

DOI: 10.19462/j.cnki.zgzy.20240313006

高油酸花生育种骨干亲本开选 016 衍生材料的品质分析

芦振华 邓丽 郭敏杰 任丽
(开封市农林科学研究院,河南开封 475400)

摘要:为分析高油酸花生骨干亲本开选 016 衍生材料的主要品质性状及其与重要农艺性状间的关系,对 166 个开选 016 衍生品种(系)进行籽仁粗脂肪、蛋白质、油酸、亚油酸和棕榈酸含量测定,并对开选 016 衍生材料的 5 个品质性状与农艺性状的相关性进行了分析,采用主成分分析和聚类分析进行了材料分类。结果表明,166 份衍生材料粗脂肪、蛋白质、油酸、亚油酸和棕榈酸平均含量分别为 49.92%、24.50%、65.54%、13.91% 和 8.98%;衍生材料的蛋白质含量与粗脂肪含量呈极显著负相关,与油酸含量呈极显著正相关;粗脂肪含量与油酸含量呈显著负相关;油酸含量与亚油酸含量和棕榈酸含量呈极显著负相关;利用主成分分析法将衍生材料的 16 个性状简化为 4 个主成分因子,其累积贡献率高达 84%,其中第一主成分为百果重、百仁重、荚果长、荚果宽、籽仁长和籽仁宽因子,第二主成分为油酸、亚油酸和棕榈酸因子,第三主成分为粗脂肪含量和蛋白质含量因子,第四主成分为饱果率和出米率因子;系统聚类分析法将 166 份衍生材料聚为 3 大类群,为开选 016 衍生材料在育种上的应用提供了参考依据。

关键词:花生;开选 016;骨干亲本;衍生材料;品质;主成分分析;聚类分析

Quality Analysis of Derived Materials from High Oleic Acid Breeding Backbone Parent Kaixuan 016

LU Zhenhua, DENG Li, GUO Minjie, REN Li

(Kaifeng Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Kaifeng 475400, Henan)

花生是我国主要的经济作物和油料作物,含有丰富的油脂和蛋白质^[1]。河南省是中国最大的花生产区,依据国家统计局数据,2022 年河南省花生种植面积 128.7 万 hm^2 ,占全国花生总面积的 27.5%;2022 年河南省花生总产量 615.4 万 t,占全国花生总产量的 33.6%^[2]。随着我国经济的发展和人民生活水平的提高,消费者的饮食需求向营养和健康转变,营养和健康品质导向的作物育种受到重视^[3]。高油酸花生因其油酸含量高、更有益于人类心脑血管健康的突出优势,满足了人们对健康食品的需求,因此高油酸花生育种成为了当前花生育种的主要方向^[4]。

基金项目:国家花生产业技术体系(CAR-13);河南省重大科技专项(221100110300);开封市重点研发专项(22ZDYF008)

优异种质的鉴定评价可以为作物品种改良、新品种选育、遗传规律等研究提供原材料^[5]。为了充分挖掘和利用现有种质资源,近年来国内外学者对不同类型或来源的育成品种和种质资源在花生脂肪、蛋白质、油酸及亚油酸等品质性状方面进行了大量分析研究。林立烽等^[6]通过分析 200 份南方花生种质材料发现,株型性状变异系数大,而品质性状变异幅度小。薛云云等^[7]对山西本土的 72 份花生材料进行分析发现,山西缺乏高油酸和高蛋白花生品种。谢畅等^[8]对不同粒型花生品种的品质形成规律进行研究发现,在荚果发育过程中籽仁粗脂肪含量与粗蛋白质含量之间呈负相关关系,可溶性糖与淀粉含量之间呈显著正相关,粗蛋白和粗脂肪含

量与可溶性糖、淀粉含量呈极显著负相关。郭敏杰等^[9]通过分析165个我国通过审定/登记的高油酸花生品种(截止到2020年底)的品质性状分布情况发现,依据主成分分析结果将材料分为高脂肪—低蛋白—高油酸品种、高脂肪—低蛋白—超高油酸品种、低脂肪—高蛋白—高油酸品种、低脂肪—高蛋白—超高油酸品种等4个品质类型。杜普旋等^[10]对收集到的110份广东地方花生种质资源进行品质分析发现,地方品种资源的品质相对较差,110份资源平均油酸含量为42.77%,平均粗脂肪含量为47.20%,需要不断改良。陈婷婷等^[11]对收集到的81份来源于不同地区的种质资源进行聚类分析发现,81份花生种质可分为高蛋白、高油酸、高油酸和高产、高脂肪酸和较低产等4类。房元瑾等^[12]研究了285个不同类型或来源的花生种质资源的营养品质性状,发现高油酸、高蛋白和低脂肪资源类型偏少。由于以往对花生品质方面分析的研究材料或数量有限或自不同地区收集而来,导致研究结果不完全一致。骨干亲本在花生育种中起到非常重要的作用,这也导致同一育种单位的系列品种遗传基础狭窄^[13],但有关分析骨干亲本材料选育的花生品种(系)等衍生材料间品质的关系却鲜见报道。

开封市农林科学研究院育成的高油酸花生亲本材料开选016^[13],被国内多家科研机构利用,已经成为国内高油酸花生育种中的骨干亲本^[14]。为丰富花生高产优质育种理论,提高优质花生新品种育种技术和效率,开展对高油酸骨干亲本开选016衍生的166份高油酸、高产品种(系)材料的品质性状分析,旨在探索骨干亲本开选016衍生材料的品质变化过程,加快优质花生新品种的培育进程,为今后高效选育高产优质花生新品种提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料 本试验所选用的166份花生开选016衍生材料是从开封市农林科学研究院花生种质资源中挑选出来的,所选取试验材料均是以开选016为父母本或以开选016衍生品种为父母本选育而成(表1)。

1.2 试验设计 试验于2020年在河南省开封市农林科学研究院花生试验田进行。试验地为沙质壤土,肥力中等偏上。5月21日播种,起垄种植,每个材料种植2垄4行,垄长5m,单粒播种,株距20cm,垄宽

40cm,垄距80cm,随机区组排列,3次重复。试验材料按成熟情况分别收获。田间管理同一般花生高产田。

1.3 测定项目及方法 收获晾晒入库后平衡10d,对每份材料测量单株生产力、百果重、500g果数、饱果率、出米率、500g仁数、百仁重、荚果长、荚果宽、籽仁长和籽仁宽等11个农艺性状,记录测量方法均参照《花生种质资源描述规范和数据标准》^[15]。同时,每份材料选用具有代表性、完整无破损的干燥种子,使用瑞典波通公司的近红外成分测定仪DA7250检测花生籽粒蛋白质、粗脂肪、油酸、亚油酸和棕榈酸含量,每个样品检测2次后取平均值。

1.4 数据分析 用Microsoft Excel 2010对主要性状数据进行描述性统计,用R语言程序包对测量的性状数据进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 衍生材料主要品质性状和农艺性状的变异分析 由表2可知,166份开选016衍生材料平均粗脂肪含量为49.92%,变幅为44.85%~54.44%,最高的品种(系)为0729-0-9-1-0,最低的品种(系)为开农79;平均蛋白质含量为24.50%,变幅为21.15%~27.68%,最高的品种(系)为0974-1,最低的品种(系)为0729-0-9-1-0;平均油酸含量为65.54%,变幅为38.83%~86.74%,最高的品种(系)为0317-6-1-0,最低的品种(系)为1323-0-7-4-0;平均亚油酸含量为13.91%,变幅为0.06%~34.65%,最高的品种(系)为1323-0-7-4-0,最低的品种(系)为1483-0G-42G-1-OA;平均棕榈酸含量为8.98%,变幅为6.09%~13.00%,最高的品种(系)为1323-0-7-4-0,最低的品种(系)为0317-26。在衍生材料品质性状中,粗脂肪和蛋白质含量的变异系数较小,分别为2.63%和4.17%;油酸、亚油酸和棕榈酸含量的变异系数较大,分别为20.55%、75.89%和22.31%。选用开选016作为亲本材料主要是为了选育高油酸花生品种,本试验开选016衍生品种中,油酸含量 $\geq 75\%$ 的材料有66份,占到衍生品种材料的40%,说明骨干亲本开选016的油酸含量遗传力较强。

166份衍生材料农艺性状表现为平均单株生产力为45.96g,变幅为33.50~60.27g,最高的品种(系)为N917,最低的品种(系)为0317-0-224-8N-3-0;平均百果重为195.50g,变幅为116.33~332.00g,最高的品种(系)为1227-2,最低的品种(系)

表 1 166 份开选 016 衍生材料

编号	品种(系)	编号	品种(系)	编号	品种(系)	编号	品种(系)	编号	品种(系)	编号	品种(系)
1	开衣 30	29	1474-0G-6G-3-0	57	1525-0B-2N-0	85	0934-4	113	1334-0-7-4-0	141	1436-0G-2G-9-0
2	0317-7	30	开衣 96	58	开衣 99	86	0317-56A	114	1425-0-3-0B	142	H19
3	0970-2	31	0317-17A	59	1436-0-14-0	87	0317-6-24-0-1	115	1525-0B-5N-0	143	Z0717
4	0972-0-2-2-0	32	1360-0-4-2-0	60	1444-0G-5G-2-0	88	1227-2	116	0979-1	144	开衣 1768
5	0317-0-224-7N-2-0	33	0317-6-1-0	61	0972-1	89	0317-67	117	1480-0G-9G-2-0	145	Z915
6	1225-4	34	0317-4	62	0729-0-9-1-0	90	0317-0-210-2-0-3-0	118	0976-0-3-0-2	146	Z13
7	1137-1	35	1326-0-6-1-0	63	0977-1	91	1365-0-4-1-0	119	开衣 79	147	N917
8	0317-12-0B	36	JN040-11-1	64	开衣 97	92	1227-1	120	0317-0-183-2N-1-0	148	开衣 176
9	1365-0-4-2-0	37	0317-17	65	1426-0-1-OA	93	0974-1	121	1557-0G-11-0	149	Z18-155
10	0317-16	38	1323-0-7-4-0	66	0974-0-69-3-1-1-0	94	0317-65	122	0970-4	150	开衣 H03-3
11	0317-0-224-8N-3-0	39	1255-1	67	1530G-OG-2-1N-0	95	0939-6	123	0317-13	151	Z572
12	1484-0G-3G-1-0	40	1556G-OG-16-5N-0	68	1530G-OG-1-1N-0	96	0317-2	124	1221-11	152	开衣 71
13	1443-0G-7G-7-0	41	1553G-OG-37-1N-0	69	开衣 302	97	0976-0-3-0	125	0937-1	153	开衣 311
14	0974-9	42	0317-0-148-3N-4-0	70	0317-26	98	1479-0G-11G-2-0	126	开衣 88	154	开衣 1715
15	0937-3	43	1553G-OG-(0)-4N-0	71	1356-0-4-3-0	99	1366-0-12-3-0	127	1365-0-4-4-0	155	Z16
16	1472-0-17-0	44	0317-69	72	1483-0G-42G-1-0B	100	1530G-OG-24-2N-0-OA	128	0317-18	156	开衣 310
17	0970-1	45	0317-28	73	1425-0-4-0	101	1431-0-27-0	129	1530G-1	157	ZH914
18	0934-2	46	1327-0-4-2-0	74	0317-0-184-1-0	102	1483-0G-44G-1-0	130	1323-0-7-6-0	158	ZF11
19	0317-49	47	0317-0-300-1-0	75	0974-13	103	开衣 98	131	1429-0-20-0	159	开衣 306
20	0317-9-OA	48	0925-1	76	1426-0-1-0B	104	1360-0-12-3-0	132	0317-46	160	开衣 1760
21	1483-0G-42G-1-OA	49	1440-0-1-0B	77	0317-5	105	1138-4	133	0317-0-292-3N-2-0B	161	0317-68
22	1360-0-12-4-OA	50	1530G-OG-1-3N-0	78	1553G-OG-79-1N-0	106	0317-0-265-8N-1-0	134	1423-0-3-0	162	SH18
23	1450-0G-6G-2-0	51	0317-59	79	0317-0-292-3N-1-OA	107	0317-25	135	1365-0-(0)-4-OA	163	ZH215
24	0317-12-OA	52	1333-0-(0)-4-0	80	1359-0-(0)-6-0	108	1436-0G-2G-5-1-0	136	0979-3	164	ZH21
25	1484-0G-1G-1-OC	53	1358-0-27-1-0	81	0317-0-224-2N-2-0	109	开衣 70	137	0840-4	165	ZH24
26	0938-0-9-0-oc	54	1321-0-(0)-1-0-0	82	开衣 65	110	1324-0-(0)-1-0	138	1226-0-67-2-1-0B	166	0972-2
27	0979-2	55	1444-OG-10G-1-0	83	1555-OG-13-1N-0	111	开 192	139	0371-0-256-8N-1-0		
28	0317-0-148-4N-2-0	56	1246-1	84	1530G-OG-12-4N-0	112	0974-10	140	开衣 100		

表2 166份衍生材料的品质性状和相关农艺性状

性状	平均值	最大值	最小值	标准差	变异系数(%)
蛋白质含量(%)	24.50	27.68	21.15	1.02	4.17
粗脂肪含量(%)	49.92	54.44	44.85	1.31	2.63
油酸含量(%)	65.54	86.74	38.83	13.47	20.55
亚油酸含量(%)	13.91	34.65	0.06	10.56	75.89
棕榈酸含量(%)	8.98	13.00	6.09	2.00	22.31
单株生产力(g)	45.96	60.27	33.50	5.27	11.46
百果重(g)	195.50	332.00	116.33	35.16	17.99
500g果数	357.81	557.00	204.00	60.65	16.95
饱果率(%)	81.67	93.47	45.64	8.45	10.35
出米率(%)	67.20	75.73	54.41	4.23	6.29
500g仁数	872.10	1228.67	497.33	133.82	30.69
百仁重(g)	74.85	123.00	50.67	12.11	16.17
荚果长(mm)	36.81	47.63	29.08	4.00	10.86
荚果宽(mm)	16.14	19.84	11.22	1.46	9.06
籽仁长(mm)	18.32	22.81	14.62	1.77	9.67
籽仁宽(mm)	9.52	12.18	7.57	0.61	6.40

为0317-13;平均500g果数为357.81个,变幅为204.00~557.00个,最高的品种(系)为0317-13,最低品种(系)为1227-2;平均饱果率为81.67%,变幅为45.64%~93.47%,最高的品种(系)为0729-0-9-1-0,最低品种(系)为1333-0-(0)-4-0;平均出米率为67.20%,变幅为54.41%~75.73%,最高的品种(系)为1440-0-1-0B,最低品种(系)为0937-1;平均500g仁数为872.10个,变幅为497.33~1228.67个,最高的品种(系)为0317-13,最低品种(系)为1227-2;平均百仁重为74.85g,变幅为50.67~123.00g,最高的品种(系)为1227-2,最低品种(系)为0317-13;平均荚果长为36.81mm,变幅为29.08~47.63mm,最高的品种(系)为0317-7,最低品种(系)为开农302;平均荚果宽为16.14mm,变幅为11.22~19.84mm,最高的品种(系)为1227-1,最低品种(系)为0317-13;平均籽仁长为18.32mm,变幅为14.62~22.81mm,最高的品种(系)为1227-2,最低品种(系)为开农302;平均籽仁宽为9.52mm,变幅为7.57~12.18mm,最高的品种(系)为1555-OG-13-1N-0,最低品种(系)为0317-13。在花生农艺性状中,500g仁数变异系数最大,为30.69%,单株生产力、百果重、500g果数、饱果率、百仁重和荚果长的变异系数在10.00%~20.00%之间,其他性状变异系

数均在10.00%以下,变异幅度较小。

2.2 衍生材料主要品质性状的频率分布 频率分布图可以直观地看出所选材料观测性状的分布情况,166份花生材料的品质性状的频率分布见图1。由图1可以看出,除蛋白质含量和粗脂肪含量2个性状分布符合正态分布,其余性状均偏离正态分布,且各性状的遗传变异范围广,表明166份材料具有丰富的遗传变异多样性。

2.3 衍生材料主要品质和农艺性状相关性分析

由表3可知,除粗脂肪含量和亚油酸含量间关系不显著外,蛋白质含量、粗脂肪含量、油酸含量、亚油酸含量和棕榈酸含量间均存在显著或极显著的相关性。其中,蛋白质含量与粗脂肪含量、棕榈酸含量呈极显著负相关,与亚油酸含量呈显著负相关,与油酸含量呈极显著正相关;粗脂肪含量与油酸含量呈显著负相关,与棕榈酸含量呈极显著正相关;油酸含量与亚油酸含量、棕榈酸含量呈极显著负相关;亚油酸含量与棕榈酸含量呈极显著正相关。试验结果与前人研究^[11]基本一致。

花生品质性状表现会受到农艺性状的影响,将166份衍生材料的品质性状与农艺性状进行相关性分析,结果见表4。饱果率与蛋白质含量、粗脂肪含量、油酸含量呈正相关或极显著正相关,与亚油酸含

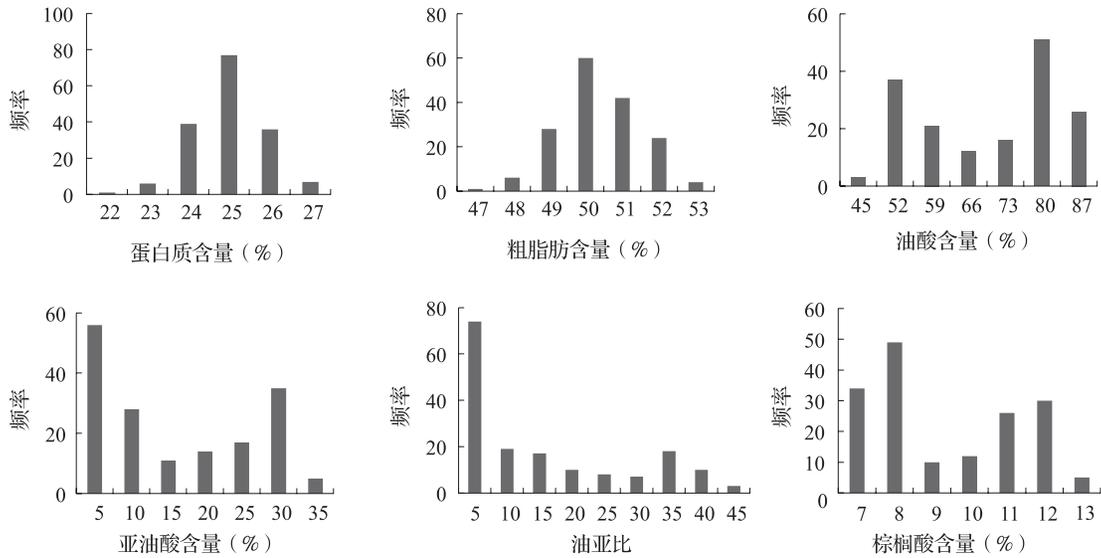


图 1 166 份衍生材料的品质性状频率分布图

表 3 166 份衍生材料主要品质性状相关性分析

品质性状	蛋白质含量	粗脂肪含量	油酸含量	亚油酸含量
粗脂肪含量	-0.7871**			
油酸含量	0.2264**	-0.1636*		
亚油酸含量	-0.1973*	0.1277	-0.9985**	
棕榈酸含量	-0.2374**	0.2531**	-0.9826**	0.9741**

*, ** 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著、极显著相关,下同

表 4 166 份衍生材料主要品质性状与农艺性状相关性分析

性状	蛋白质含量	粗脂肪含量	油酸含量	亚油酸含量	棕榈酸含量
单株生产力	-0.1150	0.1744*	0.0305	-0.0355	-0.0080
百果重	0.0084	-0.0999	-0.3807**	0.3900**	0.3292**
500g 果数	-0.0283	0.0986	0.2683**	-0.2741**	-0.2317**
饱果率	0.0122	0.2221**	0.2314**	-0.2445**	-0.1336
出米率	0.0811	-0.0540	-0.1524*	0.1618*	0.1565*
500g 仁数	-0.0481	0.1399	0.3149**	-0.3273**	-0.2644**
百仁重	0.0031	-0.1134	-0.4166**	0.4287**	0.3590**
荚果长	-0.0378	-0.1401	-0.4053**	0.4176**	0.3290**
荚果宽	-0.0048	-0.0830	-0.4152**	0.4219**	0.3629**
籽仁长	-0.0553	-0.1299	-0.3185**	0.3281**	0.2511**
籽仁宽	0.0410	0.0120	-0.3238**	0.3260**	0.3283**

量和棕榈酸含量呈极显著负相关或负相关。饱果率是影响花生产量的重要指标,饱果率高,说明花生结果集中,荚果成熟度高,使花生品质性状可以得到充分表达。

荚果长、荚果宽和籽仁长均与蛋白质含量、粗脂肪含量呈负相关,与油酸含量呈极显著负相关,与亚油酸含量、棕榈酸含量呈极显著正相关,这从侧面

反映出当前选育出的花生荚果或籽仁偏小。高油酸花生骨干亲本材料开选 016 是小果品种(平均荚果长为 26.26cm),本试验中开选 016 衍生材料荚果长分布表现为荚果长度属于超大果型($\geq 42.0\text{cm}$)和大果型(38.0~41.9cm)的材料占比分别为 12.05% 和 23.49%,而属于中果型(27.0~37.9cm)的材料占比高达 64.45%,小果型($\leq 26.9\text{cm}$)材料占比为 0。本研

究揭示了当前开选 016 衍生材料中荚果大小与品质性状的分布情况,衍生材料以中果型为主,其中中果型高油酸材料 56 个,占高油酸衍生材料的 84.85%,说明开选 016 衍生的高油酸材料果型主要是中果型。

2.4 衍生材料主成分分析 对 166 份花生材料的 5 个主要品质性状和 11 个农艺性状进行主成分分析,得到其特征值、贡献率以及累计贡献率。由表 5

表 5 166 份花生材料主要品质性状和农艺性状的主成分分析

性状	RC1	RC2	RC3	RC4
蛋白质含量	0.06	-0.19	-0.88	0.13
粗脂肪含量	-0.10	0.14	0.92	0.14
油酸含量	-0.23	-0.95	-0.10	0.06
亚油酸含量	0.23	0.95	0.07	-0.06
棕榈酸含量	0.19	0.94	0.17	0.03
单株生产力	0.46	-0.24	0.37	0.16
百果重	0.95	0.16	0	-0.16
500g 果数	-0.92	-0.04	-0.01	0.18
饱果率	-0.31	-0.18	0.17	0.76
出米率	-0.31	0.36	-0.26	0.54
500g 仁数	-0.93	-0.14	0.08	0.13
百仁重	0.92	0.24	-0.06	-0.11
荚果长	0.78	0.21	-0.01	-0.49
荚果宽	0.85	0.22	-0.01	-0.27
籽仁长	0.85	0.12	0	-0.38
籽仁宽	0.75	0.22	-0.04	0.41
特征值	6.64	3.24	1.91	1.65
贡献率(%)	41	20	12	10
累计贡献率(%)	41	62	74	84

可知,第一主成分的贡献率为 41%,第二主成分的贡献率为 20%,第三主成分的贡献率为 12%,第四主成分的贡献率为 10%,前 4 个特征值的累计贡献率为 84%,特征值均大于 1,因此这 4 个主成分可代表 166 份衍生材料 16 个性状的绝大部分信息。

第一主成分中载荷值较高的为百果重、百仁重、荚果长、荚果宽、籽仁长、籽仁宽、500g 果数和 500g 仁数,说明第一主成分反映的是荚果和籽仁大小在 166 份花生材料中的表现。第二主成分中亚油酸含量、棕榈酸含量、油酸含量有较大的载荷值,说明第二主成分反映的是油酸含量、亚油酸含量和棕榈酸含量在 166 份花生材料中的表现。第三主成分中粗脂肪含量、蛋白质含量有较大的载荷值,这说明第三主成分反映的是粗脂肪含量和蛋白质含量在 166 份花生材料中的表现。第四主成分中饱果率和出米率载荷值较高,说明第四主成分反映的是饱果率和出米率在 166 份花生材料中的表现。

2.5 衍生材料品质性状聚类分析 利用 K-均值聚类法对 5 个主要品质性状进行聚类分析,当域值 $D^2=55.51$ 时,可以将 166 份花生材料分成 3 大类群(图 2),类群 I 中包含衍生材料 94 份,占总数的 56.63%;类群 II 中包含衍生材料 39 份,占总数的 23.49%;类群 III 包含衍生材料 33 份,占总材料数的 19.88%。其中,类群 I 中的油酸含量最高,为高油酸含量类群,适合选育高油酸材料;类群 II 中的粗脂肪含量较高、蛋白质含量较低,为高

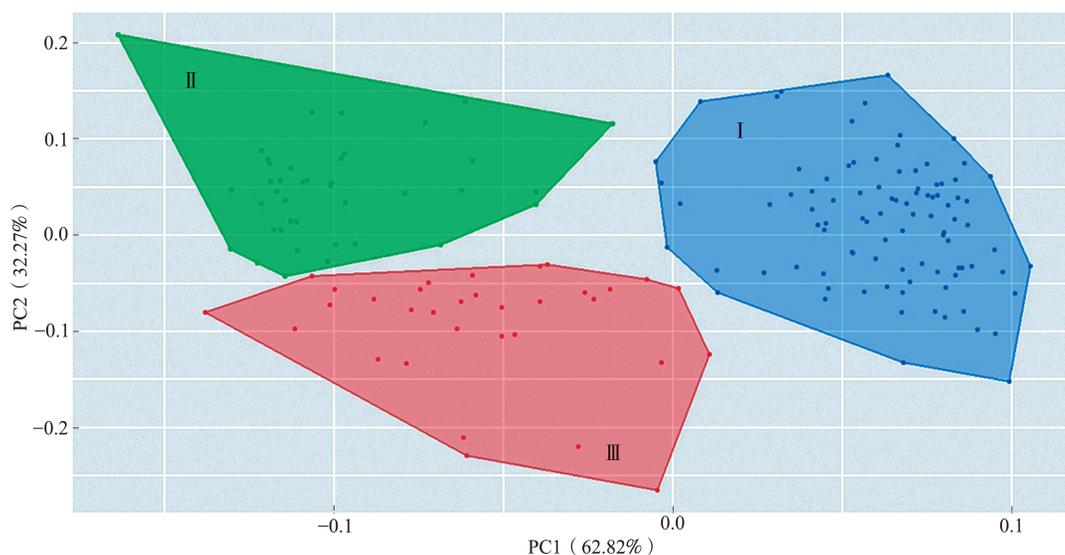


图 2 166 份花生衍生材料品质性状聚类分析图

脂肪、低蛋白类群;类群 III 中蛋白质含量较高、粗脂肪含量较低,为高蛋白、低脂肪类群,与类群 II 正好相反。不同类群表现出的特点各异,在育种中应根据选育目标选择合适的衍生材料作为亲本使用。

3 结论与讨论

骨干亲本在杂交育种中发挥着极其重要的作用^[16],近年来育种家们对小麦^[17]、玉米^[18]、水稻^[19]等主要农作物骨干亲本研究较深入。高油酸花生品种开选 016 作为开封市农林科学研究院育成品种,株型半蔓,荚果普通型,综合性状较好,配合力高,已被多个科研单位引用^[13],促进了我国高油酸花生育种快速发展。

品质性状是评价花生品质和商品性的重要指标,本研究利用 166 份开选 016 衍生品种(系),通过测定籽仁的粗脂肪含量、蛋白质含量、油酸含量、亚油酸含量和棕榈酸含量,全面分析了开选 016 衍生材料的品质性状差异及其在不同果型间的分布规律,发现开选 016 衍生材料以中果型高油酸材料为主,花生品质性状与农艺性状存在显著相关性。主成分分析结果表明,前 4 个主成分因子的累计贡献率达 84%,可以代表原材料的大部分信息。利用系统聚类分析结果,把 166 份衍生材料划分为 3 大类,类群 I 包含 94 份材料,为高油酸含量类群;类群 II 包含 39 份材料,为高脂肪、低蛋白类群;类群 III 包含 33 份材料,为高蛋白、低脂肪类群;每个类群都各具特点,说明衍生材料性状变异丰富,聚类分析结果可为花生高产优质育种中亲本的选配提供参考,在花生杂交育种上可以根据不同类群的特点加以利用。

参考文献

- [1] 王传堂,于树涛,朱立贵. 中国高油酸花生. 上海:上海科学技术出版社,2021
- [2] 国家统计局. 中国统计年鉴 2022. [2024-03-13]. <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm>
- [3] 朱大洲,武宁,张勇,孙君茂,陈萌山. 营养导向型作物新品种选育与审定现状、问题与展望. 作物学报,2023,49(1): 1-11
- [4] 石素华,孙金波,杨利,李凤丽,李长生,厉广辉,王兴军,夏晗,赵术

- 珍. 食用型高油酸花生种质创制和品质分析. 中国油料作物学报,2020,42(2): 249-254
- [5] 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
- [6] 林立烽,李玲玉,彭文,万小荣,郑奕雄,令娟. 200 份南方花生种质主要性状分析与综合评价. 仲恺农业工程学院学报,2022,35(3): 1-11
- [7] 薛云云,田跃霞,张鑫,张蕙琪,白冬梅. 72 份山西花生资源主要农艺和品质性状分析. 花生学报,2020,49(4): 31-37
- [8] 谢畅,党现什,刘娜,姚瑞,于海秋,王婧,蒋春姬,赵新华,王晓光. 不同粒型花生品种品质形成规律. 中国油料作物学报,2021,43(5): 795-802
- [9] 郭敏杰,邓丽,苗建利,任丽. 基于主成分分析的高油酸花生品种品质评价. 分子植物育种,2023,21(24): 8202-8209
- [10] 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
- [11] 陈婷婷,王苗苗,黄杨,曾瑞儿,王鑫悦,张雷. 花生种质农艺、产量和品质性状的综合评价. 花生学报,2020,49(4): 38-46
- [12] 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
- [13] 郭敏杰,邓丽,殷君华,苗建利,李阳,芦振华,李绍伟,任丽. 高油酸花生开选 016 衍生品种的遗传多样性自动化分析. 东北农业科学,2023,48(3): 33-37
- [14] 邓丽,郭敏杰,苗建利,殷君华,芦振华,任丽. 我国高油酸花生品种现状及可视化热图分析. 种子,2023,42(2): 150-156
- [15] 姜慧芳,段乃雄,任小平. 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
- [16] 徐杰飞,郭泰,王志新,郑伟,李灿东,赵海红,赵星棋,郭美玲,王世通. 黑龙江省普通大豆品种重点骨干亲本系谱分析. 中国种业,2022(9): 57-60
- [17] 刘娜,哈力旦·依克热木,刘联正,曹俊梅,周安定,张新忠,张俊. 小麦骨干亲本‘新冬 18 号’及其衍生品种(系)的遗传分析. 分子植物育种, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20221129.0945.006.html>
- [18] 李永祥,李春辉,杨俊品,杨华,程伟东,汪黎明,李凤艳,李会勇,王延波,李淑华,扈光辉,刘成,黎裕,王天宇. 中国玉米骨干亲本黄早四杂种优势形成的遗传基础解析. 中国农业科学,2020,53(20): 4113-4126
- [19] 王晓玲,吴婷,唐书升,李霞,王智权,肖宇龙,余传源. 82 份籼梗稻骨干亲本抗稻瘟病基因的分子检测. 热带作物学报,2021,42(5): 1199-1208

(收稿日期: 2024-03-13)