

# 美国花生微核心种质资源纯化系的 引进与表型评价

崔顺立<sup>1</sup>, 孟 硕<sup>1</sup>, 何美敬<sup>1</sup>, 杨鑫雷<sup>1</sup>, 侯名语<sup>1</sup>, 穆国俊<sup>1</sup>, Charles Y. Chen<sup>2</sup>, 刘立峰<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 教育部华北作物种质资源实验室/河北省作物种质资源重点实验室/河北农业大学, 保定 071001;

<sup>2</sup> Department of Crop, Soil and Environmental Sciences, Auburn University, Auburn, AL 36849, USA)

**摘要:**花生种质资源是花生新品种选育和重要农艺性状遗传研究的基础材料。引进国外优异花生种质资源,并对其进行鉴定和评价对发掘优良花生种质、丰富我国花生资源遗传多样性以及合理利用种质资源进行遗传改良具有重要意义。本研究于2014-2015年连续2年在河北保定对104份引进的美国花生微核心种质资源纯化系进行了农艺性状考察和抗病性鉴定。鉴定结果表明,美国微核心种质纯化系多为匍匐型,主茎高变异范围为24.50~89.50 cm,侧枝长为39.37~99.23 cm,单株果数和单株果重分别为8.75~46.33个和8.49~29.54 g,百果重为80.76~216.72 g,单株粒数为18.25~58.00个,单株粒重为9.89~33.36 g,百仁重为25.52~74.18 g,出仁率为52.58%~76.08%。抗病性鉴定表明,部分美国微核心种质资源纯化系高抗褐斑病和网斑病,性状优良。该研究结果为花生新品种选育与遗传研究提供了优异材料和参考信息。

**关键词:**花生;微核心种质;农艺性状;抗病性

## Introduction and Phenotypic Evaluation of the Purified Lines of the U. S. Peanut Mini Core Collection

CUI Shun-li<sup>1</sup>, MENG Shuo<sup>1</sup>, HE Mei-jing<sup>1</sup>, YANG Xin-lei<sup>1</sup>,  
HOU Ming-yu<sup>1</sup>, MU Guo-jun<sup>1</sup>, Charles Y. Chen<sup>2</sup>, LIU Li-feng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> North China Key Laboratory for Crop Germplasm Resources of Education Ministry/Laboratory for Crop  
Germplasm Resources of Hebei/Agricultural University of Hebei, Baoding 071001;

<sup>2</sup> Department of Crop, Soil and Environmental Sciences, Auburn University, Auburn, AL 36849. USA.)

**Abstract:** Peanut germplasm resources are the basic materials for peanut breeding and genetic research of important agronomic traits. Introduction of foreign peanut germplasms is of great significance for exploring elite materials, enriching genetic diversity, and utilizing germplasm resources of peanut for genetic improvement in China. A set of 104 accessions of the purified U. S. mini-core collection was evaluated for the agronomic traits and diseases resistance in 2014 and 2015 in the fields of Hebei Province of China. The results showed that most accessions of the U. S. mini-core collection were spreading type. Large variations of the evaluated traits were observed among tested accessions. The ranges were 24.50 cm to 89.50 cm for main stem height, 39.37 cm to 99.23 cm for lateral branch length, 8.75 to 46.33 for the number of pods per plant, 8.49 g to 29.54 g for yield per plant, 80.76 g to 216.72 g for 100-pod weight, 18.25 to 58.00 for the number of kernel per plant, 9.89 g to 33.36 g for weight of kernel per plant, 25.52 g to 74.18 g for 100-kernel weight, and 52.58% to 76.08% for shelling percentage, respectively. Some accessions of the U. S. mini core collection showed highly resistant to leaf spot and net leaf blotch diseases. The identified purified lines

收稿日期:2016-10-11 修回日期:2016-12-20 网络出版日期:2017-04-17

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20170417.0840.008.html>

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-14);国家自然科学基金项目(31471523);“948”计划项目(2013-Z65);河北省科技支撑计划(16226301D);河北省高等学校科学技术研究重点项目(ZD2015056)

第一作者研究方向为花生遗传育种。E-mail:cuishunli1999@163.com;孟硕为共同第一作者

通信作者:刘立峰,研究方向为花生基因组学与分子育种研究。E-mail:liulifeng@hebau.edu.cn

for disease resistance and evaluation data collected from this research will be valuable for breeding practices and genetic research of peanut in China.

**Key words:** peanut; mini core collection; agronomic traits; disease resistance

花生是重要的油料与经济作物,除供食用外,还可用于工业生产,在世界范围内广泛种植,具有较高的社会经济价值<sup>[1]</sup>。花生在我国占有重要地位,其总产、出口量均居世界首位,产量约占我国五大油料作物总产量的48%<sup>[2]</sup>。我国是花生种植大国,种植历史较长,种植地域广泛,通过长期的自然和人工选择,拥有丰富的种质资源。但经对我国人工改良花生品种的系谱分析发现,已育成的200多个品种仅涉及40个花生种质材料,其中,伏花生和狮头企的亲缘就覆盖了140个品种<sup>[3]</sup>。由于过分集中地使用某些优良亲本,并按照既定的育种目标进行选择,使得花生品种的遗传基础日益狭窄<sup>[4]</sup>。

花生叶部病害是危害花生最主要和最普遍的危害<sup>[5-6]</sup>,花生叶斑病发生在花生生长的中后期,导致叶片大量提早脱落,受害花生一般减产10%~20%,严重的达40%以上<sup>[7-8]</sup>;网斑病在温度高的雨后容易发生,一般减产20%左右,严重的达30%以上<sup>[9-10]</sup>,是花生产量的重要限制因素之一<sup>[11-12]</sup>。20世纪50年代后,我国花生育种研究有了较快的发展<sup>[11,13-14]</sup>,花生主产区山东、河南、河北、四川和广东等地还相继开展了种质资源研究工作。但是,我国广泛种植的花生品种对叶斑病、网斑病等主要叶部病害的抗性存在显著差异,缺乏免疫和高抗材料<sup>[15-17]</sup>。

我国的花生种质资源有多粒型、珍珠豆型、龙生型、普通型和中间型5种<sup>[18]</sup>,与1994年以前国际上应用的花生分类体系相同,普通型和珍珠豆型最多,其次为龙生型,多粒型和中间型较少<sup>[19-20]</sup>;1994年Krapovickas和Gregory合作修订了栽培种花生的分类系统,将原来的多粒型分为多粒型、赤道型和秘鲁型3种<sup>[21]</sup>。我国的多粒型花生种质资源中是否含有赤道型和秘鲁型,需要进一步研究<sup>[22]</sup>。我国虽然具有丰富的种质资源,但花生品种类型单一化,新品种增产幅度不大,病虫害日益加重,抗性品种缺乏<sup>[4]</sup>,地区间发展也不平衡,使得当前花生科研工作难以适应花生生产发展的需要<sup>[23]</sup>,为满足市场及当前发展的需求,我们迫切需要更多的种质资源丰富我国的花生种质资源库。对收集到的种质资源进行鉴定评价是种质资源利用研究的前提和依据<sup>[24]</sup>。对花生种质资源进行评价、利用和创新研究是花生科学研究的重要内容之一。育种实践证明,引进国

外优异花生种质资源,并对其进行评价和利用,对丰富我国花生品种的遗传基础,提高花生抗病性、抗逆性,改良花生品质有积极的推动作用。

美国是花生重要产地,具有其独特的地理和气候特点,拥有丰富的种质资源,在优质资源和抗逆资源方面具有很大优势。目前在美国农业部农业研究局(USDA-ARS)作物种子基因库中保存了9917份的栽培种花生资源,仅次于印度的半干旱农业研究中心(ICRISAT)(15445份)和印度国家植物遗传资源署(The National Bureau of Plant Genetic Resources in India)(14585份)的保存份数。基于快捷、有效及用最小样品数代表最大的遗传多样性的理念,农业部农业研究局遗传学家C. C. Hollbrook等<sup>[25]</sup>于1993年从7432份资源中选出最具代表性的831份资源构建了美国花生核心种质。在实际科研活动中已经证明该核心种质能有效地鉴定和筛选出育种家想要的优良性状。然而对花生而言,在实际中要评价一些复杂而又费时费力费钱的性状,该核心种质数量仍过多。构建微核心种质乃是解决问题的方法之一。微核心即核中之核,用大约10%的核心种质且最具遗传变异的品系代表整个核心种质。2005年,C. C. Hollbrook等<sup>[26]</sup>从核心种质中选出112份构建了微核心种质(Mini-core collection)。随着花生基因组学的开展和进展,对测序遗传材料及SNP开发所用遗传多样性样品的遗传纯度提出更高的要求。鉴于美国基因库所保存的花生资源未经过纯化过程(Pure line procedure),有相当数量的品系是杂合的遗传材料。为此,美国奥本大学(Auburn University)C. Y. Chen等<sup>[27]</sup>首先对微核心种质进行了纯化。这批新的纯化微核心种质已被广泛应用于遗传标记开发、表型评价、关联分析及全基因组连锁分析。

本课题组首次引进了美国纯化的花生微核心种质。这批材料包含普通型、多粒型、珍珠豆型和秘鲁型种质资源。本研究从农艺性状和抗病性等对这些种质资源进行鉴定和评价,丰富了我国花生种质基因库,对我国花生的遗传改良具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

104份美国纯化的微核心花生种质资源(表1)

包括 55 份普通型(*hypogaea*, 简写 *hy*)、34 份多粒型(*fastigiata*, 简写 *fa*)、12 份珍珠豆型(*vulgaris*, 简写 *vu*)、3 份秘鲁型(*peruwiana*, 简写 *pr*)。

## 1.2 农艺性状鉴定调查

供试材料分别于 2014 年 5 月 7 日和 2015 年 5 月 9 日种植于河北农业大学试验站,均在 9 月下旬收获。起垄覆膜种植,一垄双行,每行 10 穴,单粒点播,行长 1.5 m,行距 40 cm,试验田肥力均一。田间管理只进行浇水,中耕除草,不施用任何杀菌剂。田间观察记载幼苗习性、出苗期、开花期、成熟期,并参照姜慧芳等<sup>[28]</sup>编著的《花生种质资源描述规范和数据标准》(简称《标准》)对其株型(Plant Type, PT)、茎秆颜色(Stem Color, SC)、叶形(Leaf Type, LT)、叶色(Leaf Color, LC)及旗瓣色(Banner Color, BC)等进行统计;成熟后每份材料随机选取 3 穴植株,对其植株、荚果、子仁分别进行室内考种,包括荚果果形(Pod Shape, PS)、果嘴程度(Pod Beak, PB)、网纹深度(Pod Reticulation, PR)以及调查主茎高(Main Stem Height, MSH)、侧枝长(Lateral Branch Length, LBL)、结果枝数(Number of Pod Branches, NPB)、单株果数(Pod per Plant, PP)、单株粒数(Kernel per Plant, KP)、单株果重(Pods Weight per Plant, PWP)、单株粒重(Kernels Weight per Plant, KWP)、百果重(100-Pod Weight, 100-PW)、种皮颜色(Seed Coat Color, SCC)、百仁重(100-Kernel Weight, 100-KW)、出仁率(Shelling Percentage, SP)等多个农艺性状,并

用 Excel 2007 进行数据处理。

统计标准参照姜慧芳等<sup>[28]</sup>编著的《标准》信息如下:株型分为 6 种类型,1. 平伏 1 型,2. 平伏 2 型,3. 匍匐 1 型,4. 匍匐 2 型,5. 匍匐 3 型,6. 直立型;茎秆颜色分为 2 种,0. 无色素,1. 有色素;叶形分为 13 种,1. 楔形,2. 倒楔形,3. 椭圆形,4. 长椭圆形,5. 宽椭圆形,6. 近圆形,7. 圆形,8. 卵形,9. 倒卵形,10. 长方形,11. 宽披针形,12. 披针形,13. 窄披针形;叶色分为 5 种颜色,1. 黄绿色,2. 淡绿色,3. 绿色,4. 深绿色,5. 暗绿色;旗瓣色分为 5 种颜色,1. 白色,2. 黄色,3. 橘黄色,4. 深橘色,5. 红色;荚果形状分为 7 种,1. 普通形,2. 斧头形,3. 葫芦形,4. 蜂腰形,5. 茧形,6. 曲棍形,7. 串珠形;果嘴程度分为 5 种,其中 0. 无,1. 轻微,3. 中等,5. 明显,7. 非常明显;荚果网纹程度分为 6 种,0. 无,1. 轻微,3. 中等,5. 明显,7. 非常明显,9. 竖纹;种皮颜色分为 10 种,1. 白色,2. 黄白色,3. 粉红色,4. 浅褐色,5. 淡红色,6. 红色,7. 深红色,8. 淡紫色,9. 紫色,10. 深紫色,11. 花纹(11 为本文材料中所涉及的《标准》之外的种皮颜色)。

## 1.3 抗病性调查

参照姜慧芳等<sup>[28]</sup>编著的《标准》关于花生植株及叶片对褐斑病、网斑病等的抗性程度鉴定及分级标准。标准分为 9 级:0. 免疫(1 级),1. 高抗(2~3 级),5. 中抗(4~5 级),7. 感病(6~7 级),9. 高感(8~9 级)。收获前 1 周内按照国际 9 级标准调查鉴定材料叶片病害发病情况。

表 1 引进花生种质资源的编号和植物学类型

Table 1 PI Number and botany type of peanut accessions used in this study

编号 Codes	类型 Types	编号 Codes	类型 Types	编号 Codes	类型 Types	编号 Codes	类型 Types	编号 Codes	类型 Types	编号 Codes	类型 Types
PI152146	<i>fa</i>	PI268755	<i>hy</i>	PI295250	<i>hy</i>	PI343398	<i>fa</i>	PI475918	<i>fa</i>	PI493938	<i>fa</i>
PI155107	<i>vu</i>	PI268806	<i>hy</i>	PI295309	<i>hy</i>	PI355268	<i>hy</i>	PI476025	<i>fa</i>	PI494018	<i>vu</i>
PI157542	<i>vu</i>	PI268868	<i>hy</i>	PI295730	<i>fa</i>	PI355271	<i>hy</i>	PI476432	<i>hy</i>	PI494034	<i>vu</i>
PI158854	<i>fa</i>	PI268996	<i>hy</i>	PI296550	<i>hy</i>	PI356004	<i>fa</i>	PI476636	<i>hy</i>	PI494795	<i>hy</i>
PI159786	<i>hy</i>	PI270786	<i>hy</i>	PI296558	<i>hy</i>	PI370331	<i>hy</i>	PI478819	<i>vu</i>	PI496401	<i>hy</i>
PI162655	<i>hy</i>	PI270905	<i>hy</i>	PI298854	<i>hy</i>	PI371521	<i>hy</i>	PI478850	<i>fa</i>	PI496448	<i>hy</i>
PI162857	<i>hy</i>	PI270907	<i>hy</i>	PI313129	<i>fa</i>	PI372271	<i>hy</i>	PI481795	<i>hy</i>	PI497318	<i>hy</i>
PI196622	<i>hy</i>	PI270998	<i>vu</i>	PI319768	<i>hy</i>	PI372305	<i>hy</i>	PI482120	<i>hy</i>	PI497395	<i>hy</i>
PI196635	<i>hy</i>	PI271019	<i>vu</i>	PI323268	<i>hy</i>	PI399581	<i>hy</i>	PI482189	<i>fa</i>	PI497517	<i>fa</i>
PI200441	<i>fa</i>	PI274193	<i>hy</i>	PI325943	<i>hy</i>	PI403813	<i>vu</i>	PI493329	<i>fa</i>	PI497639	<i>fa</i>
PI240560	<i>hy</i>	PI288146	<i>vu</i>	PI331297	<i>hy</i>	PI407667	<i>vu</i>	PI493356	<i>fa</i>	PI502040	<i>fa</i>
PI259617	<i>fa</i>	PI288210	<i>vu</i>	PI331314	<i>hy</i>	PI429420	<i>fa</i>	PI493547	<i>fa</i>	PI502111	<i>pr</i>
PI259658	<i>hy</i>	PI290536	<i>hy</i>	PI337293	<i>hy</i>	PI442768	<i>hy</i>	PI493581	<i>fa</i>	PI502120	<i>pr</i>
PI259836	<i>fa</i>	PI290560	<i>vu</i>	PI337399	<i>hy</i>	PI461427	<i>hy</i>	PI493631	<i>fa</i>	PI504614	<i>hy</i>
PI259851	<i>hy</i>	PI290566	<i>fa</i>	PI337406	<i>fa</i>	PI461434	<i>hy</i>	PI493693	<i>fa</i>		
PI262038	<i>fa</i>	PI290594	<i>hy</i>	PI338338	<i>pr</i>	PI471952	<i>hy</i>	PI493717	<i>fa</i>		
PI268586	<i>hy</i>	PI290620	<i>fa</i>	PI339960	<i>fa</i>	PI471954	<i>fa</i>	PI493729	<i>fa</i>		
PI268696	<i>hy</i>	PI292950	<i>hy</i>	PI343384	<i>hy</i>	PI475863	<i>fa</i>	PI493880	<i>fa</i>		

## 2 结果与分析

### 2.1 农艺性状鉴定

2.1.1 植株性状表现 对 104 份美国花生微核心种质纯化系材料主要植物学性状进行了考察(表 2):

(1)大多数材料株型为匍匐型,且匍匐 2 型占有资源的比例高达 40% 以上,其中多粒型多表现为匍匐 2 型和平伏 2 型,普通型多表现为匍匐 2 型和匍匐 3 型,秘鲁型材料中匍匐 1 型、匍匐 2 型和直立型各 1 株,珍珠豆型表现为匍匐 2 型和匍匐 1 型较多;(2)该

表 2 美国微核心种质资源纯化系不同植物学类型花生植株指标统计表

Table 2 Botany indicators of different types of peanut materials of the purified U. S. mini-core collection

性状 Trait	评价指标 Evaluation index	分级(%) Grade	多粒型 <i>Hypogaea</i>	普通型 <i>Vulgaris</i>	秘鲁型 <i>Fastigiata</i>	珍珠豆型 <i>Peruwiana</i>		
株型 PT	形态指标 Morphological index	1	2(1.92%)	4(3.85%)	—	—		
		2	8(7.69%)	1(0.96%)	—	1(0.96%)		
		3	4(3.85%)	6(5.77%)	1(0.96%)	3(2.88%)		
		4	12(11.54%)	27(25.96%)	1(0.96%)	5(4.81%)		
		5	5(4.81%)	11(10.58%)	—	2(1.92%)		
		6	2(1.92%)	4(3.85%)	1(0.96%)	1(0.96%)		
茎秆颜色 SC	色素指标 Pigment index	0	32(30.77%)	55(52.88%)	3(2.88%)	12(11.54%)		
		1	2(1.92%)	—	—	—		
叶形 LT	形状指标 Shape index	3	—	1(0.96%)	—	—		
		4	30(28.85%)	44(42.31%)	3(2.88%)	11(10.58%)		
		5	—	2(1.92%)	—	—		
		8	—	1(0.96%)	—	1(0.96%)		
		9	2(1.92%)	6(5.77%)	—	—		
		10	1(0.96%)	—	—	—		
叶色 LC	颜色指标 Color index	1	8(7.69%)	12(11.54%)	3(2.88%)	5(4.81%)		
		2	7(6.73%)	12(11.54%)	—	3(2.88%)		
		3	14(13.46%)	23(22.12%)	—	3(2.88%)		
		4	4(3.85%)	7(6.73%)	—	—		
		5	—	—	—	1(0.96%)		
旗瓣色 BC	颜色指标 Color index	2	31(29.81%)	54(51.92%)	2(1.92%)	12(11.54%)		
		3	3(2.88%)	1(0.96%)	1(0.96%)	—		
主茎高(cm) MSH	变化范围 Variation range		34.00 ~ 85.00	29.50 ~ 89.50	54.25 ~ 67.92	24.50 ~ 74.58		
		平均值 Average value		63.29	45.52	61.08	49.50	
		极差 Range		51.00	60.00	13.67	50.08	
		变异系数(%) Coefficient of variation		26.38	27.17	15.82	30.49	
		侧枝长(cm) LBL	变化范围 Variation range		52.25 ~ 99.23	39.37 ~ 82.00	75.58 ~ 81.85	53.75 ~ 87.17
		平均值 Average value			77.17	58.85	78.72	64.97
极差 Range		46.98		42.63	4.43	33.42		
	变异系数(%) Coefficient of variation		18.45	18.32	5.63	20.32		

括号内百分数 = 不同级别资源份数/全部资源份数。下同

Percentage in the parentheses = No. of different grade accessions/No. of total accessions. The same as below

资源材料中仅有 2% 左右茎秆中色素含量较高, 呈现紫红色, 其他类型材料中茎秆无色素, 表现为绿色; (3) 该资源材料中 80% 以上叶形为长椭圆形, 除秘鲁型外其他 3 种类型材料中还有其他叶形出现, 多粒型中有少数倒卵形和长方形, 普通型种类较多, 椭圆形、圆形和卵形都有, 珍珠豆型中也有卵形出现; (4) 叶色统计表明, 美国微核心种质资源纯化系叶色较浅, 仅有 10% 左右叶色为深绿色, 秘鲁型叶色全部表现为黄绿色, 多粒型和普通型中都是绿色较多, 黄绿色和淡绿色次之, 少数为深绿色, 珍珠豆型叶色中有暗绿色; (5) 旗瓣色 95% 以上表现为黄色, 个别植株花色较深为橘黄色; (6) 供试材料主茎的高度变化范围为 24.50 ~ 89.50 cm, 极差为 65.00 cm, 不同植物学类型间主茎高度差异较大, 普

通型资源主茎高度变异范围广泛, 多粒型资源主茎平均高度在所有类型中最高, 所有材料除秘鲁型外的变异系数均在 20% 以上; (7) 侧枝长度的变化范围为 39.37 ~ 99.23 cm, 不同植物学类型间侧枝长度差异也较大, 秘鲁型和多粒型花生侧枝平均长度在所有类型中较突出, 且除秘鲁型材料外其他材料的变异系数均在 20% 左右, 国外引进材料多数表现为株体高大, 尤其是多粒型和秘鲁型材料。由以上结果可以看出, 美国微核心种质资源纯化系差异较大, 具有丰富的资源多样性。

**2.1.2 荚果及子仁性状** 美国花生微核心种质资源纯化系考种数据整理结果列于表 3。(1) 各种植物学资源材料对应的荚果果形不同, 其荚果网纹深浅和果嘴明显程度也不一样, 其中多粒型材料果形

表 3 美国花生微核心种质资源纯化系不同植物学类型荚果及子仁性状统计表

Table 3 Pod and kernel traits of different types of peanut materials of the purified U. S. mini-core collection

性状 Trait	评价指标 Evaluation index	分级 (%) Grade	多粒型 <i>Hypogaea</i>	普通型 <i>Vulgaris</i>	秘鲁型 <i>Fastigiata</i>	珍珠豆型 <i>Peruiana</i>	
荚果果形 PS	形状指标 Shape index	1	10(9.62%)	22(21.15%)	1(0.96%)	7(6.73%)	
		2	—	4(3.85%)	—	—	
		3	1(0.96%)	6(5.77%)	—	1(0.96%)	
		4	—	4(3.85%)	—	—	
		5	—	10(9.62%)	1(0.96%)	2(1.92%)	
		6	10(9.62%)	3(2.88%)	1(0.96%)	1(0.96%)	
		7	13(12.5%)	6(5.77%)	—	1(0.96%)	
网纹深度 PR	程度指标 Level index	1	10(9.62%)	20(19.23%)	—	4(3.85%)	
		3	17(16.35%)	24(23.08%)	—	5(4.81%)	
		5	4(3.85%)	11(10.58%)	3(2.88%)	3(2.88%)	
果嘴程度 PB	程度指标 Level index	0	23(22.12%)	35(33.65%)	—	10(9.62%)	
		3	11(10.58%)	20(19.23%)	3(2.88%)	2(1.92%)	
单株果数(个)PP	变异范围 Variation range		9.67 ~ 29.42	10.50 ~ 46.33	8.75 ~ 13.17	16.00 ~ 30.00	
		平均值 Average value		19.54	24.43	10.96	21.32
		极差 Range		19.75	35.83	4.42	14.00
		变异系数 (%) Coefficient of variation		27.32	30.25	28.50	24.28
单株果重(g) PWP	变异范围 Variation range		8.49 ~ 26.05	9.91 ~ 29.54	14.80 ~ 24.88	13.67 ~ 23.69	
		平均值 Average value		17.57	18.18	18.64	19.84
		极差 Range		17.57	19.63	10.09	10.03
		变异系数 (%) Coefficient of variation		26.01	29.37	29.26	27.21

表 3(续)

性状 Trait	评价指标 Evaluation index	分级(%) Grade	多粒型 <i>Hypogaea</i>	普通型 <i>Vulgaris</i>	秘鲁型 <i>Fastigiata</i>	珍珠豆型 <i>Peruwiana</i>
百果重(g) 100 ~ PW	变异范围 Variation range		80.76 ~ 204.73	81.25 ~ 165.35	115.63 ~ 212.80	35.39 ~ 216.72
	平均值 Average value		127.70	108.37	147.65	175.05
	极差 Range		123.97	84.10	97.17	81.33
	变异系数(%) Coefficient of variation		26.21	23.74	18.66	32.67
种皮颜色 SCC	颜色指标 Color index	3	14(13.46%)	43(41.35%)	—	7(6.73%)
		6	15(14.42%)	8(7.69%)	—	(1.92%)
		8	—	1(0.96%)	2(1.92%)	—
		9	5(4.81%)	—	1(0.96%)	2(1.92%)
		11	—	3(2.88%)	—	1(0.96%)
单株粒重(g) KWP	变异范围 Variation range		10.41 ~ 29.01	10.81 ~ 33.36	11.72 ~ 21.67	9.89 ~ 16.24
	平均值 Average value		16.49	18.79	14.46	14.07
	极差 Range		18.60	22.55	9.95	6.35
	变异系数(%) Coefficient of variation		31.30	48.41	19.66	25.69
单株粒数(个) KP	变异范围 Variation range		18.25 ~ 55.00	34.67 ~ 56.67	24.67 ~ 58.00	19.67 ~ 34.25
	平均值 Average value		35.29	42.33	39.20	27.97
	极差 Range		36.75	22.00	33.33	14.58
	变异系数(%) Coefficient of variation		26.84	24.38	22.55	26.81
百仁重(g) 100-KW	变异范围 Variation range		25.52 ~ 74.18	28.14 ~ 70.11	33.99 ~ 72.03	45.78 ~ 63.93
	平均值 Average value		46.49	44.38	44.95	55.38
	极差 Range		48.66	41.97	38.04	18.15
	变异系数(%) Coefficient of variation		23.23	30.03	20.42	16.47
出仁率(%) SP	变异范围 Variation range		52.58 ~ 75.35	57.79 ~ 74.58	54.42 ~ 76.08	54.97 ~ 63.92
	平均值 Average value		65.99	69.61	68.86	58.29
	极差 Range		22.77	16.78	21.66	8.95
	变异系数(%) Coefficient of variation		8.69	7.26	6.58	8.41

多为串珠形,其次为普通形和曲棍形,网纹深度中等,果嘴不明显;普通型材料包括 7 种果形,而普通形仍为最主要果形,其次是茧形、葫芦形、串珠形,网纹深浅也不一致,中等和轻微较多,也有些较明显,而果嘴轻微者居多;秘鲁型中普通形、曲棍形和茧形各 1 种,网纹和果嘴均较明显;珍珠豆型多为普通形,没有斧头形和蜂腰形,网纹深度中等及轻微,果嘴不明显。(2)单株果数平均值为 22 个,变化范围为 8~47 个,单株果数在不同类型间差异较大,其中单株果数达到 20 个以上的有 45 份资源(占总材料数的 43.27%),达到 30 个以上的有 10 份资源(占总材料数的 9.62%),表明美国资源材料具有高产潜质。(3)单株果重平均值为 18.05 g,变化范围为 8.49~29.54 g,其中大于 20 g 的有 22 份资源(占总材料数的 21.15%)。(4)百果重范围为 80.76~216.72 g,平均值为 132.85 g,其中秘鲁型材料荚果较大,珍珠豆型荚果最小。该资源材料中百果重大于 200 g 的材料有 3 份(占总材料数的 2.88%),各出现在多粒型、普通型和秘鲁型中,从表 3 中可知普通型和秘鲁型材料变异范围广泛,其变异系数均在平均值之上,资源遗传多样性丰富。(5)种皮颜色中 60% 以上为粉红色,秘鲁型材料种皮颜色较深为浅紫色或紫色,多粒型材料较多为红色。(6)单株粒数平均值为 36 个,变化范围为 18~58 个,单株粒数达到 30 个以上的有 42 份资源(占总材料数的 40.38%),其中多粒型材料 PI493717 单株粒数平均值最高达 58 个,而普通型材料的单株粒数,范围最广。(7)单株粒重平均重量为 16.06 g,变化范围为 9.89~33.36 g,单株粒重达到 20 g 以上的资源有 8 份(占总材料数的 7.69%),所有单株粒重均大于 10 g,其中珍珠豆型 PI271019 单株粒重最高达到 33.36 g。(8)百仁重幅度为 25.52~74.18 g,平均值

为 46.01 g,其中百仁重大于 60 g 的材料有 10 份(占总材料数的 9.62%),秘鲁型果仁大小一致性较高,普通型材料果仁大小差异较大,除秘鲁型材料外其他材料变异系数均大于 20%,珍珠豆型变异系数更是达到 30.03%。(9)出仁率变化幅度为 52.58%~76.08%,平均出仁率为 67.02%,珍珠豆型平均出仁率最高,普通型和多粒型变化范围较大,说明这两种类型材料遗传多样性广泛;秘鲁型出仁率变异范围较小,其荚果和果仁较大,具有高产潜力;珍珠豆型果仁较小但出仁率最高,在单株果重、单株粒数、单株粒重等方面均表现较高的利用潜质。

## 2.2 美国花生微核心种质资源纯化系抗病性状表现

在自然发病情况下对 104 份种质资源的抗病性进行了鉴定,结果表明其褐斑病、网斑病的抗性均较高(表 4)。微核心种质纯化系中 85% 以上(90/104)材料对褐斑病具有抗性能力;74% 以上(77/104)对网斑病具有抗性能力,由此可见该微核心种质纯化系拥有较高的抗病性。根据对褐斑病的调查发现,4 种类型材料在抗褐斑病上均表现出较高的抗性,多粒型和秘鲁型材料表现更为优异,基本上全部为抗性材料,普通型和珍珠豆型 2 种类型中感病材料占总体资源的 12% 左右(13/104),多数具有抗病性。对网斑病的调查结果显示,4 种类型在抗网斑病上均表现出较好的抗性,秘鲁型材料抗性全部在 5 级中抗以上,普通型材料中 80% 左右(44/54)抗性级别在 5 级中抗以上,多粒型材料中 65% 左右(22/34)抗性级别在 5 级中抗以上,珍珠豆型材料抗性级别在 5 级中抗以上的也达到 65% 左右(8/12),在抗网斑病上,普通型材料中免疫材料的比例在所有类型中最多为 20% 左右(10/55)。

表 4 美国花生微核心种质资源纯化系的抗病性表现

Table 4 Performance of disease resistance of peanut accessions used in this study

类型 Type	分级(%) Grade	多粒型 <i>Fastigiata</i>	普通型 <i>Hypogaea</i>	秘鲁型 <i>Peruwiana</i>	珍珠豆型 <i>Vulgaris</i>	总计 Total
褐斑病 Leaf spot	0	6(5.77%)	6(5.77%)	2(1.92%)	—	14(13.46%)
	1	12(11.54%)	23(22.12%)	—	5(4.81%)	40(38.46%)
	5	15(14.42%)	15(14.42%)	1(0.96%)	5(4.81%)	36(34.62%)
	7	—	10(9.62%)	—	2(1.92%)	12(11.54%)
	9	1(0.96%)	1(0.96%)	—	—	2(1.92%)
网斑病 Net blotch	0	3(2.88%)	10(9.62%)	—	1(0.96%)	14(13.46%)
	1	4(3.85%)	17(16.35%)	1(0.96%)	2(1.92%)	23(22.12%)
	5	15(14.42%)	17(16.35%)	2(1.92%)	5(4.81%)	39(37.50%)
	7	12(11.54%)	11(10.58%)	—	4(3.85%)	27(25.96%)

### 3 讨论与结论

#### 3.1 美国花生微核心种质资源纯化系的优势

我国花生植物学类型分为多粒型、珍珠豆型、龙生型、普通型和中间型 5 种类型,而从美国引进的微核心种质资源纯化系,除包含我国常见的普通型、多粒型、珍珠豆型等类型外,还有秘鲁型。微核心种质资源纯化系中大多数植株株型表现为匍匐型,植株较大,而国内品种多为直立型;有部分资源的茎秆中有较高色素,表现为紫红色;叶形多样,除常见的长椭圆形外还有倒卵形及长方形等形状;叶色较浅,多表现为黄绿色或淡绿色;花色中除常见的黄色外,还有较深的橘黄色出现;在自然发病情况下,对 104 份种质资源的抗褐斑病、抗网斑病的鉴定结果与我国花生品种的抗性鉴定结果有部分相同<sup>[29]</sup>。我国花生品种间对花生叶斑病、网斑病抗性差异较大,但没有免疫品种,珍珠豆型花生对网斑病抗性较差,普通型花生对网斑病抗性较好,但对叶斑病抗性较差。微核心种质资源纯化系对褐斑病及网斑病的抗性较强,其中多粒型材料 PI478850 和普通型材料 PI497395 对这两种病均表现为免疫,还有部分材料对这两种病均表现为高抗,多粒型及秘鲁型材料抗褐斑病的表现更加优异,普通型材料对抗网斑病上表现更好,总体表现为抗性较高,抗性资源丰富,这些材料可为寻找抗性基因提供较好的资源品种,利于挖掘出综合农艺性状良好的花生材料。

#### 3.2 美国花生微核心种质资源纯化系引入后的变化

美国微核心种质资源纯化系引入中国后,生活环境及地理条件有所不同,生活习性及其生长状况可能会有不同,因此与 C. Y. Chen 等<sup>[27]</sup>对美国花生微核心种质纯化系的调查统计进行了对比。C. Y. Chen 等<sup>[27]</sup>的调查显示,美国花生微核心种质纯化系植株表现上大多为直立性,株体较大。叶片多为浅绿和绿色,茎

秆颜色多为绿色,网纹深度多为浅或中等,果型和仁色在表型上分类较丰富。百仁重变化范围为 28.8 g ~ 98.3 g,平均为 51.0 g,褐斑病抗性平均为 4.15。本实验室调查的美国种质中多为匍匐型,株体较大,叶片颜色较浅多为淡绿色,茎秆多表现为绿色,果形多样,网纹中等,百仁重平均值为 46.01 g,出仁率平均为 67.02%,褐斑病抗性达到 50% 左右。与 C. Y. Chen 等<sup>[27]</sup>的调查结果大致相同,但株型有所改变,叶斑病抗性有所提高<sup>[25,28]</sup>,这可能是由于双方在性状考察标准及花生资源所种植的环境不同所致。

#### 3.3 美国花生微核心种质资源纯化系与国内外微核心资源的比较

将美国微核心种质资源纯化系的农艺性状与姜慧芳等<sup>[22]</sup>研究的中国花生核心种质和 ICRISAT 花生微核心种质进行了比较(表 5)。美国微核心种质资源纯化系的主茎高变异范围为 24.50 ~ 89.50 cm,出仁率范围为 52.58% ~ 76.08%,均低于中国花生核心种质和 ICRISAT 花生微核心种质;美国资源单株果数变异范围为 8.75 ~ 30.00 个,平均值高达 22.16 个,高于其他两地资源;相较于美国资源,中国资源的单株果重变异范围较为广泛;美国资源纯化系的百果重平均值为 132.85 g,变化范围为 80.76 ~ 216.72 g,与其他两地资源的百果重平均值较相近,但变异范围低于两地资源;与两地资源相比,美国资源纯化系的百仁重变异范围较窄,变异范围为 25.52 ~ 74.18 g,但平均值与 ICRISAT 较接近。

综上所述,美国资源纯化系的引进不仅弥补了我国没有秘鲁型材料的不足,而且在单株果数上表现优异,田间自然发病条件下纯化的美国微核心种质资源在抗褐斑病和网斑病上表现出高抗,特色明显,这些材料为我国花生新品种的选育与抗病性改良提供了重要的亲本来源。

表 5 美国花生微核心种质资源纯化系、中国花生核心种质及 ICRISAT 微核心种质的农艺性状比较

Table 5 Agronomic traits of the purified U. S. mini-core collection, Chinese peanut core collection and ICRISAT mini core collection

性状 Trait	评价指标 Evaluation index	美国微核心种质资源纯化系 Purified U. S. mini-core collection	中国核心种质 Chinese peanut core collection	ICRISAT 花生微核心种质 ICRISAT mini core collection
主茎高(cm) MSH	变异范围 Variation range	24.50 ~ 89.50	21.0 ~ 126.2	39.4 ~ 118.5
	平均值 Average value	54.85	58.36	76.1
单株果数 PP	变异范围 Variation range	8.75 ~ 30.00	1.67 ~ 30.00	3.12 ~ 20.83
	平均值 Average value	22.16	12.97	10.05



表 5(续)

性状 Trait	评价指标 Evaluation index	美国微核心种质资源纯化系 Purified U. S. mini-core collection	中国核心种质 Chinese peanut core collection	ICRISAT 花生微核心种质 ICRISAT mini core collection
单株果重(g) PWP	变异范围 Variation range	8.49 ~ 29.54	2.1 ~ 47.86	1.10 ~ 19.65
	平均值 Average value	18.56	15.67	8.61
百果重(g) 100-PW	变异范围 Variation range	80.76 ~ 216.72	71.1 ~ 283.00	61.35 ~ 259.00
	平均值 Average value	132.85	157.68	124.45
百仁重(g) 100-KW	变异范围 Variation range	25.52 ~ 74.18	26.9 ~ 117.6	25.00 ~ 101.30
	平均值 Average value	46.01	58.76	44.44
出仁率(%) SP	变异范围 Variation range	52.58 ~ 76.08	54.23 ~ 85.78	64.20 ~ 80.60
	平均值 Average value	65.69	71.43	74.9

## 参考文献

- [1] He G, Meng R, Gao H, et al. Simple sequence repeat markers for botanical varieties of cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.) [J]. *Euphytica*, 2005, 142(1-2): 131-136
- [2] 宋玉智. 我国出口花生质量安全分析[J]. *农业经济*, 2011(6): 92
- [3] 黎穗临. 狮头企亲缘花生品种系谱分析[J]. *花生科技*, 2000(4): 5-9
- [4] 梁炫强, 黎穗临, 叶维霖, 等. 国外花生种质资源的引进、鉴定和利用[J]. *花生学报*, 1999(s1): 130-135
- [5] 周蓉, 段乃雄, 谈宇俊. 花生叶部病害抗病性种质鉴定[J]. *花生科技*, 1990(2): 33-34
- [6] Shokes F M, Berger R D, Smith D H, et al. Reliability of disease assessment procedures; a case study with late leafspot of peanut [J]. *Oleagineux*, 1987, 42(6): 245-251
- [7] 袁虹霞, 孙炳剑, 李洪连, 等. 花生品种(系)对叶斑病的抗性鉴定[J]. *河南农业科学*, 2004, 33(12): 35-38
- [8] 沈一, 刘永惠, 陈志德. 花生叶斑病研究概述[J]. *花生学报*, 2014, 43(2): 42-46
- [9] 何健三. 关于花生网纹污斑病的研究与讨论[J]. *花生学报*, 1988(4): 12-16
- [10] 徐秀娟, 崔凤高. 中国花生网斑病研究[J]. *植物保护学报*, 1995, 22(1): 70-74
- [11] 万书波. 中国花生栽培学[M]. 上海: 上海科技出版社, 2003: 2-9
- [12] Zhang S, Reddy M S, Kokalis-Burelle N, et al. Lack of induced systemic resistance in peanut to late leaf spot disease by plant growth-promoting rhizobacteria and chemical elicitors [J]. *Plant Dis*, 2001, 85(8): 879-884
- [13] 孙大容. 花生育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 1-12
- [14] 潘月红, 钱贵霞. 中国花生生产现状及发展趋势[J]. *中国食物与营养*, 2014, 20(10): 18-21
- [15] Waliyar F, Shew B B, Stalker H T, et al. Effect of temperature on stability of components of resistance to *Cercospora arachidicola* in peanut [J]. *Phytopathology*, 1994, 84(10): 1037-1042
- [16] 董炜博, 孙爱香. 花生品种(系)叶部病害综合抗性鉴定[J]. *中国油料作物学报*, 2000, 22(3): 71-74
- [17] 傅俊范, 崔建潮, 周如军, 等. 辽宁花生主栽品种(系)对褐斑病和网斑病抗性鉴定[J]. *植物保护*, 2015, 41(1): 171-173
- [18] Sun D R. Peanut breeding [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1998
- [19] 段乃雄, 姜慧芳. 花生品种资源的收集保存鉴定[J]. *中国油料*, 1994, 16(3): 28-32
- [20] 姜慧芳, 段乃雄. 花生种质资源在育种中的利用[J]. *作物品种资源*, 1998(2): 24-25
- [21] 姜慧芳, 段乃雄, 任小平, 等. 花生种质资源的性状鉴定及综合评价进展[J]. *花生科技*, 1999(4): 144-147
- [22] 姜慧芳, 任小平, 廖伯寿, 等. 中国花生核心种质的建立及与ICRISAT花生微核心种质的比较[J]. *作物学报*, 2008, 34(1): 25-30
- [23] 周曙东, 朱思柱. 花生的产业化发展的现状与问题及对策[EB/OL]. 北京: 中国科技论文在线(2016-10-05), [2010-07-02]. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/201007-54>.
- [24] 邹小云, 邹晓芬, 胡小荣, 等. 国外花生种质资源引种鉴定及分类研究[J]. *江西农业学报*, 2010, 22(5): 25-27
- [25] Holbrook C C, Anderson W F, Pittman R N. Selection of a core collection from the US germplasm collection of peanut [J]. *Crop Sci*, 1993, 33: 859-861
- [26] Holbrook C C, Dong W. Development and evaluation of a mini core collection for the US peanut germplasm collection [J]. *Crop Sci*, 2005, 45(4): 1540-1544
- [27] Chen C Y, Barkley N A, Wang M L, et al. Registration of purified accessions for the US peanut mini-core germplasm collection [J]. *J Plant Reg*, 2014, 8(1): 77-85
- [28] 姜慧芳, 段乃雄. 花生种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006
- [29] 石延茂, 董炜博, 赵志强. 花生品种对病害抗性鉴定[J]. *种子科技*, 2001(4): 27