

秦利,韩锁义,刘华.我国食用花生研究现状[J].江苏农业科学,2015,43(11):4-7.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.002

我国食用花生研究现状

秦利,韩锁义,刘华

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

摘要:花生是我国重要的油料作物和经济作物,其中油用花生占 56% 左右,食用花生占 30% 左右。随着人民生活水平的提高,花生作为休闲食品,其食用比例将会进一步提高,开展食用型花生新品种的育种研究,选育更多优质专用型花生新品种,对于促进花生产业的发展具有重要意义。概述了食用型花生的分类、品质性状指标以及食用花生研究进展,以期对食用型花生育种及遗传改良研究提供参考。

关键词:食用花生;分类;品质;育种

中图分类号: S565.203 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-004-04

花生除用于榨油外,还是食品工业的重要原料。据资料统计,国外特别是美国的花生总产量约 70% 以上用于食品加工,而欧盟各国的花生有 90% 以上用于食用^[1]。

我国的花生主要以油用为主,近年来,国内花生食品加工业发展迅速,花生食用的比例随之提高^[2]。进入 21 世纪后,我国花生年均用于榨油的比例较 20 世纪 80 年代明显降低,2006—2010 年维持在 44% ~ 46%^[3-4]。花生食用比例的提高,对食用型花生品种的培育及与之相关的品质性状研究提出了更高的要求。我国在这方面的研究起步较晚,与国外相比还存在着较大差距,主要表现在以下几点:(1) 育种目标不明确,还没有形成食用花生品种专用化;(2) 食用花生品质较差。因此,我国需要尽快提高花生育种技术水平,改善花生的内在品质,进而增强国际竞争力。本研究综述了食用型花生的分类、品质性状指标以及食用花生的研究现状,旨在为食用型花生育种及遗传改良提供参考。

1 食用型花生分类

花生可直接食用,也可通过煮、炸、炒、酱等方法加工成多种风味的花生副食品,如我国四川的天府花生、福建龙岩的盐酥花生、江西的多味香酥花生和湖北的巧克力果味花生等都闻名遐迩。随着人民膳食结构由温饱型向营养型方向发展,花生酱等高营养、低热量的方便食品也越来越受到国内消费者的欢迎。

1.1 鲜食花生(直接食用或煮食)

鲜食花生营养丰富,除含有大量的脂肪、蛋白质及各种矿物质外,还含有多种维生素^[5],每 100 g 鲜食花生中含水分 36.4%,蛋白质、脂肪、碳水化合物含量分别为 15.5、31.5、14.5 g,纤维素含量 1.8 g,灰分含量 2.1 g,其余微量元素如钙含量 43.0 mg、钾含量 462.0 mg、核黄素含量 0.08 mg 等。

收稿日期:2015-03-10

基金项目:国家花生产业技术体系专项(编号:CARS-14);河南省农业科学院自主创新专项基金。

作者简介:秦利(1979—),女,河南淇县人,博士,副研究员,主要从事花生遗传育种研究。E-mail:qinli1018@126.com。

根据市场需求,鲜食花生品种以含糖量 5% 以上^[6]、蛋白质含量高(30% 以上)、生育期短(80 ~ 90 d)、种皮为鲜红或黑色^[7]为佳;其次,为了进一步降低劳动成本、减少劳动量^[8-11],要求花生荚果网纹浅、缩缢浅,以便收获时黏土少、易清洗。

通过育种手段创制新品种是市场的要求,前人利用多种育种途径,选育了一批鲜食花生新品种,主要有徐早花 1 号、特早 2 号、开农 15、桂花红 35、桂花红 95、桂花红 166^[12]、开白二号、YA03-5、豫花黑 1 号、豫紫一号^[13]、花育 17 号和鲁花 14 号等^[14]。

1.2 烘烤花生、咸酥花生、炒食花生

烘烤花生、咸酥花生、炒食花生等是主要的花生休闲食品,深受广大消费者的喜爱^[15-17]。该类花生的质量需求为种皮最佳为粉红色,果形细长,果皮相对较厚硬。甜度、硬度与口味品质间的关系表明,口味品质与甜度、硬度关系密切,相关系数分别为 0.88、0.63,随着种子硬度和蔗糖含量的增加,其口味品质会变好。因此,花生烤果、花生烤仁等要求花生品种的含糖量、硬度要高^[18]。

目前我国已选育出一些适合烘烤加工的专用型花生品种,如泉花 10 号、天府 11 号、赣花 92-01、潍花 7 号、台南选 9 号等^[19]。而我国华南地区花生的传统消费方式是用中、小籽粒类型品种烤(炒)食^[20],其中有中早熟炒食小花生徐花 5 号等。鲁花 10 号、8130 等普通型传统大花生品种,其果皮厚度适中,不易破碎,籽仁长椭圆形,质地酥脆,不油不腻,适于烤果食用。

1.3 深加工专用型

花生深加工专用型品种要求其荚果整齐,双仁率 > 80%,蛋白质含量 > 30%,脂肪含量 < 45%,油酸/亚油酸(O/L)为 1.4 ~ 2.0,赖氨酸、色氨酸等氨基酸含量越高越好^[21];无黄曲霉污染,不得含有丁酰胺。

目前生产上种植的花生品种,蛋白质含量一般为 26% ~ 30%,并含有较多的维生素 E、维生素 B 以及磷、镁、钾、钙等元素,但人体必需的 8 种氨基酸中,赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、苏氨酸含量相对较低,维生素 A、维生素 C 以及铁、锰、锌、硒等元素含量也偏低。因此,营养品质育种的主攻目标是进一

步提高蛋白质含量,继而提高其综合营养价值。

我国花生深加工的代表品种有 8130、鲁花 10 号、花育 22 号等品种。

2 食用花生品质性状指标

2.1 感官品质指标

我国食用花生感官品质要求荚果为普通型中果、大果(百果质量 160 ~ 180 g),果腰浅,无喙或短喙,果皮硬度和厚度中等,果鞘硬度中等,不易开裂;植株生长势强,茎秆粗壮抗倒,后期不早衰,结实性好,饱果率高,整齐一致,出仁率在 70% 以上,果壳淡黄色,网纹中或浅。种皮颜色浅粉红色,同时要抗黄曲霉污染,抗病、抗旱、耐涝性强,产量潜力大,稳产性好^[2]。

2.2 食用花生营养品质

食用花生的营养品质主要指花生籽仁中蛋白质、脂肪、脂肪酸、氨基酸、糖、维生素等的含量及组成。NY/T 1067—2006《食用花生》^[22]中规定,花生仁的水分含量 $\leq 8.0\%$,花生仁按蛋白质含量分为 3 个等级:蛋白质含量 $> 26.0\%$ 为一级; $23.0\% \sim 26.0\%$ 为二级; $< 23.0\%$ 为三级。目前我国对花生的营养指标只要求了粗脂肪含量($< 50\%$)、蛋白质含量($> 30\%$)和含糖量(6% 以上)^[23-24],对其他品质性状指标没有规定。

2.3 口味品质指标

口味是衡量食用花生品种品质非常重要的因素,是食用花生及其制品的物理及化学特性的总括,它直接影响着消费者的利益和产品的销路。花生的口味主要有甜度、香味、脆度、柔嫩度、细腻度、异味等 6 个指标^[25],其中香味、甜味与多种挥发性成分、氨基酸组成等相关^[26]。

3 食用花生品质的研究进展

食用花生的品质改良要求高蛋白、低油分、高 O/L 等。近年来,我国花生种植面积不断增大,单产较世界平均水平高出一倍多,且丰产性较好^[27],但品质和抗性略逊一筹,而且目前市场上缺乏优质专用的食用型花生品种^[28]。我国花生主产区的食用花生品质高低不一,北方区花生品种普遍油分含量高、蛋白质和亚油酸含量较低,油腻感较重;南方区花生主栽品种也表现为油分较高、亚油酸偏低,不过蛋白质含量较北方区高^[29]。随着人们营养膳食结构的改善,食用花生的质量和营养保健功效也愈来愈被重视。

3.1 高蛋白

花生中含有大约 24% ~ 36% 的蛋白质,是一种重要的油料蛋白资源。在植物蛋白资源中,花生蛋白居第 3 位,占蛋白总量的 11%,是较理想的食用蛋白资源^[30]。花生蛋白是一种近完全的蛋白,含有人体必需的各种氨基酸,有效利用率为 98.9%。花生中不含胆固醇,“营养抑制物质”含量低。花生蛋白中的棉子糖和水苏糖的含量仅相当于大豆蛋白的 1/7,这 2 种不消化糖在食用后会引起腹内胀气,所以食用花生蛋白制品不会发生胀气现象^[31]。

长期以来花生育种目标是选育高产、高油品种,而高蛋白食用型花生品种选育仍处在一个较低的水平。目前,我国生产上种植的花生品种蛋白质含量变幅在 12.48% ~ 36.31%

之间,平均含量为 26.85%,蛋白质含量 $> 32\%$ 的品种占 6.78%^[31]。因此可见,优质高蛋白花生品种的选育还有较大空间。

蛋白质含量属于数量性状遗传,有关花生蛋白质含量的遗传机制研究较多,徐宜民等认为,花生蛋白质含量主要受加性基因作用,一般配合力大于特殊配合力,通过选配高蛋白亲本进行杂交可进行有效改良^[32]。另有研究表明,蛋白质含量的遗传以基因加性效应为主^[33-34]。姜慧芳等研究认为,蛋白质含量的遗传以非加性基因效应为主^[35]。赖明芳等则认为,加性和非加性效应都重要^[36]。刘华等对花生蛋白质含量运用主基因+多基因混合遗传模型进行了分析,认为花生的蛋白质含量受非遗传因素影响较小,多基因遗传率达到 87.67%,采用杂交育种方法有望获得高蛋白的花生品种^[37]。

目前选育的高蛋白花生品种具有较强的地域性,多来自湖南省、福建省、江西省等南方产区^[1]。

3.2 低脂肪

花生中含有大约 46% ~ 57% 的脂肪^[38],花生含油量的遗传较为复杂,研究者的看法不一。金海燕等认为,含油量以非加性效应为主^[34];赖明芳等认为,加性和非加性两者作用同等重要^[36];甘信民等则认为,含油量受加性和非加性效应共同控制,且以加性效应为主^[39-40];梁炫强等研究表明,花生含油量以加性效应为主,非加性和上位性效应也同时对其制约^[41];但另有研究者认为,含油量除了受到加性和非加性遗传效应影响外,还受到环境因素的影响,存在基因型与环境的互作效应^[42-44]。

目前高血压、动脉硬化、高血脂、心脏病等心脑血管疾病已成为威胁人类健康的主要疾病之一,人们对饮食结构及质量提出更高的要求,因此低脂肪的食品愈来愈受到青睐。在美国,对“低脂食品”的标注有明确规定,要求脂肪含量低于普通食品的 3/4,而花生低脂食品含油量的标准应低于 37.5%。现代加工技术尽管可以实现花生的部分脱脂,但只有通过育种手段选育低脂肪花生品种才能从根本上解决问题。目前我国花生资源含油量较高,最低的为 39%。因此筛选和选育低脂肪花生种质和品种已迫在眉睫^[45]。

3.3 高油酸

关于花生高油酸的遗传,前人做了较多研究。从口感、甜度、风味和硬度来考察,高油酸花生品种适合烘烤加工,具有良好的烘烤风味和质量,且含有较高的花生香气^[46]。

实践证明,通过自然和诱发突变可创制油酸含量显著提高的突变体,这些突变体经选择可直接育成品种或作为亲本材料用于高油酸品种选育。

Norden 等分析了佛罗里达 494 份花生材料,从中鉴定出 2 份高油酸自然突变体 435-2-1、435-2-2(后称为 F435、UF435 或 F435-HO,来自 F78-1339),两者的油酸含量分别为 79.91%、79.71%,亚油酸含量均约为 2%,O/L 分别为 37.34、34.81^[47]。美国高油酸花生品种大部分具有 F435 的血统。

美国利用 γ 射线处理 Georgia Runner 获得了高油酸突变体。Yu 等从 1990 年辐射突变体衍生后代中鉴定出 4 份油酸比超过 15 的材料,即 SPI087(油酸含量 79.01%,O/L =

25.48)、SPI098(油酸含量 81.59%, O/L = 37.25, 79266 辐射突变体衍生系)、SPI184(油酸含量 81.19%, O/L = 25.29) 和 SPI214(油酸含量 80.67, O/L = 17.89)^[48]。

国外花生品种多蔓生、分枝多、晚熟、低产,而我国花生直立、疏枝(适合密植)、早熟且产量水平高,因此国外的品种引入我国很难直接利用。化学诱变性状稳定快,用化学诱变剂处理我国高产品种不失为一条培育高油酸品种的有效途径。

Wang 等用 0.39% 叠氮化钠浸种处理花育 22 号,从 M3 种子中用大样本和单粒近红外模型筛选出油酸含量为 60% 以上的单株 1 个,并经 GC 分析确认^[49]。Fang 等用 1.0% EMS 浸泡鲁丰 2 号种子后种植,收获 M2 种子,进而利用近红外模型筛选,获得高油酸突变体 E2-4-83-12。GC 分析发现其油酸含量为 64.2%,而野生型材料含量仅为 44.2%,通过 EMS、DES 或叠氮化钠浸种,现已获得了一批油酸含量超过 70% 的 M3 种子^[50]。

目前多数突变体未直接作为品种加以利用^[51],但可通过与高产品种杂交或进一步回交获得高油酸品种。高油酸品种 Georgia Hi-O/L、Georgia02C 均是利用 Georgia Runner γ 射线高油酸突变体杂交育成的,Georgia-08V GA 则是利用 C-99R 与 Georgia Hi-O/L 杂交育成的。为培育高油酸、高产西班牙型花生品种,1993 年南非利用美国高油酸育成系 UF85-1241 与南非品种 Akwa 搭配杂交组合,获得高油酸品种 SA Juweel。Branch 通过 γ 射线照射兰娜品种获得了高油酸突变体,再采用杂交育种选育出 O/L 为 32 的高油酸品种 Georgia-02C^[52]。

姜慧芳等发现远缘杂交后代脂肪酸变异远超过亲本间差异,并通过远缘杂交获得 6 份油酸含量达 64% 以上的新种质,其中旅大四粒红与 *A. stenosperma* 杂交育成的 yz8913-8 油酸含量为 67.85%,比其栽培种亲本提高近 30 百分点^[53]。张建成等研究发现,编号为 6-14D4、6-32、6-8D13 的 3 份材料均为四粒红 \times *A. pusilla* 的杂交后代,其 O/L 分别为 1.8、1.8、1.7,而母本四粒红的 O/L 不足 1.0,证明野生种与栽培种杂交可以选育出高比值后代^[54]。

中国花生核心种质中高油酸材料存在丰富的遗传多样性,且分布较广^[55]。目前国内育成审定的高油酸品种有花育 32 号、开农 H03-3、开农 61 等^[1]。其中 H03-3 是河南省开封农业科学院利用 K9508-1 作母本,与国外引进的高油酸材料系统育成的开选 01-6 为父本杂交育成,2007 年通过安徽省审定。利用开农 30 \times 开选 01-6 育成高油、高油酸品种开农 61,2012 年通过河南省审定。

小京生花生是浙江省新昌特有的传统产品,果形美观,多用来炒食,香酥甜醇,风味特佳,是浙江省优异的花生种质资源。小京生花生仁含蛋白质 27%、脂肪 48%、糖分 5.9%、淀粉 7.2%,营养价值比鸡蛋、牛奶还高。脂肪酸中油酸含量为 64.7%,亚油酸含量为 23%,O/L 为 2.8,是我国为数不多的 O/L 种质资源,在花生育种上具有重要的利用价值^[56]。

4 展望

我国食用型花生研究存在的问题主要有:市场上品种混杂,优质专用品种匮乏;鲜食花生市场潜力大,早上市却难储藏;目前食用花生标准中没有规定花生中各氨基酸含量;我国

没有 O/L、含糖量、过氧化值等相关方面的标准,并且很多卫生指标与各进口国有很大差距^[5]。之前我国的花生育种过多考虑产量,缺乏针对不同加工要求的专用品种,今后要加大高含油量或低脂肪、高油酸、高蛋白、高糖分、高硬度等加工专用品种的引进、筛选与选育,研究建立消除食用花生过敏源的方法^[57-62]。花生易受黄曲霉毒素污染,要加强抗黄曲霉花生新品种选育、推广,通过应用农业信息新技术,如 GPS、GIS 等信息指导系统建立花生食品安全风险评估立体体系,这些将是我们今后育种研究的方向。

参考文献:

- [1] 禹山林. 中国花生品种及其系谱[M]. 上海:上海科学技术出版社,2008:186.
- [2] 董文召,汤丰收. 我国花生优质育种的研究进展及育种策略探讨[J]. 中国农学通报,2002,18(2):77-79.
- [3] 周瑞宝. 中国花生生产、加工产业现状及发展建议[J]. 中国油脂,2005,30(2):5-9.
- [4] 陈艳君. 我国 2010 年花生、花生油市场回顾暨 2011 年展望[J]. 粮食与油脂,2011(2):36-38.
- [5] 江文远. 鲜食花生发展前景与无公害栽培技术[J]. 南方园艺,2012,23(1):40-41.
- [6] 王健文,李永军,赵国建,等. 鲜食花生发展前景、存在问题及发展对策探讨[J]. 陕西农业科学,2009(2):129-130.
- [7] 王在序,盖树人. 山东花生[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999.
- [8] 孙大容. 花生育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [9] 赵志强,万书波,束春德,等. 花生的食品加工与综合利用[M]. 北京:中国轻工业出版社,1996.
- [10] 梁惠娟,陈庆南. 鲜用煮食花生的应用前景及高效栽培技术[J]. 北京农业,1995(5):10-11.
- [11] 贺梁琼,韩柱强,钟瑞春,等. 3 个鲜食保健型红花生新品种的选育及栽培技术[J]. 南方农业学报,2011,42(10):1202-1205.
- [12] 许博,顾克军,杨四军,等. 6 种鲜食彩色花生品种比较试验[J]. 安徽农业科学,2009,37(26):12473-12474.
- [13] 刘洪明,王同雨,崔凤高,等. 青岛市鲜食花生主要种植品种比较试验[J]. 山东农业科学,2009(6):29-31.
- [14] 欧阳玲花,冯健雄,闵华. 花生食品的研究开发现状及其进展[J]. 江西农业学报,2010,22(12):113-116.
- [15] Ho C T. Flavor chemistry of roasted peanuts[R]. 241st National Meeting and Exposition of the American-Chemical-Society. 2011.
- [16] McDaniel KA, Mifsud JC, Hervé L, et al. Kinetics of dry roasting as related to peanut quality[R]. AIP Conference Proceedings, 2011: 81-83.
- [17] Idrus N F, Yang T A. Comparison between roasting by superheated steam and by convection on changes in colour, texture and micro-structure of peanut (*Arachis hypogaea*) [J]. Food Science and Technology Research, 2012, 18(4):515-524.
- [18] Wang C T. Evaluation of groundnut genotypes from China for quality traits[J]. Journal of SAT Agricultural Research, 2011, 12(9):1-5.
- [19] 李林,杨光立,孙玉桃,等. 瞄准国际国内市场,加快湖南花生产业发展[J]. 作物研究,2000(2):53-56.
- [20] 廖福琴,吴焯. 优质加工型花生品系的筛选初报[J]. 江西农业学报,2010,22(7):41-43.

- [21] 张吉民. 美国的花生加工和利用[J]. 世界农业, 1989(1): 54—56.
- [22] NY/T 1067—2006 食用花生[S].
- [23] 万书波. 花生品质学[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005.
- [24] 吴兰荣, 陈静, 王秀贞, 等. 花生感官品质的主要鉴定指标[J]. 中国油料作物学报, 2005, 27(1): 52—54.
- [25] 万书波. 中国花生栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 588—589.
- [26] 戴良香, 万书波, 张智猛, 等. 不同类型花生品种主要矿质元素含量分布及相关性分析[J]. 营养学报, 2009, 31(6): 606—608.
- [27] 万书波. 我国花生科研工作的回顾与前瞻[J]. 花生科技, 1999(增刊1): 6—12.
- [28] 肖昌珍, 吴渝, 甘冬生, 等. 中国花生种质主要生化品质分析[J]. 花生科技, 1999(S1): 161—166.
- [29] Ramachandran S, Singh S K, Larroche C, et al. Oil cakes and their biotechnological applications—a review[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(10): 2000—2009.
- [30] 林坤耀. 我国花生蛋白质的研究概况[J]. 广东农业科学, 2004(增刊1): 15—16.
- [31] 郭洪海, 杨丽萍, 李新华, 等. 黄淮海区域花生生产与品质现状及发展对策[J]. 中国农学通报, 2010, 26(14): 123—128.
- [32] 徐宜民, 甘信民, 曹玉良, 等. 花生主要营养品质性状和农艺性状配合力的研究[J]. 中国农业科学, 1995(2): 15—23.
- [33] 刘恩生. 花生蛋白质、脂肪含量及其它农艺性状的配合力和遗传参数分析[J]. 华北农学报, 1987, 2(3): 18—26.
- [34] 金海燕, 林月顺. 花生蛋白质含量配合力效应分析[J]. 广西农业科学, 1991(5): 203—205.
- [35] 姜慧芳, 任小平. 我国栽培种花生资源农艺和品质性状的遗传多样性[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(4): 421—426.
- [36] 赖明芳, 曾彦, 漆燕, 等. 花生主要经济性状遗传特点分析[J]. 中国油料作物学报, 2007(2): 148—151.
- [37] 刘华, 张新友, 崔党群, 等. 花生蛋白质和脂肪含量的主基因+多基因遗传分析[J]. 江苏农业科学, 2011(2): 127—130.
- [38] Kavera B. Oil quality improvement in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) through induced mutagenesis[D]. Dharwad, India: University of Agriculture Science, 2008.
- [39] 甘信民, 曹玉良, 魏家祥, 等. 花生数量性状配合力的研究[J]. 中国油料作物学报, 1981, 3(3): 31—43.
- [40] 黄冰艳, 张新友, 董文召, 等. 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[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3): 414—417.
- [41] 梁炫强, 郑广柔, 向荣英, 等. 珍珠豆型花生产量和含油率遗传特性的双列分析[J]. 中国油料, 1992(1): 21—25.
- [42] Upadhyaya H D, Nigam S N. Detection of epistasis for protein an oil contents and oil quality parameters in peanut[J]. Crop Science, 1999, 39(1): 115—118.
- [43] 陈四龙, 李玉荣, 程增书, 等. 花生含油量杂种优势表现及主基因+多基因遗传效应分析[J]. 中国农业科学, 2009, 42(9): 3048—3057.
- [44] Tai Y P, Young C T. Genetic studies of peanut proteins and oils[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1975, 52(9): 377—385.
- [45] 臧秀旺. 适应市场发展需要, 加快选育优质专用型花生新品种[J]. 花生学报, 2003, 32(增刊1): 258—262.
- [46] Isleib T G, Pattee H E, Sanders T H, et al. Compositional and sensory comparisons between normal— and high—oleic peanuts[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(5): 1759—1763.
- [47] Norden A J, Gorbet D W, Knauff D A, et al. Variability in oil quality among peanut genotypes in the Florida breeding program[J]. Peanut Science, 1987(1): 7—11.
- [48] Yu S L, Pan L J, Yang Q L, et al. Comparison of the Δ^{12} fatty acid desaturase gene between high—oleic and normal—oleic peanut genotypes[J]. Journal of Genetics and Genomics, 2008, 35(11): 679—685.
- [49] Wang C T, Tang Y Y, Wang X Z, et al. Sodium azide mutagenesis resulted in a peanut plant with elevated oleate content[J]. Electronic Journal of Biotechnology, 2011, 14(2): 1—7.
- [50] Fang C Q, Wang C T, Wang P W, et al. Identification of a novel mutation in FAD2B from a peanut EMS mutant with elevated oleate content[J]. Journal of Oleo Science, 2012, 61(3): 143—148.
- [51] 雷永, 廖伯寿. 花生高油酸遗传育种研究进展[C]//山东省花生研究所, 加强花生科技创新推进油料科技产业发展——第五届全国花生学术研讨会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 101—105.
- [52] Branch W D. Registration of 'Georgia—02C' peanut[J]. Crop Science, 2003, 43(5): 1883—1884.
- [53] 姜慧芳, 任小平, 黄家权, 等. 野生花生脂肪酸组成的遗传变异及远缘杂交创造高油酸低棕榈酸花生新种质[J]. 作物学报, 2009, 35(1): 25—32.
- [54] 张建成, 王传堂, 王秀贞, 等. 花生自然风干种子油酸、亚油酸和棕榈酸含量的近红外分析模型构建[J]. 中国农学通报, 2011, 27(3): 90—93.
- [55] 任小平, 廖伯寿, 张晓杰, 等. 中国花生核心种质中高油酸材料的分布和遗传多样性[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(4): 513—518.
- [56] 李付振, 吴列洪, 梁尹明, 等. 浙江花生小京生产业现状及育种策略[J]. 浙江农业科学, 2012(10): 1374—1376, 1381.
- [57] 杨洁, 张勇, 杨萍, 等. 山东省花生产业发展现状分析[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 433—436.
- [58] Pascal C. Allergy free and easy cooking; 30—minute meals without gluten, wheat, dairy, eggs, soy, peanuts, tree nuts, fish, shellfish, and sesame[M]. UK: Ten Speed Press, 2012.
- [59] Yeboa H J, Daly D, Cullinane C, et al. Component—resolved diagnostics may be a useful innovation in the diagnosis of peanut allergy[C]. Geneva, Switzerland: 31st Congress of the European Academy of Allergy and Clinical Immunology, 2012.
- [60] 沈一, 刘永惠, 陈志德. 花生 *ALDH7* 基因的鉴定与盐胁迫表达[J]. 江苏农业学报, 2013, 29(5): 979—984.
- [61] Cabanillas B, Pedrosa M M, Rodríguez J, et al. Influence of enzymatic hydrolysis on the allergenicity of roasted peanut protein extract[J]. International Archives of Allergy and Immunology, 2012, 157(1): 41—50.
- [62] 陈静. 高油酸花生遗传育种研究进展[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(2): 190—196.