	0.572**	1	0.953**	0.460**	-0.427**	-0.572**	0.476**	-0.057	-0.041
GNP	0.173**	0.173**	0.303**	0.090	0.330**	0.572**	0.953**	1	0.462**	-0.148**	-0.620**	0.470**	-0.067	-0.002
GWP	0.214**	0.286**	0.249**	0.213**	0.340**	0.075	0.460**	0.462**	1	-0.148**	0.356**	0.994**	0.202**	-0.112
NSP	-0.120*	-0.150**	-0.120*	-0.012	-0.095	-0.146*	-0.427**	-0.148**	-0.148**	1	0.008	-0.180**	-0.027	0.129*
HSW	-0.016	0.044	-0.133*	0.044	-0.084	-0.501**	-0.572**	-0.620**	0.356**	0.008	1	0.349**	0.182**	-0.036
YLD	0.220**	0.287**	0.242**	0.206**	0.344**	0.072	0.476**	0.470**	0.994**	-0.180**	0.349**	1	0.194**	-0.110
OC	-0.222**	-0.224**	-0.176**	-0.166**	-0.032	-0.224**	-0.057	-0.067	0.202**	-0.027	0.182**	0.194**	1	-0.784**
Pro	0.157**	0.089	0.076	0.087	-0.037	0.038	-0.041	-0.002	-0.112	0.129*	-0.036	-0.110	-0.784**	1

脂肪含量与单株粒重、百粒重、产量呈极显著正相关,与开花期、生育期、株高、底荚高度、有效分枝数、蛋白含量呈显著负相关;蛋白含量与开花期、每荚粒数呈显著正相关,与脂肪含量呈极显著负相关。表明早熟、矮秆、百粒重大、产量较高的品种,其脂肪含量较高,蛋白含量较低。

2.4 151 个大豆种质 14 个性状的主成分分析

对 151 个大豆种质的 14 个农艺性状进行主成分分析。从表 5 可以看出,前 4 个主成分的特征值分别为 4.623,2.504,2.415,1.390;第 1 主成分贡献

率最大,为 33.023%,第 2 主成分贡献率为 17.884%,第 3 主成分贡献率为 17.249%,第 4 主成分贡献率为 9.931%,前 4 个主成分累积贡献率达 78.088%,可以概括不同大豆品种主要数量性状的绝大部分信息。第 1 主成分特征值、方差贡献率最大,它所含性状信息也较多,但其贡献率只有 33.023%,可能因为这 14 个数量性状中包含农艺性状、产量性状、品质性状等,这些性状差异较大,线性关系较少。

表 5 151 个大豆品种表型性状的特征值、贡献率及累积贡献率

Table 5 Eigenvalues (E), contribution rate (CR), and cumulative contribution rate (CCR) of first four principal components based on 14 phenotypic traits in 151 varieties

主成分 Principal components (PC)	特征值 Eigenvalues (E)	贡献率 Contribution rate (CR) /%	累积贡献率 Cumulative contribution rate (CCR) /%
1	4.623	33.023	33.023
2	2.504	17.884	50.907
3	2.415	17.249	68.157
4	1.390	9.931	78.088

前4个主成分的各性状特征向量见表6,可以看出,第1主成分中单株有效荚数、单株粒数、单株粒重的特征向量最大,其次是开花期、株高、主茎节数和生育期,这些性状都与产量有关,且都为正值。

表6 151个大豆品种14个表型性状前4个主成分的特征向量

Table 6 Power vector (PV) of first four principal components based on 14 phenotypic traits in 151 varieties				
性状 Trait	因子1 Factor 1	因子2 Factor 2	因子3 Factor 3	因子4 Factor 4
开花期 FT	0.700	0.496	-0.126	-0.123
生育期 GP	0.585	0.505	-0.059	-0.135
株高 PH	0.686	0.274	-0.148	0.394
底荚高度 BPH	0.202	0.534	-0.060	-0.166
主茎节数 PNH	0.683	0.207	0.048	0.296
有效分枝数 EBN	0.506	-0.445	-0.384	0.275
单株有效荚数 EPP	0.748	-0.664	-0.047	0.079
单株粒数 GNP	0.767	-0.658	-0.086	-0.223
单株粒重 GWP	0.712	-0.098	0.686	-0.213
每荚粒数 NSP	-0.283	0.220	-0.132	0.062
百粒重 HSW	-0.227	0.581	0.648	0.112
脂肪含量 OC	-0.174	-0.222	0.715	-0.546
蛋白含量 Pro	0.063	0.265	-0.571	0.711
产量 YLD	0.590	-0.109	0.683	0.398

第2主成分的单株有效荚数、单株粒数、百粒重、底荚高度载荷较大,其中单株有效荚数和单株粒数载荷为负值;其次是开花期、生育期等。这些性状主要与植株的生长发育有关。当第2主成分值大时,表现为生育期较长,底荚高度较高,百粒重较大,同时,单株荚数、单株粒数较少,说明第2主成分大的品种在产量表现上会有不足,因此,在品种选择时,不应一味的选择百粒重大、生长势强的品种。

第3主成分的脂肪含量、单株粒重、产量和百粒重的载荷较高,且均为正值,而蛋白质含量、有效分枝数载荷也较大,但为负值。这些性状主要与大豆籽粒、品质性状有关。当第3主成分值大时,表现为植株有效分枝数少,百粒重大,单株粒重较大,产量较高,脂肪含量高,而蛋白含量较低。

第4主成分的蛋白含量载荷最大,其次是脂肪含量、株高、主茎节数、有效分枝数、单株粒数和单株粒重,其中脂肪含量、单株粒数和单株粒重为负值。当第4主成分值大时,表现为植株高大,分枝多,主茎节数多,而脂肪含量、单株粒数、粒重等较小,进而可能会对产量形成有一定的影响。

3 结论与讨论

大豆农艺、产量及品质性状多数为复杂的数量

性状,受多基因控制,并受环境影响较大^[8]。不同研究者选用不同的材料进行的农艺、产量、品质性状研究,结果不尽相同。而且大豆各性状间有一定的相互关联,育种实践中,必须认真的考虑这一点。另外,育种过程中,当目标性状很难进行直接观察时,往往需要利用其他性状对该性状进行间接的选择,因此,性状间的相关性必须清楚。多数研究认为,大豆的单株荚数、单株粒数、单株粒重与产量显著正相关^[9-10];百粒重对于产量的贡献及与产量的相关性,不同研究中存在一定的差异;陈雪珍等^[10]进一步认为,百粒重与主茎分枝数、生育前期呈显著正相关,进而与大豆的产量呈正相关;而田保明^[11]、刘念析^[12]等则认为分枝数、单株荚数较多的品种,百粒重较小,且百粒重与产量相关性不显著;本研究中,单株荚数与百粒重显著负相关,这与田保明等^[11]的研究结果一致,脂肪含量与蛋白含量呈显著负相关,这一结果与多位学者一致^[13-14],也就是说,选育脂肪含量大于22%,同时蛋白质含量大于45%的品种难度较大;本研究还发现,151个大豆品种的14个数量性状的变异系数较大,表明参试品种间具有丰富的遗传变异;2年间的方差分析表明大多数产量相关性状受环境影响显著,表明数量性状必须多年甚至多点鉴定才具有说服力;产量与多个性状显著相关,证实了它的形成是一个复杂的过

程,受基因和环境共同影响,育种时应根据目标综合考虑。

通过2年的表型鉴定鉴定出了一批适合内蒙古西部区不同积温区种植的高产优质大豆品种,高产、高油品种如美国品种 L66-707,产量4 012. 37 kg·hm⁻²,生育期 129 d;中黄 35,产量3 452. 28 kg·hm⁻²,脂肪含量 23. 5%;黑龙江 41,产量3 350. 42 kg·hm⁻²,脂肪含量 22. 1%。高产、高蛋白品种如黑农 48,产量 3 686. 44 kg·hm⁻²,蛋白含量 45. 1%,本地黑豆,产量3 506. 19 kg·hm⁻²,蛋白含量 46. 0%。

本研究明确了大豆农艺、产量、品质性状间的相关关系,指出了大豆育种、选择的关键技术要点,同时为内蒙古西部区鉴定出了一批高产、优质大豆品种。相关研究结果可应用于大豆育种和生产实践。

参考文献

[1] 文自翔. 中国栽培和野生大豆的遗传多样性、群体分化和演化及其育种性状 QTL 的关联分析[D]. 南京:南京农业大学, 2008. (Wen Z X. Genetic diversity, population differentiation and evolution as well as association analysis of QTLs of breeding target traits in *Glycine Max* (L.) Merr. and *Glycine Soja* Sieb. et Zucc. in China [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2008.)

[2] 彭宝,项淑华,牛建光. 我国大豆育种问题浅析及对策[J]. 吉林农业科学,2002,27(4):19-20. (Peng B, Xiang S H, Niu J G. Problem and strategy of soybean breeding in China [J]. Jilin Agricultural Sciences, 2002, 27(4): 19-20.)

[3] 许世蛟,辛俊,孙莉,等. 江苏省大豆种质资源现状分析及保护对策[J]. 江西农业学报,2008, 20(3):10-12. (Xu S J, Xin J, Sun L, et al. Status analysis and strategy research on soybean germplasm resources in Jiangsu province [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2008, 20(3): 10-12.)

[4] 慈敦伟,张礼凤,汪宝卿,等. 大豆种质资源农艺性状和产量的年份间差异及其关系[J]. 植物遗传资源学报,2011, 12(6):872-880. (Ci D W, Zhang L F, Wang B Q, et al. Variation of agronomic traits and production of germplasm resources of soybean in different years and the relationship between them[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2011, 12(6): 872-880.)

[5] 辛秀琄,于凤瑶,周顺启,等. 黑龙江省近期审定大豆品种的聚类分析和主成分分析[J]. 浙江农业科学,2010(4):806-810. (Xin X J, Yu F Y, Zhou S Q, et al. Cluster analysis and principal component analysis of soybean varieties officially approved recently in Heilongjiang province [J]. Journal of Zhejiang

Agricultural Sciences, 2010(4): 806-810.)

[6] 罗瑞萍,赵志刚,姬月梅,等. 大豆产量及其相关数量性状关系的分析[J]. 安徽农业科学. 2010, 38(17):8910-8912. (Luo R P, Zhao Z G, Ji Y M, et al. Research on the relationship between soybean yield and its related quantitative character[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(17): 8910-8912.)

[7] 汪宝卿,张礼凤,戴海英,等. 黄淮海地区夏大豆农艺性状的遗传变异、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.)

[8] 于凤瑶,辛秀琄,张代军. 抗灰斑病大豆品种农艺性状、品质性状与产量性状的典型相关分析[J]. 农业现代化研究,2012, 33(3):372-375. (Yu F Y, Xin X J, Zhang D J. Canonical correlation analysis for agronomic trait group, quality trait group and yield in soybean immune to grey speck disease [J]. Research of Agricultural Modernization, 2012,33(3):372-375.)

[9] 仲义,鄂成林,孙发明,等. 大豆农艺性状和品质性状间相关性分析[J]. 吉林农业科学,2012, 37(2):1-3. (Zhong Y, E C L, Sun F M, et al. Analysis of correlation between agronomic traits and quality traits of soybean [J]. Jilin Agricultural Sciences, 2012, 37(2):1-3.)

[10] 陈学珍,谢皓,贾浩荣. 大豆品种(系)农艺性状和品质性状的相关性研究[J]. 北京农学院学报, 2004, 19(2): 21-23. (Chen X Z, Xie H, Jia H R. Analysis and comparison of agronomic characters in new soybean lines [J]. Journal of Beijing University of agriculture, 2004,19(2):21-23.)

[11] 田保明. 大豆产量构成因素的通径分析[J]. 河南农业科学, 1995(2):6-8. (Tian B M. Path analysis in yield component of soybean [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 1995(2): 6-8.)

[12] 刘念析,李穆,李秀平,等. 大豆主要农艺性状间的相关性分析[J]. 大豆科学,2013,32(4): 570-572. (Liu N X, Li M, Li X P, et al. Correlation analysis of major agronomic traits in soybean [J]. Soybean Science, 2013,32(4): 570-572.)

[13] 王鹏,李贵全. 不同大豆品系农艺与品质性状的灰色关联度分析[J]. 山西农业科学,2012, 40(12):1243-1246. (Wang P, Li G Q. Gray relational analysis of agronomic characters and quality traits in different soybean lines [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2012, 40(12):1243-1246.)

[14] 周恩远,刘丽君,祖伟,等. 春大豆农艺性状与品质相关关系的研究[J]. 东北农业大学学报, 2008,39(2):145-149. (Zhou E Y, Liu L J, Zu W, et al. Study on relationship between agronomic traits and quality traits in spring soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2008,39(2):145-149.)