

# 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

(贵州省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油酸含量与蛋白质含量呈极显著负相关关系, 与蔗糖含量呈极显著正相关。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

## 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% to 19.506%, and the genetic diversity index ranged from 1.046 to 2.073. The results of correlation analysis showed that the oleic acid content has an extremely significant negative correlation with proteins content and an extremely significant positive correlation with sucrose content. A total of three principal component factors were extracted from the principal component analysis, and their cumulative contribution 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 content and low fat content, which contains 126 materials. By assigning weights of the contribution rate of the 3 principal components, we constructed a

收稿日期: 2023-11-22 网络出版日期: 2024-07-23

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20231122003>

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 (Qianke zhongyindi[2020]4012)

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 1, including 3 materials with a score exceeding 5. 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<sup>[1-2]</sup>, 不仅是全球广泛种植的油料和经济作物<sup>[3]</sup>, 也是人类食用油脂和蛋白质的重要来源<sup>[4-5]</sup>, 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的科学性和规范性, 辽宁省构建了评价体系<sup>[6]</sup>。在农艺性状方面, 张小利等<sup>[3]</sup>、饶庆琳等<sup>[7]</sup>、王玲燕等<sup>[8]</sup>、陈庆政等<sup>[9]</sup>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<sup>[10]</sup>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<sup>[11]</sup>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、花生酸和山萘酸百分含量均存在显著性差异 ( $P < 0.05$ )。孙泓希等<sup>[12]</sup>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<sup>[13]</sup>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<sup>[14]</sup>、成良强等<sup>[15]</sup>、饶庆琳等<sup>[16]</sup>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<sup>[13]</sup>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<sup>[17]</sup>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<sup>[9]</sup>。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2019-2021年连续三年无缺苗, 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 material	编号 Number	材料名称 Material name	来源地 Source	材料种类 Types of material
ZY001	皖花4号	安徽	品种	ZY007	H15005	贵州	地方品种
ZY002	六安一号	安徽	品种	ZY008	H15007	贵州	地方品种
ZY003	H15001	贵州	地方品种	ZY009	H15016	贵州	地方品种
ZY004	H15002	贵州	地方品种	ZY010	H15017	贵州	地方品种
ZY005	H15003	贵州	地方品种	ZY011	H15018	贵州	地方品种
ZY006	H15041	贵州	地方品种	ZY012	H15019	贵州	地方品种

表1(续)

编号 Number	材料名称 Material name	来源地 Source	材料种类 Types of material	编号 Number	材料名称 Material name	来源地 Source	材料种类 Types of material
ZY013	H15021	贵州	地方品种	ZY050	H15073	贵州	地方品种
ZY014	H15020	贵州	地方品种	ZY051	H15075	贵州	地方品种
ZY015	H15023	贵州	地方品种	ZY052	H15076	贵州	地方品种
ZY016	H15024	贵州	地方品种	ZY053	H15086	贵州	地方品种
ZY017	H15027	贵州	地方品种	ZY054	H15146	贵州	地方品种
ZY018	H15028	贵州	地方品种	ZY055	H15122	贵州	地方品种
ZY019	H15029	贵州	地方品种	ZY056	H15127	贵州	地方品种
ZY020	H15031	贵州	地方品种	ZY057	H15139	贵州	地方品种
ZY021	H15032	贵州	地方品种	ZY058	H15140	贵州	地方品种
ZY022	H15033	贵州	地方品种	ZY059	H15141	贵州	地方品种
ZY023	H15034	贵州	地方品种	ZY060	H15145	贵州	地方品种
ZY024	H15035	贵州	地方品种	ZY061	984-12-4	四川	品种
ZY025	H15036	贵州	地方品种	ZY062	81-4047	湖南	品种
ZY026	H15038	贵州	地方品种	ZY063	94-7112	—	品系
ZY027	H15039	贵州	地方品种	ZY064	92-411	—	品系
ZY028	H15040	贵州	地方品种	ZY065	N1	—	品系
ZY029	H15042	贵州	地方品种	ZY066	84-5051	—	品系
ZY030	H15043	贵州	地方品种	ZY067	836-29	四川	品种
ZY031	H15046	贵州	地方品种	ZY068	N5	—	品系
ZY032	H15047	贵州	地方品种	ZY069	抗青10号	—	品种
ZY033	H15048	贵州	地方品种	ZY070	矮836-1	四川	品种
ZY034	H15049	贵州	地方品种	ZY071	S61033	—	品系
ZY035	H15051	贵州	地方品种	ZY072	S2	—	品系
ZY036	H15052	贵州	地方品种	ZY073	026-10	—	品系
ZY037	H15053	贵州	地方品种	ZY074	85007-3	—	品系
ZY038	H15054	贵州	地方品种	ZY075	92-7	—	品系
ZY039	H15055	贵州	地方品种	ZY076	N13	—	品系
ZY040	H15056	贵州	地方品种	ZY077	83-15007-1	湖北	品种
ZY041	H15057	贵州	地方品种	ZY078	07-3105	—	品系
ZY042	H15058	贵州	地方品种	ZY079	796-2	四川	品种
ZY043	H15059	贵州	地方品种	ZY080	R-5	—	品系
ZY044	H15060	贵州	地方品种	ZY081	新87-77	湖北	品种
ZY045	H15061	贵州	地方品种	ZY082	丰花4号	山东	品种
ZY046	H15062	贵州	地方品种	ZY083	闽花1066	福建	品种
ZY047	H15063	贵州	地方品种	ZY084	泉花327-9	福建	品种
ZY048	H15065	贵州	地方品种	ZY085	福花8号	福建	品种
ZY049	H15067	贵州	地方品种	ZY086	浦油3号	福建	品种

表 1 ( 续 )

编号 Number	材料名称 Material name	来源地 Source	材料种类 Types of material	编号 Number	材料名称 Material name	来源地 Source	材料种类 Types of material
ZY087	闽花 6 号	福建	品种	ZY124	黔花生三号	贵州	地方品种
ZY088	福花五号	福建	品种	ZY125	务川花生	贵州	地方品种
ZY089	泉花 10 号	福建	品种	ZY126	边阳花生-4	贵州	地方品种
ZY090	泉花 6 号	福建	品种	ZY127	新站花生	贵州	地方品种
ZY091	闽花 5 号	福建	品种	ZY128	乐平花生	贵州	地方品种
ZY092	粤油 79	广东	品种	ZY129	镇远花生	贵州	地方品种
ZY093	台山珍珠	湖北	地方品种	ZY130	花秋花生	贵州	地方品种
ZY094	狮头企	广东	品种	ZY131	新站花生-1	贵州	地方品种
ZY095	狮南 3 号	广东	品种	ZY132	都匀大平花生	贵州	地方品种
ZY096	粤油 9 号	广东	品种	ZY133	零陵花生	—	地方品种
ZY097	粤油 116	广东	品种	ZY134	珍珠花生	贵州	地方品种
ZY098	粤油 223	广东	品种	ZY135	辐 16-4-1	—	品系
ZY099	粤油 169	广东	品种	ZY136	交台花生	贵州	地方品种
ZY100	粤油 5 号	广东	品种	ZY137	谢桥花生	贵州	地方品种
ZY101	仲恺花 2 号	广东	品种	ZY138	从江花生	贵州	地方品种
ZY102	贺油 12	广西	品种	ZY139	绥阳多粒种	贵州	地方品种
ZY103	合油 77	广西	品种	ZY140	永兴花生	贵州	地方品种
ZY104	贺油 11	广西	品种	ZY141	兴义小花生	贵州	地方品种
ZY105	贺油 525	广西	品种	ZY142	沫阳花生	贵州	地方品种
ZY106	桂花	广西	品种	ZY143	坡妹花生	贵州	地方品种
ZY107	梧油一号	广西	品种	ZY144	窝沿花生	贵州	地方品种
ZY108	桂花红 9 号	广西	品种	ZY145	无松花生	贵州	地方品种
ZY109	桂花 26	广西	品种	ZY146	么蒲花生	贵州	地方品种
ZY110	桂油 28	广西	品种	ZY147	双秀花生	贵州	地方品种
ZY111	贺油 13	广西	品种	ZY148	龙花生	贵州	地方品种
ZY112	桂花 87	广西	品种	ZY149	瓮安花生	贵州	地方品种
ZY113	黔花生一号	贵州	地方品种	ZY150	三都丰乐花生	贵州	地方品种
ZY114	黔花生四号	贵州	地方品种	ZY151	独山基场花生	贵州	地方品种
ZY115	黔西中坪花生	贵州	地方品种	ZY152	务川丰乐花生	贵州	地方品种
ZY116	边阳花生	贵州	地方品种	ZY153	务川大坪花生	贵州	地方品种
ZY117	龙吟花生	贵州	地方品种	ZY154	松桃大平花生	贵州	地方品种
ZY118	三合花生	贵州	地方品种	ZY155	德江南杆花生	贵州	地方品种
ZY119	茂井花生-2	贵州	地方品种	ZY156	印江永义花生	贵州	地方品种
ZY120	黄场花生-1	贵州	地方品种	ZY157	松桃太平花生	贵州	地方品种
ZY121	沿河小花生	贵州	地方品种	ZY158	江口白银花生	贵州	地方品种
ZY122	边阳花生	贵州	地方品种	ZY159	印江紫薇花生	贵州	地方品种
ZY123	沉渡花生-1	贵州	地方品种	ZY160	松桃太平花生	贵州	地方品种

表1(续)

编号 Number	材料名称 Material name	来源地 Source	材料种类 Types of material	编号 Number	材料名称 Material name	来源地 Source	材料种类 Types of material
ZY161	印江合水花生	贵州	地方品种	ZY198	赤水扁安小花生	贵州	地方品种
ZY162	福泉黎山花生	贵州	地方品种	ZY199	金沙石场小花生	贵州	地方品种
ZY163	正安立丫花生	贵州	地方品种	ZY200	德江花生	贵州	地方品种
ZY164	德江龙泉花生	贵州	地方品种	ZY201	瓮安松坪花生	贵州	地方品种
ZY165	松桃城兰花生	贵州	地方品种	ZY202	六枝新窑花生	贵州	地方品种
ZY166	德江大兴花生	贵州	地方品种	ZY203	铜仁茶店花生-1	贵州	地方品种
ZY167	江口闵孝花生	贵州	地方品种	ZY204	黎平小花生	贵州	地方品种
ZY168	兴义花生	贵州	地方品种	ZY205	遵义邮包花生	贵州	地方品种
ZY169	新站花生	贵州	地方品种	ZY206	ICG928	—	品种
ZY170	油果花生	贵州	地方品种	ZY207	ICG106	—	品种
ZY171	2013524088	贵州	地方品种	ZY208	ICG5414	—	品种
ZY172	2013521078	贵州	地方品种	ZY209	ICG7633	—	品种
ZY173	2012523047	贵州	地方品种	ZY210	海南粉皮	海南	地方品种
ZY174	2013522125	贵州	地方品种	ZY211	冀花15号	河北	品种
ZY175	2012522016	贵州	地方品种	ZY212	冀花10号	河北	品种
ZY176	2013524386	贵州	地方品种	ZY213	冀花5号	河北	品种
ZY177	2013523471	贵州	地方品种	ZY214	唐花10号	河北	品种
ZY178	2013524068	贵州	地方品种	ZY215	冀花12号	河北	品种
ZY179	2013522375	贵州	地方品种	ZY216	冀花7号	河北	品种
ZY180	2013522382	贵州	地方品种	ZY217	石家庄花生	河北	地方品种
ZY181	2012521197	贵州	地方品种	ZY218	冀油4号	河北	品种
ZY182	2013521206	贵州	地方品种	ZY219	冀花18号	河北	品种
ZY183	大平花生	贵州	地方品种	ZY220	冀花16号	河北	品种
ZY184	2013522150	贵州	地方品种	ZY221	开农30	河南	品种
ZY185	2013522164	贵州	地方品种	ZY222	濮科花一号	河南	品种
ZY186	2013524323	贵州	地方品种	ZY223	豫花10号	河南	品种
ZY187	2013524454	贵州	地方品种	ZY224	开农49	河南	品种
ZY188	2013523221	贵州	地方品种	ZY225	徐花13	江苏	品种
ZY189	2013522352	贵州	地方品种	ZY226	开农41	河南	品种
ZY190	2013526193	贵州	地方品种	ZY227	开农53	河南	品种
ZY191	2012522199	贵州	地方品种	ZY228	开农60	河南	品种
ZY192	2013524082	贵州	地方品种	ZY229	豫花15	河南	品种
ZY193	齿轮厂小花生	贵州	地方品种	ZY230	豫花9号	河南	品种
ZY194	铜仁珍珠花生	贵州	地方品种	ZY231	农大花169	河南	品种
ZY195	铜仁茶店花生-2	贵州	地方品种	ZY232	漯花4011	河南	品种
ZY196	六枝新窑村	贵州	地方品种	ZY233	豫花9327	河南	品种
ZY197	赤水小花生	贵州	地方品种	ZY234	豫花12	河南	品种

表 1 (续)

编号 Number	材料名称 Material name	来源地 Source	材料种类 Types of material	编号 Number	材料名称 Material name	来源地 Source	材料种类 Types of material
ZY235	豫花 16 号	河南	品种	ZY262	花育 17	山东	品种
ZY236	驻花 6 号	河南	品种	ZY263	丰花五号	山东	品种
ZY237	农花 66	河南	品种	ZY264	花育 19	山东	品种
ZY238	龙花一号	山东	品种	ZY265	鲁花 8 号	山东	品种
ZY239	鄂花 4 号	湖北	品种	ZY266	丰花六号	山东	品种
ZY240	鄂花 8 号	湖北	品种	ZY267	花育 16 号	山东	品种
ZY241	鄂花 3 号	湖北	品种	ZY268	伏花生	山东	地方品种
ZY242	湘花 2008	湖南	品种	ZY269	鲁花 4 号	山东	品种
ZY243	湘花 13	湖南	品种	ZY270	成武花生	山东	地方品种
ZY244	农大 006-2	河南	品种	ZY271	鲁花 11	山东	品种
ZY245	徐花 9 号	江苏	品种	ZY272	花育 28	山东	品种
ZY246	泰花 4 号	江苏	品种	ZY273	花育 23	山东	品种
ZY247	泰花 6 号	江苏	品种	ZY274	牡丹区花生	山东	地方品种
ZY248	江苏八集小花生	江苏	地方品种	ZY275	44-28	—	品系
ZY249	JS540 小花生	江苏	品种	ZY276	QK(小粒)	—	品系
ZY250	154037	—	品系	ZY277	山花 10	山东	品种
ZY251	徐州 68-4	江苏	品种	ZY278	花 31	山东	品种
ZY252	徐系一号	江苏	品种	ZY279	天府 14	四川	品种
ZY253	赣花 7002	江西	品种	ZY280	天府 3 号	四川	品种
ZY254	赣花 14-06	江西	品种	ZY281	天府花生	四川	品种
ZY255	庐花 9 号	安徽	品种	ZY282	天府 5 号	四川	品种
ZY256	赣花 2867	江西	品种	ZY283	天府 18	四川	品种
ZY257	锦交 4 号	辽宁	品种	ZY284	XB057	—	品系
ZY258	花育 21	山东	品种	ZY285	117-1-4	—	品系
ZY259	白沙 1016	广东	品种	ZY286	1503	—	品系
ZY260	6-2	四川	品种	ZY287	白水花生	—	地方品种
ZY261	花 37	山东	品种				

—:未知来源地

—:Unknown origin

## 1.2 试验方法

试验材料于 2019-2021 年连续 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<sup>[18]</sup>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 数据分析

采用 WPS Office、DPS 软件(V20.05 高级版)<sup>[19]</sup>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:  $N(in) = (X_{in} - X_{i_{\text{最小值}}}) / (X_{i_{\text{最大值}}} - X_{i_{\text{最小值}}})$ 。其中,  $N(in)$ 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 11 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分析

对 287 份花生种质资源 11 个主要品质性状进行测定(表 2),结果表明各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;油酸含量的变异幅度为 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 个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材料基础。

表 2 花生品质性状变异情况

Table 2 Variation of quality characters in peanut

性状 Traits	最大值 Max.	最小值 Min.	平均 Average	标准差 SD	变异系数(%) CV	遗传多样性指数 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	4.210	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 个品质性状相关性分析结果表明(表 3), 11 个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,油酸含量与油酸/亚油酸之间的相关性较高,相关系数为 0.950,油酸含量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 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平显著相关

\* and \*\* indicate significant correlation at  $P<0.05$  and  $P<0.01$  levels, respectively

### 2.3 花生品质性状主成分分析

对287份花生籽粒11个品质性状进行主成分分析(表4),根据特征值大于1提取到3个主成分,累计贡献率为71.467%,表明前3个主成分包含了花生种质基本品质指标大部分信息,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

表4 花生种质资源品质性状主成分分析

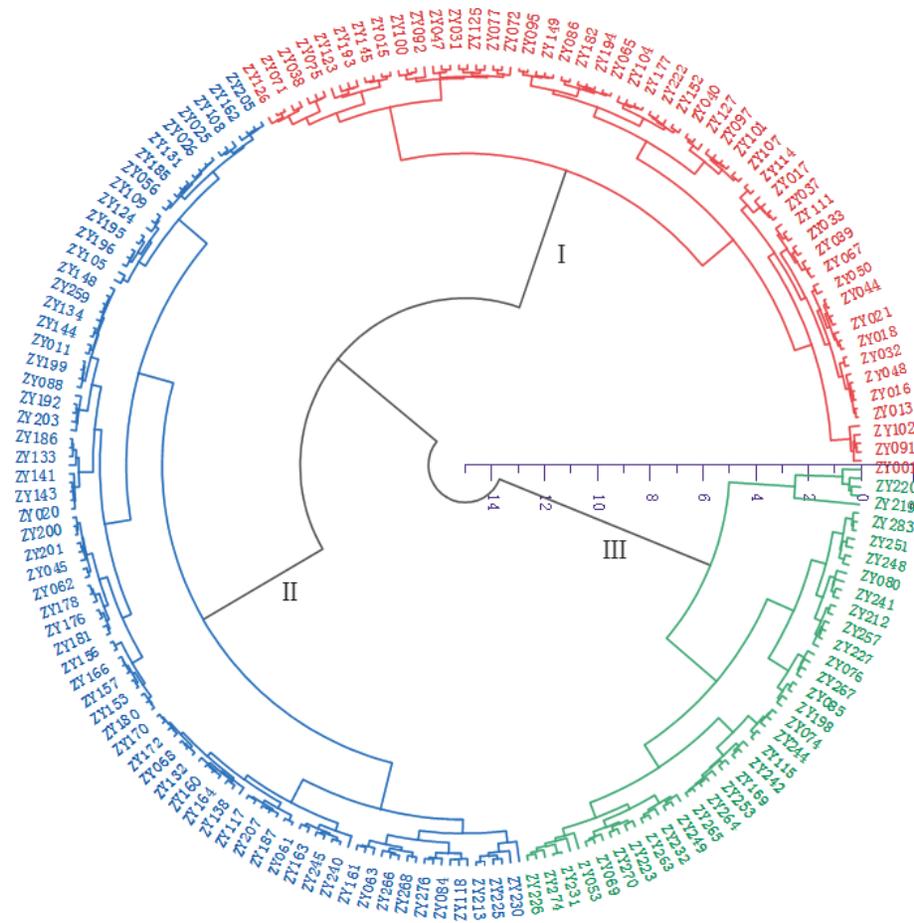
Table 4 Principal component analysis of quality traits of peanut germplasm resources

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
山嵛酸含量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

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。

### 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1),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,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%的种质来源于贵州,具有高蛋白、低脂肪的特点,并且脂肪、蛋白质含量的变异系数(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类群特征,可挑选出具有代表性的材料,为花生品种选育提供参考品种。



外圈仅显示部分材料的编号

The outer ring only displays partial numbers

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 Mean	变异系数(%) CV	平均数 Mean	变异系数(%) CV	平均数 Mean	变异系数(%) 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
山嵛酸含量(%)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。287份花生种质资源F值得分范围为-3.001~7.452,其中ZY238(龙花一号)最高,ZY102

(贺油12)F值最低,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						
ZY001	-2.388	ZY028	-1.345	ZY055	4.661	ZY082	-1.145
ZY002	-0.209	ZY029	-0.738	ZY056	-0.751	ZY083	0.072
ZY003	-1.172	ZY030	-0.005	ZY057	-1.035	ZY084	0.124
ZY004	0.172	ZY031	-0.650	ZY058	0.027	ZY085	-0.431
ZY005	-1.044	ZY032	-0.722	ZY059	0.546	ZY086	-0.989
ZY006	-0.985	ZY033	-2.096	ZY060	-0.831	ZY087	0.837
ZY007	-0.999	ZY034	-1.775	ZY061	0.905	ZY088	0.270
ZY008	-0.133	ZY035	-1.866	ZY062	-0.767	ZY089	-0.936
ZY009	-1.261	ZY036	-2.777	ZY063	0.825	ZY090	-1.363
ZY010	-1.142	ZY037	-1.726	ZY064	0.146	ZY091	-2.187
ZY011	-0.187	ZY038	-1.192	ZY065	-0.755	ZY092	-0.324
ZY012	-0.475	ZY039	-1.215	ZY066	-1.063	ZY093	-1.563
ZY013	-1.118	ZY040	-1.443	ZY067	-1.614	ZY094	-1.059
ZY014	-1.418	ZY041	-1.009	ZY068	0.679	ZY095	-0.937
ZY015	-0.829	ZY042	1.743	ZY069	1.111	ZY096	-0.774
ZY016	-1.165	ZY043	0.642	ZY070	2.680	ZY097	-1.638
ZY017	-2.189	ZY044	-0.902	ZY071	-1.053	ZY098	-1.573
ZY018	-1.388	ZY045	-0.326	ZY072	-0.743	ZY099	-0.794
ZY019	-1.914	ZY046	0.243	ZY073	-0.499	ZY100	-0.347
ZY020	-0.749	ZY047	-1.151	ZY074	0.382	ZY101	-1.320
ZY021	-1.323	ZY048	-0.490	ZY075	-0.913	ZY102	-3.001
ZY022	-1.450	ZY049	-0.643	ZY076	1.645	ZY103	0.280
ZY023	-1.494	ZY050	-1.897	ZY077	-0.457	ZY104	-1.304
ZY024	-1.167	ZY051	0.271	ZY078	-0.117	ZY105	-0.917
ZY025	-1.080	ZY052	0.709	ZY079	-0.963	ZY106	0.295
ZY026	-0.747	ZY053	0.684	ZY080	1.178	ZY107	-1.428
ZY027	-1.042	ZY054	0.793	ZY081	-0.564	ZY108	-0.251

表 6 ( 续 )

编号 No.	综合评分 Comprehensive score						
ZY109	-0.218	ZY145	-0.692	ZY181	-0.237	ZY217	-0.376
ZY110	-0.787	ZY146	-0.430	ZY182	-0.462	ZY218	1.454
ZY111	-2.496	ZY147	-1.069	ZY183	0.304	ZY219	7.024
ZY112	-2.425	ZY148	0.168	ZY184	-0.836	ZY220	5.426
ZY113	0.503	ZY149	-1.477	ZY185	-0.386	ZY221	0.108
ZY114	-0.920	ZY150	0.498	ZY186	-0.038	ZY222	-0.585
ZY115	1.222	ZY151	-0.440	ZY187	0.710	ZY223	0.824
ZY116	-0.529	ZY152	-0.968	ZY188	0.710	ZY224	1.601
ZY117	0.890	ZY153	-0.318	ZY189	0.895	ZY225	1.372
ZY118	0.046	ZY154	-0.729	ZY190	0.210	ZY226	2.480
ZY119	-0.219	ZY155	-0.311	ZY191	-0.247	ZY227	1.942
ZY120	-2.196	ZY156	-0.925	ZY192	0.002	ZY228	2.689
ZY121	-0.065	ZY157	0.191	ZY193	-0.933	ZY229	0.371
ZY122	0.297	ZY158	0.159	ZY194	-0.755	ZY230	3.890
ZY123	-1.711	ZY159	0.181	ZY195	-0.624	ZY231	3.101
ZY124	-0.498	ZY160	0.716	ZY196	-0.758	ZY232	1.417
ZY125	-0.281	ZY161	0.761	ZY197	-0.048	ZY233	0.772
ZY126	-1.536	ZY162	-0.027	ZY198	0.250	ZY234	-0.351
ZY127	-0.636	ZY163	1.162	ZY199	-0.071	ZY235	1.334
ZY128	-0.269	ZY164	0.432	ZY200	-0.336	ZY236	0.420
ZY129	1.650	ZY165	-0.095	ZY201	-0.324	ZY237	3.885
ZY130	-0.890	ZY166	0.220	ZY202	-0.217	ZY238	7.452
ZY131	-0.449	ZY167	1.175	ZY203	-0.009	ZY239	-0.250
ZY132	-0.019	ZY168	0.484	ZY204	-0.772	ZY240	1.033
ZY133	0.502	ZY169	0.070	ZY205	0.180	ZY241	3.074
ZY134	-0.413	ZY170	0.362	ZY206	-0.034	ZY242	0.277
ZY135	0.439	ZY171	0.535	ZY207	0.402	ZY243	0.232
ZY136	-0.526	ZY172	0.470	ZY208	-0.828	ZY244	1.111
ZY137	1.031	ZY173	-0.216	ZY209	-0.053	ZY245	1.070
ZY138	1.002	ZY174	0.092	ZY210	-0.120	ZY246	-1.123
ZY139	0.656	ZY175	-0.266	ZY211	1.151	ZY247	1.308
ZY140	-1.131	ZY176	-0.055	ZY212	2.274	ZY248	2.493
ZY141	0.052	ZY177	-1.124	ZY213	1.043	ZY249	1.570
ZY142	-0.601	ZY178	-0.615	ZY214	-0.018	ZY250	0.918
ZY143	-0.193	ZY179	-0.440	ZY215	1.719	ZY251	1.659
ZY144	-0.647	ZY180	-0.013	ZY216	0.178	ZY252	0.108

表6(续)

编号 No.	综合评分 Comprehensive score						
ZY253	0.526	ZY262	1.500	ZY271	0.841	ZY280	1.424
ZY254	0.048	ZY263	0.858	ZY272	0.510	ZY281	0.530
ZY255	-0.910	ZY264	0.558	ZY273	0.408	ZY282	1.278
ZY256	-0.258	ZY265	-0.138	ZY274	1.325	ZY283	2.042
ZY257	1.494	ZY266	0.311	ZY275	1.058	ZY284	1.113
ZY258	1.804	ZY267	0.519	ZY276	-0.741	ZY285	-0.927
ZY259	-0.020	ZY268	1.281	ZY277	-0.587	ZY286	-0.129
ZY260	0.452	ZY269	1.148	ZY278	1.359	ZY287	-0.896
ZY261	-1.220	ZY270	0.233	ZY279	2.980		

### 3 讨论

种质资源是作物新品种选育的基础材料<sup>[21]</sup>,同时也是育种与遗传研究的起点<sup>[22]</sup>。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<sup>[3]</sup>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的亲本材料。

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<sup>[9]</sup>的研究结果基本一致。在育种工作中,有针对性地选择油酸含量、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<sup>[23]</sup>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、蔗糖含量、总糖含量、果糖含量明显高于贺油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》<sup>[24]</sup>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. 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届年会论文摘要集. 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. Genetic diversity and comprehensive evaluation of 296 peanuts germplasm resources in Guizhou. *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 X Q, Liao L Y, Wu W G. 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(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. 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 edn. 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): 2698-2704
- [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