

花生种质资源品质性状分析及综合评价

饶庆琳, 姜敏, 吕建伟, 胡廷会, 成良强, 王金花, 王军

(贵州农业科学院油料研究所, 贵阳 550006)

摘要: 本研究旨在探究不同来源花生种质资源品质性状之间的关联性, 为挖掘优异的鲜食花生种质资源提供理论依据。采用变异系数、遗传多样性指数以及相关性分析、主成分分析、聚类分析、综合评分等方法, 对 287 份不同来源花生种质资源的 11 个品质性状进行全面分析和综合评价。结果显示, 11 个品质性状变异系数介于 1.286%~19.506%, 遗传多样性指数在 1.046~2.073 之间。相关性分析结果表明了油酸与蛋白质呈极显著负相关关系, 与蔗糖呈极显著正相关。主成分分析共提取到 3 个主成分因子, 累计贡献率达到 71.467%。通过聚类分析, 287 份材料被分为 3 个类群, 第 I 类群脂肪、硬脂酸含量较高, 共计 100 份材料; 第 II 类群共有 61 份材料, 油酸含量较高, 第 III 类群含 126 份材料, 具有高蛋白低脂肪的特点。基于 3 个主成分的贡献率权重, 构建了综合评分公式: $F=0.588F_1+0.277F_2+0.135F_3$, 据此公式筛选出了综合评分大于 1 的材料 51 份, 其中大于 5 的材料有 3 份, 可为今后花生品质育种提供参考。

关键词: 花生; 品质性状; 因子分析; 综合评价¹

Analysis and Comprehensive Evaluation of Quality Characters of Peanuts Germplasm Resources

RAO Qinglin, JIANG Min, LYU Jianwei, HU Tinghui, CHENG Liangqiang, WANG Jinhua, WANG Jun

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

Abstract: The objective of this study was to investigate the correlation between the quality traits of peanut germplasm resources from different sources and provide a theoretical basis for the rational exploration of fresh peanut germplasm resources. We utilized genetic diversity analysis, correlation analysis, principal component analysis, clustering analysis, and comprehensive score to analyze and assess the 11 quality traits of 287 peanut germplasm resources. The results showed that the coefficient of variation of 11 quality traits ranged from 1.286% - 19.506%, and the genetic diversity index ranged from 1.046 - 2.073. The results of correlation analysis showed that the oleic acid has an extremely significant negative correlation with proteins and an extremely significant positive correlation with sucrose. A total of five principal component factors were extracted from the principal component analysis, and their cumulative contrib

¹ 收稿日期: 2023-11-22

网络出版日期

URL:

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)

ution rate reached 71.467%. Cluster analysis divided the 287 materials into 3 groups. The first group has a higher content of fat and stearic acid, which contains 100 materials; the second group has a higher oleic acid content, which contains 61 materials; and the third group has the characteristics of high protein and low fat, which contains 126 materials. By assigning weights of the contribution rate of the 3 principal components, we constructed a comprehensive scoring formula: $F=0.588F_1+0.277F_2+0.135F_3$. According to this formula, we selected 51 materials with a comprehensive score greater than one, including 3 material with a score exceeding five points. This research provides valuable insights for future studies in peanut quality breeding.

Key words: peanut; character of quality; factor analysis; comprehensive evaluation

花生 (*Arachis hypogaea* L.) 属于豆科 (Leguminosae) 落花生属一年生双子叶植物, 具有“植物肉”、“绿色牛乳”的美称^[1-2], 不仅是全球广泛种植的油料和经济作物^[3], 也是人类食用油脂和蛋白质的重要来源^[4-5], 具有显著的经济价值和发展潜力。随着花生生产与消费需求的增加, 花生品质的要求也在逐步提高。因此, 系统地分析和评价不同来源的花生种质资源, 发掘优异种质资源, 将为未来新品种的选育提供坚实的理论基础。目前对花生种质资源的分析和评价主要集中在农艺性状和加工后花生的品质性状, 缺乏对自然风干后花生品质的分析、评价和筛选工作。因此, 对自然风干后花生种质资源的品质性状进行系统分析和评价是必要的, 也是支撑花生良种选育的关键基础工作。品质性状一直是花生新品种选育的焦点, 为了确保花生品质评价科学性和规范性, 辽宁省构建了评价体系^[6]。在农艺性状方面, 张小利等^[3]、饶庆琳等^[7]、王玲燕等^[8]、陈庆政等^[9]以花生种质资源为研究对象, 测定了主要农艺性状, 并从中筛选到优异种质资源, 可作为花生品质育种的优质亲本利用。在加工品质研究方面, 陈晓晴等^[10]研究了真空条件下, 当花椒味花生仁蛋白质含量为 27%、脂肪含量为 57% 时可筛选到最佳工艺。陈楠等^[11]研究热风干燥后花生的品质变化, 结果表明, 不同品种花生干燥后棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、花生酸和山嵛酸百分含量均存在显著性差异 ($P < 0.05$)。孙泓希等^[12]对食用花生 21 项品质和 17 种氨基酸进行综合评价, 最终确定油酸含量、脂肪含量为食用型花生品质综合评价核心指标之一; 房元瑾等^[13]认为花生籽仁品质是食用花生评价重要指标之一; 苗利娟等^[14]、成良强等^[15]、饶庆琳等^[16]通过对花生种质资源品质性状研究, 挖掘到优异资源, 为今后充分利用花生种质资源提供科学依据。房元瑾^[13]等研究表明低脂肪含量的花生品种营养健康、口感不油腻, 更适合用作鲜食。尹欣幸等^[17]对花生品质性状进行鉴定, 筛选得到较适应海南环境的鲜食花生品种。

目前, 花生品质研究处于初级阶段, 科学规范的花生品质评价体系尚未完全建立, 从而制约着鲜食花生品种选育^[9]。本研究以 287 份不同来源的花生种质资源为材料, 运用相关性分析、主成分分析、聚类分析构建花生品质评价体系, 以期对花生鲜食种质资源评价、挖掘提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

287 份花生种质资源 (表 1) 来自国内 15 个省 (自治区), 其中辽宁省 1 份, 河北省 10 份, 山东省 19 份, 河南省 17 份, 江苏省 8 份, 安徽省 3 份, 湖北省 6 份, 湖南省 3 份, 江西省 3 份, 福建省 9 份, 广东

省 10 份，广西壮族自治区 11 份，海南省 1 份，贵州省 142 份，四川省 10 份，34 份来源不详。287 份供试材料连续三年无缺苗，长势良好，由贵州省农业科学院油料研究所保存并提供。其中，地方品种 158 份；栽培品种 113 份；品系 16 份。

表 1 试验材料名称及来源

Table 1 Name and source of the test materials

编号 Number	材料名称 Material Name	来源地 Source	材料种类 Types of materials	编号 Number	材料名称 Material Name	来源地 Source	材料种类 Types of materials
ZY001	皖花 4 号	安徽	品种	ZY144	窝沿花生	贵州	地方品种
ZY002	六安一号	安徽	品种	ZY145	无松花生	贵州	地方品种
ZY003	H15001	贵州	地方品种	ZY146	么蒲花生	贵州	地方品种
ZY004	H15002	贵州	地方品种	ZY147	双秀花生	贵州	地方品种
ZY005	H15003	贵州	地方品种	ZY148	龙花花生	贵州	地方品种
ZY006	H15041	贵州	地方品种	ZY149	瓮安花生	贵州	地方品种
ZY007	H15005	贵州	地方品种	ZY150	三都丰乐花生	贵州	地方品种
ZY008	H15007	贵州	地方品种	ZY151	独山基场花生	贵州	地方品种
ZY009	H15016	贵州	地方品种	ZY152	务川丰乐花生	贵州	地方品种
ZY010	H15017	贵州	地方品种	ZY153	务川大坪花生	贵州	地方品种
ZY011	H15018	贵州	地方品种	ZY154	松桃大平花生	贵州	地方品种
ZY012	H15019	贵州	地方品种	ZY155	德江南杆花生	贵州	地方品种
ZY013	H15021	贵州	地方品种	ZY156	印江永义花生	贵州	地方品种
ZY014	H15020	贵州	地方品种	ZY157	松桃太平花生	贵州	地方品种
ZY015	H15023	贵州	地方品种	ZY158	江口白银花生	贵州	地方品种
ZY016	H15024	贵州	地方品种	ZY159	印江紫薇花生	贵州	地方品种
ZY017	H15027	贵州	地方品种	ZY160	松桃太平花生	贵州	地方品种
ZY018	H15028	贵州	地方品种	ZY161	印江合水花生	贵州	地方品种
ZY019	H15029	贵州	地方品种	ZY162	福泉黎山花生	贵州	地方品种
ZY020	H15031	贵州	地方品种	ZY163	正安立丫花生	贵州	地方品种
ZY021	H15032	贵州	地方品种	ZY164	德江龙泉花生	贵州	地方品种
ZY022	H15033	贵州	地方品种	ZY165	松桃城兰花生	贵州	地方品种
ZY023	H15034	贵州	地方品种	ZY166	德江大兴花生	贵州	地方品种
ZY024	H15035	贵州	地方品种	ZY167	江口闵孝花生	贵州	地方品种
ZY025	H15036	贵州	地方品种	ZY168	兴义花生	贵州	地方品种
ZY026	H15038	贵州	地方品种	ZY169	新站花生	贵州	地方品种
ZY027	H15039	贵州	地方品种	ZY170	油果花生	贵州	地方品种
ZY028	H15040	贵州	地方品种	ZY171	2013524088	贵州	地方品种
ZY029	H15042	贵州	地方品种	ZY172	2013521078	贵州	地方品种
ZY030	H15043	贵州	地方品种	ZY173	2012523047	贵州	地方品种
ZY031	H15046	贵州	地方品种	ZY174	2013522125	贵州	地方品种
ZY032	H15047	贵州	地方品种	ZY175	2012522016	贵州	地方品种
ZY033	H15048	贵州	地方品种	ZY176	2013524386	贵州	地方品种
ZY034	H15049	贵州	地方品种	ZY177	2013523471	贵州	地方品种
ZY035	H15051	贵州	地方品种	ZY178	2013524068	贵州	地方品种
ZY036	H15052	贵州	地方品种	ZY179	2013522375	贵州	地方品种

ZY037	H15053	贵州	地方品种	ZY180	2013522382	贵州	地方品种
ZY038	H15054	贵州	地方品种	ZY181	2012521197	贵州	地方品种
ZY039	H15055	贵州	地方品种	ZY182	2013521206	贵州	地方品种
ZY040	H15056	贵州	地方品种	ZY183	大平花生	贵州	地方品种
ZY041	H15057	贵州	地方品种	ZY184	2013522150	贵州	地方品种
ZY042	H15058	贵州	地方品种	ZY185	2013522164	贵州	地方品种
ZY043	H15059	贵州	地方品种	ZY186	2013524323	贵州	地方品种
ZY044	H15060	贵州	地方品种	ZY187	2013524454	贵州	地方品种
ZY045	H15061	贵州	地方品种	ZY188	2013523221	贵州	地方品种
ZY046	H15062	贵州	地方品种	ZY189	2013522352	贵州	地方品种
ZY047	H15063	贵州	地方品种	ZY190	2013526193	贵州	地方品种
ZY048	H15065	贵州	地方品种	ZY191	2012522199	贵州	地方品种
ZY049	H15067	贵州	地方品种	ZY192	2013524082	贵州	地方品种
ZY050	H15073	贵州	地方品种	ZY193	齿轮厂小花生	贵州	地方品种
ZY051	H15075	贵州	地方品种	ZY194	铜仁珍珠花生	贵州	地方品种
ZY052	H15076	贵州	地方品种	ZY195	铜仁茶店花生-2	贵州	地方品种
ZY053	H15086	贵州	地方品种	ZY196	六枝新窑村	贵州	地方品种
ZY054	H15146	贵州	地方品种	ZY197	赤水小花生	贵州	地方品种
ZY055	H15122	贵州	地方品种	ZY198	赤水扁安小花生	贵州	地方品种
ZY056	H15127	贵州	地方品种	ZY199	金沙石场小花生	贵州	地方品种
ZY057	H15139	贵州	地方品种	ZY200	德江花生	贵州	地方品种
ZY058	H15140	贵州	地方品种	ZY201	瓮安松坪花生	贵州	地方品种
ZY059	H15141	贵州	地方品种	ZY202	六枝新窑花生	贵州	地方品种
ZY060	H15145	贵州	地方品种	ZY203	铜仁茶店花生-1	贵州	地方品种
ZY061	984-12-4	四川	品种	ZY204	黎平小花生	贵州	地方品种
ZY062	81-4047	湖南	品种	ZY205	遵义邮包花生	贵州	地方品种
ZY063	94-7112	—	品系	ZY206	ICG928	—	品种
ZY064	92-411	—	品系	ZY207	ICG106	—	品种
ZY065	N1	—	品系	ZY208	ICG5414	—	品种
ZY066	84-5051	—	品系	ZY209	ICG7633	—	品种
ZY067	836-29	四川	品种	ZY210	海南粉皮	海南	地方品种
ZY068	N5	—	品系	ZY211	冀花 15 号	河北	品种
ZY069	抗青 10 号	—	品种	ZY212	冀花 10 号	河北	品种
ZY070	矮 836-1	四川	品种	ZY213	冀花 5 号	河北	品种
ZY071	S61033	—	品系	ZY214	唐花 10 号	河北	品种
ZY072	S2	—	品系	ZY215	冀花 12 号	河北	品种
ZY073	026-10	—	品系	ZY216	冀花 7 号	河北	品种
ZY074	85007-3	—	品系	ZY217	石家庄花生	河北	地方品种
ZY075	92-7	—	品系	ZY218	冀油 4 号	河北	品种
ZY076	N13	—	品系	ZY219	冀花 18 号	河北	品种
ZY077	83-15007-1	湖北	品种	ZY220	冀花 16 号	河北	品种
ZY078	07-3105	—	品系	ZY221	开农 30	河南	品种
ZY079	796-2	四川	品种	ZY222	濮科花一号	河南	品种
ZY080	R-5	—	品系	ZY223	豫花 10 号	河南	品种

ZY081	新 87-77	湖北	品种	ZY224	开农 49	河南	品种
ZY082	丰花 4 号	山东	品种	ZY225	徐花 13	江苏	品种
ZY083	闽花 1066	福建	品种	ZY226	开农 41	河南	品种
ZY084	泉花 327-9	福建	品种	ZY227	开农 53	河南	品种
ZY085	福花 8 号	福建	品种	ZY228	开农 60	河南	品种
ZY086	浦油 3 号	福建	品种	ZY229	豫花 15	河南	品种
ZY087	闽花 6 号	福建	品种	ZY230	豫花 9 号	河南	品种
ZY088	福花五号	福建	品种	ZY231	农大花 169	河南	品种
ZY089	泉花 10 号	福建	品种	ZY232	漯花 4011	河南	品种
ZY090	泉花 6 号	福建	品种	ZY233	豫花 9327	河南	品种
ZY091	闽花 5 号	福建	品种	ZY234	豫花 12	河南	品种
ZY092	粤油 79	广东	品种	ZY235	豫花 16 号	河南	品种
ZY093	台山珍珠	湖北	地方品种	ZY236	驻花 6 号	河南	品种
ZY094	狮头企	广东	品种	ZY237	农花 66	河南	品种
ZY095	狮南 3 号	广东	品种	ZY238	龙花一号	山东	品种
ZY096	粤油 9 号	广东	品种	ZY239	鄂花 4 号	湖北	品种
ZY097	粤油 116	广东	品种	ZY240	鄂花 8 号	湖北	品种
ZY098	粤油 223	广东	品种	ZY241	鄂花 3 号	湖北	品种
ZY099	粤油 169	广东	品种	ZY242	湘花 2008	湖南	品种
ZY100	粤油 5 号	广东	品种	ZY243	湘花 13	湖南	品种
ZY101	仲恺花 2 号	广东	品种	ZY244	农大 006-2	河南	品种
ZY102	贺油 12	广西	品种	ZY245	徐花 9 号	江苏	品种
ZY103	合油 77	广西	品种	ZY246	泰花 4 号	江苏	品种
ZY104	贺油 11	广西	品种	ZY247	泰花 6 号	江苏	品种
ZY105	贺油 525	广西	品种	ZY248	江苏八集小花生	江苏	地方品种
ZY106	桂花	广西	品种	ZY249	JS540 小花生	江苏	品种
ZY107	梧油一号	广西	品种	ZY250	154037	—	品系
ZY108	桂花红 9 号	广西	品种	ZY251	徐州 68-4	江苏	品种
ZY109	桂花 26	广西	品种	ZY252	徐系一号	江苏	品种
ZY110	桂油 28	广西	品种	ZY253	赣花 7002	江西	品种
ZY111	贺油 13	广西	品种	ZY254	赣花 14-06	江西	品种
ZY112	桂花 87	广西	品种	ZY255	庐花 9 号	安徽	品种
ZY113	黔花生一号	贵州	地方品种	ZY256	赣花 2867	江西	品种
ZY114	黔花生四号	贵州	地方品种	ZY257	锦交 4 号	辽宁	品种
ZY115	黔西中坪花生	贵州	地方品种	ZY258	花育 21	山东	品种
ZY116	边阳花生	贵州	地方品种	ZY259	白沙 1016	广东	品种
ZY117	龙吟花生	贵州	地方品种	ZY260	6-2	四川	品种
ZY118	三合花生	贵州	地方品种	ZY261	花 37	山东	品种
ZY119	茂井花生-2	贵州	地方品种	ZY262	花育 17	山东	品种
ZY120	黄场花生-1	贵州	地方品种	ZY263	丰花五号	山东	品种
ZY121	沿河小花生	贵州	地方品种	ZY264	花育 19	山东	品种
ZY122	边阳花生	贵州	地方品种	ZY265	鲁花 8 号	山东	品种
ZY123	沉渡花生-1	贵州	地方品种	ZY266	丰花六号	山东	品种
ZY124	黔花生三号	贵州	地方品种	ZY267	花育 16 号	山东	品种

ZY125	务川花生	贵州	地方品种	ZY268	伏花生	山东	地方品种
ZY126	边阳花生-4	贵州	地方品种	ZY269	鲁花 4 号	山东	品种
ZY127	新站花生	贵州	地方品种	ZY270	成武花生	山东	地方品种
ZY128	乐平花生	贵州	地方品种	ZY271	鲁花 11	山东	品种
ZY129	镇远花生	贵州	地方品种	ZY272	花育 28	山东	品种
ZY130	花秋花生	贵州	地方品种	ZY273	花育 23	山东	品种
ZY131	新站花生-1	贵州	地方品种	ZY274	牡丹区花生	山东	地方品种
ZY132	都匀大平花生	贵州	地方品种	ZY275	44-28	—	品系
ZY133	零陵花生	—	地方品种	ZY276	QK (小粒)	—	品系
ZY134	珍珠花生	贵州	地方品种	ZY277	山花 10	山东	品种
ZY135	辐 16-4-1	—	品系	ZY278	花 31	山东	品种
ZY136	交台花生	贵州	地方品种	ZY279	天府 14	四川	品种
ZY137	谢桥花生	贵州	地方品种	ZY280	天府 3 号	四川	品种
ZY138	从江花生	贵州	地方品种	ZY281	天府花生	四川	品种
ZY139	绥阳多粒种	贵州	地方品种	ZY282	天府 5 号	四川	品种
ZY140	永兴花生	贵州	地方品种	ZY283	天府 18	四川	品种
ZY141	兴义小花生	贵州	地方品种	ZY284	XB057	—	品系
ZY142	沫阳花生	贵州	地方品种	ZY285	117-1-4	—	品系
ZY143	坡妹花生	贵州	地方品种	ZY286	1503	—	品系
				ZY287	白水花生	—	地方品种

—: 未知来源地

—: Unknown origin

1.2 试验方法

试验材料于 2019-2021 连续 3 年种植在贵州省油料研究所位于贵州省农业科学院内试验基地, 每份材料种植 3 行, 行距 40 cm, 株距 20 cm, 行长 2 m, 常规田间管理。品质性状测定主要包括脂肪含量 (X_1)、蛋白质含量 (X_2)、棕榈酸含量 (X_3)、硬脂酸含量 (X_4)、油酸含量 (X_5)、亚油酸含量 (X_6)、油酸/亚油酸 (X_7)、山萘酸含量 (X_8)、蔗糖含量 (X_9)、总糖含量 (X_{10})、果糖含量 (X_{11})。花生荚果自然风干 3 个月后, 参考吕建伟等^[18]构建近红外模型, 利用福斯新一代 NIRS DS2500™ (中国福斯) 近红外多功能品质快速分析仪测定上述 11 个品质性状, 每份材料取 100 g, 重复 3 次。

1.3 数据统计分析

采用 WPS Office、DPS 软件 (V20.05 高级版)^[19]处理分析数据, SPSS21.0 进行多样性分析、相关性分析、因子分析、主成分分析、聚类分析、综合评分等。

数据标注化处理公式: $N(i_n) = (X_{in} - X_{i_{\text{最小值}}}) / (X_{i_{\text{最大值}}} - X_{i_{\text{最小值}}})$ 。其中, $N(i_n)$ 指第 n 个样品第 i 主因子的原始数据经转化后的标准数据 (0~1); X_{in} 指第 n 个样品第 i 主因子的原始测定值。对标准化后的 10 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) 计算参试材料综合得分 (F 值), $F = V_1F_1 + V_2F_2 + \dots + V_nF_n$ ^[20]。

2 结果与分析

2.1 花生籽粒品质性状变异特征

对 287 份花生种质资源 11 项主要品质性状进行测定, 结果 (表 2) 表明各项性状之间变异幅度较大, 变异系数范围在 1.286%~19.506%之间, 其中变异系数大于 10%的性状有 1 个, 为油酸/亚油酸, 变异系数为 19.506%, 变异幅度为 0.905%~3.274%; 油酸含量的变异范围为 36.150%~59.693%, 亚油酸含量为 18.233%~39.967%, 说明油酸含量、亚油酸含量具有较大的遗传改良潜力。脂肪含量和总糖含量变异系数较低, 变异系数分别为 1.835%、1.286%, 变异幅度分别为 50.093%~56.290%、25.180%~26.837%, 表明这两个品质性状具有较稳定的遗传特征。11 项品质性状的遗传多样性指数均大于 1, 范围在 1.046%~2.073%之间, 其中油酸/亚油酸遗传多样性指数最小, 脂肪含量最大。不同来源的花生种质资源品质性状变异范围较大, 具有较高的遗传多样性指数, 说明 287 份花生种质资源具有丰富的表型性状, 可为优质花生亲本选配及特异种质资源挖掘提供理论依据。

表 2 花生品质性状变异情况

Table 2 Variation of quality characters in peanut

性状	最大值	最小值	平均	标准差	变异系数	遗传多样性指数
Traits	Max.	Min.	Average	SD	CV	H'
脂肪含量 (%) F	56.290	50.093	52.351	0.960	1.835	2.073
蛋白质含量 (%) P	29.583	23.367	26.804	1.128	4.21	2.058
棕榈酸含量 (%) Pa	12.973	9.597	12.024	0.498	4.145	1.975
硬脂酸含量 (%) Sa	3.977	3.043	3.588	0.132	3.687	2.037
油酸含量 (%) O	59.693	36.150	41.430	2.984	7.202	1.805
亚油酸含量 (%) L	39.967	18.233	35.327	2.484	7.033	1.772
油酸/亚油酸 (%) O/L	3.274	0.905	1.188	0.232	19.506	1.046
山嵛酸含量 (%) B	3.427	2.527	2.920	0.149	5.101	1.961
蔗糖含量 (%) S	7.390	3.713	5.376	0.513	9.552	2.054
总糖含量 (%) T	26.837	25.180	25.752	0.331	1.286	1.902
果糖含量 (%) Fr	2.887	1.727	2.318	0.199	8.575	1.849

F: Fat content; P: Protein content; Pa: Palmitic acid content; Sa: Stearic acid content; O: Oleic acid content; L: Linoleic acid content; O/L: Oleic content/linoleic content; B: Behenic acid content; S: Sucrose content; T: Total sugar content; Fr: Fructose content; The same as below

2.2 花生籽粒主要品质性状间相关性分析

287 份花生籽粒 11 项品质性状相关性分析结果 (表 3) 表明, 11 项品质性状间均有不同程度的相关性, 其中有 18 组性状间呈极显著正相关, 相关系数在 0.009~0.950 之间, 24 组性状间呈极显著负相关, 相关系数在 -0.978~-0.174 之间。其中, 油酸与油酸/亚油酸之间的相关性较高, 相关系数为 0.950, 油酸与亚油酸相关系数为 -0.978。蛋白质含量与棕榈酸含量、亚油酸含量、山嵛酸含量均呈极显著正相关, 与脂肪含量、

油酸含量、总糖含量、果糖含量均呈极显著负相关,说明提高花生籽仁棕榈酸含量、亚油酸含量,降低油酸含量、总糖含量是高蛋白育种途径之一。油酸含量与蔗糖含量、总糖含量、果糖含量均呈极显著正相关,与棕榈酸含量、蛋白质含量、硬脂酸含量均呈极显著负相关,表明高油酸花生育种除了可以适当提高糖分含量,还可以考虑降低棕榈酸、蛋白质、硬脂酸含量。蔗糖含量与油酸含量呈极显著正相关,与脂肪含量、棕榈酸含量、硬脂酸含量、亚油酸含量均呈极显著负相关,说明在高蔗糖、高油酸品种培育中,可为低脂肪、低棕榈酸、低硬脂酸、低油酸品种筛选提供备选材料。

表 3 花生品质性状相关性分析

Table 3 Correlation analysis of peanut quality index

性状 Traits	脂肪含 量 F	蛋白质含 量 P	棕榈酸 含量 Pa	硬脂酸含量 Sa	油酸含量 O	亚油酸含 量 L	油酸/亚油 酸 O/L	山嵛酸 含量 B	蔗糖含 量 S	总糖含 量 T	果糖 含量 Fr
脂肪含量 F	1										
蛋白质含量 P	-0.269**	1									
棕榈酸含量 Pa	0.051	0.419**	1								
硬脂酸含量 Sa	0.270**	-0.045	0.148*	1							
油酸含量 O	-0.027	-0.452**	-0.776**	-0.175**	1						
亚油酸含量 L	0.040	0.415**	0.739**	0.186**	-0.978**	1					
油酸/亚油酸 O/L	-0.021	-0.340**	-0.716**	-0.174**	0.950**	-0.968**	1				
山嵛酸含量 B	-0.276**	0.279**	0.147*	-0.160**	-0.095	-0.026	0.009**	1			
蔗糖含量 S	-0.319**	0.028	-0.195**	-0.429**	0.378**	-0.350**	0.309**	0.075	1		
总糖含量 T	-0.097	-0.292**	-0.540**	-0.463**	0.475**	-0.452**	0.395	0.066**	0.357**	1	
果糖含量 Fr	-0.306**	-0.183**	-0.181**	-0.431**	0.405**	-0.388**	0.349**	0.172**	0.720**	0.391**	1

* 和**分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著相关

* and ** indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 levels, respectively

2.3 花生品质性状主成分分析

对 11 项 287 份花生籽粒品质性状进行主成分分析（表 4），根据特征值均大于 1 提取到 3 个主成分，累计贡献率为 71.467%，表明前 3 个主成分包含花生种质基本品质指标大部分信息。前 3 个主成分，说明该结果可以用于花生品质指标评价。第 1 主成分方差贡献率为 42.044%，代表性指标为油酸含量、油酸/亚油酸，其次为蔗糖含量、果糖含量、总糖含量，该因子可定义为油酸因子。第 2 主成分贡献率为 19.784%，代表性指标为蔗糖含量、果糖含量、山嵛酸含量，该因子定义为糖分因子。第 3 主成分贡献率为 9.638%，代表性指标为山嵛酸含量、蛋白质含量、硬脂酸含量，可定义为脂肪酸因子。在主成分分析中，每个主成分因子都客观的反映了各品质性状之间的关系，可为今后花生育种提供理论基础。

表 4 花生种质资源品质性状主成分分析

Table 4 Principal component analysis of quality traits of peanut germplasm resources

性状 Traits	主成分 1 PC 1	主成分 2 PC 2	主成分 3 PC 3
脂肪含量 F	-0.067	-0.444	-0.281
蛋白质含量 P	-0.215	0.347	0.374
棕榈酸含量 Pa	-0.369	0.202	-0.098
硬脂酸含量 Sa	-0.182	-0.393	0.301

油酸含量 O	0.437	-0.156	0.153
亚油酸含量 L	-0.430	0.132	-0.250
油酸/亚油酸 O/L	0.413	-0.142	0.295
山萘酸含量 B	-0.002	0.358	0.558
蔗糖含量 S	0.253	0.391	-0.240
总糖含量 T	0.307	0.110	-0.271
果糖含量 Fr	0.274	0.364	-0.258
特征值 Characteristic value	4.625	2.176	1.060
贡献率 (%) Contribution rate	42.044	19.785	9.638
累计贡献率 (%) Cumulative contribution rate	42.044	61.829	71.467

2.4 花生种质资源聚类分析

对 287 份花生种质资源的 11 个品质性状进行系统聚类分析（图 2），不同类群各性状特征见表 5。287 份花生种质资源可分为 3 个类群，其中第 I 类群包含 100 份种质资源，以贵州资源为主，在该类群中占比 48.1%，与其他类群相比，脂肪、硬脂酸含量较高，该类群可作为高脂肪、高硬脂酸的基础材料来源。第 II 类群包含 61 份材料，河南资源占比较高，占第 II 类群的 19.4%，该类群油酸含量明显高于其他类群，该类群可用于高油酸备选材料。第 III 类群共有 126 份种质资源，其中 68.9% 来源于贵州，具有高蛋白、低脂肪的特点，并且脂肪、蛋白质的变异系数（1.402%、2.804%）在所有类群中也最低，因此该类群可作为高蛋白、低脂肪种质资源备选材料。根据 287 份不同来源花生种质资源聚类结果及统计分析，可挑选出具有代表性的典型材料为花生品种选育提供参考品种。

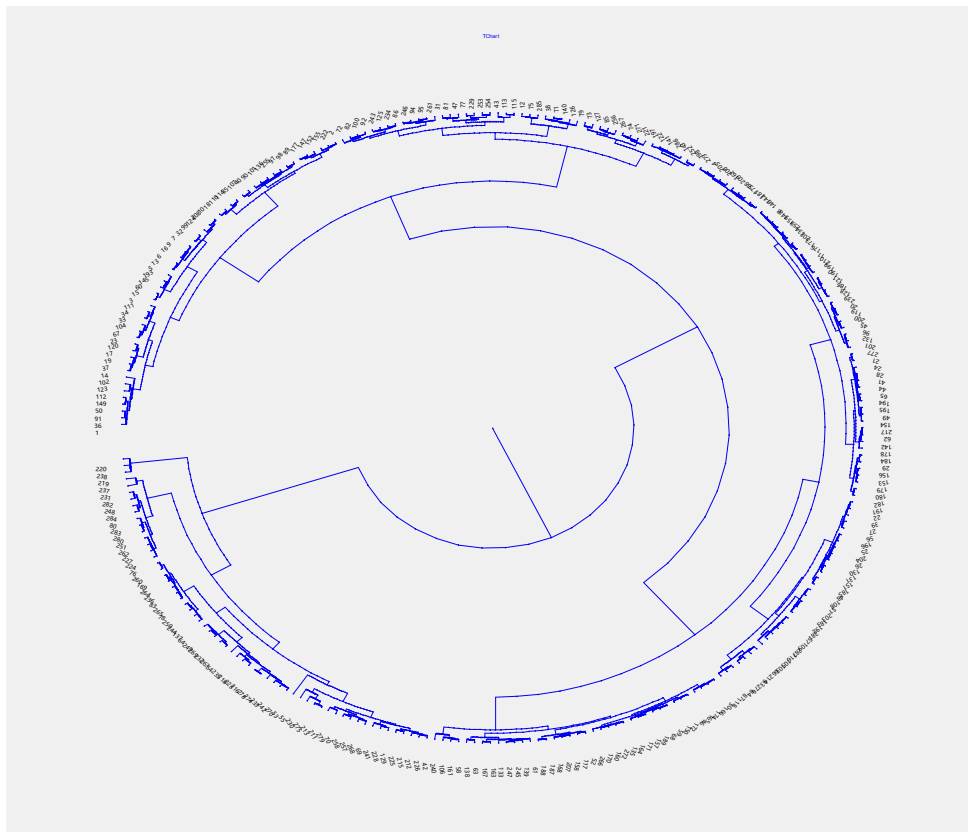


图 1 花生种质资源品质性状聚类分析

Fig.1 Clustering analysis of quality traits of peanut germplasm resources

表 5 花生种质不同类群性状特征

Table 5 Traits of different groups of peanut germplasm

性状 Traits	类群 I Group I		类群 II Group II		类群 III Group III	
	平均数	变异系数	平均数	变异系数	平均数	变异系数
	Mean	CV	Mean	CV	Mean	CV
脂肪含量 (%) F	53.023	1.718	52.870	6.425	51.863	1.402
蛋白质含量 (%) P	26.606	4.459	25.967	4.007	27.365	2.804
棕榈酸含量 (%) Pa	12.044	3.451	11.497	4.966	12.265	2.316
硬脂酸含量 (%) Sa	3.666	2.779	3.472	4.208	3.584	2.814
油酸含量 (%) O	40.812	4.954	44.895	9.084	40.243	3.108
亚油酸含量 (%) L	35.962	4.625	32.639	11.184	36.125	2.828
油酸/亚油酸 (%) O/L	1.140	9.442	1.419	28.141	1.116	5.815
山萘酸含量 (%) B	2.826	4.969	2.905	5.500	3.002	3.138
蔗糖含量 (%) S	5.044	9.122	5.690	8.603	5.487	7.549
总糖含量 (%) T	25.585	1.009	26.217	1.027	25.659	0.642
果糖含量 (%) Fr	2.158	7.836	2.477	6.664	2.369	5.858

2.5 花生种质资源综合评价

将标准化后的 11 个品质指标值代入 3 个主成分中, 可得到 3 个主成分的得分公式 F_1 、 F_2 、 F_3 。根据 F_1 、 F_2 、 F_3 数值及各主成分贡献率权重 (0.588、0.277、0.135), 得到每个品种综合得分公式: $F=0.588F_1+0.277F_2+0.135F_3$, 根据 F 值大小对 287 份花生种质资源的品质进行综合评价 (表 6), F 值越大, 品质综合表现越好。F 值得分范围为-3.001~7.452, ZY238 (龙花一号) 高 (7.452), ZY102 (贺油 12) F 值最低 (-3.001), 说明 ZY238 (龙花一号) 综合表现最好, ZY102 (贺油 12) 综合表现最差。排在前 10 的种质分别是 ZY238 (龙花一号, 7.452)、ZY219 (冀花 18 号, 7.024)、ZY220 (冀花 16 号, 5.426)、ZY055 (H15122, 4.661)、ZY230 (豫花 9 号, 3.890)、ZY237 (农花 66, 3.885)、ZY231 (农大花 169, 3.101)、ZY241 (鄂花 3 号, 3.074)、ZY279 (天府 14, 2.980)、ZY228 (开农 60, 2.689), 可为今后花生杂交育种中亲本的选择提供理论依据。

表 6 287 份花生种质资源综合得分

Table 6 Comprehensive scores of 287 peanuts germplasm sources

编号 No.	综合评分 Comprehensive score	编号 No.	综合评分 Comprehensive score	编号 No.	综合评分 Comprehensive score	编号 No.	综合评分 Comprehensive score
ZY001	-2.388	ZY073	-0.499	ZY145	-0.692	ZY217	-0.376
ZY002	-0.209	ZY074	0.382	ZY146	-0.430	ZY218	1.454
ZY003	-1.172	ZY075	-0.913	ZY147	-1.069	ZY219	7.024
ZY004	0.172	ZY076	1.645	ZY148	0.168	ZY220	5.426

ZY005	-1.044	ZY077	-0.457	ZY149	-1.477	ZY221	0.108
ZY006	-0.985	ZY078	-0.117	ZY150	0.498	ZY222	-0.585
ZY007	-0.999	ZY079	-0.963	ZY151	-0.440	ZY223	0.824
ZY008	-0.133	ZY080	1.178	ZY152	-0.968	ZY224	1.601
ZY009	-1.261	ZY081	-0.564	ZY153	-0.318	ZY225	1.372
ZY010	-1.142	ZY082	-1.145	ZY154	-0.729	ZY226	2.480
ZY011	-0.187	ZY083	0.072	ZY155	-0.311	ZY227	1.942
ZY012	-0.475	ZY084	0.124	ZY156	-0.925	ZY228	2.689
ZY013	-1.118	ZY085	-0.431	ZY157	0.191	ZY229	0.371
ZY014	-1.418	ZY086	-0.989	ZY158	0.159	ZY230	3.890
ZY015	-0.829	ZY087	0.837	ZY159	0.181	ZY231	3.101
ZY016	-1.165	ZY088	0.270	ZY160	0.716	ZY232	1.417
ZY017	-2.189	ZY089	-0.936	ZY161	0.761	ZY233	0.772
ZY018	-1.388	ZY090	-1.363	ZY162	-0.027	ZY234	-0.351
ZY019	-1.914	ZY091	-2.187	ZY163	1.162	ZY235	1.334
ZY020	-0.749	ZY092	-0.324	ZY164	0.432	ZY236	0.420
ZY021	-1.323	ZY093	-1.563	ZY165	-0.095	ZY237	3.885
ZY022	-1.450	ZY094	-1.059	ZY166	0.220	ZY238	7.452
ZY023	-1.494	ZY095	-0.937	ZY167	1.175	ZY239	-0.250
ZY024	-1.167	ZY096	-0.774	ZY168	0.484	ZY240	1.033
ZY025	-1.080	ZY097	-1.638	ZY169	0.070	ZY241	3.074
ZY026	-0.747	ZY098	-1.573	ZY170	0.362	ZY242	0.277
ZY027	-1.042	ZY099	-0.794	ZY171	0.535	ZY243	0.232
ZY028	-1.345	ZY100	-0.347	ZY172	0.470	ZY244	1.111
ZY029	-0.738	ZY101	-1.320	ZY173	-0.216	ZY245	1.070
ZY030	-0.005	ZY102	-3.001	ZY174	0.092	ZY246	-1.123
ZY031	-0.650	ZY103	0.280	ZY175	-0.266	ZY247	1.308
ZY032	-0.722	ZY104	-1.304	ZY176	-0.055	ZY248	2.493
ZY033	-2.096	ZY105	-0.917	ZY177	-1.124	ZY249	1.570
ZY034	-1.775	ZY106	0.295	ZY178	-0.615	ZY250	0.918
ZY035	-1.866	ZY107	-1.428	ZY179	-0.440	ZY251	1.659
ZY036	-2.777	ZY108	-0.251	ZY180	-0.013	ZY252	0.108
ZY037	-1.726	ZY109	-0.218	ZY181	-0.237	ZY253	0.526
ZY038	-1.192	ZY110	-0.787	ZY182	-0.462	ZY254	0.048
ZY039	-1.215	ZY111	-2.496	ZY183	0.304	ZY255	-0.910
ZY040	-1.443	ZY112	-2.425	ZY184	-0.836	ZY256	-0.258
ZY041	-1.009	ZY113	0.503	ZY185	-0.386	ZY257	1.494
ZY042	1.743	ZY114	-0.920	ZY186	-0.038	ZY258	1.804
ZY043	0.642	ZY115	1.222	ZY187	0.710	ZY259	-0.020
ZY044	-0.902	ZY116	-0.529	ZY188	0.710	ZY260	0.452
ZY045	-0.326	ZY117	0.890	ZY189	0.895	ZY261	-1.220
ZY046	0.243	ZY118	0.046	ZY190	0.210	ZY262	1.500
ZY047	-1.151	ZY119	-0.219	ZY191	-0.247	ZY263	0.858
ZY048	-0.490	ZY120	-2.196	ZY192	0.002	ZY264	0.558

ZY049	-0.643	ZY121	-0.065	ZY193	-0.933	ZY265	-0.138
ZY050	-1.897	ZY122	0.297	ZY194	-0.755	ZY266	0.311
ZY051	0.271	ZY123	-1.711	ZY195	-0.624	ZY267	0.519
ZY052	0.709	ZY124	-0.498	ZY196	-0.758	ZY268	1.281
ZY053	0.684	ZY125	-0.281	ZY197	-0.048	ZY269	1.148
ZY054	0.793	ZY126	-1.536	ZY198	0.250	ZY270	0.233
ZY055	4.661	ZY127	-0.636	ZY199	-0.071	ZY271	0.841
ZY056	-0.751	ZY128	-0.269	ZY200	-0.336	ZY272	0.510
ZY057	-1.035	ZY129	1.650	ZY201	-0.324	ZY273	0.408
ZY058	0.027	ZY130	-0.890	ZY202	-0.217	ZY274	1.325
ZY059	0.546	ZY131	-0.449	ZY203	-0.009	ZY275	1.058
ZY060	-0.831	ZY132	-0.019	ZY204	-0.772	ZY276	-0.741
ZY061	0.905	ZY133	0.502	ZY205	0.180	ZY277	-0.587
ZY062	-0.767	ZY134	-0.413	ZY206	-0.034	ZY278	1.359
ZY063	0.825	ZY135	0.439	ZY207	0.402	ZY279	2.980
ZY064	0.146	ZY136	-0.526	ZY208	-0.828	ZY280	1.424
ZY065	-0.755	ZY137	1.031	ZY209	-0.053	ZY281	0.530
ZY066	-1.063	ZY138	1.002	ZY210	-0.120	ZY282	1.278
ZY067	-1.614	ZY139	0.656	ZY211	1.151	ZY283	2.042
ZY068	0.679	ZY140	-1.131	ZY212	2.274	ZY284	1.113
ZY069	1.111	ZY141	0.052	ZY213	1.043	ZY285	-0.927
ZY070	2.680	ZY142	-0.601	ZY214	-0.018	ZY286	-0.129
ZY071	-1.053	ZY143	-0.193	ZY215	1.719	ZY287	-0.896
ZY072	-0.743	ZY144	-0.647	ZY216	0.178		

3 讨论

种质资源是作物新品种选育的基础材料^[21]，同时也是育种与遗传研究的起点^[22]。研究种质资源品质性状，能够直观地展现个体之间品质差异，对于推动花生种质资源收集、利用具有重要意义。本次研究共调查了 287 份不同来源的花生种质资源，品质性状变异范围较大。11 个品质性状变异系数平均值为 6.557%，其中油酸/亚油酸变异系数大于 10%，变异程度较高，且蔗糖含量的变异系数为 9.552%，这有利于鲜食花生种质资源筛选。脂肪含量、蛋白质含量、油酸含量的遗传多样性指数均大于 1。与张小利等^[3]的研究结果相似。以上结果表明 287 份种质资源的遗传信息丰富，能为鲜食花生品种选育提供丰富亲本材料。

在 11 个品质性状中，共检测到 18 组指标间呈极显著正相关，24 组呈极显著负相关。如亚油酸含量与油酸含量、蛋白质含量与脂肪含量之间均呈极显著负相关，这与陈庆政等^[9]的研究结果基本一致。在育种工作中，有针对性地选择油酸、蛋白质含量较高的材料，有助于缩短花生鲜食育种年限。

通过主成分分析，共提取到 3 个主成分，累计贡献率达到了 71.467%，包含了大部分品质性状信息。在主成分分析及相关性分析中，蔗糖含量提高有利于油酸含量、山萘酚含量等的提高，说明蔗糖含量是花生

风味的重要指标之一，有利于鲜食花生育种方向选择，这与郭建斌等^[23]的研究结论相一致。

在遗传距离为 14.00 时，287 份花生种质资源可分为 3 个类群。第 I 类群脂肪含量、硬脂酸含量较高，第 II 类群油酸含量明显高于其他类群，第 III 类群具有高蛋白、低脂肪的特点，在本研究中，以品质性状的综合得分 F 值大小作为判断依据，发现龙花一号的 F 值最高（7.452），贺油 12 的 F 值最低（-3.001），说明龙花一号综合表现最好，贺油 12 综合表现最差。龙花一号脂肪含量低于贺油 12，油酸含量、蔗糖、总糖、果糖明显高于贺油 12，作为健康食品，需要选择低脂肪品种，因此龙花一号综合表现优于贺油 12。在未来的育种工作中，可重点观察龙花一号农艺性状，为后期鲜食花生亲本选育提供理论基础。

4 结论

按照《中国花生遗传育种学》^[24]描述，花生籽仁蛋白质含量高于 28% 为高蛋白品种，本研究中共筛选到 37 个高蛋白品种；筛选到低亚油酸品种 1 个，为龙花一号，该品种综合评分最高；油酸/亚油酸大于 1 的品种有 274 个，说明通过杂交可以选育出高油酸/亚油酸比品系；蔗糖含量大于 6% 的材料 29 份。

不同来源花生种质资源品质性状表现出较大的差异，花生品质可用于深加工后风味及健康营养评价，不同来源花生的综合品质不同，后期可根据田间观察、抗性以及产量等表现，从中选出优异品种用于花生育种。

参考文献

- [1]Lykomitros D, Den B L, Hamoen R, Vincenzo F, Edoardo C. A comprehensive look at the effect of processing on peanut (*Arachis spp.*) texture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2018, 98(10): 3962-3972
- [2]Wang Q. *Peanuts: Processing technology and product development*. Beijing: Science Press, 2016: 1-22
- [3]张小利, 朱灵龙, 李付振, 唐秀梅, 夏友霖, 游宇, 钟瑞春. 115 份花生种质资源农艺与品质性状鉴评及分析. *浙江农业学报*, 2023, 35 (9): 2033-2044
- Zhang X L, Zhu L L, Li F Z, Tang X M, Xia Y L, You Y, Zhong R C. Evaluation and analysis of agronomic and quality traits of 115 peanut germplasm resources. *Journal of Zhejiang Agricultural*, 2023, 35 (9) : 2033-2044
- [4]Janlia P, Nigam S N, Pandey M K, Nagesh P, Varshney R K. Groundnut improvement: Use of genetic and genomic tools. *Frontiers in Plant Science*, 2013, 4: 23
- [5]Wang Q. *Peanut processing characteristics and quality evaluation* // *Overview of Peanut Processing Quality*. Berlin: Springer, 2018 :1-67
- [6]宋文娜, 陈洪杰, 吕美琳, 龙雯杰, 闫文丽, 王迪, 吕长鑫, 石太渊. 辽宁省花生品质分析及质量评价体系的构建 // 中国食品科学技术学会. 中国食品科学技术学会第二十年年会论文摘要集. 北京: 中国食品科学技术学会, 2023: 372-373
- Song W N, Chen H J, Lv M L, Long W J, Yan W L, Wang D, Lv C X, Shi T Y. Analysis of peanut quality in Liaoning Province and Construction of Quality evaluation System // *China Food Science and Technology Society. Abstracts of the 20th Annual Meeting of Chinese Society of Food Science and Technology*. Beijing: China Food Science and Technology Society, 2023: 372-373
- [7]饶庆琳, 姜敏, 刘选轶, 吕建伟, 胡廷会, 成良强, 王金花, 王军. 贵州 296 份花生种质资源遗传多样性及综合评价. *植物遗传资源学报*, 2024, 25 (3) : 373-385
- Rao Q L, Jiang M, Liu X Y, Lv J W, Hu T H, Cheng L Q, Wang J H, Wang J. 296 the genetic diversity of peanut germplasm resources in guizhou and comprehensive evaluation. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2024, 25 (3) : 373-385.
- [8]王玲燕, 刘艳丽, 蒋福稳, 赵治军, 黄金华. 河南省主栽高产花生品种主要农艺性状和品质性状分析. *河北农业科学*, 2022, 26 (5): 34-38, 43
- Wang L Y, Liu Y L, Jiang F W, Zhao Z J, Huang J H. Analysis on main agronomic and quality characters of high yield peanut varieties in Henan

province. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2022, 26 (5): 34-38,43

[9]陈庆政,吴春玲,林秀芳,祁俊程,叶万余,徐小媛,刘海东.不同花生种质资源成熟籽粒品质性状特征分析. *中国种业*, 2022(10): 80-84

Chen Q Z, Wu C L, Lin X F, Qi J C, Ye W Y, Xu X Y, Liu H D. Analysis of mature grain quality traits of different peanut germplasm resources. *China Seed Industry*, 2022(10): 80-84

[10]陈晓晴,廖卢艳,吴卫国.花椒味花生仁真空入味工艺优化及其品质分析. *食品工业科技*, 2024, 45 (8) : 190-199

CHEN Xiaoqing, LIAO Luyan, WU Weiguo. Optimization of vacuum flavoring technology and quality analysis of pepper-flavored peanut kernel. *Science and Technology of Food Industry*, 2024, 45(8): 190-199

[11]陈楠,陈鹏泉,蒋萌蒙,朱文学,王殿轩,陈亮,渠琛玲,吕若冰.不同品种花生热风干燥后品质研究. *花生学报*, 2023, 52 (1) : 27-37

Chen N, Chen P X, Jiang M M, Zhu W X, Wang D X, Chen L, Qu C L, Lv R B. Different varieties of peanuts, hot air drying after working quality research. *Journal of peanuts*, 2023, 52 (1) : 27-37

[12]孙泓希,任亮,王海新,于国庆,史普想.食用型花生外观和营养品质综合评价. *中国油料作物学报*, 2023, 45 (5): 907-915

Sun H X, Ren L, Wang H X, Yu G Q, Shi P X. Comprehensive evaluation of appearance and nutritional quality of edible peanut. *Chinese Journal of Oil Crops*, 2023, 45 (5): 907-915

[13]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 (05): 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. Analysis of appearance and nutritional quality characteristics of peanut seed and breeding utilization of edible peanut. *Journal of plant genetic resources*, 2018, 19 (5) : 875-886

[14]苗利娟,张新友,黄冰艳,董文召,汤丰收,刘娟,张俊,刘华,齐飞艳.河南省花生农家品种资源农艺和品质性状分析. *植物遗传资源学报*, 2016, 17 (5): 854-860

Miao L J, Zhang X Y, Huang B Y, Dong W Z, Tang F S, Liu J, Zhang J, Liu H, Qi F Y. Analysis on agronomic and quality traits of peanut variety resources in Henan Province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2016, 17 (5): 854-860

[15]成良强,郭建斌,吕建伟,胡廷会,饶庆琳,王金花,袁婷婷,王军.30份红皮花生资源的品质性状分析. *花生学报*, 2022, 51 (1): 42-48

Cheng L Q, Guo J B, Lv J W, Hu T H, Rao Q L, Wang J H, Yuan T T, Wang J. Analysis on quality traits of 30 red-skinned peanut resources. *Journal of Peanut Science*, 2022, 51 (1): 42-48

[16]饶庆琳,吕建伟,胡廷会,成良强,王军.花生种质资源表型鉴定及多样性分析. *种子*, 2020, 39 (10): 53-57,62

Rao Q L, Lv J W, HU T H, Cheng L Q, Wang J. Phenotypic identification and diversity analysis of peanut germplasm resources. *Seed*, 2020, 39 (10): 53-57,62

[17]尹欣幸,杨伟波,金龙飞,符海泉,李东霞.基于主成分分析的鲜食花生品质评价. *热带作物学报*, 2021, 42 (10) : 3001-3007

Yin X X, Yang W B, Jin L F, Fu H Q, Li D X. Quality evaluation of fresh eating peanut based on principal component analysis. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2021, 42 (10) : 3001-3007

[18]吕建伟,饶庆琳,姜敏,田永国,卓琴,胡廷会,成良强,王金花,王军.花生籽仁油酸、亚油酸含量近红外模型构建及育种应用. *中国油料作物学报*, 2023, 45(2): 399-406

Lv J W, Rao Q L, Jiang M, Tian Y G, Zhuo Q, Hu T H, Cheng L Q, Wang J H, Wang J. Development and application of near infrared spectroscopy models for predicting oleic acid and linoleic acid content of peanut. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2023, 45(2): 399-406

[19]唐启义,冯明光. DPS©数据处理系统—实验设计、统分析及数据挖掘. 第5版. 北京: 科学出版社, 2020

Tang Q Y, Feng M G. DPS© Data processing systems - experimental design, system analysis and data mining. 5th edition. Beijing: Science Press, 2020

[20]赵建华,述小英,李浩霞,郑慧文,尹跃,安巍,王亚军.不同果色枸杞鲜果品质性状分析及综合评价. *中国农业科学*, 2017, 50 (12) : 2338-2348

Zhao J H, Shu X Y, Li H X, Zheng H W, Yin Y, An W, Wang Y J. Analysis and comprehensive evaluation of the quality of wolfberry (*Lycium L.*) fresh fruits with different fruit colors. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50 (12) : 2338-2348

[21]周瑜,李泽碧,黄娟,吴毓,张亚勤,张志良,张晓春.高粱种质资源表型性状的遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2021, 22 (3) : 654-664

Zhou Y, LI Z B, Huang J, Wu Y, Zhang Y Q, Zhang Z L, Zhang X C. Analysis of genetic diversity of phenotypic traits in sorghum germplasm. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 22 (3) : 654-664

[22]李祥栋,潘虹,陆秀娟,魏心元,陆平,石明,练启仙.薏苡属种质资源的主要表型性状多样性研究. *植物遗传资源学报*, 2022, 23 (2) : 398-411

Li X D, Pan H, Lu X J, Wei X Y, Lu P, Shi M, Lian Q X. Study on the diversity of main phenotypic traits of coix germplasm . *Journal of Plant Genetic Resources*, 2021, 23 (2) :398-411

[23]郭建斌,成良强,李威涛,刘念,罗怀勇,丁膺宾,喻博伦,陈伟刚,黄莉,周小静,雷永,廖伯寿,姜慧芳.花生蔗糖含量与蛋白质和含油量的相关性分析及蔗糖含量 QTL 定位 . *作物学报*, 2023, 49 (10): 2698-2704

Guo J B, Cheng L Q, Li W T, Liu N, Luo H Y, Ding Y B, Yu B L, Chen W G, Huang L, Zhou X J, Lei Y, Liao B S, Jiang H F. Correlation analysis of sucrose content with protein and oil content and QTL mapping of sucrose content in peanut . *Acta Agronomica Sinica*, 2023, 49 (10): 2698-27

[24]禹山林.中国花生遗传育种学.上海:科学技术出版社,2011

Yu S L. *Peanut genetics and breeding in China* . Shanghai: Science and Technology Press, 2011