

云南省夏大豆种质资源表型鉴定 和综合评价模型构建

代希茜, 赵银月, 詹和明, 单丹丹, 张亮, 王铁军

(云南省农业科学院粮食作物研究所, 昆明 650205)

摘要:为全面准确评价夏大豆种质资源, 构建大豆种质资源综合评价体系, 满足育种家快速、定向选择育种亲本的需求。本研究采用路径分析、探索性因子分析、隶属函数、聚类分析、回归分析等多元分析方法相结合, 对451份云南省夏大豆种质资源的11个重要表型性状进行研究。结果表明: 451份大豆种质资源表型性状变异丰富, 类型多样。性状间存在错综复杂的相关性, 且性状间的相互影响清晰地分为两条路径, 一条最终影响大豆品质, 另一条最终影响单株粒重。通过探索性因子分析, 将11个表型性状转化为产量构成因子、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。通过隶属函数计算综合评价价值(D值), 并对D值进行聚类分析, 将451个种质划分成3个类群, 每个类群具有不同的优势性状。运用逐步回归的方法建立大豆种质综合评价数学模型: $D = 0.0102X_3 + 0.0055X_4 - 0.0021X_5 + 0.0014X_7 + 0.007X_9 + 0.179X_{11}$ ($R^2 = 0.9908$, $F = 8006$, $P < 0.0001$)。该模型可用于大豆种质资源综合评价, 为定向选择有重要价值的亲本提供依据。

关键词:大豆; 种质资源; 探索性因子分析; 隶属函数; 聚类分析; 综合评价

Phenotypic Screening of Summer Sowing Soybean Germplasm Resources in Yunnan Province and Constructing A Comprehensive Evaluation Model

DAI Xi-xi, ZHAO Yin-yue, ZHAN He-ming, SHAN Dan-dan, ZHANG Liang, WANG Tie-jun

(Institute of Food Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205)

Abstract: The main purpose of the present study was to investigate the phenotypic variation of soybean germplasm resources, in order to build up the comprehensive evaluation system that benefits to user-friendly select the parental lines in breeding. 11 important agronomic traits were surveyed in 451 soybean germplasm accessions of Yunnan province, and the path analysis, exploratory factor analysis, membership function method, clustering analysis, and stepwise regression analysis were applied. The dataset revealed that phenotypic traits of 451 soybean germplasm resources represented large variations. Although the complicated network was observed among these 11 traits, we clearly detected two major components consisting of the quality and seed weight per plant. By exploratory factor analysis (EFA), we divide the 11 phenotype traits into 5 common factors, including yield, quality, plant height, kernel weight, and kernels per pod. The membership function method was employed to calculate comprehensive value (D), and the cluster analysis suggested three groups in 451 soybean germplasm resources, and each group has different dominant traits. At last, a mathematical evaluation model for soybean germplasm resources was established by stepwise regression analysis, $D = 0.0102X_3 + 0.0055X_4 - 0.0021X_5 + 0.0014X_7 + 0.007X_9 + 0.179X_{11}$ ($R^2 = 0.9908$, $F = 8006$, $P < 0.0001$). This model provided a possibility to evaluate the soybean germplasm accessions, being valuable in selecting the breeding parental lines with important traits.

收稿日期: 2018-01-22 修回日期: 2018-03-22 网络出版日期: 2018-06-20

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20180620.1021.001.html>

基金项目: 云南省“十一五”科技攻关项目(2006NG13); 国家大豆现代产业技术体系(CARS-04-CES29)

第一作者主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: 503862616@qq.com。赵银月为共同第一作者

通信作者: 王铁军, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: wangdd518@sina.com

Key words: soybean; germplasm resources; exploratory factor analysis; membership function method; clustering analysis; comprehensive evaluation

大豆种质资源是我国重要的战略性资源,是大豆育种、生物科学研究和农业生产的物质基础。我国大豆种质资源数量多、分布广、变异大,对其全面评价是有效利用的前提^[1-9]。因此,合理评价大豆种质资源并构建大豆种质资源评价体系,对提高大豆种质资源利用率,选育高产、优质、抗逆大豆新品种具有重要意义。但是,如何科学有效地评价大豆种质资源,将资源优势转变成育种优质和生产优势,是当前我国大豆种质资源研究的重点和热点。目前,虽然变异系数、相关性分析、主成分分析和聚类分析已在大豆^[10-14]、鹰嘴豆^[15]、小麦^[16]、大蒜^[17]、西瓜^[18]等多种作物种质资源研究中应用广泛,但仅局限于其中2种或3种方法的组合使用,缺少多元分析方法的运用。正确组合运用多元分析方法能有效地提高研究效率,本研究在前人研究的基础上加以创新,将路径分析、隶属函数分析和箱形图分析方法与变异系数、相关性分析、探索性因子分析、模糊聚类、逐步回归等方法相结合,对大豆种质资源进行表型鉴定和综合评价体系构建。尤其是探索性因子分析可以有效地克服变量间可能存在的多重共线性问题,并且允许特殊因子的存在,能得到较主成分分析更为准确的结果。

以期通过以上多元分析方法的结合使用,达到大豆种质资源快速、准确分类的目的,为今后定向选择有重要价值的育种亲本提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点位于云南省农业科学院试验基地,25°07'34"N,102°46'4"E,海拔1800 m,试验地年度平均气温16.5℃,年均降水量1450 mm,无霜期278 d。试验地为水浇地,红壤土,前茬小麦,肥力中等。

1.2 试验材料

云南省农业科学院粮食作物研究所收集的582份大豆种质资源,由中国农业科学院作物科学研究所种质资源库保存,已编入《中国大豆品种资源目录》,具有国家资源库统一编号。试验于1986-1995年在云南省农业科学院进行表型性状的调查,经过多年田间试验,筛选出451份来自云南省88个地区且适应性好的种质资源,于1998-2007年对其表型性状进行重新鉴定及整理分析,以供将来育种研究运用。参试材料由国家种质资源库统一编号,具体信息见表1。

表1 供试材料编号、统一编号、名称及来源

Table 1 Code, accession number, name and origin of the experimental soybean germplasm resources

编号 Code	统一编号 Accession number	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin	编号 Code	统一编号 Accession numbe	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin	编号 Code	统一编号 Accession numbe	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin
1	ZDD17283	清华大豆	昆明	17	ZDD17305	小冬黄豆	盐津	33	ZDD17327	小粒黄豆	富源
2	ZDD17285	早白豆	宜良	18	ZDD17306	六月黄	大关	34	ZDD17328	二白豆	富源
3	ZDD17286	小黄豆	宜良	19	ZDD17307	早豆子	大关	35	ZDD17330	本地黄豆	马龙
4	ZDD17287	黄豆	宜良	20	ZDD17308	早白豆子	大关	36	ZDD17332	黄豆	玉溪
5	ZDD17288	大黄豆	晋宁	21	ZDD17312	早白豆	镇雄	37	ZDD17333	黄豆	华宁
6	ZDD17289	二白豆	呈贡	22	ZDD17313	早白豆	镇雄	38	ZDD17334	大豆	通海
7	ZDD17291	白日豆	嵩明	23	ZDD17314	早豆子	镇雄	39	ZDD17335	大早豆	新平
8	ZDD17292	黄豆	安宁	24	ZDD17315	早珥豆	镇雄	40	ZDD17336	杂黄豆	新平
9	ZDD17293	大白豆	路南	25	ZDD17316	母享鱼洞早豆子	镇雄	41	ZDD17337	盖顶豆	新平
10	ZDD17294	大黄豆	路南	26	ZDD17318	大角豆	镇雄	42	ZDD17339	抵太细黄豆	普洱
11	ZDD17295	早白豆	昭通	27	ZDD17319	大豆	巧家	43	ZDD17340	大黄豆	宁洱
12	ZDD17297	六月黄	昭通	28	ZDD17320	黄豆	曲靖	44	ZDD17342	小绿豆	宁洱
13	ZDD17299	早白豆	昭通	29	ZDD17321	二白豆	曲靖	45	ZDD17343	大白豆	景东
14	ZDD17300	水磨大豆	昭通	30	ZDD17322	May-10	曲靖	46	ZDD17344	细白豆	景东
15	ZDD17301	七月黄	昭通	31	ZDD17323	小粒豆	曲靖	47	ZDD17345	大滚白豆	景东
16	ZDD17302	龙树草黄豆	昭通	32	ZDD17325	宣杂	宣威	48	ZDD17346	小白豆	墨江

表1(续)

编号 Code	统一编号 Accession number	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin	编号 Code	统一编号 Accession numbe	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin	编号 Code	统一编号 Accession numbe	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin
49	ZDD17349	早豆	墨江	93	ZDD17402	黄豆	大姚	137	ZDD17477	白豆	文山
50	ZDD17350	细白早豆	墨江	94	ZDD17403	大黄豆	鹤庆	138	ZDD17478	花脸豆	文山
51	ZDD17351	大白豆	江城	95	ZDD17406	黄豆	云龙	139	ZDD17479	绿豆	文山
52	ZDD17352	大白豆	江城	96	ZDD17411	六月黄	漾濞	140	ZDD17481	小青豆	蒙自
53	ZDD17353	四季豆	江城	97	ZDD17412	白毛子七月黄	漾濞	141	ZDD17482	大白豆	金平
54	ZDD17354	黄豆	江城	98	ZDD17413	七月黄	漾濞	142	ZDD17483	毛豆	金平
55	ZDD17355	乌龙黄豆	临沧	99	ZDD17414	九月黄	漾濞	143	ZDD17484	高山大绿豆	金平
56	ZDD17356	细白黄豆	永德	100	ZDD17416	细腊豆	巍山	144	ZDD17485	小绿豆	河口
57	ZDD17357	黄豆	云县	101	ZDD17419	黑脐小黑豆	潞西	145	ZDD17486	绿黄豆	鹤庆
58	ZDD17358	大白豆	镇康	102	ZDD17420	白黄豆	泸水	146	ZDD17487	大青豆	巍山
59	ZDD17359	细白豆	镇康	103	ZDD17421	缅甸绿黄豆	泸水	147	ZDD17488	大绿豆	南涧
60	ZDD17361	大豆	耿马	104	ZDD17423	大黄豆	福贡	148	ZDD17490	绿豆	兰坪
61	ZDD17362	大豆	耿马	105	ZDD17427	乌嘴白皮黄豆	路南	149	ZDD17491	青黄豆	贡山
62	ZDD17363	黄豆	耿马	106	ZDD17432	大绿豆	镇雄	150	ZDD17492	小黑豆子	大关
63	ZDD17364	黄豆	保山	107	ZDD17433	大绿豆	镇雄	151	ZDD17493	黑黄豆	嵩明
64	ZDD17365	托亮黄豆	保山	108	ZDD17434	大绿豆	鲁甸	152	ZDD17494	黑豆	安宁
65	ZDD17366	黄豆	腾冲	109	ZDD17436	细白豆	曲靖	153	ZDD17495	黑料豆	昭通
66	ZDD17368	大黄早豆	龙陵	110	ZDD17437	绿豆	富源	154	ZDD17496	黑豆	永善
67	ZDD17369	冬大豆	龙陵	111	ZDD17438	细黄豆	罗平	155	ZDD17497	黑黄豆	永善
68	ZDD17370	黄豆	丽江	112	ZDD17439	绿豆	会泽	156	ZDD17499	大黑豆	镇雄
69	ZDD17371	大黄豆	丽江	113	ZDD17440	浦贝豆	易门	157	ZDD17500	母享黑豆	镇雄
70	ZDD17372	小白黄豆	丽江	114	ZDD17441	白黄豆	新平	158	ZDD17501	黑豆	镇雄
71	ZDD17374	云南大豆	丽江	115	ZDD17444	黄豆	景东	159	ZDD17502	黑黄豆	镇雄
72	ZDD17377	白豆	文山	116	ZDD17445	绿黄豆	景东	160	ZDD17504	黑豆	富源
73	ZDD17378	小白豆	文山	117	ZDD17447	菜园豆	墨江	161	ZDD17505	黄豆	华宁
74	ZDD17379	小白豆	文山	118	ZDD17449	小白豆	墨江	162	ZDD17506	细黑豆	新平
75	ZDD17380	黄豆	文山	119	ZDD17451	大黄白豆	墨江	163	ZDD17507	细黑豆	新平
76	ZDD17381	细黄豆	文山	120	ZDD17452	细黄豆	墨江	164	ZDD17509	黑早豆	思茅
77	ZDD17382	细白豆	文山	121	ZDD17453	大白豆	墨江	165	ZDD17510	小黑豆	景东
78	ZDD17383	早黄豆	文山	122	ZDD17454	大白豆	墨江	166	ZDD17511	细黑豆	墨江
79	ZDD17384	黄豆	文山	123	ZDD17456	绿豆	临沧	167	ZDD17512	黑豆	墨江
80	ZDD17385	大白豆	红河	124	ZDD17457	羊眼豆	永德	168	ZDD17513	黑豆	墨江
81	ZDD17386	黄皮豆	个旧	125	ZDD17458	黄豆	永德	169	ZDD17514	黑撒豆	墨江
82	ZDD17387	大豆	开元	126	ZDD17459	绿黄豆	永德	170	ZDD17516	小黑豆	江城
83	ZDD17388	东黄豆	开元	127	ZDD17462	绿黄豆	镇康	171	ZDD17517	羊眼豆	永德
84	ZDD17390	乌嘴豆	蒙自	128	ZDD17463	大绿黄豆	镇康	172	ZDD17518	黑黄豆	永德
85	ZDD17391	老豪黄豆	蒙自	129	ZDD17464	绿皮豆	镇康	173	ZDD17519	羊眼豆	永德
86	ZDD17394	大黄豆	永仁	130	ZDD17468	绿皮豆	保山	174	ZDD17520	黑黄豆	镇康
87	ZDD17395	小白毛豆	永仁	131	ZDD17469	绿皮豆	保山	175	ZDD17521	黑黄豆	镇康
88	ZDD17396	白毛豆	永仁	132	ZDD17470	青皮黄豆	腾冲	176	ZDD17522	乌云黄豆	镇康
89	ZDD17397	小黄毛豆	永仁	133	ZDD17471	小黄豆	腾冲	177	ZDD17523	黑黄豆	镇康
90	ZDD17398	黄粒豆	牟定	134	ZDD17472	绿皮早豆	龙陵	178	ZDD17525	黑黄豆	镇康
91	ZDD17399	黄豆	双柏	135	ZDD17473	绿早豆	龙陵	179	ZDD17527	黑豆	双江
92	ZDD17401	黄皮豆	南华	136	ZDD17474	绿皮黄豆	丽江	180	ZDD17528	豆腐豆	耿马

表 1(续)

编号 Code	统一编号 Accession number	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin	编号 Code	统一编号 Accession numbe	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin	编号 Code	统一编号 Accession numbe	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin
181	ZDD17529	黑黄豆	耿马	225	ZDD17583	胡麻豆	景东	269	ZDD22373	马桩豆	昭通
182	ZDD17530	黑早豆	龙陵	226	ZDD17585	大黄豆	墨江	270	ZDD22375	塞豆	昭通
183	ZDD17534	小黑豆	红河	227	ZDD17587	羊眼豆	镇康	271	ZDD22377	绿皮豆	昭通
184	ZDD17535	大黑豆	红河	228	ZDD17588	株粟豆	镇康	272	ZDD22378	绿皮豆	昭通
185	ZDD17536	小黑豆	泸西	229	ZDD17589	红黄豆	镇康	273	ZDD22379	大白水豆	永善
186	ZDD17537	黑豆	蒙自	230	ZDD17590	棕色豆	镇沅	274	ZDD22381	大白水豆	永善
187	ZDD17538	大黑豆	蒙自	231	ZDD17591	虎皮豆	富源	275	ZDD22382	Jan-88	鲁甸
188	ZDD17539	小黑豆	元阳	232	ZDD17595	虎皮黄豆	丽江	276	ZDD22383	Feb-88	鲁甸
189	ZDD17541	小黑豆	大理	233	ZDD17596	虎皮黄豆	永胜	277	ZDD22384	Feb-88	鲁甸
190	ZDD17542	小黑豆	弥渡	234	ZDD17597	虎皮豆	文山	278	ZDD22385	早黄豆	巧家
191	ZDD17543	小黑豆	弥渡	235	ZDD17598	虎皮豆	文山	279	ZDD22386	六月黄	曲靖
192	ZDD17545	小黑豆	弥渡	236	ZDD17599	虎皮豆	文山	280	ZDD22387	六月黄	曲靖
193	ZDD17547	九月黄	漾濞	237	ZDD17600	早褐皮豆	富宁	281	ZDD22388	六月黄豆	曲靖
194	ZDD17548	黑皮黄豆	漾濞	238	ZDD17601	虎皮豆	丘北	282	ZDD22393	早黄豆	陆良
195	ZDD17549	早黑豆	巍山	239	ZDD17602	腐皮豆	泸西	283	ZDD22395	黄良豆	陆良
196	ZDD17550	迟黑豆	巍山	240	ZDD17604	大黄豆	红河	284	ZDD22396	大莫古	陆良
197	ZDD17551	细黑浆豆	南涧	241	ZDD17605	虎皮豆	蒙自	285	ZDD22397	细黄豆	罗平
198	ZDD17552	春多落紫色豆	德钦	242	ZDD17607	火烧豆	蒙自	286	ZDD22399	本地黄豆	鲁甸
199	ZDD17553	松子豆	呈贡	243	ZDD17609	大黄豆	绿春	287	ZDD22400	本地黄豆	鲁甸
200	ZDD17554	松子豆	安宁	244	ZDD17610	松子豆	牟定	288	ZDD22401	本地黄豆	鲁甸
201	ZDD17555	松子豆	路南	245	ZDD17611	羊眼豆	大姚	289	ZDD22402	它桔五月豆	元江
202	ZDD17556	松子黄豆	昭通	246	ZDD17612	松子豆	永平	290	ZDD22403	黄豆	新平
203	ZDD17557	七月黄	昭通	247	ZDD17613	黑大豆	南涧	291	ZDD22404	黄等豆	普洱
204	ZDD17559	茶黄豆	永善	248	ZDD17615	德宏选 8	潞西	292	ZDD22405	黄等豆	普洱
205	ZDD17560	黄皮豆	大关	249	ZDD17616	茶黄豆	瑞丽	293	ZDD22406	绿等豆	普洱
206	ZDD17561	荚荚豆子	大关	250	ZDD17617	茶黄豆	瑞丽	294	ZDD22409	大黄豆	普洱
207	ZDD17563	母享黄豆	镇雄	251	ZDD17619	褐皮黄豆	碧江	295	ZDD22410	大黄豆	普洱
208	ZDD17564	紫黄豆	镇雄	252	ZDD17620	青黄豆	贡山	296	ZDD22411	细白豆	普洱
209	ZDD17565	早茶豆	镇雄	253	ZDD17622	马兰早茶豆	昭通	297	ZDD22412	绿皮豆	普洱
210	ZDD17566	大棕豆	镇雄	254	ZDD17623	早黄豆	镇雄	298	ZDD22414	细小白豆	墨江
211	ZDD17567	红豆	镇雄	255	ZDD17624	黑豆	镇雄	299	ZDD22415	玉米豆	墨江
212	ZDD17568	黄大豆	镇雄	256	ZDD17626	花脸豆	新平	300	ZDD22417	玉米豆	墨江
213	ZDD17569	大绿豆	镇雄	257	ZDD17627	羊眼豆	景东	301	ZDD22418	大白豆	昌宁
214	ZDD17570	黄大豆	镇雄	258	ZDD17628	绿豆	墨江	302	ZDD22419	矮大粒	昌宁
215	ZDD17571	红豆	镇雄	259	ZDD17629	洋豆	墨江	303	ZDD22420	小署黄豆	腾冲
216	ZDD17572	茶黄豆	宣威	260	ZDD17631	虎皮豆	丽江	304	ZDD22421	小黄豆	丽江
217	ZDD17573	大棕皮豆	南华	261	ZDD17632	黄豆	镇康	305	ZDD22422	白沙黄豆	丽江
218	ZDD17574	松子豆	华宁	262	ZDD17633	乌云豆	镇康	306	ZDD22423	八月黄	丽江
219	ZDD17575	羊眼豆	华宁	263	ZDD17634	大豆	保山	307	ZDD22424	格子黄皮豆	丽江
220	ZDD17576	泥巴豆	澄江	264	ZDD22367	黄豆	呈贡	308	ZDD22425	黄皮豆	丽江
221	ZDD17577	二白豆	新平	265	ZDD22368	黄豆	呈贡	309	ZDD22428	黄豆	昆明
222	ZDD17579	胡皮豆	宁洱	266	ZDD22369	黄豆	呈贡	310	ZDD22430	小白毛子豆	广南
223	ZDD17581	绿黄豆	景东	267	ZDD22370	黄豆	呈贡	311	ZDD22431	大白毛子豆	广南
224	ZDD17582	黄豆	黄豆	268	ZDD22371	黄豆	呈贡	312	ZDD22433	小白豆	红河

表 1(续)

编号 Code	统一编号 Accession number	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin	编号 Code	统一编号 Accession numbe	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin	编号 Code	统一编号 Accession numbe	品种名称 Name	原产地 或来源 Origin
313	ZDD22434	小白豆	红河	360	ZDD22488	6号	盈江	407	ZDD22544	绿皮豆	祥云
314	ZDD22435	大黄豆	弥勒	361	ZDD22489	小黄豆	盈江	408	ZDD22545	绿皮豆	祥云
315	ZDD22436	大黄豆	弥勒	362	ZDD22490	大黄豆	盈江	409	ZDD22546	黄豆	祥云
316	ZDD22437	小黄豆	弥勒	363	ZDD22491	早黄豆	盈江	410	ZDD22547	绿皮豆	盈江
317	ZDD22438	细黄豆	泸西	364	ZDD22492	小黄豆	盈江	411	ZDD22548	黑豆	昭通
318	ZDD22440	2号	元阳	365	ZDD22494	小黄豆	盈江	412	ZDD22549	小黑豆子	大关
319	ZDD22441	南雄豆	禄丰	366	ZDD22496	小黄豆	盈江	413	ZDD22550	八月黑黄豆	曲靖
320	ZDD22442	小黄豆	禄丰	367	ZDD22497	早黄豆	盈江	414	ZDD22551	黑豆	宣威
321	ZDD22443	大黄豆	大姚	368	ZDD22498	小黄豆	盈江	415	ZDD22552	黑豆	景东
322	ZDD22444	大黄豆	大姚	369	ZDD22501	黄豆	兰坪	416	ZDD22554	大黑豆	腾冲
323	ZDD22445	大黄豆	大姚	370	ZDD22503	黄豆	兰坪	417	ZDD22555	小黑豆	双柏
324	ZDD22446	大黄豆	大姚	371	ZDD22504	黑黄豆	德钦	418	ZDD22556	小黑皮豆	南华
325	ZDD22447	大黄豆	大姚	372	ZDD22505	绿皮豆	安宁	419	ZDD22557	黑皮大豆	洱源
326	ZDD22448	黄皮大豆	洱源	373	ZDD22506	早绿皮豆	昭通	420	ZDD22558	松子豆	昭通
327	ZDD22450	黄豆	弥渡	374	ZDD22507	六月黄	曲靖	421	ZDD22559	火皮豆	昭通
328	ZDD22451	黄豆	祥云	375	ZDD22508	六月黄	曲靖	422	ZDD22560	火皮豆	昭通
329	ZDD22452	黄豆	祥云	376	ZDD22509	绿黄豆	宣威	423	ZDD22561	早茶豆	昭通
330	ZDD22453	本地黄豆	祥云	377	ZDD22510	绿黄豆	宣威	424	ZDD22562	松子豆	昭通
331	ZDD22454	本地黄豆	祥云	378	ZDD22511	绿黄豆	宣威	425	ZDD22564	松子豆	宣威
332	ZDD22455	本地黄豆	祥云	379	ZDD22512	本地黄豆	寻甸	426	ZDD22565	松子豆	宣威
333	ZDD22456	黄豆	祥云	380	ZDD22513	本地黄豆	寻甸	427	ZDD22566	松子豆	宣威
334	ZDD22457	托美旺	潞西	381	ZDD22514	本地黄豆	寻甸	428	ZDD22567	松子豆	宣威
335	ZDD22458	—	潞西	382	ZDD22515	本地黄豆	寻甸	429	ZDD22568	早茶豆	宣威
336	ZDD22459	托灭旺	潞西	383	ZDD22516	本地黄豆	寻甸	430	ZDD22569	本地黄豆	寻甸
337	ZDD22460	托美瑞	潞西	384	ZDD22517	本地黄豆	寻甸	431	ZDD22570	本地黄豆	寻甸
338	ZDD22461	托美旺	潞西	385	ZDD22518	绿皮豆	寻甸	432	ZDD22571	本地黄豆	寻甸
339	ZDD22462	托美旺	潞西	386	ZDD22519	黄豆	新平	433	ZDD22572	褐黄豆	丽江
340	ZDD22463	托美旺	潞西	387	ZDD22520	黄豆	新平	434	ZDD22573	褐黄豆	丽江
341	ZDD22464	—	潞西	388	ZDD22521	大扁豆	墨江	435	ZDD22574	Jan-84	丽江
342	ZDD22465	—	潞西	389	ZDD22522	大扁豆	墨江	436	ZDD22575	85- -6	丽江
343	ZDD22466	—	潞西	390	ZDD22524	绿皮大豆	腾冲	437	ZDD22576	Apr-84	丽江
344	ZDD22468	—	潞西	391	ZDD22525	小暑黄豆	腾冲	438	ZDD22577	49号	丽江
345	ZDD22469	—	潞西	392	ZDD22527	小绿黄豆	丽江	439	ZDD22579	虎皮豆	弥勒
346	ZDD22471	托美瑞	潞西	393	ZDD22528	小绿黄豆	丽江	440	ZDD22582	虎皮豆	泸西
347	ZDD22472	托美瑞	潞西	394	ZDD22529	绿黄豆	文山	441	ZDD22583	小黑皮豆	南华
348	ZDD22473	—	潞西	395	ZDD22531	小白毛子豆	文山	442	ZDD22584	小黑皮豆	南华
349	ZDD22474	12号	盈江	396	ZDD22532	小绿豆	广南	443	ZDD22585	7号	潞西
350	ZDD22475	12号	盈江	397	ZDD22533	小白毛子豆	广南	444	ZDD22587	茶色豆	潞西
351	ZDD22476	10号	盈江	398	ZDD22534	绿皮黄豆	弥勒	445	ZDD22588	茶色豆	潞西
352	ZDD22477	10号	盈江	399	ZDD22535	虎皮豆	弥勒	446	ZDD22589	7号	潞西
353	ZDD22478	10号	盈江	400	ZDD22536	绿皮大豆	洱源	447	ZDD22590	早黄豆	盈江
354	ZDD22479	122号	盈江	401	ZDD22538	绿皮大豆	洱源	448	ZDD22591	早黄豆	盈江
355	ZDD22480	122号	盈江	402	ZDD22539	绿皮大豆	洱源	449	ZDD22593	褐大豆	兰坪
356	ZDD22483	128号	盈江	403	ZDD22540	绿皮黄豆	洱源	450	ZDD22594	黑花豆	普洱
357	ZDD22485	4号	盈江	404	ZDD22541	本地黄豆	祥云	451	ZDD22595	虎皮豆	丽江
358	ZDD22486	3号	盈江	405	ZDD22542	绿皮豆	祥云				
359	ZDD22487	11号	盈江	406	ZDD22543	绿皮豆	祥云				

编号为 335,341~345,348 的 7 份材料收集时名称不详

The names of the seven soybean germplasm resources numbered 335,341-345 and 348 are unknown

1.3 试验设计

试验采用等行距种植,每小区 3 行,行长 3 m,行距 0.5 m,穴距 0.13 m,种植密度为 20523 株/hm²。供试资源系 1986-1995 年陆续收集,1998-2007 年重新进行表型性状调查,文中所用数据均为多年重复的平均值。

1.4 测定项目与测定方法

大豆表型性状调查参照《中国大豆品种资源目录》。在生育期间,调查生育日数(X_1)。大豆成熟时选取每小区中间无边际效应、连续且有代表性的植株 10 株,测定株高(X_2)、主茎节数(X_3)、有效分枝数(X_4)、单株荚数(X_5)、单荚粒数(X_6)、单株粒数(X_7)、百粒重(X_8)、单株粒重(X_9)、脂肪含量(X_{10})、蛋白质含量(X_{11})等指标。

文中的脂肪和蛋白质为粗脂肪和粗蛋白质,由吉林省农业科学院大豆研究所分析室测定,并提供数据,数据来源于《中国大豆品种资源目录(续编一)》和《中国大豆品种资源目录(续编二)》。

1.5 数据统计与分析

采用 Excel 进行数据整理与分析;采用 SAS9.1.3 进行探索性因子分析、聚类分析、逐步回归等分析。

隶属函数值计算公式:

$$U_i = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

各综合指标权重:

$$W_i = P_i / \sum_{i=1}^n P_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

各种质综合评价价值:

$$D = \sum_{i=1}^n [U_i \times W_i] \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

公式(1)中 U_i 表示第 i 个公共因子的隶属函数值, X_i 为第 i 个公共因子, X_{min} 为第 i 个公共因子的最小值, X_{max} 为第 i 个公共因子的最大值。公式(2)中 W_i 表示第 i 个公共因子在所有公共因子中的权重, P_i 为第 i 个公共因子的贡献率。公式(3)中 D 值为由各公共因子计算所得的综合评价价值。

2 结果与分析

2.1 各性状变异性分析

变异系数的大小可以反映参试材料性状变异丰富程度,表明该性状的变异潜力。对 451 份大豆种质的 11 个性状进行描述性统计分析,结果表明,材料间存在较大差异,不同性状在不同材料间表现出不同的变异程度。如表 2 所示,性状变异系数范围为 4.557% ~ 44.829%,变异系数大于 20% 的性状有株高、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、百粒重、单株粒重,其中单株粒数的变异系数最大,为 44.829%。变异系数低于 10% 的性状有单荚粒数、脂肪含量、蛋白质含量,其中蛋白质含量变异系数最小,为 4.557%。生育日数和主茎节数的变异系数分别为 11.690% 和 16.429%。由此可见,供试材料性状变异丰富,类型多样,改良潜力大,可为我国大豆新品种的选育提供优良的种质基础。

表 2 11 个表型性状基本参数统计分析

Table 2 Statistics of phenotypic variation at 11 phenotypic traits

性状 Traits	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Mean	变异幅度 Variation	标准差 SD	变异系数(%) CV
生育日数(d)GD	190.000	100.000	132.217	90.000	15.457	11.690
株高(cm)PH	163.000	33.700	86.369	129.300	23.185	26.844
主茎节数SN	26.267	10.133	17.187	16.133	2.824	16.429
有效分枝数EB	8.100	0.067	3.272	8.033	1.331	40.671
单株荚数PN	146.300	10.400	48.906	135.900	19.974	40.842
单荚粒数SP	2.952	1.598	2.089	1.354	0.207	9.890
单株粒数SNP	353.303	19.800	102.739	333.503	46.057	44.829
百粒重(g)SW	31.033	5.000	16.579	26.033	4.729	28.524
单株粒重(g)SWP	35.100	1.200	11.827	33.900	4.645	39.272
脂肪含量FC	0.205	0.133	0.174	0.072	0.012	7.115
蛋白质含量PC	0.508	0.395	0.444	0.113	0.020	4.557

GD: growth duration, PH: plant height, SN: number of nodes on main stem, EB: effective branch number, PN: pod number per plant, SP: seed number per pod, SNP: seed number per plant, SW: 100-seed weight, SWP: seed weight per plant, FC: fat content in seed, PC: protein content in seed, the same as below

2.2 各性状相关性分析

性状相关性分析(表3)可见,每一个性状至少与其他3个或3个以上的性状存在极显著相关性。其中,主茎节数和百粒重与除了蛋白质含量外的9个性状均存在极显著相关性;株高与除了单株粒重和蛋白

质含量外的8个性状存在极显著相关性;单株粒重与除了株高和单荚粒数外的8个性状存在极显著相关性。由此可见,各性状间存在错综复杂的相关性,导致它们所提供的信息发生重叠。可进一步进行路径分析,去除重复信息,探讨各性状间的相互影响。

表3 11个表型性状相关性分析表

Table 3 Correlation coefficients among 11 phenotypic traits

性状 Traits	生育 日数 GD	株高 PH	主茎 节数 SN	有效 分枝数 EB	单株 荚数 PN	单荚 粒数 SP	单株 粒数 SNP	百粒重 SW	单株 粒重(g) SWP	脂肪 含量 FC	蛋白质 含量 PC
生育日数	1.000	0.140**	0.170**	-0.024	0.026	0.118	0.051	-0.232**	-0.174**	-0.318**	0.184**
株高	0.140**	1.000	0.732**	0.266**	0.275**	0.233**	0.313**	-0.327**	0.088	-0.176**	0.014
主茎节数	0.170**	0.732**	1.000	0.273**	0.460**	0.217**	0.480**	-0.391**	0.202**	-0.170**	-0.014
有效分枝数	-0.024	0.266**	0.273**	1.000	0.511**	-0.033	0.469**	-0.217**	0.338**	0.03	-0.068
单株荚数	0.026	0.275**	0.460**	0.511**	1.000	0.130**	0.971**	-0.473**	0.578**	-0.023	-0.083
单荚粒数	0.118	0.233**	0.217**	-0.033	0.130**	1.000	0.342**	-0.289**	-0.035	-0.144**	0.000
单株粒数	0.051	0.313**	0.480**	0.469**	0.971**	0.342**	1.000	-0.511**	0.523**	-0.054	-0.076
百粒重	-0.232**	-0.327**	-0.391**	-0.217**	-0.473**	-0.289**	-0.511**	1.000	0.256**	0.262**	-0.077
单株粒重	-0.174**	0.088	0.202**	0.338**	0.578**	-0.035	0.523**	0.256**	1.000	0.156**	-0.149**
脂肪含量	-0.318**	-0.176**	-0.170**	0.03	-0.023	-0.144**	-0.054	0.262**	0.156**	1.000	-0.633**
蛋白质含量	0.184**	0.014	-0.014	-0.068	-0.083	0.000	-0.076	-0.077	-0.149**	-0.633**	1.000

**表示在0.01水平上双侧相关

** indicate correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed)

2.3 路径分析

路径分析(图1)所示,各性状间存在相互影响,影响路径可清晰地分为两条,一条最终影响大豆品质,表明生育日数越长,籽粒脂肪含量越低,蛋白质含量越高;另一条最终影响单株粒重,其受到单株荚数、单荚粒数、单株粒数、百粒重的直接影响和生育日数、株高、主茎节数、有效分枝数的间接影响。其中,主茎节数受株高影响,路径系数为0.7324;单株

荚数受主茎节数和有效分枝数共同影响,路径系数分别为0.4889、0.4282;单株粒数受单株荚数和单荚粒数影响,路径系数分别为0.9487、0.2188;百粒重受生育日数负向影响,路径系数为-0.1741。结果表明,11个性状间存在相互影响,仅用某个性状或极少数几个性状作为评价指标,不能准确、全面地对大豆种质资源的利用价值作出判断,需在此基础上利用多元统计方法对种质做出综合评价。

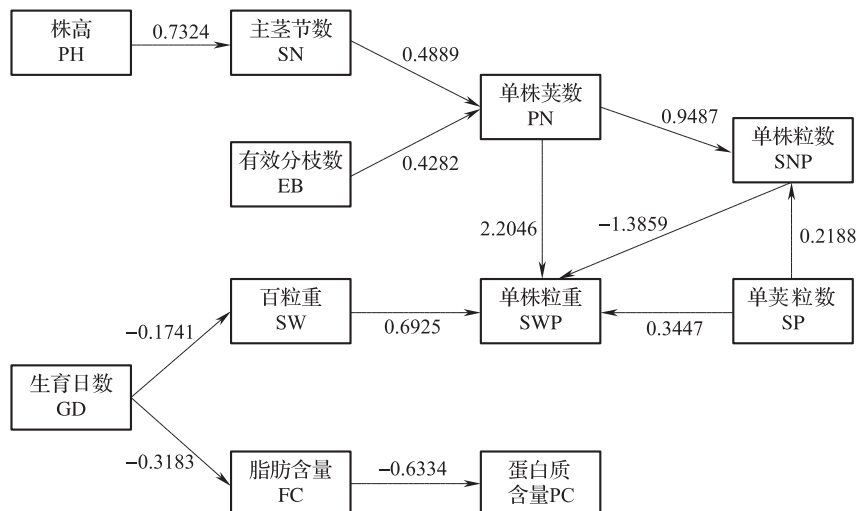


图1 各性状路径图

Fig. 1 The proposed path graph for the investigated traits

2.4 探索性因子分析

利用 SAS9.1.3 对种质的 11 个表型性状进行探索性因子分析(EFA, exploratory factor analysis),将多个具有相关性的原始性状浓缩成少数几个具有解释性的公共因子(CF, common factor)。由表 4 可见,前 5 项因子特征值分别为 3.594、2.174、1.241、

1.025、0.885,累计贡献率达到 81.2%,由此将 11 个相关的表型性状转化为 5 个公共因子。5 个公共因子经过正交方差最大旋转后,特征值分别为 2.881、1.796、1.675、1.439、1.129,贡献率分别为 24.0%、15.0%、14.0%、12.0%、9.4%。

表 4 各性状公共因子的特征向量和贡献率

Table 4 Eigenvectors and percentage of accumulated contribution of common factor

性状 Character	公共因子 Common factor				
	CF1	CF2	CF3	CF4	CF5
生育日数 GD	0.017	-0.296	0.117	-0.184	0.068
株高 PH	0.144	-0.079	0.918	-0.059	0.093
主茎节数 SN	0.360	-0.087	0.722	-0.045	0.087
有效分枝数 EB	0.486	0.053	0.218	0.059	-0.094
单株荚数 PN	0.988	0.013	0.144	0.033	0.037
单荚粒数 SP	0.080	-0.062	0.130	-0.087	0.982
单株粒数 SNP	0.950	0	0.165	-0.006	0.248
百粒重 SW	-0.464	0.191	-0.216	0.605	-0.162
单株粒重 SWP	0.545	0.135	0.075	0.824	-0.008
脂肪含量 FC	-0.023	0.992	-0.094	0.051	-0.066
蛋白质含量 PC	-0.068	-0.644	-0.034	-0.028	-0.033
特征值 Eigen value	3.594	2.174	1.241	1.025	0.885
贡献率(%) Contribution ratio	32.7	19.8	11.3	9.3	8.1
累计贡献率(%) Cumulative contribution ratio	32.7	52.5	63.8	73.1	81.2

第 1 个公共因子对应载荷较高且符号为正的征向量是有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重,特征值分别为 0.486、0.988、0.950、0.545;载荷较高且符号为负的特征向量是百粒重,特征值为 -0.464。以上 5 个表型性状均与产量构成相关,故第 1 公共因子可称为产量构成因子。

第 2 个公共因子对应载荷较高且符号为正的征向量是脂肪含量,特征值为 0.992;载荷较高且符号为负的特征向量是生育日数和蛋白质含量,特征值分别为 -0.296、-0.644。由于第 2 公共因子主要受蛋白质含量和脂肪含量的影响,故可称为品质因子。

第 3 个公共因子对应载荷较高且符号为正的征向量是株高和主茎节数,特征值分别为 0.918、0.722,主茎节数与株高呈极显著正相关,受株高正向影响,故第 3 公共因子可称为株高因子。

第 4 个公共因子对应载荷较高且符号为正的征向量是百粒重和单株粒重,特征向量分别为 0.605、0.824,百粒重和单株粒重均与籽粒重量相关,故第 4 公共因子可称为粒重因子。

第 5 个公共因子对应载荷较高且符号为正的征

向量是单荚粒数,特征值为 0.982,可称为单荚粒数因子。

2.5 综合评价模型构建

2.5.1 隶属函数分析

计算种质各公共因子的隶属函数值(表 5)。若以产量构成因子(U_1)作为评价指标,编号为 397 的种质 U_1 最大,为 1.000,有效分枝数、单株荚粒数和单株产量综合表现最好,可优先考虑作为选育高产品种的目标亲本;若以品质因子(U_2)作为评价指标,编号为 269 的种质 U_2 最大,为 1.000,可优先考虑作为选育高油品种的目标亲本,编号为 368 的种质 U_2 最小,为 0,可优先考虑作为选育高蛋白品种的目标亲本;若以株高因子(U_3)作为评价指标,编号为 441 的种质 U_3 最大,为 1.000,可优先考虑作为选育高秆品种的目标亲本;若以粒重因子(U_4)作为评价指标,编号为 326 的种质 U_4 最大,为 1.000,百粒重和单株粒重都较大,可优先考虑作为选育大粒高产品种的目标亲本;若以单荚粒数(U_5)作为评价指标,编号为 191 的种质 U_5 最大,为 1.000,单荚粒数最多,可优先考虑作为选育多粒荚品种的目标亲本。

表 5 451 份大豆种质资源的隶属函数值 U_i 及 D 值
Table 5 Membership function value U_i and value D of 451 soybean germplasm resources

编号 Code	隶属函数值 Membership function value					D 值 Value D	编号 Code	隶属函数值 Membership function value					D 值 Value D
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5			U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	
1	0.181	0.463	0.217	0.465	0.415	0.320	59	0.611	0.196	0.425	0.149	0.306	0.379
2	0.138	0.797	0.305	0.456	0.647	0.418	60	0.420	0.696	0.337	0.489	0.473	0.478
3	0.253	0.339	0.267	0.442	0.467	0.330	61	0.201	0.434	0.334	0.416	0.394	0.332
4	0.127	0.524	0.175	0.386	0.490	0.304	62	0.089	0.509	0.307	0.290	0.614	0.314
5	0.207	0.828	0.386	0.533	0.498	0.455	63	0.195	0.707	0.124	0.484	0.365	0.353
6	0.259	0.801	0.370	0.534	0.494	0.463	64	0.132	0.640	0.418	0.361	0.323	0.349
7	0.195	0.644	0.410	0.467	0.478	0.406	65	0.311	0.707	0.358	0.520	0.484	0.455
8	0.191	0.572	0.210	0.449	0.419	0.342	66	0.316	0.608	0.610	0.439	0.078	0.420
9	0.255	0.749	0.462	0.547	0.264	0.442	67	0.328	0.477	0.201	0.401	0.324	0.346
10	0.219	0.792	0.404	0.488	0.488	0.446	68	0.236	0.460	0.262	0.408	0.252	0.316
11	0.476	0.814	0.218	0.603	0.280	0.491	69	0.202	0.439	0.179	0.422	0.263	0.289
12	0.576	0.372	0.077	0.529	0.179	0.384	70	0.179	0.527	0.657	0.296	0.282	0.371
13	0.224	0.691	0.156	0.490	0.286	0.356	71	0.273	0.680	0.181	0.483	0.278	0.372
14	0.148	0.695	0.142	0.545	0.447	0.359	72	0.169	0.306	0.698	0.310	0.561	0.368
15	0.245	0.643	0.182	0.427	0.272	0.346	73	0.201	0.309	0.326	0.340	0.818	0.347
16	0.164	0.405	0.164	0.454	0.416	0.291	74	0.192	0.419	0.482	0.387	0.376	0.347
17	0.080	0.324	0.296	0.284	0.312	0.232	75	0.402	0.636	0.612	0.377	0.358	0.479
18	0.271	0.663	0.389	0.390	0.466	0.416	76	0.375	0.318	0.355	0.482	0.453	0.387
19	0.211	0.557	0.246	0.318	0.397	0.328	77	0.209	0.510	0.428	0.350	0.527	0.374
20	0.111	0.543	0.172	0.378	0.199	0.264	78	0.172	0.622	0.407	0.434	0.329	0.369
21	0.198	0.504	0.253	0.499	0.416	0.346	79	0.282	0.325	0.379	0.337	0.587	0.356
22	0.257	0.542	0.181	0.555	0.500	0.379	80	0.146	0.599	0.178	0.476	0.503	0.342
23	0.258	0.558	0.155	0.457	0.272	0.333	81	0.278	0.717	0.290	0.378	0.184	0.373
24	0.187	0.596	0.308	0.558	0.570	0.400	82	0.410	0.429	0.365	0.497	0.310	0.407
25	0.335	0.550	0.310	0.474	0.179	0.376	83	0.062	0.571	0.634	0.350	0.449	0.367
26	0.138	0.737	0.345	0.385	0.265	0.353	84	0.057	0.774	0.505	0.295	0.540	0.385
27	0.001	0.687	0.499	0.237	0.240	0.301	85	0.296	0.386	0.573	0.513	0.299	0.401
28	0.110	0.821	0.000	0.427	0.896	0.383	86	0.126	0.565	0.348	0.510	0.271	0.336
29	0.285	0.658	0.472	0.481	0.394	0.441	87	0.557	0.601	0.421	0.393	0.583	0.517

表5 (续)

编号 Code	隶属函数值 Membership function value					D 值 Value D	编号 Code	隶属函数值 Membership function value					D 值 Value D	编号 Code	隶属函数值 Membership function value					D 值 Value D																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅			U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅			U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	178	0.392	0.273	0.394	0.417			0.291	0.360	208	0.355	0.558			0.239	0.378	0.247	0.364	238		0.263	0.515	0.432	0.460	0.316	0.384	238	0.263	0.515	0.432	0.460	0.316	0.384	239	0.294	0.535	0.692	0.436	0.287	0.439	239	0.294	0.535	0.692	0.436	0.287	0.439	240	0.182	0.776	0.310	0.463	0.349	0.392	240	0.182	0.776	0.310	0.463	0.349	0.392	241	0.154	0.443	0.393	0.564	0.264	0.337	241	0.154	0.443	0.393	0.564	0.264	0.337	242	0.112	0.502	0.038	0.327	0.276	0.232	242	0.112	0.502	0.038	0.327	0.276	0.232	243	0.317	0.668	0.933	0.452	0.198	0.510	243	0.317	0.668	0.933	0.452	0.198	0.510	244	0.336	0.740	0.591	0.413	0.375	0.483	244	0.336	0.740	0.591	0.413	0.375	0.483	245	0.139	0.769	0.346	0.200	0.683	0.384	245	0.139	0.769	0.346	0.200	0.683	0.384	246	0.452	0.552	0.223	0.317	0.086	0.361	246	0.452	0.552	0.223	0.317	0.086	0.361	247	0.110	0.603	0.217	0.333	0.193	0.276	247	0.110	0.603	0.217	0.333	0.193	0.276	248	0.227	0.607	0.157	0.402	0.344	0.334	248	0.227	0.607	0.157	0.402	0.344	0.334	249	0.171	0.349	0.548	0.436	0.154	0.318	249	0.171	0.349	0.548	0.436	0.154	0.318	250	0.305	0.503	0.429	0.411	0.453	0.404	250	0.305	0.503	0.429	0.411	0.453	0.404	251	0.610	0.681	0.324	0.313	0.217	0.473	251	0.610	0.681	0.324	0.313	0.217	0.473	252	0.331	0.383	0.071	0.294	0.172	0.267	252	0.331	0.383	0.071	0.294	0.172	0.267	253	0.231	0.576	0.362	0.319	0.165	0.331	253	0.231	0.576	0.362	0.319	0.165	0.331	254	0.170	0.519	0.140	0.383	0.270	0.282	254	0.170	0.519	0.140	0.383	0.270	0.282	255	0.504	0.328	0.207	0.335	0.000	0.322	255	0.504	0.328	0.207	0.335	0.000	0.322	256	0.155	0.458	0.264	0.374	0.401	0.303	256	0.155	0.458	0.264	0.374	0.401	0.303	257	0.275	0.421	0.703	0.409	0.351	0.416	257	0.275	0.421	0.703	0.409	0.351	0.416	258	0.208	0.569	0.650	0.281	0.647	0.431	258	0.208	0.569	0.650	0.281	0.647	0.431	259	0.402	0.609	0.625	0.314	0.274	0.455	259	0.402	0.609	0.625	0.314	0.274	0.455	260	0.147	0.267	0.474	0.293	0.434	0.292	260	0.147	0.267	0.474	0.293	0.434	0.292	261	0.435	0.415	0.677	0.465	0.127	0.442	261	0.435	0.415	0.677	0.465	0.127	0.442	262	0.351	0.568	0.691	0.365	0.276	0.451	262	0.351	0.568	0.691	0.365	0.276	0.451	263	0.351	0.665	0.698	0.390	0.503	0.505	263	0.351	0.665	0.698	0.390	0.503	0.505	264	0.441	0.412	0.429	0.496	0.374	0.433	264	0.441	0.412	0.429	0.496	0.374	0.433	265	0.340	0.809	0.550	0.432	0.458	0.503	265	0.340	0.809	0.550	0.432	0.458	0.503	266	0.393	0.762	0.772	0.646	0.529	0.597	266	0.393	0.762	0.772	0.646	0.529	0.597	267	0.273	0.598	0.535	0.573	0.178	0.424	267

2.5.2 各综合指标权重 根据 5 个公共因子正交旋转后的贡献率大小,计算其权重。经计算,5 个综合指标权重分别为 0.323、0.202、0.188、0.161、0.126。

2.5.3 综合评价 计算种质综合评价 D 值,并采

用快速聚类法将 451 份种质分成 3 类(图 2),第 I 类共 92 份材料,D 值范围为 0.462~0.678;第 II 类共 208 份材料,D 值范围为 0.366~0.458;第 III 类共 151 份材料,D 值范围为 0.217~0.365。

6	11	31	40	45	47	57	60	75	87	90	91	114
121	125	130	141	142	143	153	154	162	167	169	172	174
175	180	181	192	198	199	212	235	236	243	244	251	263
265	266	268	269	272	273	274	275	286	289	290	299	300
301	304	305	326	345	350	351	353	355	356	359	362	367
372	373	380	387	390	393	396	397	398	400	401	402	403
404	411	420	423	427	430	431	434	435	437	438	440	442
443												
2	5	7	9	10	12	18	22	24	25	28	29	30
33	34	35	37	38	42	44	46	49	50	51	53	58
59	65	66	70	71	72	76	77	78	81	82	83	84
85	89	92	97	98	99	101	103	104	105	109	110	111
115	116	118	119	120	123	128	131	133	134	137	138	139
140	144	145	148	149	151	158	159	160	161	164	165	166
168	173	176	177	179	183	184	186	188	189	190	191	194
196	197	202	203	205	207	209	214	216	217	218	219	221
222	223	225	226	227	228	230	234	238	239	240	245	250
257	258	259	261	262	264	267	270	276	277	279	280	281
282	283	285	287	288	292	294	295	297	302	307	309	311
312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	323	329	330
331	332	333	336	337	339	342	346	354	357	358	363	364
365	369	371	374	375	376	377	378	382	383	384	385	386
388	389	392	394	395	399	405	408	409	410	413	414	416
421	422	424	425	426	428	432	433	436	439	441	446	449
1	3	4	8	13	14	15	16	17	19	20	21	23
26	27	32	36	39	41	43	48	52	54	55	56	61
62	63	64	67	68	69	73	74	79	80	86	88	93
94	95	96	100	102	106	107	108	112	113	117	122	124
126	127	129	132	135	136	146	147	150	152	155	156	157
163	170	171	178	182	185	187	193	195	200	201	204	206
208	210	211	213	215	220	224	229	231	232	233	237	241
242	246	247	248	249	252	253	254	255	256	260	271	278
284	291	293	296	298	303	306	308	310	322	324	325	327
328	334	335	338	340	341	343	344	347	348	349	352	360
361	366	368	370	379	381	391	406	407	412	415	417	418
419	429	444	445	447	448	450	451					

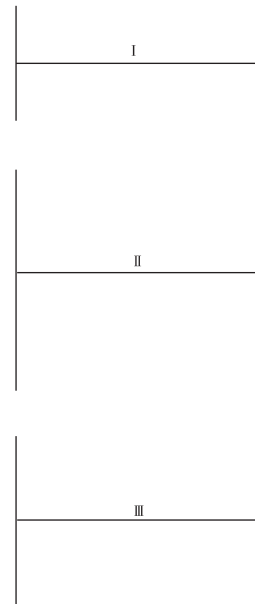


图 2 参试大豆种质聚类分布

Fig. 2 Cluster analysis of 451 soybean accessions based on phenotypic datasets

2.5.4 回归分析 为加快种质资源表型性状的鉴定,探讨种质综合评价模型,以 D 值作因变量,以上 11 个性状调查值为自变量,采用逐步回归的方法建立回归方程: $D = 0.0102X_3 + 0.0055X_4 - 0.0021X_5 + 0.0014X_7 + 0.007X_9 + 0.179X_{11}$,其中, $R^2 = 0.9908$, $F = 8006$, $P < 0.0001$ 。表明该模型中主茎节数(X_3)、有效分枝数(X_4)、单株荚数(X_5)、单株粒数(X_7)、单株粒重(X_9)、蛋白质含量(X_{11})等 6 个表型性状可作为关键性状,用做大豆种质资源分类与评价。在相同条件下测定其他大豆种质资源、品种(系)的上述 6 个性状,利用该模型求得综合评价值(D 值),即可对其运用价值进行分类和评价。

2.6 不同类别的种质特征分析

箱形图是一种用作显示一组数据分散情况资料的统计图,能较清晰地提供有关数据位置和分散情况的关键信息。由此,根据快速聚类和逐步回归的结果,对不同类别的大豆种质各指标绘制箱形图(图 3),分析其特性。

第 I 类:主茎节数较多,有效分枝数较多,单株荚数较多,单株粒数较多,单株粒重小,蛋白质含量较高。

第 II 类:主茎节数多,有效分枝数多,单株荚数多,单株粒数多,单株粒重大,蛋白质含量高。

第 III 类:主茎节数少,有效分枝数少,单株荚数少,单株粒数少,单株粒重较大,蛋白质含量低。

3 讨论

3.1 夏大豆种质在云南省育种中的利用价值

云南省一年四季均可种植大豆,其中以夏大豆种植面积最大,占云南省全年大豆种植面积的 70% 左右,主要分布在海拔 1650~2300 m 之间的滇中、滇北、滇东北、滇西北的大部分地区,以与玉米间作为主。近年来,在国家大豆现代产业技术体系的支撑下,昆明综合试验站结合云南省各地生产条件,提出了大豆与果木幼林间作、大豆与马铃薯间作等多样化种植模式。因此,对耐荫蔽的大豆新品种需求迫切。李春红等^[19]通过对大豆耐荫蔽特性的研究,指出主茎节数、有效分枝数、节间长度、倒伏程度、单株荚数、百粒重和单株产量等性状对大豆耐荫蔽性影响明显。本试验针对云南省夏大豆种质资源进行了 11 项表型性状的调查研究,结果认为 451 份夏大豆种质资源在 11 个表型性状上均存在着丰富的遗

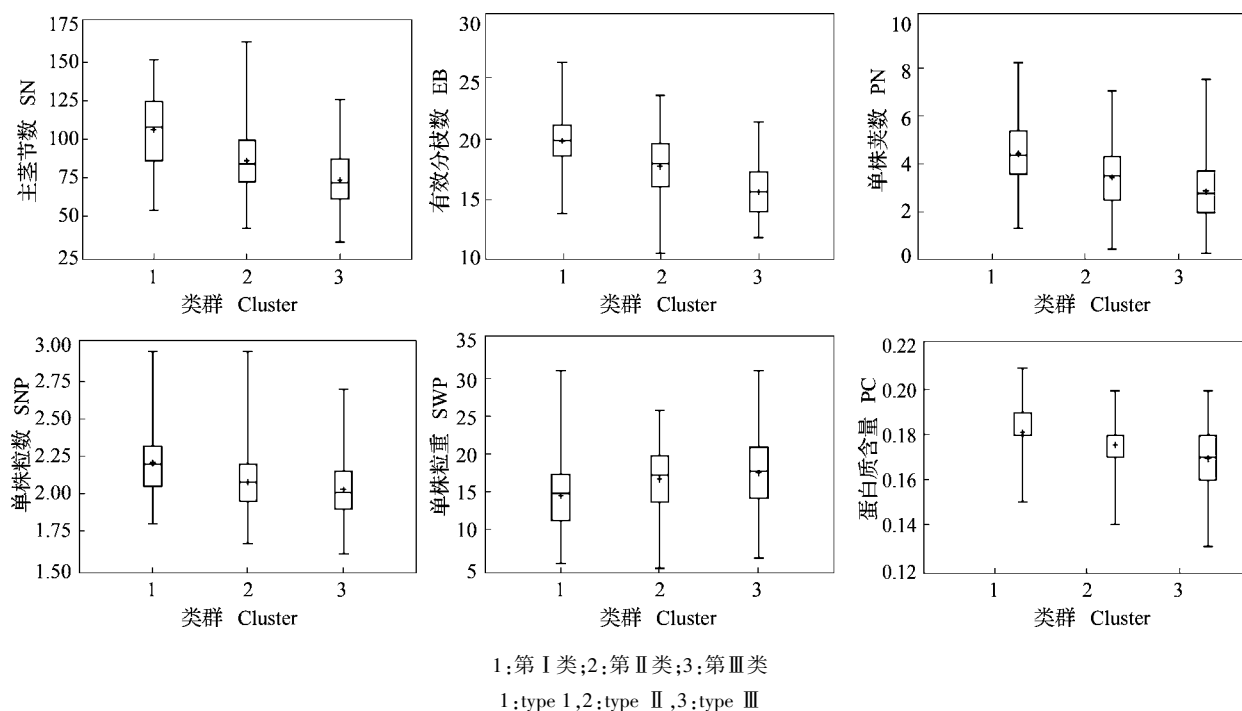


图3 3类种质的6个关键性状箱形图

Fig. 3 Box-plots for 6 traits in three types of germplasm resources

传变异,主茎节数 10.1 ~ 26.3 个,有效分枝数 0.1 ~ 8.1 个,单株荚数 10.4 ~ 146.3 个,百粒重 5.0 ~ 31.0 g,单株粒重 1.2 ~ 35.1 g,可为选育耐荫蔽大豆品种提供优良的种质基础。

云南省立体气候显著、生态类型多样,不同的生态区需要的品种各不相同,通过多年的表型性状鉴定,发现 451 份大豆种质在生育期、株高、品质、产量上均存在丰富变异,可满足不同生态区的育种要求。如滇中和滇东北地区有食用豆腐、豆浆等豆制品的习惯,因此偏好种植高蛋白大豆品种;滇东南、滇西南等地热量资源丰富,种植晚熟品种有利于高产的形成。

3.2 表型性状综合评价与模型运用

当前,学者对西南夏大豆^[11]、黄淮海夏大豆^[12]、东北春大豆^[20]种质资源遗传多样性进行了研究,但云南省夏大豆种质资源的综合评价还未见报道。为此,本文通过对 451 份云南地方大豆种质资源表型性状的研究,将 11 个表型性状浓缩为产量构成因子、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,各因子可单独用于种质评价,也可计算种质综合评价值,对种质进行综合评价。通过种质综合评价值(D 值),将 451 份大豆种质划分成 3 个类群,发现每个类群都具有不同的优势性状,育种家可根据实际需要,选择不同的种质材料作

为育种亲本。

在今后的研究中,可通过测定主茎节数(X_3)、有效分枝数(X_4)、单株荚数(X_5)、单株粒数(X_7)、单株粒重(X_9)、蛋白质含量(X_{11})等 6 个表型性状,运用已建立的种质资源综合评价数学模型: $D = 0.0102X_3 + 0.0055X_4 - 0.0021X_5 + 0.0014X_7 + 0.007X_9 + 0.179X_{11}$,对收集的大豆种质资源进行分类,筛选出类型差异较大的种质材料,提高种质资源利用率,为大豆育种工作提供更直观、更快捷的参考。

参考文献

- [1] 邱丽娟,常汝镇,袁翠平,关荣霞,刘章雄,李英惠. 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
- [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
- [3] 崔亮,苏本营,杨峰,杨文钰. 不同玉米-大豆带状套作组合条件下光合有效辐射强度分布特征对大豆光合特性和产量的影响. 中国农业科学, 2014, 47(8): 1489-1501
- [4] 雍太文,刘小明,刘文钰,苏本营,宋春,杨峰,王小春,杨文钰. 减量施氮对玉米-大豆套作体系中作物产量及养分吸收利用的影响. 应用生态学报, 2014, 25(2): 474-482
- [5] 王连铮,王岚,赵荣娟,傅玉清,李强,颜清上,裴颜龙,叶兴国,肖文言. 优质、高产大豆育种的研究. 大豆科学, 2006, 25(3): 205-211
- [6] 王曙明,孟凡凡,郑宇宏,范旭红,张云锋. 大豆高产育种研究进展. 中国农学通报, 2010, 26(9): 162-166
- [7] 张芳轩,张名位,张瑞芬,刘章雄,魏振承,邱丽娟,杨春英,张

- 雁,唐小俊,邓媛元.不同黑大豆种质资源种皮花色苷组成及抗氧化活性分析.中国农业科学,2010,43(24):5088-5099
- [8] 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
- [9] 盖钧镒,崔章林,邱家驯.大豆育种研究与发展.大豆通报,1995(1):1-3
- [10] 周蓉,张小娟,王贤智,沙爱华,周新安,涂赣英.湖北省大豆种质资源的遗传多样性分析.大豆科学,2006,25(3):212-217
- [11] 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
- [12] 胡国玉,张丽亚,黄志平,李杰坤,胡晨,张磊.黄淮夏大豆种质资源农艺性状的评价.大豆科学,2008,27(2):215-220
- [13] 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
- [14] 张礼凤,徐冉,戴海英,李伟,王彩洁,张军.山东省大豆品种资源评价与利用研究进展.山东农业科学,2014,46(2):139-141
- [15] 聂石辉,彭琳,王仙,季良.鹰嘴豆种质资源农艺性状遗传多样性分析.植物遗传资源学报,2015,16(1):64-70
- [16] 要燕杰,高翔,吴丹,李晓燕,陈其皎,董剑,赵万春,陈良国,石引刚,李学军.小麦农艺性状与品质特性的多元分析与评价.植物遗传资源学报,2014,15(1):38-47
- [17] 王海平,李锡香,沈楠,邱杨,宋江萍,张晓辉,Simon P W.基于表型性状的中國大蒜资源遗传多样性分析.植物遗传资源学报,2014,15(1):24-31
- [18] 潘存祥,许勇,纪海波,李玉明,陈年来.西瓜种质资源表型多样性及聚类分析.植物遗传资源学报,2015,16(1):59-63
- [19] 李春红,姚兴东,鞠宝韬,朱明月,王海英,张惠君,敖雪,于翠梅,谢甫缙,宋书宏.不同基因型大豆耐荫性分析及其鉴定指标的筛选.中国农业科学,2014,47(15):2927-2939
- [20] 王燕平,宗春美,孙晓环,齐玉鑫,白艳风,李文,任海洋,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

欢迎订阅 2019 年《植物遗传资源学报》

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊,中国科技核心期刊、全国中文核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊,被国内多家数据库收录,被CA化学文摘(美)(2014)收录,荣获2015年度中国自然资源学会高影响力十佳期刊。据《中国科技期刊引证报告》(核心版)统计:2017年影响因子1.180。据CNKI《中国学术期刊影响因子年报》统计:2017年复合影响因子1.663,综合影响因子为1.294,分别比2016年提高11.24%和3.03%。

报道内容为有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。如种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊,A4开本,216页,彩色铜版纸印刷。定价68元,全年408元。各地邮局发行。邮发代号:82-643。国内连续出版物号CN11-4996/S,国际连续出版物号ISSN1672-1810。本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加3元。

地址:北京市中关村南大街12号《植物遗传资源学报》编辑部

邮编:100081

电话:010-82105794,82109494

E-mail:zwyczyxb2003@163.com;zwyczyxb2003@sina.com

网址:www.zwyczy.cn

微信ID:植物遗传资源学报

作者QQ群:372958204