

贵州地方芝麻种质资源品质性状的分析与评价

杨 航, 于二汝, 魏忠芬, 奉 斌, 李慧琳

(贵州省农业科学院 贵州省油料研究所, 贵阳 550006)

摘要: 为探究贵州芝麻种质资源的品质特征, 并对地方芝麻资源进行初步鉴定与评价, 本研究对 73 份贵州芝麻种质资源的 8 个品质性状进行测试分析。结果表明: (1) 贵州芝麻种质资源含油量介于 41.45%~52.12% 之间, 平均含量为 49.69%。在脂肪酸组成中, 油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸的平均含量分别为 35.65% 和 50.66%; 而棕榈酸、硬脂酸等饱和脂肪酸的平均含量仅为 8.40% 和 4.79%。此外, 贵州芝麻资源中芝麻素、芝麻林素和木质素的平均含量分别为 5.03 mg/g、2.63 mg/g 和 4.79 mg/g。8 个品质性状的变异系数介于 3.69%~32.62% 范围内, 其中芝麻素含量变异系数最大, 含油量变异系数最小。而芝麻素含量、芝麻林素含量及硬脂酸含量的变异系数均大于 10%, 表明这 3 个性状在芝麻样本间存在较大差异。(2) 相关性分析结果显示: 含油量与油酸、芝麻素含量呈极显著正相关, 与亚油酸含量呈极显著负相关; 油酸含量与芝麻素含量呈极显著正相关, 与亚油酸含量呈极显著负相关; 亚油酸含量与芝麻素含量呈极显著负相关。表明品质性状间相关性大、关联程度较高, 性状间相互影响较大。(3) 主成分分析将 8 个品质性状综合为 3 个主成分, 分别为油酸因子、含油量因子和芝麻素因子, 3 个主成分因子包含了贵州芝麻种质资源品质性状的绝大部分信息, 累计贡献率达 96% 以上。(4) 在欧氏距离 $D=9.75$ 处将 73 份贵州芝麻资源划分为 6 个类群: 第 I 类群包含 2 份资源、第 II 类群有 7 份、第 III 类群有 12 份、第 IV 类群有 5 份、第 V 类群有 16 份、第 VI 类群有 31 份。其中第 VI 类群油酸含量最高, 且含油量、芝麻素含量较高。本研究探明了贵州芝麻品质的特征特性, 可为芝麻种质资源的利用和创新提供依据, 为芝麻品种选育和遗传改良提供参考。

关键词: 芝麻; 种质资源; 品质性状; 综合评价; 聚类分析

Analysis and Evaluation of Quality-Related Traits in Sesame Germplasm Resources in Guizhou

YANG Hang, YU Er-ru, WEI Zhong-fen, FENG Bin, LI Hui-lin

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

Abstract: To evaluate the kernel quality characteristics of the local sesame resources in Guizhou, eight quality-related traits of 73 Guizhou sesame accessions were analyzed. The oil content of sesame germplasms was ranged from 41.45% to 52.12%, with an average of 49.69%. The mean value of unsaturated fatty acids oleic acid and linoleic acid was 35.65% and 50.66%, respectively, while that of saturated fatty acids including palmitic acid and stearic acid was 8.40% and 4.79%, respectively. Furthermore, mean of three components sesamin, sesamol and lignin in the tested sesame accessions were 5.03, 2.63 and 4.79 mg/g, respectively. The variation coefficient of these eight quality traits ranged from 3.69% to 32.62%, while the highest and lowest values were observed in sesamin and oil contents, respectively. Notably, the variation coefficient of sesamin content, sesamol content and stearic acid content was more than 10%, which indicated that these three traits were significantly different among sesame samples. The correlation analysis showed that oil content was significantly positively correlated

收稿日期: 2019-10-28 修回日期: 2019-12-21 网络出版日期: 2020-02-22

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20191028005>

第一作者主要从事特色油料作物遗传育种及其分子生物学研究, E-mail: hangy0508@163.com

通信作者: 魏忠芬, 研究方向为油料作物遗传育种, E-mail: 1453978945@qq.com

基金项目: 黔农科院青年基金 ([2018]103 号); 黔农科院种质资源 ([2018]02 号); 贵州特色植物种质资源利用与创新人才基地 (RCJD2018-14)

Foundation project: Youth Foundation of Guizhou Academy of Agricultural Sciences ([2018] 103), Germplasm Resources of Guizhou Academy of Agricultural Sciences ([2018]02), Talent Base for Germplasm Resources Utilization and Innovation of Characteristic Plant in Guizhou (RCJD2018-14)

with oleic acid content and sesamin content. However, the oil content was significantly negatively correlated with linoleic acid content. Moreover, oleic acid content was positively correlated with the sesamin content, but negatively correlated with linoleic acid content. The linoleic acid content was negatively correlated with the sesamin content. By Principal component analysis (PCA), three principal components including oleic acid factor, oil content factor and sesamin factor explained 96.59% of the phenotypic variation. The cluster analysis roughly revealed six groups (Euclidean distance $D=9.75$), which include 2, 12, 5, 16 and 31 accessions shared in Group I, II, III, IV, V and VI, respectively. The accessions resided in group VI contained the highest oleic acid and oil content as well as moderate sesamin content. Taken together, this study unlocked the quality-related characteristics of Guizhou sesame accessions, which could provide a theoretical basis and good references for utilization and innovation of sesame germplasms.

Key words: sesame; germplasm resources; quality traits; comprehensive evaluation; clustering analysis

芝麻 (*Sesamum indicum* L.) 隶属于胡麻科胡麻属, 属一年生油料作物, 其籽粒中的含油量可达 50% 以上。芝麻油中油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸含量占脂肪酸组成的 85% 以上^[1], 且富含芝麻素、芝麻林素等活性物质, 是一种品质好、营养价值高的优良食用油^[2]。我国芝麻种植历史悠久, 是传统的芝麻主产国之一。贵州省内多地均有种植芝麻的习惯, 且以种植地方品种和农民自留种为主。贵州独特的自然环境和长期的人为选择形成了具有地域适应性的芝麻种质资源, 一些资源表现出了优异的品质性状和抗性性状, 并具有遗传类型丰富、性状差异水平大等特点^[3]。

品质性状的分析与评价是作物种质资源研究的重要组成部分, 也是优异种质资源挖掘和利用的基础^[4]。近年来, 对品质性状的研究被广泛应用于粮油作物、经济作物、蔬菜、水果、中药材以及饲用植物等领域^[5-11], 相关研究结果为种质资源的综合评价与利用提供了科学依据。油料作物是以榨取油脂为主要目的的农作物, 因此研究人员在研究油料作物品质性状时, 更关注于含油量、脂肪酸组成、活性成分含量等方面^[12-13]。随着对油料作物研究的不断深入, 油菜、大豆、花生、紫苏、胡麻、向日葵等作物的品质性状相继被研究和报道^[14-19], 而针对芝麻种质资源品质性状的研究报道则相对较少。刘盼等^[20]在不同环境中种植了 700 份国内外芝麻资源, 利用芝麻近红外测定分析模型对籽粒进行了品质测试分析, 结果显示不同环境中芝麻籽粒含油量与蛋白质含量之间均呈极显著负相关, 且含油量由北向南逐渐降低。李亚会^[21]对黑芝麻和白芝麻的品质性状进行了研究, 结果显示白芝麻中粗脂肪、油酸和芝麻素的含量均高于黑芝麻。吴坤等^[2]对包含 224 个

株系的芝麻重组自交系的品质性状进行了测试分析, 相关性分析显示籽粒含油量与芝麻素含量呈显著正相关。

本研究利用近红外分析仪对 73 份贵州芝麻种质资源进行检测, 对籽粒中的含油量、芝麻素含量、芝麻林素含量、木质素含量以及脂肪酸组成等品质性状进行了分析并初步聚类, 以期对贵州芝麻资源的初步鉴定与评价提供理论依据, 为芝麻种质资源的创新和利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验的 73 份供试材料均来自贵州省农业科学院油料研究所保存的贵州芝麻种质资源, 主要是来自毕节市、遵义市、黔西南州、黔东南州、黔南州、安顺市、兴义市等地区的农民自留种。供试材料信息见表 1。

1.2 试验方法

所有资源材料于 2016-2018 年在贵州省贵阳市省农科院油料研究所试验基地中进行种植, 试验按照资源编号顺序播种, 不设重复, 按厢宽 3 m, 行距 40 cm, 穴距 25 cm 进行种植, 每个材料种植 2~3 行。播种前每 667m² 施用复合肥 20 kg 作为底肥, 苗期进行定苗、除草并每 667m² 追施尿素 8 kg, 后期采用常规大田管理。成熟后收获籽粒, 利用 NIRS DS 2500 近红外光谱分析仪 (FOSS, 瑞典) 及其芝麻品质分析模型, 测定芝麻籽粒中的含油量、棕榈酸含量、硬脂酸含量、油酸含量、亚油酸含量、芝麻素含量、芝麻林素含量、木质素含量等品质性状指标。本研究中所用数据为近红外光谱分析仪所测各年数据平均值^[22]。

表 1 73 份种质资源信息
Table 1 Details of 73 sesame germplasm resources

编号 Serial number	来源地 Origin	种皮颜色 Seed coat color	编号 Serial number	来源地 Origin	种皮颜色 Seed coat color
Z001	毕节市金沙县	灰白色	Z038	不详	栗色混白色
Z002	毕节市金沙县	白色	Z039	不详	栗白色
Z003	毕节市金沙县	白色	Z040	不详	白色
Z004	遵义市播州区	灰白色	Z041	不详	黑色
Z005	黔西南州望谟县	栗白色	Z042	不详	白色
Z006	黔西南州望谟县	栗白色	Z043	不详	栗色
Z007	毕节市金沙县	白色	Z044	不详	白色
Z008	毕节市金沙县	黑色	Z045	不详	棕黑色混白色
Z009	黔西南州望谟县	白色	Z046	不详	白色
Z010	遵义市播州区	白色	Z047	不详	栗色
Z011	黔南州惠水县	栗白色	Z048	不详	白色
Z012	黔南州荔波县	黑色混白色	Z049	不详	栗白色
Z013	毕节市金沙县	栗白色	Z050	不详	白色
Z014	毕节市金沙县	栗白色	Z051	不详	栗白色
Z015	毕节市金沙县	白色	Z052	不详	白色
Z016	遵义市务川县	白色	Z053	不详	栗白色
Z017	毕节市金沙县	白色	Z054	不详	白色混栗色
Z018	不详	栗色	Z055	不详	白色
Z019	不详	白色	Z056	不详	白色
Z020	不详	黑色	Z057	不详	黑色
Z021	不详	白色	Z058	不详	白色
Z022	不详	白色	Z059	遵义市务川县	栗白色
Z023	不详	深栗色混白色	Z060	遵义市余庆县	栗白色
Z024	不详	白色	Z061	黔西南州兴义市	黑色
Z025	遵义播州区	栗白色	Z062	黔东南州丹寨县	黑色
Z026	遵义市道真县	白色	Z063	黔东南州丹寨县	栗色
Z027	遵义市道真县	栗白色	Z064	黔南州三都县	黑色
Z028	安顺市紫云县	黑色	Z065	黔南州三都县	栗白色
Z029	黔西南州安龙县	栗白色	Z066	黔南州独山县	黑色
Z030	黔南州长顺县	栗白色	Z067	黔南州独山县	黑色
Z031	不详	白色	Z068	黔南州独山县	白色
Z032	不详	栗白色	Z069	黔南州独山县	白色
Z033	不详	栗色	Z070	黔南州瓮安县	白色
Z034	不详	白色	Z071	黔南州荔波县	黑色
Z035	不详	栗色混白色	Z072	黔南州荔波县	黑色
Z036	安顺市紫云县	栗色混白色	Z073	黔西南州兴仁市	黑色
Z037	不详	白色			

1.3 数据统计与分析

利用 Excel 2003 软件整理数据并进行变异分析,利用 DPS V18.10 软件进行相关性分析、主成分分析及聚类分析。

2 结果与分析

2.1 品质性状的变异分析

品质性状的分析结果如表 2 所示,73 份贵州

芝麻种质资源籽粒含油量在 41.45%~52.12% 之间,平均含油量为 49.69%,变异系数为 3.69%,变幅为 10.67%。芝麻籽粒中脂肪酸组成以油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸为主,平均含量分别为 35.65% 和 50.66%,变异系数为 5.41% 和 4.18%;棕榈酸、硬脂酸等饱和脂肪酸含量则较低,平均含量为 8.40% 和 4.79%,变异系数为 6.81% 和 11.02%。芝麻素、芝麻林素和木质素的平均含量为 5.03 mg/g、

2.63 mg/g 和 4.79 mg/g, 变异系数为 32.62%、22.30% 和 5.91%。

分析结果显示贵州芝麻种质资源的 8 个品质性状在不同材料间表现出的变异程度不同, 变异系数在 3.69%~32.62% 之间, 变异系数由高至低依次为

芝麻素含量、芝麻林素含量、硬脂酸含量、棕榈酸含量、木质素含量、油酸含量、亚油酸含量、含油量, 其中芝麻素、芝麻林素及硬脂酸的含量变异系数均大于 10%, 表明这 3 个品质性状在贵州芝麻资源样本间存在较大差异^[23]。

表 2 芝麻种质资源品质性状变异情况

Table 2 Variations of quality-related traits of sesame germplasm resources

性状 Traits	极大值 Max.	极小值 Min.	均值 Mean	极差 Range	标准差 SD	变异系数 (%) CV
含油量 Fat	52.12	41.45	49.69	10.67	1.83	3.69
棕榈酸 C160	9.63	6.94	8.40	2.69	0.57	6.81
硬脂酸 C180	5.09	3.16	4.79	1.93	0.53	11.02
油酸 C181	38.54	28.95	35.65	9.59	1.93	5.41
亚油酸 C182	58.60	47.60	50.66	11.00	2.12	4.18
芝麻素 Sesamin	6.92	0.43	5.03	6.50	1.64	32.62
芝麻林素 Sesamolin	4.40	0.67	2.63	3.73	0.59	22.30
木质素 Lignin	5.58	4.08	4.79	1.50	0.28	5.91

2.2 品质性状间的相关性分析

8 个品质性状的相关性分析结果(表 3)显示: 含油量与硬脂酸含量、油酸含量、芝麻素含量、芝麻林素含量呈极显著正相关, 与棕榈酸含量、亚油酸含量和木质素含量呈极显著负相关; 棕榈酸含量与亚油酸含量呈极显著正相关, 与硬脂酸含量、油酸含量、芝麻素含量、芝麻林素含量呈极显著负相关; 硬脂酸含量与油酸含量、芝麻素含量呈极显著正相关, 与亚油酸含量呈极显著负相关; 油酸含量与芝麻素

含量呈极显著正相关, 与亚油酸含量呈极显著负相关, 与芝麻林素含量呈显著正相关; 亚油酸含量与芝麻素、芝麻林素含量呈极显著负相关; 芝麻素含量与芝麻林素含量呈极显著正相关。从相关性分析结果可以看出: 贵州芝麻资源 8 个品质性状间相关性大、关联程度较高, 表明各性状间相互影响较大, 因此在品种选育过程中选择亲本时需要考虑品质性状综合指标^[24]。

表 3 芝麻种质资源 8 个品质性状间的相关系数

Table 3 Correlation coefficient among eight quality-related traits of sesame germplasm resources

性状 Traits	含油量 Fat	棕榈酸 C160	硬脂酸 C180	油酸 C181	亚油酸 C182	芝麻素 Sesamin	芝麻林素 Sesamolin
棕榈酸 C160	-0.4267**						
硬脂酸 C180	0.7846**	-0.5259**					
油酸 C181	0.6998**	-0.7471**	0.6910**				
亚油酸 C182	-0.8125**	0.6476**	-0.7778**	-0.9686**			
芝麻素 Sesamin	0.8054**	-0.6095**	0.8998**	0.7043**	-0.7771**		
芝麻林素 Sesamolin	0.3282**	-0.5216**	0.1471	0.3691*	-0.3424**	0.4932**	
木质素 Lignin	-0.3840**	-0.1139	-0.1107	-0.1851	0.2154	-0.1337	-0.019

* 表示在 0.05 水平上显著相关, ** 表示在 0.01 水平上显著相关

*: Significantly correlated at the 0.05 level, **: Significantly correlated at the 0.01 level

2.3 品质性状的主成分分析

主成分分析结果(表 4)显示, 贵州芝麻种质资源的 8 个品质性状可综合为 3 个主成分, 累计贡献率为 96.58%, 说明已包含了品质性状的绝大部分信

息。其中, 第 1 主成分特征值为 12.6534, 贡献率为 82.77%, 该主成分中油酸含量的特征值最大, 其次是含油量和芝麻素含量, 向量关系显示: 随着油酸含量增加, 棕榈酸、亚油酸、木质素含量降低。因此

将第 1 主成分称为油酸因子。第 2 主成分特征值为 1.4053, 贡献率为 9.19%, 该主成分中含油量的特征值最大, 其次是芝麻素含量和亚油酸含量, 向量关系显示: 随着含油量的增加, 油酸、木质素含量降低。因此将第 2 主成分称为含油量因子。第 3 主成分特征值为 0.7068, 贡献率为 4.62%, 该主成分中芝麻素含量的特征值最大, 其次是芝麻林素和亚油酸含量, 向量关系显示: 随着芝麻素含量的增加, 含油量、棕榈酸含量降低。因此将第 3 主成分称为芝麻素因子。

表 4 品质性状的主成分分析
Table 4 Principal component analysis of eight quality-related traits

性状 Traits	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 3 Factor 3
含油量 Fat	0.4558	0.5827	-0.5581
棕榈酸 C160	-0.1088	0.1301	-0.2882
硬脂酸 C180	0.1249	0.1204	0.0907
油酸 C181	0.5077	-0.5557	0.0372
亚油酸 C182	-0.5832	0.3058	0.1612
芝麻素 Sesamin	0.4024	0.4721	0.6638
芝麻林素 Sesamol	0.0680	0.0476	0.3298
木质素 Lignin	-0.0193	-0.0409	0.1431
特征值 Characteristics value	12.6534	1.4053	0.7068
贡献率(%) Contributions rate	82.77	9.19	4.62
累计贡献率(%) Accumulative contributions rate	82.77	91.96	96.58

2.4 贵州芝麻种质资源聚类分析

将 8 个品质性状测试结果进行标准化转换后, 采用欧氏距离离差平方和法^[25]对 73 份贵州芝麻资源进行系统聚类, 分析结果如图 1 所示。结果显示, 在欧氏距离 9.75 处可将 73 份贵州芝麻资源聚为 6 大类群。其中, 第 I 类群包含 2 份资源, 该类群的特点是棕榈酸、亚油酸、木质素含量最高, 含油量和硬脂酸、油酸、芝麻素、芝麻林素含量最低; 第 II 类群包含 7 份资源, 其特点是棕榈酸、亚油酸含量较高, 含油量和硬脂酸、油酸、芝麻素含量较低; 第 III 类群包含 12 份资源, 其特点是含油量最高, 木质素含量较低, 其他品质性状表现居中; 第 IV 类群包含 5 份资源, 其特点是芝麻素和芝麻林素含量较低, 其他品质性状表现居中; 第 V 类群包含 16 份资源, 其特点是硬脂酸、芝麻素、芝麻林素含量最高, 其他品质性状表现居中; 第 VI 类群包含 31 份资源, 其特点是油酸含量最高, 棕榈酸和亚油酸含量最低, 含油量仅次于第 III 类群, 芝麻素含量仅次于第 V 类群。根据营养学研究报告, 优质食用油应具有油酸含量高、饱和脂肪酸含量低的特点^[26], 因此认为第 VI 类群是具有优良品质性状的种质资源。

2.5 贵州芝麻种质资源品质性状综合评价

以 $X_1 \sim X_8$ 分别代表标准化的 8 个品质性状数

值, 带入 3 个主成分中, 获得 3 个主成分因子得分公式如下^[27-29]:

$$F_1=0.46X_1-0.11X_2+0.12X_3+0.51X_4-0.58X_5+0.40X_6+0.07X_7-0.02X_8$$

$$F_2=0.58X_1+0.13X_2+0.12X_3-0.56X_4+0.31X_5+0.47X_6+0.05X_7-0.04X_8$$

$$F_3=-0.56X_1-0.29X_2+0.09X_3+0.04X_4+0.16X_5+0.66X_6+0.33X_7+0.14X_8$$

根据 3 个主成分因子 F_1 、 F_2 及 F_3 的贡献率权重 (85.70%、9.52%、4.78%), 得出品质性状综合得分公式如下^[27-29]:

$$F=0.857F_1+0.0952F_2+0.0478F_3$$

根据上述公式计算出综合得分 (F), 对 73 份贵州芝麻种质资源的品质性状进行综合评价, F 值越大表示品质性状综合表现越好, 其中排名前 10 的资源如表 5 所示。本试验中综合评分均值为 0.85, 其中排名前 5 位的种质资源依次为 Z018、Z030、Z046、Z053、Z019。上述 5 份资源在聚类分析中均被聚为第 VI 类群, 其含油量均高于 50%, 亚油酸含量均高于 48%, 油酸含量均高于 37%, 是贵州芝麻中品质性状综合表现较好的地方种质资源。

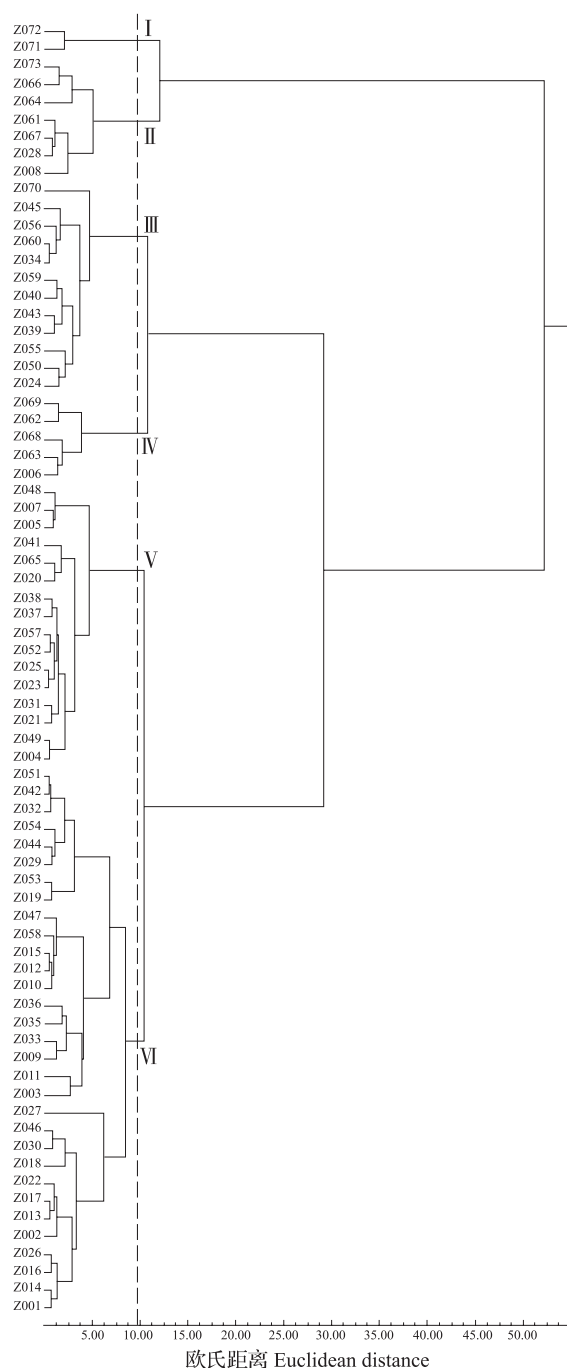


图1 贵州芝麻种质资源品质性状聚类分析图
Fig.1 Cluster analysis of quality traits in sesame germplasm resources in Guizhou

3 讨论

芝麻作为一种特色油料作物,含油量、脂肪酸组成及活性成分的含量是影响其籽粒品质的主要性状指标。本研究利用近红外分析仪对 73 份贵州芝麻种质资源的含油量、棕榈酸含量、硬脂酸含量、油酸含量、亚油酸含量、芝麻素含量、芝麻林素含量、木质素含量等 8 个品质性状进行测定,并利用软件进行

表 5 芝麻资源品质性状综合评价

Table 5 The ranking of sesame accessions by calculating quality-related traits

编号 Material code	主成分因子分值 Principal component value			综合得分 F	排名 Ranking
	F ₁	F ₂	F ₃		
Z018	1.42	0.56	0.65	1.30	1
Z030	1.36	0.59	0.51	1.25	2
Z046	1.37	0.60	0.38	1.25	3
Z053	1.34	0.67	0.18	1.22	4
Z019	1.30	0.74	0.31	1.20	5
Z022	1.27	0.64	0.53	1.18	6
Z026	1.27	0.62	0.38	1.17	7
Z047	1.27	0.48	0.27	1.15	8
Z058	1.25	0.62	0.27	1.15	9
Z013	1.23	0.65	0.51	1.14	10

了初步分析。结果表明,贵州芝麻种质资源平均含油量约为 50%,不饱和脂肪酸含量占 85% 以上,其中亚油酸含量最高,其次是油酸。亚油酸具有软化血管、预防高血压和心肌梗塞等保健功效,是人体不可缺少的营养物质^[30],贵州芝麻资源中亚油酸含量较高,具有一定的开发利用价值。

我国现已审定的芝麻品种有 140 余个,目前仍以利用地方品种资源为主^[31],因此了解并积极引入亲缘关系较远的地方种质,进一步拓宽亲本遗传基础,是芝麻育种能否取得新突破的关键^[32]。本研究对芝麻资源的 8 个品质性状进行了分析,相关性分析显示各性状间相互影响较大,基于主成分分析筛选出了 5 份品质性状综合评分较高的地方种质资源,具有含油量高、高油酸、高亚油酸等优异品质^[33],可作为提供优良品质性状的育种材料利用。

本研究对 73 份贵州芝麻种质资源的 8 个品质性状进行了测试,通过变异分析、相关性分析、主成分分析及聚类分析进行综合评价,以期为芝麻种质资源的利用和创新提供依据,为芝麻品种选育和遗传改良提供参考。

参考文献

- [1] 梅鸿猷,魏安池,刘艳阳,王春弘,杜振伟,郑永战. 芝麻种质资源芝麻素、蛋白质、脂肪含量变异及其相关分析. 中国油脂, 2013, 38(4): 87-90
Mei H X, Wei A C, Liu Y Y, Wang C H, Du Z W, Zhen Y Z. Variation and correlation analysis of sesamin, oil and protein contents in sesame germplasm resources. China Oils and Fats, 2013, 38(4): 87-90

- [2] 吴坤, 吴文雄, 杨敏敏, 刘红艳, 郝国存, 赵应忠. 白芝麻籽粒油脂、蛋白质及芝麻素含量 QTL 定位分析. 作物学报, 2017, 43(7): 1003-1011
Wu K, Wu W X, Yang M M, Liu H Y, Hao G C, Zhao Y Z. QTL mapping for oil, protein and sesamin contents in seeds of white sesame. Acta Agronomica Sinica, 2017, 43(7): 1003-1011
- [3] 魏忠芬, 杨胜先, 李振动, 李慧琳, 奉斌, 林涛. 贵州芝麻种质资源主要表型性状的遗传多样性. 贵州农业科学, 2016, 44(11): 1-6
Wei Z F, Yang S X, Li Z D, Li H L, Feng B, Lin T. Genetic diversity of main phenotypic characters of *Sesamum indicum* germplasm resources in Guizhou. Guizhou Agricultural Sciences, 2016, 44(11): 1-6
- [4] 刘浩, 周闲容, 于晓娜, 杨修仕, 刘三才, 么杨, 任贵兴. 作物种质资源品质性状鉴定评价现状与展望. 植物遗传资源学报, 2014, 15(1): 215-221
Liu H, Zhou X R, Yu X N, Yang X S, Liu S C, Yao Y, Ren G X. Current situation and prospect of identification and evaluation of quality traits in crop germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(1): 215-221
- [5] 许泳清, 李华伟, 纪荣昌, 李国良, 邱思鑫, 刘中华, 张鸿, 林赵森, 邱永祥, 汤浩, 罗文彬. 18 份彩色马铃薯种质性状鉴定及营养品质评价. 福建农业学报, 2016, 31(8): 797-802
Xu Y Q, Li H W, Ji R C, Li G L, Qiu S X, Liu Z H, Zhang H, Lin Z M, Qiu Y X, Tang H, Luo W B. The evaluation of agronomic characteristics and nutritional quality in 18 color potato resources. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2016, 31(8): 797-802
- [6] 史艳艳, 米国全, 王裔娜, 韩娅楠, 程志芳, 韩永平, 王晋华. 小果型番茄种质重要品质性状的筛选与评价. 中国瓜菜, 2018, 31(4): 10-15
Shi Y Y, Mi G Q, Wang Y N, Han Y N, Cheng Z F, Han Y P, Wang J H. Screening and evaluation on important quality traits of small fruit type tomato germplasm resources. China Cucurbits and Vegetables, 2018, 31(4): 10-15
- [7] 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
- [8] 张士龙, 黄益勤, 贺正华, 万正煌, 李莉, 焦春海. 非洲玉米种质资源主要品质性状分析与评价. 湖北农业科学, 2016, 55(16): 4093-4095, 4099
Zhang S L, Huang Y Q, He Z H, Wang Z H, Li L, Jiao C H. Identification and evaluation on main quality traits of maize germplasm derived from Africa. Hubei Agricultural Sciences, 2016, 55(16): 4093-4095, 4099
- [9] 吴欣明, 郭璞, 池惠武, 方志红, 石永红, 王运琦, 刘建宁, 王赞, 王学敏. 国外紫花苜蓿种质资源表型性状与品质多样性分析. 植物遗传资源学报, 2018, 19(1): 103-111
Wu X M, Guo P, Chi H W, Fang Z H, Shi Y H, Wang Y Q, Liu J N, Wang Z, Wang X M. Diversity analysis of phenotypic traits and quality characteristics of alfalfa (*Medicago sativa*) introduced from abroad germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(1): 103-111
- [10] 王纶, 王星玉, 王海岗, 陈凌, 王君杰, 曹晓宁, 刘思辰, 康国帅. 山西重要黍稷种质资源品质性状的初步鉴定与评价. 植物遗传资源学报, 2017, 18(1): 61-69
Wang L, Wang X Y, Wang H G, Chen L, Wang J J, Cao X N, Liu S C, Kang G S. Preliminary appraisal of important proso mille germplasm resources quality traits in Shanxi province. Journal of Plant Genetic Resources, 2017, 18(1): 61-69
- [11] 白世践, 李超, 蔡军社, 赵荣华, 陈光. 吐鲁番地区新征集葡萄资源果实主要品质性状的因子分析和聚类分析. 西北农业学报, 2016, 25(7): 1006-1016
Bai S J, Li C, Cai J S, Zhao R H, Chen G. Factor and cluster analysis on main quality characters of new-collective germplasm of grape in Turpan region. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2016, 25(7): 1006-1016
- [12] 段乃雄, 姜慧芳. 油料作物种质资源的研究现状与发展对策. 中国农业科技导报, 2002(3): 14-17
Duan N X, Jiang H F. Research status and development strategy for oil crop germ plasm resource. Journal of Agricultural Science and Technology, 2002(3): 14-17
- [13] 马天进, 陈锋, 李正强, 曹绍书, 阮仁超. 贵州油料种质资源利用与保护现状分析. 种子, 2018, 37(12): 61-65
Ma T J, Chen F, Li Z Q, Cao S S, Ruan R C. Analysis on utilization and protection present situation of oil germplasm resources in Guizhou province. Seed, 2018, 37(12): 61-65
- [14] 欧巧明, 崔文娟, 叶春雷, 李进京, 陈军, 李忠旺, 王伟, 罗俊杰. 油用紫苏种质主要农艺性状及品质特征鉴定与评价. 核农学报, 2018, 32(9): 1721-1739
Ou Q M, Cui W J, Ye C L, Li J J, Chen J, Li Z W, Wang W, Luo J J. Identification and evaluation of agronomic and quality traits of oil *Perilla frutescens* germplasms. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2018, 32(9): 1721-1739
- [15] 邵洁. 18 个胡麻品种农艺性状和品质性状评价. 甘肃农业科技, 2018(7): 30-32
Shao J. Evaluation of agronomic traits and quality traits in eighteen flax cultivars. Gansu Agricultural Science and Technology, 2018(7): 30-32
- [16] 赵雪, 韩英鹏, 李海燕, 滕卫丽, 李文滨. 大豆主要品质性状资源评价及分子标记分析. 东北农业大学学报, 2014, 45(5): 1-7
Zhao X, Han Y P, Li H Y, Teng W L, Li W B. Evaluation and molecular marker analysis of soybean germplasm in main quality traits. Journal of Northeast Agricultural University, 2014, 45(5): 1-7
- [17] 范小玉, 贺群领, 陈雷, 吴继华, 李可, 刘卫星, 张枫叶. 河南省夏播花生主要品质性状及农艺性状的综合评价. 山东农业科学, 2019, 51(5): 24-28
Fan X Y, He Q L, Chen L, Wu J H, Li K, Liu W X, Zhang F Y. Comprehensive evaluation of main quality and agronomic traits of summer peanut in Henan province. Shandong Agricultural Sciences, 2019, 51(5): 24-28
- [18] 包海柱, 高聚林, 马庆, 胡树平. 油用向日葵籽实品质性状的遗传研究. 中国粮油学报, 2013, 28(7): 50-55, 59
Bao H Z, Gao J L, Ma Q, Hu S P. Genetic study of quality traits in oil sunflower seed. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(7): 50-55, 59
- [19] 次仁白珍, 唐琳, 袁玉婷, 王晋雄, 尼玛次仁, 赵彩霞, 李施蒙,

- 南志强. 西藏白菜型春油菜经济性状与品质性状相关性分析. 广东农业科学, 2019(5): 1-8
- Ci R B Z, Tang L, Yuan Y T, Wang J X, Ni M C R, Zhao C X, Li S M, Nan Z Q. Correlation analysis on economic traits and quality traits of spring rapeseed (*Brassica campestris* L.) in Tibet. Guangdong Agricultural Sciences, 2019(5): 1-8
- [20] 刘盼, 张艳欣, 黎冬华, 王林海, 高媛, 周璐, 张秀荣, 魏鑫. 基于近红外模型的芝麻核心种质油脂和蛋白质含量变异分析. 中国油料作物学报, 2016, 38(6): 722-729
- Liu P, Zhang Y X, Li D H, Wang L H, Gao Y, Zhou R, Zhang X R, Wei X. Oil and protein contents analysis of sesame core collections based on near infrared reflectance spectroscopy model. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2016, 38(6): 722-729
- [21] 李亚会. 白芝麻与黑芝麻功能品质差异的研究. 郑州: 河南工业大学, 2018
- Li Y H. Study on the difference of function and quality between white sesame and black sesame. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2018
- [22] 代希茜, 赵银月, 詹和明, 单丹丹, 张亮, 王铁军. 云南省夏大豆种质资源表型鉴定和综合评价模型构建. 植物遗传资源学报, 2018, 19(5): 830-845
- Dai X X, Zhao Y Y, Zhan H M, Shan D D, Zhang L, Wang T J. Phenotypic screening of summer sowing soybean germplasm resources in Yunnan province and constructing a comprehensive evaluation model. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(5): 830-845
- [23] 孙铭, 符开欣, 范彦, 张新全, 张成林, 郭志慧, 汪霞, 马啸. 15份多花黑麦草优良引进种质的表型变异分析. 植物遗传资源学报, 2016, 17(4): 655-662
- Sun M, Fu K X, Fan Y, Zhang X Q, Zhang C L, Guo Z H, Wang X, Ma X. Analysis of phenotypic variations in 15 introduced elite germplasm of *Lolium multiflorum* Lam. Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(4): 655-662
- [24] 崔翠, 孙建蓉, 赵愉风, 郜欢欢, 程闯, 王瑞莉, 王刘艳, 周清元. 豌豆嫩尖几个营养品质性状的遗传多样性分析及其综合评价. 植物遗传资源学报, 2019, 20(4): 932-948
- Cui C, Sun J R, Zhao Y F, Gao H H, Cheng C, Wang R L, Wang L Y, Zhou Q Y. Genetic diversity analysis and comprehensive evaluation of several nutritional quality traits in pea sprouts. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 20(4): 932-948
- [25] 王斌, 赵利, 王利民, 张建平, 谢亚萍, 赵玮. 胡麻种质资源主要品质性状的分析与评价. 中国油料作物学报, 2018, 40(6): 785-792
- Wang B, Zhao L, Wang L M, Zhang J P, Xie Y P, Zhao W. Main quality traits analysis and evaluation of oil flax germplasms. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2018, 40(6): 785-792
- [26] 廖伯寿, 殷艳, 马霓. 中国油料作物产业发展回顾与展望. 农学学报, 2018, 8(1): 107-112
- Liao B S, Yin Y, Ma N. Review and future prospects of oil crops industry development in China. Journal of Agriculture, 2018, 8(1): 107-112
- [27] 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 in peanut germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(5): 865-874
- [28] 胡福初, 陈哲, 赵杰堂, 冯学杰, 吴凤芝, 范鸿雁, 王祥和, 胡桂兵. 荔枝种质资源矮化相关形态指标的鉴定及综合评价. 植物遗传资源学报. DOI: 10.13430/j.cnki.jpgr.20190918002
- Hu F C, Chen Z, Zhao J T, Feng X J, Wu F Z, Fan H Y, Wang X H, Hu G B. Identification and comprehensive evaluation of dwarfing-related morphological indicators in litchi germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources. DOI: 10.13430/j.cnki.jpgr.20190918002
- [29] 王燕平, 宗春美, 孙晓环, 齐玉鑫, 白艳凤, 李文, 任海祥, 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
- Wang Y P, Zong C M, Sun X H, Qi Y X, Bai Y F, Li W, Ren H Y, Wang X M, Hou G Q, Xu D H, Zhang S, Shi H C. Phenotype analysis and comprehensive evaluation on northeast spring soybean resources in mudanjiang. Journal of Plant Genetic Resources, 2017, 18(5): 837-845
- [30] 李晨燕, 郁元年, 江倩茗, 邢月腾, 张彬. 营养调控猪肉亚油酸的措施. 动物营养, 2018(5): 15-18, 25
- Li C Y, Yu Y N, Jiang Q M, Xing Y T, Zhang B. Strategies for nutritional regulation of linoleic acid of pork. Animal Nutrition, 2018(5): 15-18, 25
- [31] 刘红艳, 周芳, 赵应忠. 中国芝麻育成品种的系谱分析. 中国油料作物学报, 2015, 37(3): 411-426
- Liu H Y, Zhou F, Zhao Y Z. Pedigree analysis of sesame cultivars released in China. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2015, 37(3): 411-426
- [32] 车卓, 张艳欣, 孙建, 张秀荣, 尚勋武, 王化俊. 芝麻核心收集品中育成品种(系)的遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2009, 10(3): 373-377
- Che Z, Zhang Y X, Sun J, Zhang X R, Shang X W, Wang H J. Analysis of genetic diversity for cultivars released of sesame core collection. Journal of Plant Genetic Resources, 2009, 10(3): 373-377
- [33] 吕建伟, 姜慧芳, 任小平, 黄家权, 雷永, 王圣玉, 廖伯寿. 国际半干旱热带地区作物研究所花生微核心种质含油量及脂肪酸分析与鉴定. 植物遗传资源学报, 2010, 11(5): 555-559
- Lv J W, Jiang H F, Ren X P, Huang J Q, Lei Y, Wang S Y, Liao B S. Oil and fatty acids variation in ICRISAT peanut mini core collection. Journal of Plant Genetic Resources, 2010, 11(5): 555-559