

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

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

(河南省农业科学院经济作物研究所/河南省油料作物遗传改良重点实验室/农业部黄淮海油料作物重点实验室, 郑州 450002)

摘要:花生籽仁的外观品质和营养品质是评价食用花生品种的重要指标。本研究对 285 个不同类型或来源的花生种质资源进行了籽仁外观和营养品质性状的检测和分析,旨在为食用型花生品种选育提供依据。按照植物学类型分析了各类型的 8 个外观性状和 5 个营养品质性状的分布。结果表明,我国花生种质资源包含丰富的外观性状变异类型,能够满足不同加工用途对原料的需求,但总体上高油酸、高蛋白和低脂肪资源类型偏少。借鉴美国等烤制花生仁和糖果花生的外观和营养品质特征及我国煮食和烤制花生的生产消费市场,提出了食用型品种选育亲本的策略和备选品种类型,烤制和糖果用途花生育种亲本选配应以普通型、中间型或珍珠豆型中粒农家品种或育成品种为骨干亲本,进一步改良高油酸、高蛋白和低脂肪等品质性状。

关键词:食用花生;外观品质;营养品质

Characterization of Kernel Appearance and Nutritional Quality in Peanut Accessions and Its Application for Food-use Peanut Breeding

FANG Yuan-jin, SUN Zi-qi, MIAO Li-juan, QI Fei-yan, HUANG Bing-yan,
ZHENG Zheng, DONG Wen-zhao, TANG Feng-shou, ZHANG Xin-you

(Industrial Crops Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences/Henan Key Laboratory for Oil Crops Improvement/
Key Laboratory of Oil Crops in Huanghuaihai Plains, Ministry of Agricultural, Zhengzhou 450002)

Abstract: The appearance and nutritional quality of peanut kernel are important characteristics of peanut for food-use. By analyzing the traits related to the kernel architecture and the nutritional quality in 285 peanut germplasm accessions, we provided guidance in breeding for food-use peanut varieties. We examined five nutritional quality traits and eight appearance-related factors. The results suggested that abundant variation in kernel morphological traits observed in Chinese peanut germplasm can satisfy specific requirements for different processing applications. However, few accessions with high oleic acid content, high protein content or low oil content were observed. Based on the appearance and nutritional characteristics of roasted and coated peanut in the U. S as well as the boiled or roasted peanut consumed in China, we proposed the strategy for selecting parental lines in food-use peanut breeding. To meet the industrial requirements for roasted and confectionary peanut, the germplasm accessions with irregular type, *hypogaea* type and *vulgaris* type with middle to large sized kernel are recommended parents for breeding and improving oleic acid content, protein content and reducing fat content.

Key words: peanuts for food-use; appearance quality; nutritional quality

收稿日期: 2018-01-10 修回日期: 2018-02-25 网络出版日期: 2018-07-16

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20180713.1610.002.html>

基金项目: 国家花生产业技术体系建设项目(CARS-13); 河南省重大科技专项(16110011100); 河南省花生产业技术体系(S2012-05)

第一作者主要从事花生遗传改良及分子生物学研究工作。E-mail: yuanjinfang@yahoo.com

通信作者: 张新友, 主要从事花生遗传育种研究。E-mail: haasz@126.com

中国是世界花生生产和消费大国。中国花生的 55% 用于榨油, 30% 用于食品加工或直接食用^[1]。随着人民生活水平的提高, 花生消费也呈现多元化趋势, 以花生为原料的食品需求量不断上升, 非油用花生占比逐渐提高, 生产和消费市场对于食用花生新品种需求也日益迫切。

食用花生的用途主要包括鲜食(生食)和熟制(水煮、油炸、炒制、烤制、裹衣或糖果)^[2-3]。食用花生的评判标准, 除了和油用花生一样对籽仁的高油酸作为首要优质性状, 以及对蛋白质含量等营养品质和甜度等感官品质的特殊要求外, 籽仁的大小和形状等外观品质也是影响加工的重要因素。

本研究针对加工和消费市场对食用型花生品种的需求, 在本单位保存的种质资源中选取代表不同

植物学类型的品种, 分析籽仁脂肪和蛋白质含量、主要脂肪酸含量、籽仁大小和籽仁形状等性状指标的分布特点, 为食用型花生新品种的选育提供资源材料和评价依据。

1 材料与方法

1.1 资源材料及田间种植

285 份种质资源材料于 2016 年和 2017 年种植于河南省农业科学院原阳试验基地。其中包括龙生型 11 份, 普通型 119 份, 珍珠豆型 95 份, 多粒型 21 份, 中间型 39 份; 按照来源分, 中国农家品种 85 份, 中国育成品种 122 份, 国外品种 78 份(表 1)。随机区组排列, 单行区, 行距 40 cm, 株距 20 cm, 行长 4 m。2 次重复。田间管理按照常规管理。

表 1 285 份资源材料植物型及来源

Table 1 Botanical types and origin of the 285 accessions

品种名称 Accessions	植物型 Botanical classification	品种来源 Origin	国家 Country	品种名称 Accessions	植物型 Botanical classification	品种来源 Origin	国家 Country
北大一窝猴	多粒型	农家品种	中国	福山软皮	普通型	农家品种	中国
黄沟润田大粒	多粒型	农家品种	中国	北京直立大	普通型	农家品种	中国
雄花生	多粒型	农家品种	中国	长仁蓬莱早	普通型	农家品种	中国
抚宁多粒	多粒型	农家品种	中国	李新店小壳麻	普通型	农家品种	中国
四粒红	多粒型	农家品种	中国	固始把子花生	普通型	农家品种	中国
翁原大勾豆	龙生型	农家品种	中国	托克逊花生	普通型	农家品种	中国
金堂深窝	龙生型	农家品种	中国	伏花生原种	普通型	农家品种	中国
芦医大爬秧	龙生型	农家品种	中国	南充红白花生	普通型	农家品种	中国
如皋西洋生	龙生型	农家品种	中国	三门峡一把抓	普通型	农家品种	中国
中牟 1-8	龙生型	农家品种	中国	南召不拖秧	普通型	农家品种	中国
镇平大秧花生	龙生型	农家品种	中国	直丝花生	普通型	农家品种	中国
永城小麻壳	龙生型	农家品种	中国	兴山紫花生	普通型	农家品种	中国
南阳花生	龙生型	农家品种	中国	束鹿花生	普通型	农家品种	中国
五二多粒	龙生型	农家品种	中国	开封大拖秧	普通型	农家品种	中国
沙窑小花生	普通型	农家品种	中国	福山大粒	普通型	农家品种	中国
台山三粒肉	普通型	农家品种	中国	莱阳大粒墩	普通型	农家品种	中国
安阳一窝蜂	普通型	农家品种	中国	任丘铁把	普通型	农家品种	中国
三荚公	普通型	农家品种	中国	临清一窝蜂	普通型	农家品种	中国
竹铺拖秧花生	普通型	农家品种	中国	睢宁二窝	普通型	农家品种	中国
官家庄丰蔓	普通型	农家品种	中国	柳杭小花生	普通型	农家品种	中国
大峪花生	普通型	农家品种	中国	潢川直杆(1)	普通型	农家品种	中国
中牟独角虎	普通型	农家品种	中国	信阳爬藤(1)	普通型	农家品种	中国
昌黎一窝猴	普通型	农家品种	中国	莱农早	普通型	农家品种	中国
罗江鸡窝	普通型	农家品种	中国	范村拖秧	普通型	农家品种	中国
中牟拖秧(2)	普通型	农家品种	中国	东明笨花生	普通型	农家品种	中国

表 1(续)

品种名称	植物型	品种来源	国家	品种名称	植物型	品种来源	国家
Accessions	Botanical classification	Origin	Country	Accessions	Botanical classification	Origin	Country
封丘一把抓	普通型	农家品种	中国	PI482120 *	多粒型	国外品种	津巴布韦
蓬莱一窝猴	普通型	农家品种	中国	PI337293 *	多粒型	国外品种	巴西
姜各庄半蔓	普通型	农家品种	中国	PI155107 *	多粒型	国外品种	乌拉圭
艾豆	普通型	农家品种	中国	PI259617 *	多粒型	国外品种	古巴
潢川直杆(2)	普通型	农家品种	中国	PI407667 *	多粒型	国外品种	泰国
油果	普通型	农家品种	中国	PI429420 *	多粒型	国外品种	津巴布韦
开封一撮秧	普通型	农家品种	中国	乔治亚花生	多粒型	国外品种	未知
早小齐	普通型	农家品种	中国	PI494018 *	多粒型	国外品种	巴西
桔山立蔓大花生	普通型	农家品种	中国	PI468250 *	多粒型	国外品种	未知
兰考大花生	普通型	农家品种	中国	PI313129 *	龙生型	国外品种	中国
大粒伏	普通型	农家品种	中国	83/66/1/1	普通型	国外品种	未知
济源坡头花生	普通型	农家品种	中国	Chico	普通型	国外品种	未知
汲县一把抓(2)	珍珠豆型	农家品种	中国	PI270998 *	普通型	国外品种	赞比亚
固始直立花生	珍珠豆型	农家品种	中国	PI159786 *	普通型	国外品种	塞内加尔
狮头企	珍珠豆型	农家品种	中国	PI331297 *	普通型	国外品种	阿根廷
蚊蚜	珍珠豆型	农家品种	中国	PI295250 *	普通型	国外品种	以色列
马圩大豆	珍珠豆型	农家品种	中国	PI481795 *	普通型	国外品种	莫桑比克
广西扶绥红衣花生	珍珠豆型	农家品种	中国	PI268696 *	普通型	国外品种	南非
百日仔	珍珠豆型	农家品种	中国	PI290536 *	普通型	国外品种	印度
芙蓉花生	珍珠豆型	农家品种	中国	PI196622 *	普通型	国外品种	科特迪瓦
中琉球	珍珠豆型	农家品种	中国	PI162655 *	普通型	国外品种	乌拉圭
熊岳立茎小花生	珍珠豆型	农家品种	中国	PI371521 *	普通型	国外品种	以色列
09-狮头企	珍珠豆型	农家品种	中国	PI497318 *	普通型	国外品种	玻利维亚
小琉球	珍珠豆型	农家品种	中国	PI372271 *	普通型	国外品种	未知
广西宜山六坡豆	珍珠豆型	农家品种	中国	PI496448 *	普通型	国外品种	布基纳法索
通城花生	珍珠豆型	农家品种	中国	PI290594 *	普通型	国外品种	印度
岫岩小花生	珍珠豆型	农家品种	中国	73-33	普通型	国外品种	塞内加尔
广西玉林珠豆	珍珠豆型	农家品种	中国	PI259658 *	普通型	国外品种	古巴
大屁股	珍珠豆型	农家品种	中国	PI337399 *	普通型	国外品种	摩洛哥
台山珍珠	珍珠豆型	农家品种	中国	Pronto	普通型	国外品种	未知
珍珠红 1 号	珍珠豆型	农家品种	中国	Rubut33-1	普通型	国外品种	未知
广西柳城珍珠豆	珍珠豆型	农家品种	中国	PI355271 *	普通型	国外品种	墨西哥
信阳小朵云	珍珠豆型	农家品种	中国	PI290566 *	普通型	国外品种	印度
陈营小洋	珍珠豆型	农家品种	中国	PI399581 *	普通型	国外品种	尼日利亚
信阳爬藤(2)	珍珠豆型	农家品种	中国	PI355268 *	普通型	国外品种	墨西哥
PI494034 *	多粒型	国外品种	巴拉圭	PI497395 *	普通型	国外品种	玻利维亚
PI403813 *	多粒型	国外品种	阿根廷	PI259851 *	普通型	国外品种	马拉维
PI240560 *	多粒型	国外品种	南非	Fleur11	普通型	国外品种	塞内加尔
PI288146 *	多粒型	国外品种	印度	PI319768 *	普通型	国外品种	以色列
PI271019 *	多粒型	国外品种	赞比亚	PI296550 *	普通型	国外品种	以色列

表 1(续)

品种名称 Accessions	植物型 Botanical classification	品种来源 Origin	国家 Country	品种名称 Accessions	植物型 Botanical classification	品种来源 Origin	国家 Country
PI343384 *	普通型	国外品种	以色列	临花 1 号	普通型	育成品种	中国
PI292950 *	普通型	国外品种	南非	豫花 4 号	普通型	育成品种	中国
PI290620 *	普通型	国外品种	阿根廷	开农 41	普通型	育成品种	中国
PI162857 *	普通型	国外品种	苏丹	郑 8159-1	普通型	育成品种	中国
PI343398 *	普通型	国外品种	以色列	鄂花 2 号	普通型	育成品种	中国
PI323268 *	普通型	国外品种	巴基斯坦	梧油 1 号	普通型	育成品种	中国
PI157542 *	普通型	国外品种	中国	山花 9 号	普通型	育成品种	中国
PI337406 *	普通型	国外品种	巴拉圭	开选 016	普通型	育成品种	中国
PI493631 *	普通型	国外品种	巴拉圭	天府 15 号	普通型	育成品种	中国
PI290560 *	珍珠豆型	国外品种	印度	晋花 3 号	普通型	育成品种	中国
PI493356 *	珍珠豆型	国外品种	巴拉圭	花 11	普通型	育成品种	中国
PI298854 *	珍珠豆型	国外品种	南非	花 17	普通型	育成品种	中国
55-437	珍珠豆型	国外品种	塞内加尔	山东混选 1 号	普通型	育成品种	中国
PI493717 *	珍珠豆型	国外品种	巴拉圭	开农 176	普通型	育成品种	中国
PI356004 *	珍珠豆型	国外品种	阿根廷	花 93	普通型	育成品种	中国
PI493938 *	珍珠豆型	国外品种	巴拉圭	潍花 6 号	普通型	育成品种	中国
PI262038 *	珍珠豆型	国外品种	巴西	豫花 65	普通型	育成品种	中国
PI493729 *	珍珠豆型	国外品种	巴拉圭	罗伏 6 号	普通型	育成品种	中国
PI493547 *	珍珠豆型	国外品种	巴西	豫花 9830	普通型	育成品种	中国
PI475918 *	珍珠豆型	国外品种	玻利维亚	KN1715	普通型	育成品种	中国
PI461434 *	珍珠豆型	国外品种	中国	新花 1 号	普通型	育成品种	中国
PI482189 *	珍珠豆型	国外品种	津巴布韦	皖花 7 号	普通型	育成品种	中国
PI497517 *	珍珠豆型	国外品种	巴西	徐交 4 号	普通型	育成品种	中国
PI339960 *	珍珠豆型	国外品种	阿根廷	冀花 7 号	普通型	育成品种	中国
PI268806 *	珍珠豆型	国外品种	赞比亚	伏系 1 号	普通型	育成品种	中国
PI493880 *	珍珠豆型	国外品种	巴拉圭	豫花 9719	普通型	育成品种	中国
PI493693 *	珍珠豆型	国外品种	未知	混大伏 12 号	普通型	育成品种	中国
PI200441 *	珍珠豆型	国外品种	日本	豫花 15	普通型	育成品种	中国
PI504614 *	珍珠豆型	国外品种	哥伦比亚	浦油 2 号	珍珠豆型	育成品种	中国
PI478819 *	珍珠豆型	国外品种	印度	冀油 10 号	珍珠豆型	育成品种	中国
PI268586 *	珍珠豆型	国外品种	赞比亚	粤油 256-2	珍珠豆型	育成品种	中国
PI471954 *	珍珠豆型	国外品种	津巴布韦	湘花生 1 号	珍珠豆型	育成品种	中国
PI476432 *	珍珠豆型	国外品种	尼日利亚	抗青 10 号	珍珠豆型	育成品种	中国
桂花 95	多粒型	育成品种	中国	粤油 33	珍珠豆型	育成品种	中国
嫩花 3 号	多粒型	育成品种	中国	粤选 58	珍珠豆型	育成品种	中国
熊北混 1 号	龙生型	育成品种	中国	粤油 551	珍珠豆型	育成品种	中国
DF12	普通型	育成品种	中国	狮南 3 号	珍珠豆型	育成品种	中国
中花 16 号	普通型	育成品种	中国	贺油 12 号	珍珠豆型	育成品种	中国
濮科花 3 号	普通型	育成品种	中国	粤油 22 号	珍珠豆型	育成品种	中国
山农 226	普通型	育成品种	中国	桂花 166	珍珠豆型	育成品种	中国

表 1(续)

品种名称 Accessions	植物型 Botanical classification	品种来源 Origin	国家 Country	品种名称 Accessions	植物型 Botanical classification	品种来源 Origin	国家 Country
粤油 20	珍珠豆型	育成品种	中国	泰花 4 号	中间型	育成品种	中国
远杂 5 号	珍珠豆型	育成品种	中国	鲁花 11 号	中间型	育成品种	中国
桂花 35 号	珍珠豆型	育成品种	中国	徐系 1 号	中间型	育成品种	中国
鲁花 12 号	珍珠豆型	育成品种	中国	冀油 11 号	中间型	育成品种	中国
黔花生 4 号	珍珠豆型	育成品种	中国	冀油 6 号	中间型	育成品种	中国
梧油 7 号	珍珠豆型	育成品种	中国	天府 14 号	中间型	育成品种	中国
湛油 62	珍珠豆型	育成品种	中国	天府 18 号	中间型	育成品种	中国
莆花 1 号	珍珠豆型	育成品种	中国	丰花 6 号	中间型	育成品种	中国
泉花 8 号	珍珠豆型	育成品种	中国	鲁花 9 号	中间型	育成品种	中国
红梅早	珍珠豆型	育成品种	中国	山花 10 号	中间型	育成品种	中国
汕油 199	珍珠豆型	育成品种	中国	豫花 25 号	中间型	育成品种	中国
赣花 2881	珍珠豆型	育成品种	中国	鄂花 3 号	中间型	育成品种	中国
粤油 52	珍珠豆型	育成品种	中国	丰花 5 号	中间型	育成品种	中国
花育 20 号	珍珠豆型	育成品种	中国	豫花 6 号	中间型	育成品种	中国
皖花 4 号	珍珠豆型	育成品种	中国	冀油 4 号	中间型	育成品种	中国
远杂 6 号	珍珠豆型	育成品种	中国	天府 3 号	中间型	育成品种	中国
泉花 646	珍珠豆型	育成品种	中国	豫花黑 1 号	中间型	育成品种	中国
白沙 1016	珍珠豆型	育成品种	中国	开农 30	中间型	育成品种	中国
粤油 92	珍珠豆型	育成品种	中国	豫花 9327	中间型	育成品种	中国
泉花 327-9	珍珠豆型	育成品种	中国	远杂 9847	中间型	育成品种	中国
山花 8 号	珍珠豆型	育成品种	中国	山花 7 号	中间型	育成品种	中国
豫花 14 号	珍珠豆型	育成品种	中国	海花一号	中间型	育成品种	中国
豫花 23 号	珍珠豆型	育成品种	中国	泰花 3 号	中间型	育成品种	中国
濮花 17	珍珠豆型	育成品种	中国	皖花 5 号	中间型	育成品种	中国
豫花 37	珍珠豆型	育成品种	中国	远杂 0025	中间型	育成品种	中国
豫花 22 号	珍珠豆型	育成品种	中国	天府四号	中间型	育成品种	中国
锦-4	珍珠豆型	育成品种	中国	豫花 7 号	中间型	育成品种	中国
黔花生 2 号	珍珠豆型	育成品种	中国	豫花 10 号	中间型	育成品种	中国
鲁花 3 号	珍珠豆型	育成品种	中国	潍花 8 号	中间型	育成品种	中国
泰花 6 号	珍珠豆型	育成品种	中国	濮科花 15 号	中间型	育成品种	中国
远杂 9307	珍珠豆型	育成品种	中国	冀花 6 号	中间型	育成品种	中国
远杂 9102	珍珠豆型	育成品种	中国	豫花 9331	中间型	育成品种	中国
潍花 9 号	珍珠豆型	育成品种	中国	花 37	中间型	育成品种	中国
中花 8 号	珍珠豆型	育成品种	中国	豫花 9326	中间型	育成品种	中国
阜花 12 号	珍珠豆型	育成品种	中国	鲁花 8 号	中间型	育成品种	中国
中花 5 号	珍珠豆型	育成品种	中国	徐州 68-4	中间型	育成品种	中国
花 28	中间型	育成品种	中国	新城早	中间型	育成品种	中国
天府 7 号	中间型	育成品种	中国				

* PI 为美国种质资源编号,品种名称不详

* PI numbers are the plant inventory for germplasm resources in the U. S. . The names of cultivars are not available

1.2 性状测定方法

正常成熟收获的荚果晒干后,每份材料随机选取 100 个饱满果,测定百果重。随机选取 100 个饱满籽粒,测定百仁重。随机选取 10 个饱满籽仁测定籽仁面积、籽仁长、籽仁宽、籽仁长宽比、籽仁周长、籽仁圆度等 6 个形态性状,籽仁性状采用万深 SC-G 自动种子考种及千粒重分析仪(杭州,万深)进行性状测定。随机选取 10 个饱满籽仁测定粗脂肪含量、蛋白质含量、棕榈酸含量、油酸含量、亚油酸含量等营养品质性状,品质性状利用 DA7200 型近红外分析仪(瑞典,Perten)检测,均为相对含量。标准曲线利用多年气相色谱测定的粗脂肪含量、蛋白质含量和脂肪酸组分等品质性状数据拟合校验,决定系数达到 0.83~0.98。以上测定均重复 3 次。

1.3 数据分析

数据处理采用 Excel 软件。用 R 软件中 precomp

进行 285 份资源的外观和品质性状的主成分分析,并利用 boxplot 计算各类型中不同外观和品质性状的中数等分布特征数和绘图,利用 R 软件包 scatterplot3d 绘制 PCA 三维图形。

2 结果与分析

2.1 籽仁外观性状相关性分析及不同类型间的分布

在花生传统育种过程中,评价花生荚果和籽仁大小的常用指标为百果重和百仁重,为了解花生百果重和花生百仁重与籽仁长度、籽仁宽度、籽仁周长和籽仁投影面积等形态性状的相关性,首先对 285 份材料计算了百果重、百仁重、籽仁长、籽仁宽、籽仁周长、籽仁投影面积、籽仁长宽比、籽仁圆度 8 个性状的相关系数。结果表明,6 个籽仁形态性状均与百果重和百仁重极显著相关($P=0.01$)。这些性状可以作为籽仁性状的特征参数(表 2)。

表 2 果仁重量与籽仁形态性状的相关性

Table 2 Correlations between pod weight and kernel weight and size

	百果重 HPW	百仁重 HKW	籽仁面积 KSA	籽仁周长 KP	籽仁长/宽 KL/W	籽仁长 KL	籽仁宽 KW
百仁重 HKW	0.8328 **						
籽仁面积 KSA	0.7857 **	0.9358 **					
籽仁周长 KP	0.7901 **	0.9222 **	0.9804 **				
籽仁长/宽 KL/W	0.4541 **	0.4409 **	0.4951 **	0.6399 **			
籽仁长 KL	0.7567 **	0.8614 **	0.9258 **	0.9780 **	0.7804 **		
籽仁宽 KW	0.6437 **	0.8290 **	0.8585 **	0.7628 **	-0.0026	0.6192 **	
籽仁圆度 KR	-0.4658 **	-0.4577 **	-0.5162 **	-0.6514 **	-0.9868 **	-0.7866 **	-0.0229

** 代表差异极显著($P=0.01$),下同

** significantly different at $P=0.01$. HPW: Hundred-pod-weight, HKW: Hundred-kernel-weight, KSA: Kernel shade area, KP: Kernel perimeter, KL: Kernel length, KW: Kernel width, KL/W: Kernel length/width, KR: Kernel roundness. The same as below

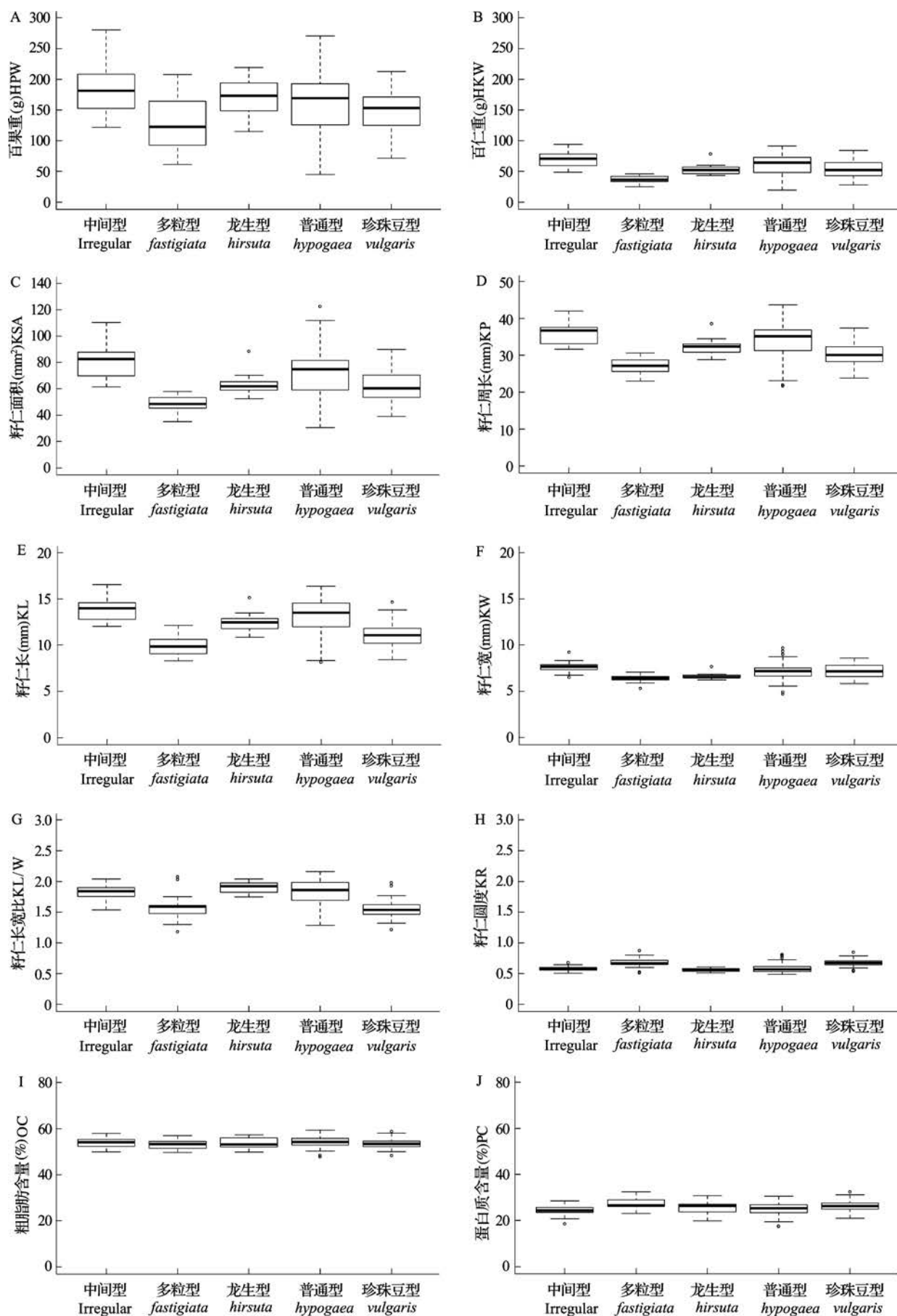
从 8 个外观性状在不同类型花生资源中的分布可以看出(图 1, A~H),除了籽仁圆度外,百果重、百仁重、籽仁面积、籽仁周长、籽仁长、籽仁宽和籽仁长宽比等 7 个性状的中间值均为中间型的最高,其次是普通型、龙生型或珍珠豆型,多粒型最低。7 个性状的变异幅度为普通型最大,其次是珍珠豆型、中间型,多粒型和龙生型的变异幅度较小。

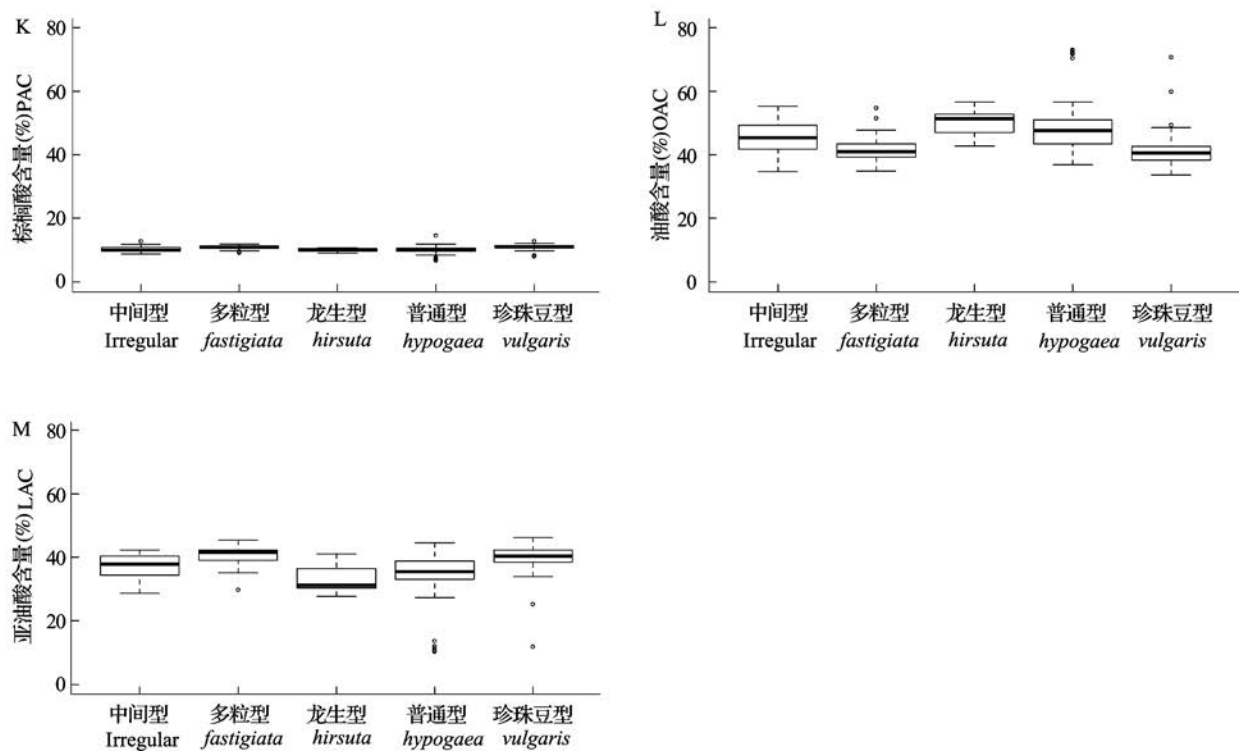
2.2 品质性状间的相关性及不同类型间的分布

将 285 份资源的粗脂肪含量、蛋白质含量、棕榈酸含量、油酸含量和亚油酸含量等 5 个品质性

状进行相关性分析,结果表明,粗脂肪含量与蛋白质含量呈极显著负相关($P=0.01$),油酸含量与棕榈酸含量和亚油酸含量极显著负相关($P=0.01$)(表 3)。

分析 5 个营养品质性状在不同类型花生资源中的分布特征,结果表明(图 1, I~M),普通型资源的粗脂肪含量较高,变异幅度也较大,珍珠豆型资源的粗脂肪含量的变异与普通型相似;多粒型资源的蛋白质含量较高;龙生型资源的中等油酸含量材料较多,但高油酸含量和低棕榈酸和低亚油酸的材料存在于普通型和珍珠豆型资源中。





OC:oil content,PC:protein content,PAC:palmitic acid,OAC:oleic acid content,LAC:linoleic acid content,the same as below

图 1 8 个外观性状和 5 个营养品质性状在不同植物型内的分布

Fig. 1 Distribution of eight appearance-related traits in different botanical types

表 3 品质性状间的相关性

	粗脂肪含量 OC	蛋白质含量 PC	棕榈酸含量 PAC	油酸含量 OAC
蛋白质含量	-0.6559 **			
棕榈酸含量	-0.1419	0.1564		
油酸含量	0.2310 **	-0.2925 **	-0.8884 **	
亚油酸含量	-0.2438 **	0.3532 **	0.8206 **	-0.9694 **

2.3 285 份资源的外观及营养品质性状主成分 (PCA) 分析

以百果重、百仁重、粗脂肪含量等 13 个外观和营养品质性状对 285 份资源进行主成分 (PCA) 分析 (图 2)。结果表明,按照前 3 个主成分,可以将 285 份资源分为两组,一组主要包括普通型和龙生型资源,另一组主要包括珍珠豆型和多粒型,中间型介于其间,在两组中均有分布。两组基本上分别对应于植物学分类的交替开花亚种和连续开花亚种,中间型资源的外观和品质特征更偏向于普通型,在普通型和龙生型组的中间型个体占比较大。普通型和珍珠豆型资源变异较广,在对应的另一组中分别有少数个体的分布,但全部 21 份多粒型和 11 份龙生型资源分别归

属在各自对应的亚种组群,无一例外。根据外观及品质性状的资源分类与植物学类型分类一致性较高。

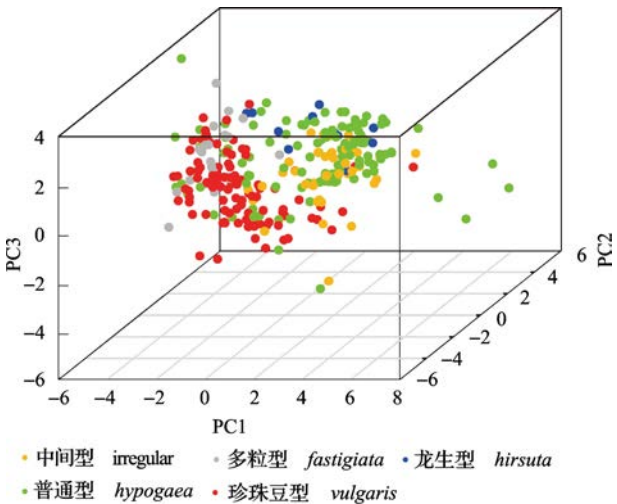


图 2 285 份资源的外观和营养品质性状主成分 (PCA) 分析

Fig. 2 PCA of appearance and quality traits of 285 accessions

2.4 符合食用品种外观标准的备选种质

以百仁重 55.00 ~ 80.00 g (中型仁)、长宽比大于 1.80 (普通型或中间型)或大于 1.50 (珍珠豆型)的标准初步筛选适合糖果加工的品种形态和营养品质性状,获得 107 个备选品种 (表 4)。

表 4 符合食用品种外观标准的育种备选种质

Table 4 Candidate accessions that meet the requirement for food-use peanut

资源类型 Germplasm Type	资源名称 Accessions	百仁重 (g) HKW	籽仁长宽比 KL/W	资源名称 Accessions	百仁重 (g) HKW	籽仁长宽比 KL/W
普通型或中间型 <i>hypogaea</i> or <i>irregular</i>	天府 14 号	58.24	1.84	三门峡一把抓	65.76	1.94
	天府 18 号	58.94	1.90	南召不拖秧	66.10	1.91
	豫花 25 号	63.28	1.84	直丝花生	66.16	2.13
	丰花 5 号	65.11	1.84	兴山紫花生	66.36	1.97
	天府 3 号	68.97	1.91	鄂花 2 号	66.44	1.90
	豫花黑 1 号	70.60	2.03	PI337406	66.70	1.84
	远杂 9847	72.42	1.86	梧油 1 号	66.72	1.85
	山花 7 号	72.66	1.84	山花 9 号	66.76	1.88
	海花一号	73.34	1.95	束鹿花生	66.84	2.13
	远杂 0025	74.02	1.89	开封大拖秧	66.98	1.93
	天府四号	76.46	1.88	天府 15 号	68.04	1.89
	豫花 7 号	78.18	1.96	花 11	69.92	2.00
	豫花 10 号	78.60	2.03	福山大粒	70.42	2.16
	潍花 8 号	79.00	1.80	莱阳大粒墩	70.56	2.11
	濮科花 15 号	79.74	2.00	花 17	70.76	2.04
	镇平大秧花生	55.72	1.97	山东混选一号	71.06	1.93
	永城小麻壳	58.66	1.86	花 93	71.28	2.04
	南阳花生	59.96	1.98	潍花 6 号	71.54	1.93
	五二多粒	78.42	1.98	任丘铁把	72.02	2.06
	沙窑小花生	58.42	1.86	临清一窝蜂	72.16	2.02
	濮科花 3 号	56.27	1.88	PI493631	72.30	2.08
	PII62857	56.28	1.95	睢宁二窝	72.68	2.16
	山农 226	56.82	1.91	柳杭小花生	72.86	2.04
	宫家庄丰蔓	57.22	1.99	豫花 65	72.87	1.82
	中牟独角虎	59.20	2.01	潢川直杆(1)	73.12	1.96
	昌黎一窝猴	60.06	1.93	豫花 9830	74.36	1.83
	PI343398	60.40	2.03	开农 1715	74.38	1.81
	罗江鸡窝	60.66	2.07	莱农早	74.90	1.96
	临花 1 号	61.04	1.95	东明笨花生	75.14	2.08
	中牟拖秧(2)	61.25	1.89	封丘一把抓	75.18	1.97
	福山软皮	62.00	2.04	新花 1 号	75.26	1.88
	北京直立大	62.26	2.02	蓬莱一窝猴	75.72	2.09
	长仁蓬莱早	62.40	2.06	皖花 7 号	75.76	1.86
	豫花 4 号	62.40	1.82	徐交 4 号	76.62	2.04
	李新店小壳麻	63.06	1.96	姜各庄半蔓	77.10	1.98
	开农 41	63.26	1.81	艾豆	77.24	2.14
	固始把子花生	63.82	1.87	潢川直杆(2)	77.48	2.15
	PI323268	64.34	1.88	伏系一号	77.90	1.82
	郑 8159-1	64.43	1.80	开封一撮秧	79.18	2.08
	托克逊花生	64.74	2.00	豫花 9719	79.84	1.85
	南充红白花生	65.74	1.85			

表 4(续)

资源类型 Germplasm Type	资源名称 Accessions	百仁重 (g) HKW	籽仁长宽比 KL/W	资源名称 Accessions	百仁重 (g) HKW	籽仁长宽比 KL/W
珍珠豆型 <i>vulgaris</i>	汲县一把抓(2)	75.28	1.93	山花 8 号	65.80	1.56
	鲁花 12 号	55.47	1.56	豫花 23 号	66.20	1.62
	梧油 7 号	56.78	1.52	PI471954	66.42	1.58
	珍珠红 1 号	58.03	1.54	濮花 17	67.23	1.57
	泉花 8 号	58.12	1.51	豫花 37	68.71	1.54
	汕油 199	58.44	1.58	豫花 22 号	69.42	1.64
	粤油 52	59.43	1.52	锦-4	70.04	1.52
	花育 20 号	59.93	1.52	黔花生 2 号	71.52	1.65
	皖花 4 号	59.94	1.58	泰花 6 号	72.30	1.52
	远杂 6 号	60.08	1.59	远杂 9102	74.45	1.53
	PI268586	64.52	1.57	潍花 9 号	75.44	1.61
	粤油 92	65.60	1.60	PI476432	75.98	1.53
	泉花 327-9	65.75	1.69	中花 8 号	76.18	1.67

这些资源的品质性状中,脂肪含量在河南省的栽培条件下普通型或中间型资源平均为 54.17%,变幅为 50.30% ~ 58.49%;珍珠豆型平均为 53.16%,变幅为 50.15% ~ 55.73%,脂肪含量偏高,缺乏脂肪含量低于 50% 的种质。普通型或中间型蛋白质含量平均为 24.54%,变幅为 17.42% ~ 30.51%,珍珠豆型蛋白质含量平均为 25.86%,变幅为 21.82% ~ 29.42%。普通型或中间型油酸含量平均为 47.94%,变幅为 37.78% ~ 72.27%,珍珠豆型油酸含量平均为 41.18%,变幅为 33.67% ~ 70.70%。

3 讨论

油用和食用是我国花生最主要的两种用途。除了高油酸性状是油用和食用花生共同需要的优良性状外,不同用途的花生对原料品质的要求有所差异,食用花生要求蛋白质含量高、可溶性糖含量高、脂肪含量低,同时对籽仁的形态性状也有特殊要求。本研究旨在分析花生种质资源中籽仁形态性状及品质性状的分布特征,挖掘特异种质资源,为食用品种选育提供评价依据和材料基础。

本研究根据籽仁形态和品质性状将种质资源分为两大组,分组结果与花生的两大亚种和 4 个变种的植物学类型密切相关^[4-6],两大组分别对应于交替开花亚种和连续开花亚种,各组的理化性状也表现出与植物学类型的性状特点基本

相符。

3.1 营养品质性状分布

长期以来,我国花生的用途主要以榨油为主,种质资源尤其是我国育成品种中高含油量品种较多,而蛋白质含量呈现相反的趋势^[7-12]。本研究的 285 份各种类型资源中 50% 以上材料粗脂肪含量高于 53.8%,50% 以上材料蛋白质含量低于 25.7%,在食用品种选育的利用中需要重点降低粗脂肪含量和提高蛋白质含量。

花生籽仁中的高油酸含量是由 *FAD2A* 和 *FAD2B* 基因决定的^[13-15],交替开花亚种的种质资源中存在较高 *FAD2A* 突变基因的频率^[16-17],所以该组的普通型和龙生型平均油酸含量比较高,平均数分布在 47.74% 左右,连续开花亚种中缺少该突变基因,该组的珍珠豆型和多粒型平均油酸含量为 41.29%。285 份资源中仅有 3 份籽仁外观性状符合食用花生需要的资源,具有高油酸品质,分别是我国近年育成审定的高油酸花生新品种开农 1715、豫花 65 和豫花 37,在今后食用品种选育中油酸含量的提高仍然是重要的遗传改良目标。

高油酸品种选育在国外育种起步较早,美国、阿根廷和澳大利亚的高油酸花生已经实现商业化生产^[18]。中国花生农家品种和 2005 年之前育成品种中缺少高油酸材料,近年来引进或育成的高油酸品种多具有美国小花生的亲缘。中国农家品种中普通型类型和育成大果品种中存在丰富的中等以上油酸

含量资源,用于创制糖果加工型品种选育的原始亲本或中间材料具有一定利用价值,这一结果也与以往研究报道一致^[19-21]。

3.2 籽仁大小相关性状的分布

植物学分类中,交替开花亚种和连续开花亚种均有大小荚果和子仁大小的分离。总体上讲,交替开花亚种的普通型大果品种较连续开花亚种的珍珠豆型中大果品种比例多。本研究也得出相近结论:根据主成分分类的普通型和龙生型组的荚果、籽仁均比珍珠豆型或多粒型组的荚果、籽仁百果重和百仁重大。

此外,育成品种为主的中间型资源百仁重和百果重都比普通型和珍珠豆型大,反映了育种过程对产量性状的选择效果。国外引进品种的植物学类型主要为交替开花亚种,育成品种或农家品种来源不易追溯。但总体上国外品种的百果重和百仁重与国内品种相比偏小的比例较多^[22]。

在不同的植物学类型中,平均籽仁长与平均籽仁宽的变化趋势并不完全一致。籽仁宽的顺序是中间型>珍珠豆型>普通型>龙生型>多粒型,而籽仁长的顺序是中间型>普通型>龙生型>珍珠豆型>多粒型。百果重、百仁重、籽仁面积和籽仁周长的顺序一致,均为中间型>普通型>珍珠豆型>龙生型>多粒型。可能的原因是普通型中粒长与粒宽差异较大,而且普通型荚果的籽仁与果壳间的间隙与珍珠豆型或多粒型相比较,所以籽仁形状与荚果及籽仁重量的变化一致性存在差异。Luo 等^[23]在利用不同类型的栽培花生构建群体定位荚果和籽仁相关性状的 QTL 时也发现不同类型群体可能存在不同的粒长和粒宽遗传机制。

3.3 籽仁形状相关性状的分布

测定籽仁形状的重要指标是籽仁长宽比或籽仁圆度。糖果加工业更偏爱籽仁末端光滑或锐末端、椭圆形籽粒。总体而言,中间型和普通型组的籽仁长宽比均高于珍珠豆型组,圆度值小于珍珠豆型组,即普通型或中间型的长宽比高于珍珠豆型或多粒型,椭圆形籽粒比例较大。普通型或中间型育成品种和农家品种,籽粒形状多为椭圆形或纺锤形。

3.4 食用型新品种选育的资源利用

不同国家花生的主要消费方式不同。我国花生以榨油为主,近年来,食用花生的比例不断提高,目前大约占花生总量的 30%,另外,我国约 7% 的花生用于出口,食用花生和出口花生对原料的籽粒大小、形状以及营养品质都有一定要求。美国花生大部分

做食用,要求蛋白质含量高,含糖量高,脂肪含量低,这也是食用花生营养品质的一致认同指标。我国的食用花生标准,将蛋白质大于 26%、23%~26%、小于 23% 分别定义为一级、二级和三级^[2]。在籽粒大小和形状方面,我国的食用花生标准,将百仁重大于 80 g、50~80 g、小于 50 g 分别定义为大型仁、中型仁和小型仁^[3]。熟制花生要求花生籽仁为椭圆形。加工用花生等级规格也对花生籽仁的规格进行了分级定义^[24]。

糖果加工业偏好椭圆形、末端光滑、平均百仁重量 55 g 以上、大小均匀的籽粒为原料^[25],弗吉尼亚型大花生也是我国出口花生的优选类型。根据籽仁长宽比、圆度值及其标准差,普通型农家或中间型育成品种应为组配亲本的适宜类型。本研究按照中型仁、椭圆形的标准初步筛选适合糖果加工的品种形态和营养品质性状,获得 107 个备选品种,可作为糖果加工型品种及出口专用型品种选育的亲本备选类型,但仍需进一步提高油酸含量,降低粗脂肪含量。利用海花 1 号与高油酸供体开农 016 配制杂交组合,已成功选育出经加工企业评价适合糖果加工需要的高油酸花生品种豫花 65 号。

本研究重点考察了影响花生营养品质的脂肪含量、蛋白质含量及油酸含量,并评估了籽仁大小和外观性状在种质资源中的分布状况,为食用型花生品种选育提供亲本选择依据和资源材料。其他营养和感官品质(甜度、脆度、细腻度等)对食用花生的口感及加工产品特性也有非常显著的影响,籽仁皮色也是重要的外观指标^[26],本研究没有涉及相关内容,其他性状及指标的检测和评价尚待进一步研究,相关种质资源也需进一步研究挖掘。

参考文献

- [1] 王强. 花生加工品质学. 北京:中国农业出版社,2013:1
- [2] 中华人民共和国农业部. NY/T 1067-2006 食用花生. 北京:中国标准出版社,2006:3
- [3] 中华人民共和国商务部. SB/T 10614-2011 熟制花生(仁). 北京:中国标准出版社,2011:2
- [4] Wang H, Khera P, Huang B, Yuan M, Katam R, Zhuang W, Harris-Shultz K, Moore M K, Culbreath K A, Zhang X, Varshney K R, Xie L, Guo B. Analysis of genetic diversity and population structure of peanut cultivars and breeding lines from China, India and the US using simple sequence repeat markers. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2016, 58(5):452-465
- [5] Belamkar V, Selvaraj M G, Ayers J L, Payton P R, Puppala N, Borow M D. A first insight into population structure and linkage disequilibrium in the US peanut minicore collection. *Genetica*, 2011, 139:411-429
- [6] Ren X, Jiang H, Yan Z, Chen Y, Zhou X, Huang L, Lei Y, Huang J, Yan L, Qi Y, Wei W, Liao B. Genetic diversity and population structure of the major peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars

- grown in China by SSR markers. PLoS One, 2014, 9(2): e88091
- [7] 姜慧芳,任小平. 我国栽培花生资源农艺和品质性状的遗传多样性. 中国油料作物学报, 2006, 28(4): 421-426
- [8] 姜慧芳,任小平,陈玉宁,张晓杰,黄家权,廖伯寿. 中国花生地方品种与育成品种的遗传多样性. 西北植物学报, 2011, 31(8): 1551-1559
- [9] 黄冰艳,张新友,董文召,臧秀旺,苗利娟,刘华,高伟,韩锁义,汤丰收. 河南省花生地方资源蛋白质和脂肪含量分析及育种利用策略. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3): 414-417
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 栾文琪,封海胜,王晶珊. 花生品种主要性状的研究—性状表现及类型间的差异. 中国种业, 1986(2): 3-7
- [13] Jung S, Swift D, Sengoku E, Patel F, Powell G T, Moore K, Abbott A. The high oleate traits in the cultivated peanut [*Arachis hypogaea* L.]. Isolation and characterization of the two genes encoding microsomal oleoyl-PC desaturases. Molecular and General Genetics, 2000, 263(5): 796-805
- [14] Jung S, Powell G, Moore K, Abbott A. The high oleate trait in the cultivated peanut [*Arachis hypogaea* L.]. II. Molecular basis and genetics of the trait. Molecular and General Genetics, 2000, 263(5): 806-811
- [15] Chu Y, Holbrook C C, Ozias-Akins P. Two alleles of ahFAD2B control the high oleic acid trait in cultivated peanut. Crop Science, 2009, 49: 2029-2036
- [16] Chu Y, Ramos L, Holbrook C C, Ozias-Akins P. Frequency of a loss-of-function mutation in oleoyl-PC desaturase (ahFAD2A) in the mini-core of the U. S. peanut germplasm collection. Crop Science, 2007, 47: 2372-2378
- [17] 雷永,姜慧芳,文奇根,黄家权,晏立英,廖伯寿. ahFAD2A 等位基因在中国花生小核心种质中的分布及其与种子油酸含量的相关性分析. 作物学报, 2010, 36(11): 1864-1869
- [18] 王传堂,唐月昇,王秀贞,吴琪,孙全喜,朱立贵,王志伟. 7 个高油酸花生新品种的丰产性和脂肪酸成分评价. 山东农业科学, 2016, 48(5): 31-34
- [19] 陈静,吴兰荣,张成松. 花生感官品质研究. 花生学报, 2004, 33(1): 24-27
- [20] 吴兰荣,陈静,王秀贞,杨伟强,曹玉良,张吉民. 花生感官品质的主要鉴定指标. 中国油料作物学报, 2005, 27(1): 52-54
- [21] 栾文琪,韩守萍. 山东花生种质资源籽仁营养品质研究. 作物品种资源, 1990(2): 22-25
- [22] 崔顺立,孟硕,何美敬,杨鑫雷,侯名语,穆国俊, Chen C Y, 刘立峰. 美国花生微核心种质资源纯化系的引进与表型评价. 植物遗传资源学报, 2017, 18(3): 381-389
- [23] Luo H, Ren X, Li Z, Xu Z, Li X, Huang L, Zhou X, Chen Y, Chen W, Lei Y, Liao B, Pandey M K, Varshney R K, Guo B, Jiang X, Liu F, Jiang H. Co-localization of major quantitative trait loci for pod size and weight to a 3.7 cM interval on chromosome A05 in cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.). BMC Genomics, 2017, 18: 58
- [24] 中华人民共和国农业部. NY/T 1893-2010 加工用花生等级规格. 北京: 中国标准出版社, 2010: 4
- [25] Misra J B. A mathematical approach to comprehensive evaluation of quality in groundnut. Journal of Food Composition and Analysis, 2004, 17: 69-79
- [26] 闫丛丛,侯名语,崔顺立,刘立峰, Luciano J H K, 杨鑫雷, 孟庆英, 李文平, 刘富强, 穆国俊. 红白花斑种皮高油酸花生种质材料的创制. 植物遗传资源学报, 2017, 18(3): 587-594

欢迎订阅 2019 年《园艺学报》

《园艺学报》是中国园艺学会和中国农业科学院蔬菜花卉研究所主办的学术期刊,中文核心期刊,中国科技核心期刊;被英国《CAB 文摘数据库》、美国 CA 化学文摘、日本 CBST 科学技术文献速报、俄罗斯 AJ 文摘杂志、CSCD 中国科学引文数据库等多家数据库收录。《园艺学报》荣获“第三届国家期刊奖”及“新中国 60 年有影响力的期刊”、“中国国际影响力优秀学术期刊”、“百种中国杰出学术期刊”、“中国权威学术期刊”、“中国精品科技期刊”等称号。刊载有关果树、蔬菜、观赏植物、茶及药用植物等方面的学术论文、研究报告、专题文献综述、问题与讨论、新技术新品种以及园艺研究动态与信息。

月刊,每期定价 48 元,全年 576 元。国内外公开发行,全国各地邮局办理订阅,国内邮发代号 82-471,国外发行由中国国际图书贸易总公司承办,代号 M448。漏订者可直接寄款至编辑部订购。

地址:北京市海淀区中关村南大街 12 号中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部

邮编:100081

电话:010-82109523

E-mail: yuanyixuebao@126.com

网址: <http://www.ahs.ac.cn>