

贵州296份花生种质资源遗传多样性及综合评价

饶庆琳¹, 姜敏¹, 刘选轶², 吕建伟¹, 胡廷会¹, 成良强¹, 王金花¹, 王军¹

(¹贵州农业科学院油料研究所, 贵阳 550006; ²安顺学院农学院, 贵州安顺 561099)

摘要: 通过遗传多样性、相关性、主成分、聚类分析和综合评分等5种方法对296份花生种质资源13个主要农艺性状进行分析及评价。结果表明,3个质量性状的遗传多样性指数变化范围在0.526~0.909,10个数量性状的遗传多样性指数变化范围在0.834~2.007,变异系数范围在3.268%~68.198%,表明296份参试花生种质资源拥有丰富的遗传信息。相关性分析表明,出苗整齐度、生育天数、叶形、单株生产力与产量关系紧密。主成分分析共提取到6个主成分,累计贡献率达到78.336%,代表了大部分的农艺性状。聚类分析将296份花生种质资源分为2个大类,4个小组,可以分别作为高产、小粒、早熟、大粒种质备选材料。根据模糊隶属函数基于6个主成分贡献率权重构建综合评分: $F=0.323F_1+0.257F_2+0.122F_3+0.108F_4+0.010F_5+0.091F_6$,筛选到4份综合性状较好的花生种质资源,分别是松桃城兰花生、2013521230、H15093、辐16-24-1-1,可作为今后花生育种的候选材料。本研究可为今后花生亲本选择及特异种质资源筛选提供科学依据。

关键词: 花生;表型性状;遗传多样性;综合评价

Genetic Diversity and Comprehensive Evaluation of 296 Peanuts Germplasm Resources in Guizhou

RAO Qinglin¹, JIANG Min¹, LIU Xuanyi², LYU Jianwei¹, HU Tinghui¹,
CHENG Liangqiang¹, WANG Jinhua¹, WANG Jun¹

(¹Oil Research Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006;

²Agricultural College, Anshun University, Anshun 561099, Guizhou)

Abstract: The genetic diversity, correlation, principal component analysis, clustering and comprehensive evaluation were employed to analyze and assess agronomic traits of 296 peanut germplasm resources. The results revealed that the genetic diversity index for three quality traits ranged from 0.526-0.909, while the genetic diversity index for ten quantitative traits varied between 0.834-2.007. Additionally, the coefficient of variation ranged from 3.268%-68.198%. These findings indicated that these peanut germplasm resources possess abundant genetic information. Correlation analysis suggested significant associations between emergence uniformity, whole growth period, leaf shape, productivity per plant and yield. Principal component analysis extracted six principal components with a cumulative contribution rate of 78.336%, representing most of the agronomic traits. Cluster analysis divided this collection into two categories including four groups based on their characteristics related to high-yield potential, small-grain size, early-maturity or large-grain size. These groups can serve as candidate materials for future germplasm selection in breeding programs. A comprehensive score was constructed using fuzzy membership function based on contribution weights assigned to six principal components, which

收稿日期: 2023-09-18 修回日期: 2023-10-23 网络出版日期: 2023-11-24

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230918001>

第一作者研究方向为花生遗传育种, E-mail: 1962045977@qq.com

通信作者: 王军, 研究方向为花生遗传育种, E-mail: 962162398@qq.com

基金项目: 贵州省科技计划项目(ZK[2023], ZK[2022], ZK[2021]); 国家花生产业技术体系(CARS-13); 国家重点研发计划(2022YFD1100303); 贵州山区特色油料资源利用研究及实验平台建设(黔科中引地[2020]4012号)

Foundation projects: Science and Technology Program of Guizhou Province (ZK [2023], ZK [2022], ZK [2021]); National Peanut Industry Technology System (CARS-13); National Key Research and Development Program (2022YFD1100303); Research and Experimental Platform Construction of Characteristic Oil Resources Utilization in Guizhou Mountainous Area (Qiankezhongyindi [2020]4012)

was shown as $F=0.323F_1+0.257F_2+0.122F_3+0.108F_4+0.010F_5+0.091F_6$. Four peanut germplasm resources displaying favorable comprehensive traits were selected as potential candidates for future peanut breeding. This study offering a theoretical basis for selecting appropriate parental lines and specific in future breeding programs.

Key words: peanut; phenotypic traits; genetic diversity; comprehensive evaluation

花生(*Arachis hypogaea* L.)是豆科落花属双子叶植物^[1],油食兼用^[2-3],是我国重要的油料与经济作物^[4],是人们生活必需的油脂和蛋白质的重要来源^[5]。2020年,全国花生总产量为1799.3万吨^[6]。花生富含优质植物油、蛋白质、多种维生素和其他营养物质,广泛种植于印度、中国和美国等100多个国家^[7],欧美国家以烤花生为主^[8],中国贵州则以食用为主,分鲜食和熟食^[9-10]。贵州省油料研究所多年来从贵州各地收集并保存种质资源400余份。种质资源是遗传育种研究的基础材料,孙东雷等^[11]利用主成分对40份花生育成品种的17个表型性状进行分析解释,认为表型性状可以作为花生种质资源鉴定评价的主要指标。李洁等^[12]对94份花生新品种主要农艺性状进行遗传多样性分析,根据荚果大小将材料分为3个类群。林显凤等^[13]对四川100份地方品种主要农艺性状进行分析,表明花生品种间具有丰富的遗传多样性。花生育种工作持续开展离不开种质资源的利用与开发。杜普旋等^[14]对110份广东花生地方品种进行分析,认为地方品种品质相对较差,需要不断改良。黄杨等^[15]对134份江西地方花生种质资源的9个农艺性状进行分析研究,从中筛选到一些单株生产力高、大果和小果的特异种质资源。表型性状是基因与环境共同作用的结果,但目前大部分研究只关注了基因的变化,

表1 试验材料名称及来源

Table 1 Name and source of the test materials

编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source
1	H15001	贵州省	12	H15020	贵州省	23	H15035	贵州省
2	H15002	贵州省	13	H15023	贵州省	24	H15038	贵州省
3	H15003	贵州省	14	H15024	贵州省	25	H15039	贵州省
4	H15004	贵州省	15	H15025	贵州省	26	H15040	贵州省
5	H15041	贵州省	16	H15027	贵州省	27	H15046	贵州省
6	H15007	贵州省	17	H15028	贵州省	28	H15047	贵州省
7	H15016	贵州省	18	H15029	贵州省	29	H15048	贵州省
8	H15017	贵州省	19	H15031	贵州省	30	H15049	贵州省
9	H15018	贵州省	20	H15032	贵州省	31	H15051	贵州省
10	H15019	贵州省	21	H15033	贵州省	32	H15052	贵州省
11	H15021	贵州省	22	H15034	贵州省	33	H15054	贵州省

而忽略了环境效应对品种的改变。白冬梅等^[16]、陈湘瑜等^[17]、刘立峰等^[18]、耿建等^[19]分别以地方品种和育成品种为试验材料进行表型遗传多样性分析,认为参试品种遗传多样性较为丰富。在全国范围内,关于种质资源研究报道较多,但关于贵州种质资源报道较少,本研究以296份农家品种与贵州油料研究所近几年保存的种质资源为材料,开展表型性状遗传多样性分析、相关性分析,并基于主成分分析进行综合评分,筛选优异种质,可以拓宽作物育种基础,为今后的育种工作奠定基础^[20-21]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料主要为贵州本地花生种质资源与贵州油料研究所2017年以前收集与保存的种质资源(表1),共296份。田间试验于2019年4月至2021年4月连续3年在贵州农业科学院内试验基地进行,试验地肥力均等,人工露天播种。试验采取随机排序设计,不设重复,每份材料种植5行,行长2.5 m,行距40 cm,株距20 cm,收获时随机抽取5株进行考种,在整个生育期按大田生产管理的中等偏上水平进行,不施用植物生长调节剂,只防虫不防病,只除草不去杂。每项田间管理措施在同一天内完成,如遇特殊天气,同一重复必须在同一天内完成。

表 1 (续)

编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source
34	H15055	贵州省	73	H15146	贵州省	112	尧明花生	贵州省思南县
35	H15059	贵州省	74	H15106	贵州省	113	边阳花生	贵州省罗甸县
36	H15060	贵州省	75	H15107	贵州省	114	龙吟花生	贵州省普安县
37	H15061	贵州省	76	H15108	贵州省	115	镇宁花生	贵州省镇宁县
38	H15062	贵州省	77	H15109	贵州省	116	大坝场花生	贵州省思南县
39	H15064	贵州省	78	H15112	贵州省	117	兴义址花生	贵州省兴义市
40	H15065	贵州省	79	H15115	贵州省	118	黄场花生-2	贵州省绥阳县
41	H15066	贵州省	80	H15118	贵州省	119	新寨花生	贵州省长顺县
42	H15068	贵州省	81	H15119	贵州省	120	梅子顶花生	贵州省桐梓县
43	H15069	贵州省	82	H15200	贵州省	121	三合花生	贵州省遵义县
44	H15070	贵州省	83	H15121	贵州省	122	茂井花生-2	贵州省罗甸县
45	H15071	贵州省	84	H15122	贵州省	123	黄场花生-1	贵州省绥阳县
46	H15072	贵州省	85	H15123	贵州省	124	沿河小花生	贵州省沿河县
47	H15073	贵州省	86	H15124	贵州省	125	边阳花生	贵州省罗甸县
48	H15074	贵州省	87	H15125	贵州省	126	松桃小花生	贵州省松桃县
49	H15076	贵州省	88	H15127	贵州省	127	沉渡花生-1	贵州省册亨县
50	H15077	贵州省	89	H15128	贵州省	128	新93-81	贵州省贵阳市
51	H15079	贵州省	90	H15129	贵州省	129	水桶花生	贵州省德江县
52	H15080	贵州省	91	H15130	贵州省	130	黔花生三号	贵州省油料研究所
53	H15080	贵州省	92	H15131	贵州省	131	普定花生	贵州省普定县
54	H15081	贵州省	93	H15132	贵州省	132	黔花生三号	贵州省油料研究所
55	H15083	贵州省	94	H15133	贵州省	133	务川花生	贵州省务川县
56	H15084	贵州省	95	H15135	贵州省	134	兴隆花生	贵州省湄潭县
57	H15085	贵州省	96	H15136	贵州省	135	黎平大花生	贵州省黎平县
58	H15086	贵州省	97	H15139	贵州省	136	94-9112	贵州省油料研究所
59	H15087	贵州省	98	H15140	贵州省	137	都匀牛场花生	贵州省都匀市
60	H15088	贵州省	99	H15141	贵州省	138	都匀花生	贵州省都匀市
61	H15090	贵州省	100	H15142	贵州省	139	凹子多粒	贵州省普安县
62	H15091	贵州省	101	H15145	贵州省	140	93-81	贵州省油料研究所
63	H15092	贵州省	102	H15089	贵州省	141	边阳花生-4	贵州省罗甸县
64	H15093	贵州省	103	黔花生四号	贵州省油料研究所	142	丁旗花生	贵州省镇宁县
65	瑶麓花生	贵州省荔波县	104	黔花生一号	贵州省油料研究所	143	松坝花生	贵州省桐梓县
66	H15095	贵州省	105	地方花生-1	贵州省	144	白粒花生	贵州省
67	H15097	贵州省	106	黔花生四号	贵州省油料研究所	145	新站花生	贵州省
68	H15099	贵州省	107	边阳花生	贵州省罗甸县	146	坝场花生	贵州省思南县
69	H15100	贵州省	108	乌沙花生	贵州省兴义市	147	黄油99-1-2	贵州省
70	H15101	贵州省	109	罐子窖花生	贵州省普安县	148	罐子窖3粒	贵州省普定县
71	H15102	贵州省	110	龙坪花生	贵州省罗甸县	149	都匀大平花生	贵州省都匀市
72	H15103	贵州省	111	凹子花生	贵州省普安县	150	坡妹大花生	贵州省册亨县

表1(续)

编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source
151	乐平花生	贵州省平坝县	190	纳雍花生	贵州省纳雍县	229	2013522125	贵州省贞丰县
152	镇远花生	贵州省镇远县	191	无松花生	贵州省	230	2012522016	贵州省三都县
153	窝沿多粒种	贵州省普安县	192	坡婁多粒种	贵州省册亨县	231	2013524386	贵州省
154	花秋花生	贵州省桐梓县	193	双秀花生	贵州省开阳县	232	2013523471	贵州省
155	扁担花生	贵州省镇宁县	194	罗甸花生	贵州省罗甸县	233	2013524068	贵州省油镇宁县
156	德江米花生	贵州省德江县	195	石阡枫乡花生	贵州省石阡县	234	2013522375	贵州省印江县
157	黄场花生-1	贵州省绥阳县	196	龙花花生	贵州省	235	2013521218	贵州省务川县
158	印江米花生	贵州省印江县	197	地方花生-2	贵州省	236	2013524146	贵州省镇宁县
159	新沾花生	贵州省	198	艾头花生	贵州省	237	2013522382	贵州省印江县
160	马山花生	贵州省湄潭县	199	大山花生	贵州省	238	2012521197	贵州省剑河县
161	贵油99-12	贵州省	200	沿河花生	贵州省沿河县	239	大平花生	贵州省普安县
162	马山花生-1	贵州省湄潭县	201	平渡花生	贵州省	240	2013522164	贵州省贞丰县
163	龙吟花生-1	贵州省普安县	202	罐子窖大花生	贵州省普安县	241	2013524454	贵州省
164	都匀大平花生	贵州省都匀市	203	瓮安鱼河齐字塞花生	贵州省瓮安县	242	2013523221	贵州省
165	辐16-21-度异-3紫	贵州省油料研究所	204	独山基长饶花生	贵州省独山县	243	2013522352	贵州省印江县
166	排楼花生	贵州省	205	务川丰乐新厂花生	贵州省务川县	244	2013526194	贵州省
167	高桥花生	贵州省桐梓县	206	松桃蓼皋花生	贵州省松桃县	245	2012522199	贵州省
168	零陵花生	贵州省	207	务川大坪龙潭花生	贵州省务川县	246	2013521230	贵州省务川县
169	黎平花生	贵州省黎平县	208	松桃大平花生	贵州省松桃县	247	2013524082	贵州省镇宁县
170	遵义花生	贵州省遵义县	209	德江南杆花生	贵州省德江县	248	齿轮丁小花生	贵州省贵阳市
171	珍珠花生	贵州省沿河县	210	印江永义花生	贵州省印江县	249	铜仁珍珠花生	贵州省铜仁市
172	交台花生	贵州省湄潭县	211	松桃太平花生	贵州省松桃县	250	铜仁茶店花生-2	贵州省铜仁市
173	巨丰花生	贵州省	212	江口白银花生	贵州省江口县	251	六枝新窖镇	贵州省六枝特区
174	谢桥花生	贵州省铜仁市	213	印江紫薇花生	贵州省印江县	252	赤水小花生	贵州省赤水市
175	从江花生	贵州省从江县	214	松桃大平土腾花生	贵州省松桃县	253	赤水齐安花生	贵州省赤水市
176	绥阳多粒种	贵州省绥阳县	215	印江会水花生	贵州省印江县	254	德江洛武县坪花生	贵州省德江县
177	从江大花生	贵州省从江县	216	福泉黎山乡花生	贵州省福泉市	255	瓮安松坪花生	贵州省瓮安县
178	永兴花生	贵州省	217	正安立丫乡花生	贵州省正安县	256	六枝新窖镇	贵州省六枝特区
179	兴义小花生	贵州省兴义市	218	德江龙泉花生	贵州省德江县	257	铜仁茶店花生-1	贵州省铜仁市
180	沔阳花生	贵州省罗甸县	219	松桃城兰花生	贵州省松桃县	258	黎平小花生	贵州省黎平县
181	坡妹花生	贵州省册亨县	220	德江大兴花生	贵州省德江县	259	遵义邮	贵州省遵义市
182	窝沿花生	贵州省普安县	221	江口闵孝花生	贵州省江口县	260	沉渡花生-1	贵州省罗甸县
183	松桃世昌花生	贵州省松桃县	222	兴义花生	贵州省兴义市	261	赤水复兴镇花生-1	贵州省赤水市
184	都匀大平花生-1	贵州省都匀市	223	新站花生	贵州省	262	赤水复兴镇花生-2	贵州省赤水市
185	全州花生	贵州省	224	辐16-24-1-1	贵州省	263	习水镇同元镇花生	贵州省习水县
186	团溪花生	贵州省遵义市	225	油果花生	贵州省江口县	264	无厚镇花生	贵州省赤水市
187	大梨树花生	贵州省	226	2013524088	贵州省镇宁县	265	茅台镇滇龙淳花生	贵州省茅台镇
188	黎平坡林种	贵州省黎平县	227	2013521078	贵州省	266	赤水明龙镇-2	贵州省赤水市
189	仁和花生	贵州省	228	2012523047	贵州省平塘县	267	地方品种3	贵州省赤水市

表 1 (续)

编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source
268	平塘县卡	贵州省平塘县	278	贵阳多粒红	贵州省贵阳市	288	从红花生	贵州省从江县
269	赤水市复兴-1	贵州省赤水市	279	2013523134-2 红	贵州省	289	H15015	贵州省油料研究所
270	赤水市复兴-1	贵州省赤水市	280	广顺红皮	贵州省广顺县	290	H15026	贵州省油料研究所
271	赤水市复兴-2	贵州省赤水市	281	黔西扯花生	贵州省黔西县	291	H15011	贵州省油料研究所
272	赤水市复兴-2	贵州省赤水市	282	2013523334	贵州省油料研究所	292	H15009	贵州省油料研究所
273	圆小-1	贵州省习水县	283	思南大坝场花生	贵州省思南县	293	H15126	贵州省油料研究所
274	茅台镇镇龙湾	贵州省茅台镇	284	2013526508	贵州省油料研究所	294	H15143	贵州省油料研究所
275	老河沟	贵州省茅台镇	285	2013522106	贵州省油料研究所	295	黎平红花生	贵州省黎平县
276	赤水水方六厚镇	贵州省赤水市	286	贵阳地方红皮	贵州省贵阳市	296	黑花生	贵州省沿河县
277	茅台镇老河沟	贵州省茅台镇	287	大路口花生	贵州省			

1.2 试验方法

本研究于 2019-2021 连续 3 年依据《花生种质资源描述规范和数据标准》^[22]对花生种质资源表型性状开展田间跟踪记录并在收获自然风干 3 个月后考种记录,调查记录指标有主茎高、第一对侧枝长、结果枝数、单株结果数、单株生产力、折合亩产(鲜重)、百果重、百果仁重、百仁重、出苗整齐度、生育天数、叶形、叶色等 13 个指标。

1.3 数据处理

通过 WPS office 处理各性状的数据,并计算各性状的最大值、最小值、平均值、标准差、变异系数和多样性指数。采用 SPSS 23.0 和 DPS 18.10 数据处理系统进行相关性分析、主成分分析和系统聚类分析。DPS 参数设置为:标准化转换—欧氏距离—离差平方和法。遗传多样性指数采用 Shannon-weaver 信息指数 ($H' = -\sum P_i \times \ln P_i$) 计算, P_i 指某一性状第 i 个级别出现的频率。通过模糊隶属函数法

将 296 份花生种质的 13 个农艺性状函数值定义在 $[0, 1]$ 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), $F = V_1 F_1 + V_2 F_2 + \dots + V_n F_n$ ^[23]。

2 结果与分析

2.1 花生种质资源质量性状的遗传多样性分析

296 份花生种质资源的 3 个质量性状的遗传多样性指数变化范围为 0.526~0.909 (表 2), 平均值为 0.715。叶色遗传多样性指数最高,为 0.909,出苗整齐度遗传多样性指数最低,为 0.526。由性状频率分布可知,叶形以长椭圆形为主,叶色以绿色为主。

表 2 296 份花生种质资源描述性状不同类型的频率分布及多样性指数

Table 2 Frequency distribution and diversity index of different types of descriptive traits in 296 peanut germplasm resources

性状 Characters	频率分布 Frequency distribution						遗传多样性指数 H'
	1	2	3	4	5	6	
叶形 LS	0.821	0.047	0.041	0.074	0.010	0.007	0.710
叶色 LC	0.030	0.679	0.199	0.091			0.909
出苗整齐度 S	0.003	0.203	0.794				0.526

叶形 1~6 依次为长椭圆形、宽椭圆形、进圆形、倒卵形、长方形、宽披针形;叶色 1~4 依次为淡绿色、绿色、深绿色、暗绿色;出苗整齐度 1~3 依次为整齐、一般、不整齐,100% 出苗为整齐,80%~90% 出苗为一般,低于 70% 出苗为不整齐

The leaf shape 1-6 is long ellipse, wide oval, rounded, oblong and wide lanceolate; The leaf color 1-4 is light green, green, deep green and dark green; The seedling uniformity 1-3 is neat, general, not neat, 100% emergence of seedlings is neat, 80%-90% emergence of seedlings is general, less than 70% emergence of seedlings is not neat; LS : Leaf shape; LC : Leaf color; S: Seedling uniformity; The same as below

2.2 花生种质资源数量性状的遗传多样性分析

由表3可知,296份花生资源的10个数量性状的遗传多样性指数变化范围在0.834~2.007之间,平均值为1.621,折合亩产(鲜果)的遗传多样性指数最高,为2.007,单株生产力次之,为2.004,百仁重遗传多样性指数最低,为0.834。296份花生种质资源的

10个数量性状变异系数范围为3.268%~68.198%,其中百仁重变异系数最大,68.198%,生育天数变异系数最小,3.268%。主茎高、第一对侧枝长、结果枝数、单株结果数、单株生产力、折合亩产(鲜重)、百果仁重、百仁重的变异系数较高,说明可以从中筛选到高产优异种质材料。

表3 296份花生种质资源10个数量性状的主要参数

Table 3 Main characters of 10 quantitative traits in 296 peanuts germplasm resources

性状 Characters	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Average	标准差 SD	变异系数(%) CV	遗传多样性 指数 H'
主茎高(cm) H	181.000	18.200	35.155	10.526	29.940	1.611
第一对侧枝长(cm) L	204.000	20.600	37.716	11.697	31.013	1.569
结果枝数 N	29.000	2.200	5.234	1.718	32.823	1.562
单株结果数 P	88.000	4.600	14.752	6.212	42.112	1.789
单株生产力(g) PY	47.222	2.500	15.269	6.488	42.495	2.004
折合亩产(鲜重)(kg) EY	920.460	71.703	401.849	132.816	33.051	2.007
百果重(g) 100-P	265.800	91.000	151.313	30.173	19.941	1.958
百果仁重(g) 100-P-S	201.000	13.800	110.128	23.936	21.735	1.937
百仁重(g) 100-S	725.000	13.000	59.747	40.747	68.198	0.834
生育天数(d)D	143.000	128.000	132.189	4.320	3.268	0.935

H: Height of main stem; L: Length of first branches; N: Number of branches with pods; P: Pod number per plant; PY: Pod yield per plant; EY: Equivalent yield per mu (fresh weight); 100-P: 100-pod weight; 100-P-S: 100-pod-seed weight; 100-S: 100-seed weight; D: Days of birth; The same as below

2.3 花生种质资源表型性状相关性分析

由表4可知,出苗整齐度与叶形、第一对侧枝长呈显著相关关系,与折合亩产、百果仁重为极显著正相关关系;生育天数与叶形、折合亩产、百果仁重为极显著正相关关系;叶形与单株生产力、百仁重为显著正相关关系,与折合亩产、百果仁重呈极显著正相关关系;叶色与主茎高、第一对侧枝长、结果枝数、单株生产力呈极显著正相关关系;主茎高与第一对侧枝长、结果枝数、单株生产力为极显著正相关关系;第一对侧枝长与结果枝数为极显著正相关关系,与单株生产力为显著正相关关系;结果枝数与折合亩产、百果仁重、百仁重为极显著或显著负相关关系;单株生产力与折合亩产、百果仁重为极显著正相关关系;折合亩产与百果仁重、百仁重为极显著正相关关系;百果仁重与百仁重呈极显著正相关关系。表明各农艺性状间存在密切关系。

2.4 花生种质资源表型性状间主成分分析

对296份花生的13个主要农艺性状进行主成

分分析。由表5可知,6个主成分分析累计贡献率为78.336%,第1主成分特征值为3.289,贡献率为25.301%,主茎高、第一对侧枝长、结果枝数、单株结果数为其主要指标,此类指标主要与产量构成有关。第2主成分特征值为2.613,贡献率为20.101%,叶色为其主要指标,此类指标与花生光合作用有关。主成分3与主成分4的特征值与贡献率分别为1.239、9.529%,1.103、8.483%,主成分3、4的特征向量值较高前两个指标均为出苗整齐度与生育天数。而主成分3与主成分4特征向量值较高的第3个指标分别为单株生产力与叶形,即主成分3侧重于产量,主成分4侧重于植物光合,单株生产力高可以提高亩产,叶形大则光合面积会增大,这两类指标与种子质量与播种有关。第5主成分特征值为1.014,贡献率为7.800%,叶形为主要指标,此类指标与植株光合有关。第6主成分特征值为0.926,贡献率为7.122%,单株生产力为主要指标,此类指标与植株单株产量有关。

表 4 296 份花生种质资源主要农艺性状相关性分析

Table 4 Correlation analysis of major agronomic traits in 296 peanut germplasm resources

性状 Characters	出苗 整齐度 S	生育 天数 D	叶形 LS	叶色 LC	主茎高 H	第一 对侧 枝长 L	结果 枝数 N	单株 结果数 P	单株 生产力 PY	折合 亩产 (鲜重) EY	百果仁 100-P-S	百仁 重 100-S
出苗整齐度 S	1											
生育天数 D	-0.044	1										
叶形 LS	0.120*	0.340**	1									
叶色 LC	-0.054	-0.107	-0.065	1								
主茎高 H	0.054	-0.082	-0.048	0.923**	1							
第一对侧枝长 L	-0.120*	-0.015	-0.026	0.622**	0.659**	1						
结果枝数 N	-0.030	-0.050	-0.099	0.593**	0.654**	0.728**	1					
单株结果数 P	-0.004	-0.040	-0.051	0.018	0.017	0.035	-0.001	1				
单株生产力 PY	-0.030	-0.001	0.126*	0.174**	0.169**	0.126*	-0.084	0.024	1			
折合亩产(鲜重) EY	0.310**	0.184**	0.467**	-0.097	-0.022	-0.031	-0.224**	-0.032	0.350**	1		
百果仁重 100-P-S	0.292**	0.166**	0.448**	-0.104	-0.032	-0.037	-0.210**	-0.009	0.338**	0.917**	1	
百仁重 100-S	0.109	0.026	0.114*	-0.090	-0.081	-0.064	-0.125*	-0.012	0.097	0.312**	0.324**	1

* 和 ** 分别表示 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平显著和极显著相关关系* and ** indicate significant and highly significant associations at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ levels, respectively

表 5 296 份花生种质资源主要农艺性状主成分分析

Table 5 Principal component analysis of main agronomic traits in 296 peanuts germplasm resources

性状 Characters	主成分 1 Principal component 1	主成分 2 Principal component 2	主成分 3 Principal component 3	主成分 4 Principal component 4	主成分 5 Principal component 5	主成分 6 Principal component 6
主茎高 H	0.449	0.241	-0.009	-0.098	-0.057	0.015
第一对侧枝长 L	0.444	0.289	0.039	-0.008	-0.066	0.036
结果枝数 N	0.413	0.246	-0.101	0.017	0.053	0.030
单株结果数 P	0.448	0.130	-0.034	0.234	-0.038	0.104
单株生产力 PY	0.025	-0.010	0.236	-0.161	0.774	0.555
折合亩产(鲜重) EY	-0.022	0.310	0.004	-0.591	0.151	-0.373
百果重 100-P	-0.267	0.492	0.079	0.001	0.010	-0.063
百果仁重 100-P-S	-0.266	0.485	0.098	-0.007	0.027	-0.052
百仁重 100-S	-0.161	0.200	0.112	-0.249	-0.307	0.428
出苗整齐度 S	0.021	0.068	0.454	0.452	0.346	-0.473
生育天数 D	-0.112	0.195	0.420	0.369	-0.302	0.330
叶形 LS	-0.118	0.133	-0.627	0.309	0.218	0.122
叶色 LC	-0.186	0.327	-0.356	0.249	0.109	0.026
特征值 Characteristic value	3.289	2.613	1.239	1.103	1.014	0.926
贡献率(%) Contribution	25.301	20.101	9.529	8.483	7.800	7.122
累计贡献率(%) Cumulative contribution	25.301	45.401	54.931	63.413	71.214	78.336

2.5 花生种质资源表型性状间聚类分析

296 份花生种质资源的 13 个农艺性状的数据使用 DPS 进行系统聚类, 并分析各类群主要农艺性状(表 6)。当遗传距离 $\lambda=4$ 时, 可将 296 份花生种质资源分为 2 大类(图 1), 第 1 大类包含 213 份材料, 第 2 大类包含 83 份材料; 当遗传距离为 $\lambda=12.5$ 时, 可将参试材料分为 I、II、III、IV 4 个小组, 第 I 组包含 47 份材

料, 主要特征为出苗较整齐, 偏早熟, 叶片颜色以绿色为主, 主茎较矮, 单株生产力较高, 折合亩产(鲜重)最高, 百果重、百果仁重、百仁重仅次于第 IV 组, 可以作为高产种质备选材料; 第 II 组包含 118 份花生种质资源, 主要特征为较晚熟, 叶形以椭圆形为主, 主茎高最高, 第一对侧枝最长, 结果枝数、单株结果数最多, 百果仁重、百仁重最低, 属于小粒型种质; 第

III组包含83份材料,主要特征为偏早熟,叶色以绿色为主,主茎高偏高,第一对侧枝最短,结果枝数、单株结果数偏多,可以作为早熟品种筛选备选材料;第IV

组共计48份花生种质资源,主要特征为出苗不整齐,叶形以圆形为主,结果枝数、单株结果数最少,百果重、百果仁重、百仁重最大,属于大粒型种质。

表6 聚类后4类花生种质资源主要农艺性状统计

Table 6 Statistics of the major agronomic traits of the four categories of peanut germplasm resources after clustering

种质类型 Germplasm type	出苗整齐度 S	叶形 LS	叶色 LC	生育天数 (d)D	主茎高(cm) H	第一对侧枝长 (cm)L		
I	1.50±1.50	7.50±3.50	3.50±1.50	130.66±2.49	32.20±10.40	35.50±12.50		
II	2.50±0.50	4.50±0.50	3.50±1.50	134.40±3.92	99.60±81.40	112.30±91.70		
III	2.50±0.50	4.50±0.50	3.00±1.00	128.12±0.77	42.11±23.09	34.70±13.50		
IV	2.50±0.50	5.00±1.00	3.50±1.50	135.29±4.25	33.70±11.10	35.20±12.80		
种质类型 Germplasm type	结果枝数 N	单株结果数 P	单株生产力(g) PY	折合亩产(鲜重)(kg)EY	百果重(g) 100-P	百果仁重(g) 100-P-S	百仁重(g) 100-S	
I	5.20±3.00	15.20±9.00	15.72±13.22	529.43±391.03	167.05±55.65	119.80±42.80	70.75±29.25	
II	16.10±12.90	47.70±40.30	15.75±11.92	426.05±354.34	145.30±54.30	77.85±64.05	51.50±38.50	
III	5.40±2.00	15.60±9.00	14.00±7.57	436.89±203.44	146.45±48.35	108.15±37.15	49.15±10.95	
IV	5.10±2.30	13.30±8.70	22.34±14.91	466.90±300.15	204.40±61.40	154.00±47.00	385.00±340.00	

出苗整齐度、叶形、叶色数据为分布级别的平均值±标准差

Data of seedling uniformity, leaf shape, leaf color are the mean±SD of distribution levels

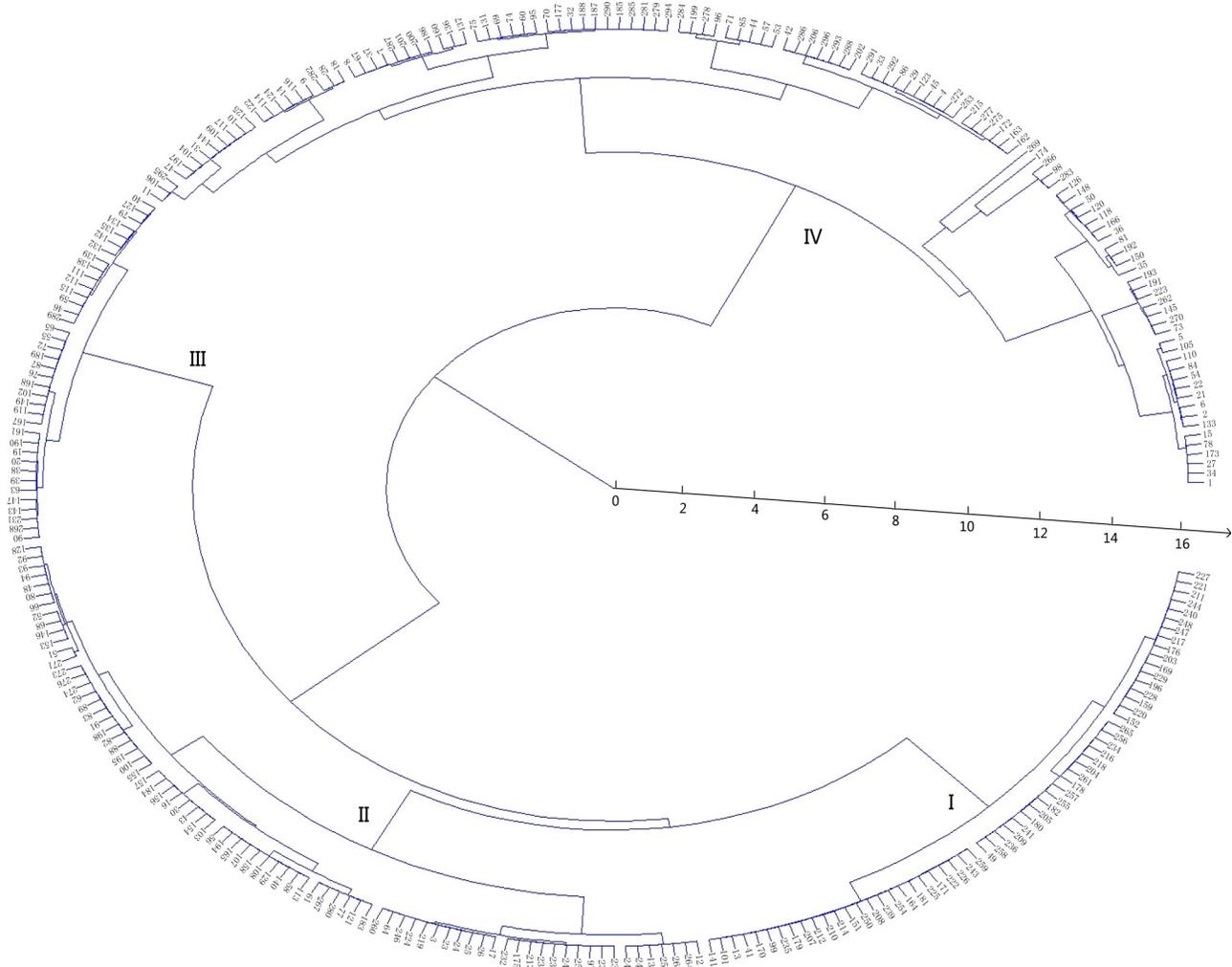


图1 296份花生种质资源主要农艺性状聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of major agronomic traits in 296 peanut germplasm resources

2.6 花生种质资源综合评价

将标准化后的 13 个表型性状值代入上述 6 个主成分中, 可得到每个品种的综合得分 F 值公式: $F = 0.323F_1 + 0.257F_2 + 0.122F_3 + 0.108F_4 + 0.010F_5 + 0.091F_6$, 由 F 值大小对 296 份花生种质资源表型性状进行综合评价(表 7), F 值越大, 表型综合性状越好。296 份花生种质资源表型性状, 松桃城兰花生(编号 219)的 F 值最高(12.540), 可见松桃城兰花生综合表现最好, H15041

(编号 5)的 F 值最低(-10.795), 说明 H15041 综合表现最差。排在前十位的分别是松桃城兰花生(12.540)、编号 246 的 2013521230 (8.015)、编号 64 的 H15093 (7.130)、编号 224 的辐 16-24-1-1(6.940)、编号 250 的铜仁茶店花生-2(3.297)、编号 12 的 H15020(3.285)、编号 141 的边阳花生-4(3.217)、编号 4 的 H15004(3.070)、编号 65 的 H15095 (2.978)、编号 243 的 2013522352 (2.952)、编号 258 的黎平小花生(2.887)。

表 7 296 份花生种质资源综合得分

Table 7 Comprehensive score of 296 peanut germplasm resources

编号 No.	综合得分 Comprehensive score						
1	0.064	34	-0.087	67	2.978	100	-0.484
2	1.679	35	-1.143	68	1.157	101	2.616
3	-1.176	36	-4.986	69	-0.462	102	1.143
4	3.070	37	-2.240	70	0.270	103	-0.598
5	-10.795	38	-1.277	71	-1.701	104	-0.396
6	-0.017	39	-2.632	72	-0.393	105	-0.717
7	1.626	40	1.899	73	-2.369	106	0.138
8	1.378	41	1.605	74	-2.196	107	-0.277
9	2.605	42	-5.998	75	0.651	108	1.282
10	1.388	43	-0.082	76	0.628	109	2.650
11	2.257	44	-1.579	77	0.144	110	-0.100
12	3.285	45	-0.812	78	-0.447	111	1.386
13	2.738	46	-0.323	79	1.369	112	1.423
14	2.021	47	2.745	80	0.230	113	-0.720
15	1.886	48	0.273	81	-1.053	114	1.509
16	0.554	49	2.876	82	0.468	115	1.242
17	-1.968	50	-0.986	83	-0.722	116	2.052
18	1.330	51	-3.502	84	0.561	117	2.044
19	-2.953	52	-0.290	85	-0.035	118	-2.308
20	-1.401	53	-0.131	86	0.768	119	-0.380
21	-3.432	54	0.293	87	-0.161	120	-2.209
22	-3.086	55	0.103	88	0.807	121	0.440
23	-1.817	56	0.473	89	0.568	122	0.696
24	-0.552	57	0.987	90	-2.437	123	-0.113
25	1.917	58	-0.546	91	0.542	124	1.023
26	-1.578	59	0.736	92	-2.922	125	1
27	-0.831	60	-4.740	93	-2.646	126	-0.215
28	1.318	61	-1.464	94	-2.098	127	0.934
29	0.815	62	0.538	95	-2.576	128	-2.500
30	0.114	63	-2.282	96	-0.314	129	1.105
31	0.150	64	7.130	97	-1.671	130	-2.158
32	-2.813	65	-0.091	98	0.361	131	-0.802
33	1.340	66	1.394	99	2.478	132	0.576

表7(续)

编号 No.	综合得分 Comprehensive score						
133	0.677	174	0.162	215	0.474	256	1.969
134	1.328	175	-1.725	216	1.727	257	2.440
135	1.460	176	1.757	217	1.853	258	2.887
136	-0.570	177	-6.437	218	1.429	259	2.873
137	0.373	178	2.097	219	12.540	260	-0.775
138	0.996	179	2.117	220	1.650	261	1.716
139	0.711	180	1.581	221	0.809	262	-5.703
140	0.334	181	2.178	222	2.391	263	-2.187
141	3.217	182	1.765	223	-1.884	264	-3.047
142	0.942	183	-0.279	224	6.940	265	2.485
143	-2.332	184	-0.251	225	2.019	266	0.477
144	2.834	185	-2.813	226	2.464	267	-0.978
145	-0.377	186	-1.470	227	1.224	268	-3.789
146	1.150	187	-6.069	228	1.866	269	0.220
147	-2.888	188	-3.137	229	2.023	270	-3.677
148	-0.942	189	0.080	230	-1.116	271	-4.868
149	1.432	190	1.437	231	-2.998	272	-3.304
150	-2.171	191	-4.088	232	-2.251	273	-0.552
151	2.624	192	-3.088	233	-1.910	274	-0.553
152	1.840	193	-3.791	234	1.543	275	-1.039
153	0.138	194	-0.407	235	2.269	276	-0.659
154	-0.339	195	0.519	236	2.510	277	0.768
155	0.594	196	1.784	237	-1.648	278	-1.466
156	0.869	197	-1.487	238	-1.347	279	-5.587
157	-0.436	198	0.424	239	2.607	280	-4.961
158	0.521	199	-0.261	240	2.300	281	-3.919
159	1.851	200	-1.403	241	2.633	282	-3.023
160	0.325	201	-3.384	242	-0.236	283	-0.830
161	1.732	202	-0.639	243	2.952	284	-0.369
162	1.137	203	2.675	244	2.110	285	-4.189
163	0.448	204	1.722	245	-1.046	286	-4.698
164	1.813	205	2.035	246	8.015	287	-10.356
165	-0.206	206	-1.143	247	2.610	288	-0.341
166	-4.032	207	1.643	248	2.824	289	-0.773
167	0.367	208	2.131	249	-1.534	290	-1.516
168	1.229	209	2.106	250	3.297	291	0.385
169	2.720	210	1.638	251	-0.995	292	0.710
170	2.133	211	1.265	252	-1.349	293	-1.339
171	2.449	212	1.923	253	1.387	294	-0.903
172	-0.981	213	-1.600	254	2.230	295	1.407
173	-1.031	214	1.231	255	1.782	296	-1.875

3 讨论

种质资源是基因的载体,对种质资源中的一些优异资源进行开发和利用,可以推动农业的快速发展^[24]。研究种质资源的遗传多样性,个体间的表型差异能很直观的体现出来^[25]。作物农艺性状与产量之间存在紧密联系,了解并处理各农艺性状之间的联系对今后花生育种工作具有重要的指导意义^[26-28]。本研究的贵州地方种质资源均为珍珠豆型品种,对 296 份花生种质资源 13 个表型性状开展遗传多样性分析,结果表明折合亩产(鲜重)遗传多样性指数最高,与数量性状相比,质量性状遗传多样性指数较低。10 个数量性状中有 9 个性状的变异系数大于 10,说明参试品种蕴含丰富的遗传信息,有益于优异种质资源筛选、利用,与姜慧芳等^[29]研究结果基本一致。通过多样性指数与变异系数相结合的分析方法,从中挖掘潜力种质,为杂交育种工作提供可靠亲本材料。相关性分析发现,主茎高与第一对侧枝长具有极显著正相关关系,与李洁等^[12]研究结果基本一致。在花生育种工作中,花生大部分荚果主要集中在第一对侧枝上,因此,选择第一对侧枝长的材料,能有效提高花生产量。主成分分析共提取到 6 个主成分,第 1~6 主成分分别体现了产量构成、植株光合、种子质量与播种环境、出苗情况、叶形、单株生产力等指标,几乎体现了花生生育期的几个重要环节,说明评价指标涵盖了花生大部分农艺性状。聚类分析将 296 份材料分为 2 个大类,4 个小组,第 I 组可以作为高产备选材料,第 II 组可作为小粒花生备选材料,第 III 组可以作为早熟品种备选材料,第 IV 组可以作为大粒花生备选材料。根据隶属函数与主成分分析综合评价: $F=0.323F_1+0.257F_2+0.122F_3+0.108F_4+0.010F_5+0.091F_6$ 计算出 F 值,再由 F 值大小对 296 份花生种质资源表型性状进行综合评价得出,松桃城兰花生的 F 值最高(12.540),可见松桃城兰花生的综合表现最好, H15041 的 F 值最低(-10.795),说明 H15041 的综合表现最差。

4 结论

通过遗传多样性指数、变异系数、相关性分析、主成分分析、聚类分析的方法对 296 份花生资源进行遗传多样性分析,根据分析结果可知所选花生遗传差异较大,具有丰富的遗传变异。通过构建综合评价指标,筛选到 4 份综合性状较优异的花生种质

资源,分别是松桃城兰花生、2013521230、H15093、辐 16-24-1-1,可为花生新品种选育及品种改良提供优良亲本。

参考文献

- [1] 赵小波,张廷婷,闫彩霞,李春娟,王娟,张浩,石程仁.花生种三个 LEA 基因的克隆与表达分析.现代农业技术,2016(9):9,12
Zhao X B, Zhang T T, Yan C X, Li C L, Wang J, Zhang H, Shi C R. Cloning and expression analysis of three LEA genes in peanut. *Modern Agricultural Technology*, 2016(9): 9, 12
- [2] 王瑾,李玉荣,程增书,陈四龙,宋亚辉,张嘉楠,刘吉生,张强,封树平.适宜机械化收获的高产高油小花生新品种冀花 9 号的选育.河北农业科学,2012,16(4):75-77, 82
Wang J, Li Y R, Cheng Z S, Chen S L, Song Y H, Zhang J N, Liu J S, Zhang Q, Feng S P. Selection and breeding of a new peanut variety Ji Hua 9 with high yield and high oil suitable for mechanized harvest. *Hebei Agricultural Sciences*, 2012, 16(4): 75-77, 82
- [3] 程增书,陈四龙,王瑾,宋亚辉,李玉荣.高产高油酸抗病花生新品种冀花 19 号的选育.河北农业科学,2019,23(3):84-87, 99
Cheng Z S, Chen S L, Wang J, Song Y H, Li Y R. Breeding of a new peanut variety Ji Hua 19 with high yield and high oleic acid and disease resistance. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2019, 23(3): 84-87, 99
- [4] Fletcher S M, Shi Z L. Chapter 10-An overview of world peanut markets // Stalker H T, Wilson F. *Peanut Genetics, processing, and utilization*. Amsterdam: American Oil Chemist's Society Press, 2016: 267-287
- [5] Sarvamangala C, Gowda M V C, Varshney R K. Identification of quantitative trait loci for protein content, oil content and oil quality for groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Field Crops Research*, 2011, 122(1): 49-59
- [6] 中华人民共和国国家统计局. 2021 国际统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2022: 246
National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *International statistical yearbook 2021*. Beijing: China Statistics Press, 2022: 246
- [7] 周小静,任小平,黄莉,罗怀勇,陈玉宁,刘念,陈伟刚,廖伯寿,雷永,姜慧芳.花生种质资源研究进展与展望.植物遗传资源学报,2020,21(1):33-39
Zhou X J, Ren X P, Huang L, Luo H Y, Chen Y N, Liu N, Chen W G, Liao B S, Lei Y, Jiang H F. Research progress and prospect of peanut germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 21(1): 33-39
- [8] United States Department of Agriculture. Peanut stock and processing (No. 1949-1875). National Agricultural Statistics Service. (2015-12-18) [2021-12-01]. <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/PeanStocPr/PeanStocPr-12-30-2015.pdf>

- [9] 房元瑾, 孙子淇, 苗利娟, 齐飞艳, 黄冰艳, 郑峥, 董文召, 汤丰收, 张新友. 花生籽仁外观和营养品质特征及食用型花生育种利用分析. 植物遗传资源学报, 2018, 19(5): 875-886
Fang Y J, Sun Z Q, Miao L J, Qi F Y, Huang B Y, Zheng Z, Dong W Z, Tang F S, Zhang X Y. Characteristics of appearance and nutritional quality of peanut kernel and analysis on breeding utilization of edible peanut. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(5): 875-886
- [10] 王强. 花生加工品质学. 北京: 中国农业出版社, 2013: 1
Wang Q. Quality of peanut processing. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 1
- [11] 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 of peanut germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(5): 865-874
- [12] 李洁, 聂红民, 陈翠霞, 李振华, 马金娜, 郭红甫. 94个花生新品种主要农艺性状遗传多样性分析. 花生学报, 2023, 52(2): 61-67
Li J, Nie H M, Chen C X, Li Z H, Ma J N, Guo H F. Genetic diversity analysis of main agronomic traits in 94 new peanut varieties. Journal of Peanut Science, 2023, 52(2): 61-67
- [13] 林显凤, 夏友霖, 敬志霖, 毛金雄, 何晋宇, 廖俊华, 毛若涵, 游宇. 四川花生地方品种主要农艺性状的遗传多样性分析. 中国农学通报, 2021, 37(34): 9-14
Lin X F, Xia Y L, Jing Y L, Mao J X, He J Y, Liao J H, Mao R H, You Y. Genetic diversity analysis of major agronomic traits of peanut landraces in Sichuan. China Agriculture Bulletin, 2021, 37(34): 9-14
- [14] 杜普旋, 刘军, 陈荣华, 吴柔贤, 范呈根, 郭丹丹, 鲁清. 广东省花生种质资源收集与鉴定评价. 植物遗传资源学报, 2023, 24(3): 671-679
Du P X, Liu J, Chen R H, Wu R X, Fan C G, Guo D D, Lu Q. Collection, identification and evaluation of peanut germplasm resources in Guangdong province. Journal of Plant Genetic Resources, 2023, 24(3): 671-679
- [15] 黄杨, 熊信果, 邹小云, 丁戈, 谷德平. 江西地方花生种质资源主要农艺性状分析与评价. 植物遗传资源学报, 2021, 22(6): 1550-1558
Huang Y, Xiong X G, Zou X Y, Ding G, Gu D P. Analysis and evaluation of main agronomic characters of local peanut germplasm resources in Jiangxi province. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 22(6): 1550-1558
- [16] 白冬梅, 王国桐, 薛云云, 田跃霞, 权宝全. 山西省地方花生品种农艺性状的遗传多样性分析. 山西农业科学, 2014(6): 542-547
Bai D M, Wang G T, Xue Y Y, Tian Y X, Quan B Q. Genetic diversity analysis of agronomic traits of local peanut varieties in Shanxi province. Shanxi Agricultural Sciences, 2014(6): 542-547
- [17] 陈湘瑜, 徐日荣, 唐兆秀. 福建省花生农家品种农艺性状的遗传多样性分析. 中国农学通报, 2015, 31(24): 86-92
Chen X Y, Xu R R, Tang Z X. Analysis on genetic diversity of agronomic traits of peanut farm varieties in Fujian province. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(24): 86-92
- [18] 刘立峰, 耿立格, 王静华, 孟成生, 王丽娜. 河北省花生地方品种农艺性状和品质性状的遗传分化. 植物遗传资源学报, 2008, 9(2): 190-194
Liu L F, Geng L G, Wang J H, Meng C S, Wang L N. Genetic differentiation of agronomic and quality traits of peanut landvarieties in Hebei province. Journal of Plant Genetic Resources, 2008, 9(2): 190-194
- [19] 耿健, 刘立峰, 崔顺立, 陈焕英, 魏新燕. 冀鲁豫花生育成品种的遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2012, 13(2): 201-206
Geng J, Liu L F, Cui S L, Chen H Y, Wei X Y. Genetic diversity analysis of peanut cultivars in Hebei, Shandong and Henan. Journal of Plant Genetic Resources, 2012, 13(2): 201-206
- [20] 李瑞奇, 马峙英, 王省芬, 张桂寅, 李喜焕. 转基因抗虫棉农艺性状和纤维品质的遗传多样性. 植物遗传资源学报, 2005, 6(2): 210-215
Li R Q, Ma Z Y, Wang S F, Zhang G Y, Li X H. Genetic diversity of agronomic traits and fiber quality of transgenic insect-resistant cotton. Journal of Plant Genetic Resources, 2005, 6(2): 210-215
- [21] Suh H S, Hue M H. The segregation mode of plant height in the cross of rice varieties. XI. Linkage analysis of the semidwarfness of the rice variety 'Tongil'. Korean Journal of Breeding, 1978, 10: 1-6
- [22] 姜慧芳, 段乃雄. 花生种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2006
Jiang H F, Duan N X. Description specification and data standard of peanut germplasm resources. Beijing: China Agriculture Press, 2006
- [23] 徐泽俊, 齐玉军, 邢兴华, 童飞, 王幸. 黄淮海大豆种质农艺与品质性状分析及综合评价. 植物遗传资源学报, 2022, 23(2): 468-480
Xu Z J, Qi Y J, Xing X H, Tong F, Wang X. Agronomy and quality traits analysis and comprehensive evaluation of Huang-Huai-hai soybean germplasm. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 23(2): 468-480
- [24] 刘冰, 周长军, 顾鑫, 吴耀坤, 于吉东, 田中艳, 李建英, 马兰. 黑龙江省西部地区大豆种质资源聚类分析及综合评价. 黑龙江农业科学, 2022(5): 7-12
Liu B, Zhou C J, Gu X, Wu Y K, Yu J D, Tian Z Y, Li J Y, Ma L. The soybean germplasm resources in western regions of Heilongjiang province clustering analysis and comprehensive evaluation. Journal of Heilongjiang Agricultural Science, 2022(5): 7-12
- [25] 魏晓羽, 刘红, 瞿辉, 李凤童, 袁媛. 15份春兰种质资源的表型

- 多样性分析. 植物遗传资源学报, 2022, 23(2): 398-411
- Wei X Y, Liu H, Qu H, Li F T, Yuan Y. Phenotypic diversity analysis of 15 spring orchid germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 23(2): 398-411
- [26] 刘学良, 修俊杰, 谢志强. 不同花生品种农艺性状与产量的关系研究. 辽宁农业科学, 2019(1): 78-80
- Liu X L, Xiu J J, Xie Z Q. The relationship between different peanut varieties of agronomic traits and yield research. *Journal of Liaoning Agricultural Science*, 2019 (1): 78-80
- [27] 王允, 张幸果, 李贺敏, 薛伟, 崔党群, 殷冬梅. 花生主要农艺性状和产量性状的相关性与灰色关联度分析. 河南农业大学学报, 2014, 48(6): 680-683, 705
- Wang Y, Zhang X G, Li H M, Xue W, Cui D Q, Yin D M. Correlation and grey correlation analysis of main agronomic characters and yield characters in peanut. *Journal of Henan Agricultural University*, 2014, 48(6): 680-683, 705
- [28] 王慧敏, 彭振英, 李新国, 万书波, 张智猛, 丁红, 高文伟. 67 个花生品种主要农艺性状的变异及相关性分析. 山东农业科学, 2019, 51(9): 91-96
- Wang H M, Peng Z Y, Li X G, Wan S B, Zhang Z M, Ding H, Gao W W. Variation and correlation analysis of main agronomic traits of 67 peanut cultivars. *Shandong Agricultural Sciences*, 2019, 51(9): 91-96
- [29] 姜慧芳, 任小平, 陈玉宁, 张晓杰, 黄家权, 廖伯寿. 中国花生地方品种与育成品种的遗传多样性. 西北植物学报, 2011, 31(8): 1551-1559
- Jiang H F, Ren X P, Chen Y N, Zhang X J, Huang J Q, Liao B S. Genetic diversity of local and cultivated peanut cultivars in China. *Acta Botanica Sinica of Northwest China*, 2011, 31(8): 1551-1559