

花生种质资源果腐病的抗性评价

何美敬¹, 刘阳杰¹, 崔顺立¹, 杨鑫雷¹, 穆国俊¹, Charles Y. Chen², 郭巍^{1,3}, 刘立峰¹

(¹河北农业大学, 保定 071001; ²Auburn University, Auburn, AL 36849, USA; ³北京农学院, 北京 102206)

摘要:花生果腐病是一种由真菌引起的世界性的严重病害, 直接影响花生的产量及品质。通过田间自然发病对引进的 77 份美国资源和 39 份国内资源进行连续 2 年的鉴定, 筛选抗果腐病的花生种质资源, 为花生抗果腐病育种提供优异材料。结果表明: 供试花生材料间的受害指数差异极显著 ($P < 0.01$), 两年间的差异也达到显著水平 ($P < 0.05$)。根据受害指数的聚类分析将供试花生材料的果腐病抗性分为高抗、抗、中抗、感病和高感病 5 组, 该结果作为花生果腐病抗性评价标准, 能够明确评价供试花生材料对果腐病的抗性。综合两年抗性表现较一致的 96 份种质, 筛选到高抗材料 2 份, 平均受害指数分别为 16.67 和 21.91; 抗性材料 6 份, 平均受害指数分布在 26.33 ~ 42.41 之间; 中抗材料 32 份, 平均受害指数在 45.19 ~ 60 之间; 感病材料 34 份, 平均受害指数在 60.87 ~ 74.39 之间; 高感材料 22 份, 平均受害指数在 75.27 ~ 83.34 之间。该结果为评价花生果腐病抗性和合理利用种质资源进行花生抗病品种遗传改良提供了参考和优异材料。

关键词:花生; 种质资源; 果腐病; 鉴定

Evaluation of Peanut Germplasm Resources Resistance to Pod Rot

HE Mei-jing¹, LIU Yang-jie¹, CUI Shun-li¹, YANG Xin-lei¹, MU Guo-jun¹,
Charles Y. Chen², GUO Wei^{1,3}, LIU Li-feng¹

(¹Hebei Agricultural University, Baoding 071001; ²Auburn University, Auburn, AL 36849, USA;

³Beijing University of Agriculture, Beijing 102206)

Abstract: Peanut pod rot is a fungal disease worldwide that directly affects the production and quality of peanut. In order to identify resistant germplasm against pod rot for peanut breeding, 116 accessions of peanut, including 77 American and 39 domestic germplasm, were evaluated in a two-year field experiment in this study. An extremely significant difference for peanut injury index was observed among the tested peanut accessions ($P < 0.01$) and the variation for injury index between 2016 and 2017 was also found for injury index. Pod rot resistance of tested peanut accessions could be divided into 5 groups, consisting of high resistance (HR), resistance (R), medium resistance (MR), susceptible (S) and high susceptible (HS). According to the disease index at 2016 and 2017, 72 accessions showed consistent response upon in the infection of pod rot. Two were highly resistant accessions (HR) with average injury indexes of 16.67 and 21.91, and 6 resistant accessions (R) with average injury indexes from 26.33 to 42.41, and 32 medium resistant accessions (MR) with injury indexes from 45.19 to 60, and 34 susceptibility accessions (S) with injury indexes from 60.87 to 74.39, and 22 high susceptibility accessions (HS) with average injury indexes from 75.27 to 83.34. The results could provide reference and favorable resources for evaluation of pod rot resistance and genetic improvement in peanut resistant breeding program.

Key words: peanut; germplasm resource; pod rot; identification

收稿日期: 2017-12-14 修回日期: 2018-01-22 网络出版日期: 2018-04-24

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20180424.1653.002.html>

基金项目: 河北省博士后科研项目择优资助 (B2017005028); 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); 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: hemeijing85@163.com。刘阳杰为共同第一作者

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

郭巍, 研究方向为有害生物控制与分子机理, E-mail: 1787421502@qq.com

花生(*Arachis hypogaea* L.)是我国重要的经济作物和油料作物。随着人民生活水平的提高,对花生产量和品质的要求越来越高,然而,多种病害时常危害花生的种植,其中果腐病是花生重要病害之一。该病直接影响花生的产量及品质,从而造成花生种植户巨大的经济损失。

花生果腐病又称“烂果病”,主要为害花生荚果和果柄,受害植株地上部常与正常植株无异,地下荚果却腐烂严重^[1-2]。不同发育阶段的荚果均会受到侵染,严重时整个荚果变黑腐烂,果仁也表现出不同程度的腐烂。国外多项研究表明,花生果腐病是由多种病原菌寄生复合侵染引起的一种世界性的真菌病害^[3-6]。不同地域和环境条件下病原菌种类存在较大差异,不同的病原菌引起花生果腐病的症状不同,花生果腐病的侵染途径及致病原理也存在很大差异。Bell等^[7]指出 *Calonectria* 是花生荚果腐烂的病原菌。Frank^[8] 研究发现 *Pythium myriotylum* 和 *Fusarium* 可引起花生荚果腐烂综合症的发生。Garcia等^[3] 研究发现 *Pythium myriotylum* 是引起花生荚果腐烂症状的主要病原菌。Hollowell等^[5] 从北卡罗来纳州的花生烂果中分离出 *Rhizoctonia*、*Pythium*、*Cylindrocladium paraasiticum*、*Sclerotium rolfsii* 等多种真菌,病原菌年际间变化发现 *Rhizoctonia* 为1994年的优势病原菌,1995年和1996年 *Pythium* 为优势病原菌。Wheeler等^[6] 鉴定出西德克萨斯州花生果腐病的病原为 *Rhizoctonia solani* 和 *Pythium*。早些年间花生烂果在我国花生种植区零星出现,表现不严重,关于致病菌研究也鲜有报道。但近几年气候环境的变化及种植模式单一引起的土壤环境的改变,导致我国很多地方花生荚果腐烂大流行,许多学者相继进行了花生果腐病致病菌的研究。王传堂等^[1] 对山东莱西和河北行唐两地的花生果腐病相关真菌进行了分子鉴定,提示 *Fusarium* 可能是两个地区的主要病原。李术臣等^[9] 基本明确了河北省石家庄和保定的花生果腐病主要是由 *Fusarium solani*(Mart.) Sacc. 和 *Pythium myriotylum* Drechsl 复合侵染引起。Sun等^[10-11] 研究发现 *Neocosmospora vasinfecta* 和 *Neocosmospora striata* 是河北省新乐市和大名县花生果腐病的病原菌。张成玲等^[12] 根据病原菌的形态学特征分析发现山东泰安的花生果腐病主要是由 *Fusarium* 引起的。

花生果腐病的防治比较困难,目前尚缺乏有效的治理措施。通过提高土壤肥力^[13-15]、作物轮作^[16]、大水浸泡土壤^[17] 及深耕增加通气性^[18] 等农业措施,药剂土壤处理、种子包衣处理等化学防

治^[19-20],或者利用芽孢杆菌^[21]、放线菌^[22]、木霉菌^[23] 等的生物防治,可在一定程度上起到防治花生果腐病的作用。但任何单一的防治措施都存在一些缺点,不能完全控制花生果腐病。

利用抗病品种是抵御土传病最安全、有效的方法,但国内外对花生果腐病种质资源抗性鉴定的研究较少。在南非,Cilliers^[24] 研究发现花生新品系 PC 253-K2 和 PC 253-K6 对病原菌 *Chalara elegans* 具有较高的抗性。可见,培育花生果腐病抗性品种是可以尝试的一条途径^[1]。筛选、发掘和创新抗病种质资源是作物抗病育种的重要基础。因此,开展花生抗果腐病种质资源的筛选具有重要的意义。我国拥有丰富的种质资源,但花生品种的遗传基础日渐狭窄,抗性品种缺乏。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。本实验室首次引进了美国纯化的花生微核心种质,这些种质在优质资源和抗逆资源方面具有很大优势^[25-27],可为开展抗果腐病种质资源的筛选提供丰富的资源。

目前国内外还没有对花生果腐病田间抗性鉴定进行过系统的研究,缺少花生抗果腐病品种和明确的花生果腐病抗性鉴定的评价标准。因此,本研究旨在对搜集整理的77份美国花生种质资源和39份国内资源对花生果腐病的抗性进行评价和筛选,并通过受害指数和聚类分析,探索花生果腐病抗性鉴定的评价标准,以期为挖掘花生抗果腐病基因和开展花生抗病品种选育研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料共116份资源,包括引自美国奥本大学的77份美国种质资源和本实验室保存的39份国内资源(表1)。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 供试材料分别在2016年和2017年种植于连续多年发生严重果腐病危害的病圃中。田间种植为常规种植,小区采用随机区组排列,重复3次,每份材料2行,每行15株,行距2.25 m,株距0.15 m,试验四周设保护区。常规栽培管理,中耕除草,不施用任何杀菌剂。室内考种在河北农业大学作物种质资源实验室进行,并参照姜慧芳等^[28] 编著的《花生种质资源描述规范和数据标准》调查主茎高(MSH, main stem height)、侧枝长(LBL, lateral branch length)、分枝数(BN, branch number)、单株果数(PP, pod per plant)、单株果重(PWP, pods weight per plant)等农艺性状。

表1 供试花生种质资源的编号

Table 1 Code of peanut accessions used in this study

序号 No.	引种名称 Introduction name	序号 No.	引种名称 Introduction name	序号 No.	材料名称 Material name	材料来源 Source
1	Grif14051	40	PI331297	78	唐 05-9814	河北省唐山市农业科学院
2	PI576634	41	PI331314	79	200703-9-3	河北省邢台市农业科学院
3	PI648241	42	PI337293	80	冀农 10-26-12	河北农业大学
4	PI648250	43	PI337399	81	新育 1 号	河北省新乐市种子有限公司
5	PI576616	44	PI337406	82	冀 0607-5	河北省农林科学院粮油作物研究所
6	PI648249	45	PI343384	83	唐 6417	河北省唐山市农业科学院
7	PI648242	46	PI343398	84	200711-31-2	河北省邢台市农业科学院
8	PI648245	47	PI355271	85	冀农 G110	河北农业大学
9	Grif12579	48	PI356004	86	新育 2 号	河北省新乐市种子有限公司
10	PI576614	49	PI390428	87	冀 50112	河北省农林科学院粮油作物研究所
11	Grif12545	50	PI403813	88	豫花 89	河南省农科院经作所
12	PI576636	51	PI429420	89	豫花 90	河南省农科院经作所
13	PI152146	52	PI461427	90	开农 82	河南省开封市农林科学院
14	PI155107	53	PI471952	91	开农 89	河南省开封市农林科学院
15	PI157542	54	PI471954	92	冀 5059	河北省农林科学院粮油作物研究所
16	PI162655	55	PI475863	93	冀 545	河北省农林科学院粮油作物研究所
17	PI162857	56	PI475918	94	冀农 10-26-15	河北农业大学
18	PI196622	57	PI481795	95	冀农 G99	河北农业大学
19	PI196635	58	PI493329	96	G11-5	开 17-2 × 莲花 8901-1
20	PI200441	59	PI493547	97	G11-6	开 17-2 × 石花 2 号
21	PI259617	60	PI493581	98	G11-8	山花 11 号 × 606
22	PI259748	61	PI493693	99	G11-9	9917-125 × 白沙 1016
23	PI262038	62	PI493717	100	G11-10	9917-125 × 中花 16
24	PI268586	63	PI493729	101	G11-15	维花 10 × 邢 0213
25	PI268696	64	PI493938	102	G11-17	鲁花 3 × 09 测 L9
26	PI268755	65	PI494018	103	G11-21-11	开农 49 × P10-1
27	PI268806	66	PI494034	104	G11-23	濮花 28 × 青花 505 号
28	PI270786	67	PI497517	105	G11-37	花育 33 号 × 邢花 1
29	PI270905	68	PI497639	106	G11-21-7	开农 49 × P10-1
30	PI270907	69	PI502111	107	G11-22	开农 49 × 冀 0202-4
31	PI288146	70	PI504614	108	G11-30	豫花 9327 × P09-2
32	PI290560	71	09T3-5	109	G13-5	花育 33 × M124
33	PI290566	72	AU-126	110	G13-39	濮花 28 × 冀花 10
34	PI290594	73	09T10-41	111	G13-26	冀花 10 × 徐花 13
35	PI292950	74	AU-128	112	G13-18	冀 0212-4 × 徐花 13
36	PI295250	75	AU-129	113	G13-40	濮花 28 × 冀 0608
37	PI296550	76	AU-130	114	G13-32	开农 49 × 冀 0608
38	PI298854	77	AU1161	115	G13-12	潍花 11 号 × 冀 0608
39	PI323268			116	G32	海花 1 × G02C

序号 1~77 为引自美国奥本大学的种质资源^[24-25], 序号 78~116 为本实验室培育和收集的品系

No. 1-77 is the germplasm introduced from Auburn University^[24-25]. No. 78-116 is the varieties (lines) bred and collected by our laboratory

1.2.2 病情调查与分级标准 综合文献对果腐病病情分级并依据生产实际和可行性, 将果壳受害面积大于 50% 定为烂果并作为花生果腐病的考查标准^[9,29], 统计每株荚果的总果数、烂果数、总仁数及烂仁数并进行烂果率(烂果占总果数的比例)和烂仁率(烂仁占总仁数的比例)的计算。

参照 Wheeler 等^[30] 研究将花生果腐病的分级标准分为: 1 级, 无烂果, 即烂果率为 0; 3 级, 烂仁率 < 2.5%, 且 0 < 烂果率 ≤ 10%; 5 级, 烂仁率 < 2.5%, 且 10% < 烂果率 ≤ 25%; 7 级, 烂仁率 < 2.5%, 且

25% < 烂果率 ≤ 50%; 9 级, 烂仁率 ≥ 2.5%, 或烂果率 > 50%。

试验共设 3 个重复, 每个重复 5 棵单株, 按照公式计算受害指数 (INI, injury index)。

$$INI = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i \cdot a_i)}{\sum a_i \cdot X_{\max}} \times 100$$

式中:

INI—受害指数;

X_i —病害分级标准各级代表值;

a_i —各级严重度的调查单元数;

$\sum a_i$ —调查单元总数;

X_{\max} —最高级值。

根据聚类结果的分析 and 受害指数在鉴定资源中的分布,确定花生种质资源对果腐病的抗性评价标准。

1.2.3 数据处理 所有数据及聚类分析、显著性分析均由 SPSS 19.0 软件进行统计处理。

2 结果与分析

2.1 供试花生材料农艺性状的多样性评价

116 份花生材料的主要农艺性状见表 2。由表

表 2 供试材料主要农艺性状的变异情况

Table 2 Agronomic traits and their variation of tested peanut germplasm resources

评价指标 Evaluation index	最小值 Min.	最大值 Max.	变异幅度 Variability range	平均值 Average value	标准差 SD	变异系数(%) CV
主茎高(cm) MSH	9.9	76.6	66.7	30.84	8.1	26.28
侧枝长(cm) LBL	15.1	93.5	78.4	37.77	9.65	25.56
分枝数 BN	4	12	8	6.18	2.03	32.91
单株果数 PP	8	88	80	28.63	12.6	44.01
单株果重(g) PWP	11.01	98.36	87.35	41.83	16.45	39.31

表 3 不同花生材料果腐病受害指数的方差分析

Table 3 Analysis of variance for INI of pod rot in peanut materials

评价指标 Evaluation index	变异来源 Source	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F-value
受害指数 INI	材料 Material	115	1182.66	3.934**
	年份 Year	1	1970.394	6.554*
	材料 × 年份 Material × Year	115	300.644	1.589**
	试验误差 Error	461	300.644	
	总变异 Total	692		

** 表示差异显著性 0.01 水平; * 表示差异显著性 0.05 水平

** indicate the significant difference at 1% level, * indicate the significant difference at 5% level

2.3 花生果腐病抗性评价标准的建立及抗病性分布

2.3.1 花生果腐病受害指数的聚类分析 以供试材料两年的平均受害指数为变量,利用最远距离法对 116 份花生种质资源进行系统聚类,结果见图 1。

当取欧式距离为 7~10 时,可将材料分为 5 类,本研究设定欧氏距离 7.5 为本次分类阈值。第 I 类有 41 份资源,平均受害指数介于 45.18~60.00 之间,属于中抗果腐病的资源类型;第 II 类有 2 份资源,平均受害指数介于 16.67~24.71 之间,属于高抗类型;第 III 类有 7 份资源,平均受害指数介于

可以看出,供试材料的主茎高、侧枝长、分枝数、单株果数和单株果重的变异范围分别为 9.9~76.6 cm, 15.1~93.5 cm, 4~12 个, 8~88 个和 11.01~98.36 g。变异系数分别为 26.28%, 25.56%, 32.91%, 44.01% 和 39.31%。可见,116 份供试材料的主要农艺性状具有较大差异,说明参试材料具有丰富多样性。

2.2 参试材料果腐病受害指数方差分析

由表 3 可见,供试材料之间抗病性具有极显著差异,年际间差异达到显著水平,材料与年份互作差异为极显著水平。说明年际间环境气候差异对材料的抗病表现有较大影响。因此花生果腐病抗性鉴定需进行多重复、多年的鉴定。

30.95~42.41 之间,属于抗果腐病的资源类型;第 IV 类有 24 份资源,平均受害指数在 75.18~83.33 之间,属于高感病类型;第 V 类有 42 份资源,平均受害指数介于 60.86~74.39 之间,属于感病类型。结合聚类分析结果与受害指数可将 116 份材料分高抗、抗、中抗、感和高感 5 组与 5 个类相对应。

综合上述结果,花生对果腐病的抗性评价标准为:高抗(HR) $0 < INI \leq 25$;抗病(R) $25 < INI \leq 45$;中抗(MR) $45 < INI \leq 60$;感病(S) $60 < INI \leq 75$ 及高感(HS) $INI > 75$ 。

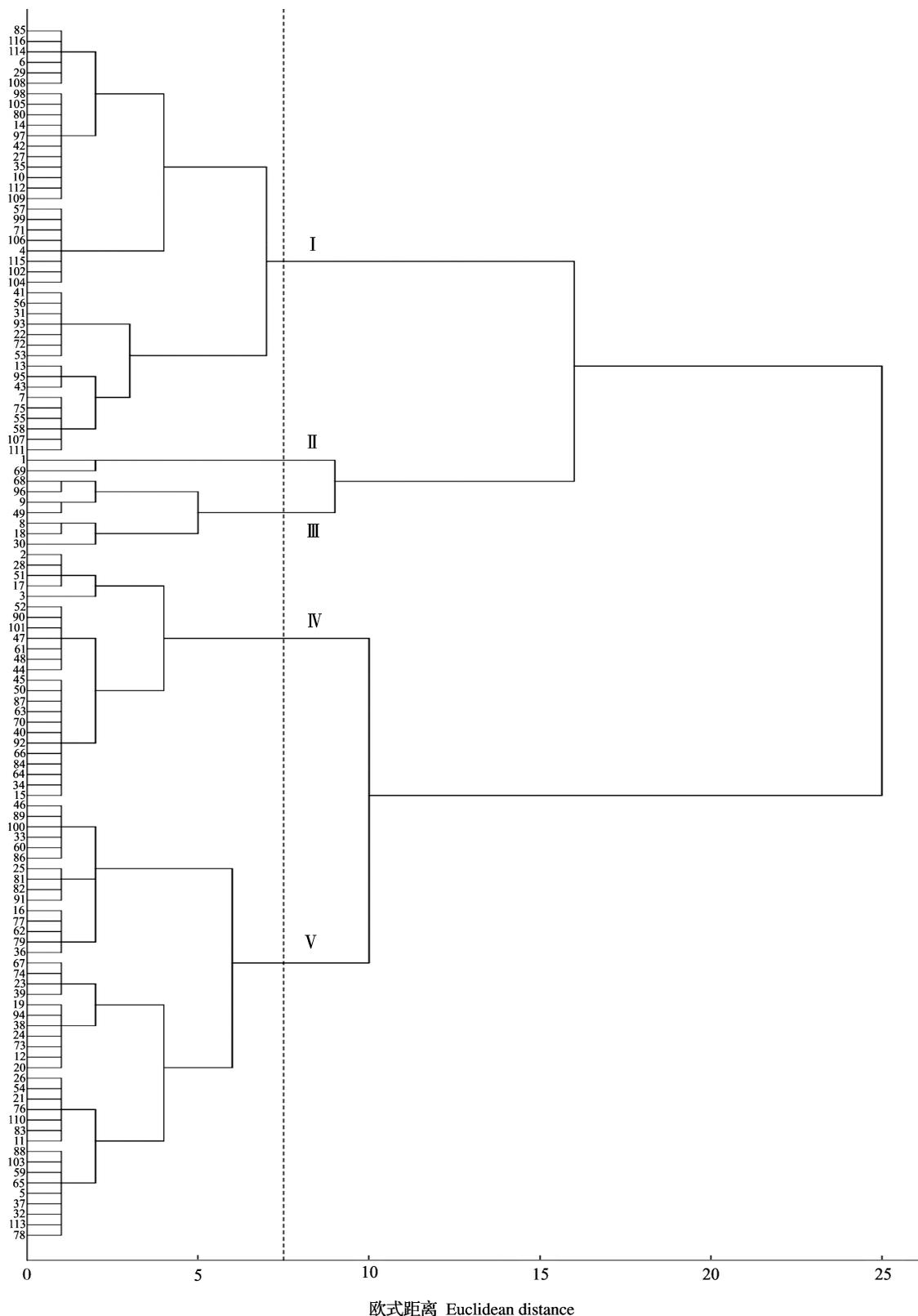


图 1 基于 116 份材料两年平均受害指数的聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis based on the average injury index of 116 materials

2.3.2 花生果腐病的抗性评价 根据本研究划分的分级标准对 116 份种质资源 2016 年、2017 年两年间的受害情况进行统计并进行抗病性评价(表 4)。供

试材料在两年试验中无免疫品种,所有材料表现出不同的抗性。年际间气候条件的变化必然会造成表型数据的波动,在本研究中两年间材料表现差异更是达

到了显著水平。因此两年间单个材料相邻抗性类型的变动是可以接受的,本研究认为相应材料在年际间表现是较为一致的。如果个别材料年际间受害指数变化太大,造成抗性类型的越级变化(例如:R-S、R-HS、HS-MR等),该材料被认为是差异较大。20份材料在两年间的评价结果差异较大,其中2016年鉴定的1份高抗和7份高感材料在2017年表现为中抗,而在2016年表现为感病的8份材料和高感的1份材料,2017年却是抗病水平,1份材料在2016年鉴定为

抗病,而2017年为感病,另外有2份材料2016年表现为中抗,2017年表现为高感。两年间抗性表现一致和相对稳定的材料共计96份,基于两年的平均受害指数对这些材料进行了抗性评价,结果表明,高抗病材料2份,为Grif14051和PI502111;抗性材料6份,包括PI196622、PI390428和G11-5等;中抗材料共32份,包括PI648250、PI152146和G11-6等;感病材料34份,包括PI576636、PI196635和G11-21-11等;高感材料共22份,包括PI162857、PI270786、PI356004等。

表4 花生种质资源果腐病的受害指数及抗性评价表

Table 4 Injury index and resistance for pod rot of germplasm materials in field

序号 No.	受害指数 Injury index		抗性评价 Resistance evaluation	序号 No.	受害指数 Injury index		抗性评价 Resistance evaluation
	2016年 In 2016	2017年 In 2017			2016年 In 2016	2017年 In 2017	
1	19.26	14.07	HR-HR	31	62.22	57.14	S-MR
2	68.25	93.16	S-HS	32	80.00	42.22	HS-R
3	100.00	66.67	HS-S	33	65.08	83.70	S-HS
4	52.38	42.22	MR-R	34	69.70	85.19	S-HS
5	55.56	67.41	MR-S	35	51.85	50.79	MR-MR
6	69.84	30.37	S-R	36	53.54	88.15	MR-HS
7	46.03	65.93	MR-S	37	55.56	67.52	MR-S
8	23.08	46.67	HR-MR	38	60.21	75.56	S-HS
9	31.11	47.01	R-MR	39	48.89	84.13	MR-HS
10	57.58	46.67	MR-MR	40	67.52	83.70	S-HS
11	70.37	58.52	S-MR	41	64.44	55.56	S-MR
12	73.02	63.49	S-S	42	46.30	58.97	MR-MR
13	59.72	49.63	MR-MR	43	46.67	61.48	MR-S
14	61.90	43.70	S-R	44	72.22	84.13	S-HS
15	79.37	73.33	HS-S	45	72.84	77.78	S-HS
16	84.44	55.56	HS-MR	46	67.52	79.26	S-HS
17	75.56	86.67	HS-HS	47	74.60	80.95	S-HS
18	42.59	26.98	R-R	48	79.49	76.19	HS-HS
19	60.32	74.60	S-S	49	37.78	40.17	R-R
20	73.33	63.49	S-S	50	74.07	76.47	S-HS
21	65.08	61.48	S-S	51	88.89	71.85	HS-S
22	66.67	49.21	S-MR	52	100.00	57.58	HS-MR
23	70.37	61.48	S-S	53	55.55	62.22	MR-S
24	71.43	66.67	S-S	54	64.44	62.96	S-S
25	60.58	84.13	S-HS	55	61.90	49.21	S-MR
26	63.49	63.49	S-S	56	58.52	61.48	MR-S
27	64.44	37.78	S-R	57	48.15	43.70	MR-R
28	83.70	77.78	HS-HS	58	60.68	50.62	S-
29	63.64	36.30	S-R	59	70.94	54.07	S-MR
30	17.46	35.19	HR-R	60	62.96	85.71	S-HS

表 4(续)

序号 No.	受害指数 Injury index		抗性评价 Resistance evaluation	序号 No.	受害指数 Injury index		抗性评价 Resistance evaluation
	2016 年 In 2016	2017 年 In 2017			2016 年 In 2016	2017 年 In 2017	
61	62.39	93.16	S-HS	89	77.78	68.89	HS-S
62	65.08	75.31	S-HS	90	70.37	87.30	S-HS
63	70.37	80.74	S-HS	91	91.11	52.59	HS-MR
64	80.74	73.02	HS-S	92	76.19	75.56	HS-HS
65	63.49	61.90	S-S	93	64.10	55.56	S-MR
66	88.03	65.93	HS-S	94	83.70	50.79	HS-MR
67	70.37	61.48	S-S	95	48.72	61.48	MR-S
68	27.78	57.04	R-MR	96	42.86	41.88	R-R
69	23.81	20.00	HR-HR	97	53.33	52.38	MR-MR
70	71.85	79.26	S-HS	98	55.56	50.79	MR-MR
71	37.37	53.97	R-MR	99	55.56	36.30	MR-R
72	53.70	61.90	MR-S	100	70.37	91.45	S-HS
73	68.89	68.89	S-S	101	79.37	77.78	HS-HS
74	77.78	54.07	HS-MR	102	43.70	51.11	R-MR
75	61.11	51.11	S-MR	103	61.48	62.96	S-S
76	61.11	62.96	S-S	104	55.56	37.78	MR-R
77	69.44	70.37	S-S	105	45.19	61.11	MR-S
78	73.02	48.72	S-MR	106	45.19	45.19	MR-MR
79	77.78	61.48	HS-S	107	61.90	49.63	S-MR
80	67.41	39.26	S-R	108	62.96	38.10	S-R
81	82.72	61.48	HS-S	109	52.59	52.14	MR-MR
82	74.60	68.89	S-S	110	63.33	64.44	S-S
83	57.78	70.37	MR-S	111	65.93	47.62	S-MR
84	96.83	57.04	HS-MR	112	69.23	34.81	S-R
85	40.17	57.14	R-MR	113	58.52	63.49	MR-S
86	86.67	61.48	HS-S	114	36.51	61.48	R-S
87	93.33	57.04	HS-MR	115	51.11	43.59	MR-R
88	70.37	54.07	S-MR	116	62.39	34.92	S-R

2016 年的试验中高抗病资源(HR)有 4 份,9 份为抗病(R),26 份表现为中抗(MR),55 份为感病资源(S),其余 22 份材料均为高感病材料(HS)。2017 年的高抗资源(HR)有 2 份,抗病资源(R)18 份,34 份表现为中抗(MR),37 份为感病资源(S),其余 25 份材料均为高感材料(HS)。两年的不同抗性类型分布见图 2。

2.4 国内外花生种质资源抗果腐病类型比较分析

基于所有参试材料两年的果腐病平均受害指数,对年际间抗感表现一致和相对稳定的共 96 份材料进行了构成分析。共包含 66 份国外种质资源(图 3A),其中高抗材料(HR)2 份,抗病材料(R)5 份,中抗材料(MR)18 份,感病材料(S)23 份,高感病材料(HS)18 份。表现稳定的 30 份国内种质资源中(图 3B),共有高抗材料(HR)0 份,抗病材料

(R)1 份,中抗材料(MR)14 份,感病材料(S)11 份,高感病材料(HS)4 份。

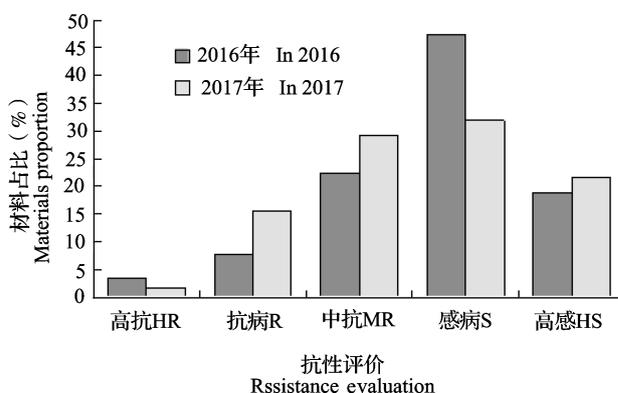


图 2 供试材料对果腐病不同抗性类型的比例

Fig. 2 The proportion to the resistance of different types for pod rots of peanut materials in 2016 and 2017

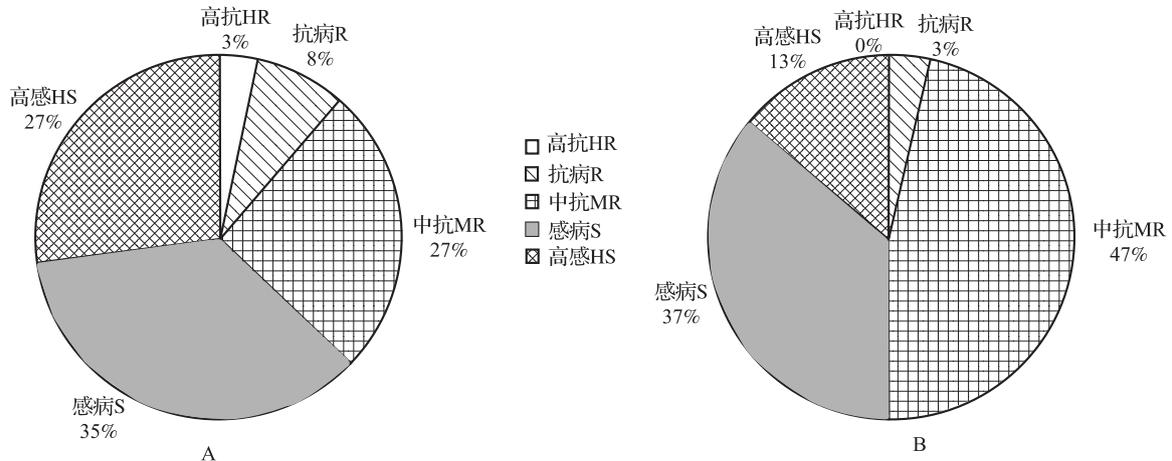


图3 国内外供试花生种质资源果腐病不同耐性种质比例

Fig. 3 The proportion to the resistance of different types for pod rots of peanut materials at home and abroad

对比图3可见,引进的国外材料中存在从高抗到高感病各抗性级别的材料,抗感病材料分布均较丰富,而国内材料中无高抗资源,抗病类资源同样稀少,表现为种质资源分布相对单一。

3 讨论

3.1 花生果腐病评价标准的建立

国内外学者对花生果腐病病原菌及其致病性进行了很多研究^[10-12,30-33],但关于花生抗果腐病种质资源筛选的研究较少,目前国内外还没有对花生果腐病田间抗性鉴定进行过系统的研究,且没有明确的花生果腐病抗性鉴定的评价标准。李术臣等^[9]对花生果腐病致病性进行室内鉴定时根据发病荚果果面变色面积占整个荚果面积的比例,将病害分为4级。杨富军等^[29]根据荚果受害情况也将荚果病害分为4级。这些研究中主要考查单个荚果的花生果腐病病斑,对于田间鉴定大量材料来说耗时耗力,且误差较大。因此,根据田间生产实际建立统一合理的抗性评价体系具有重要的现实意义。本研究根据生产实际将受害面积>50%作为考查品种烂果标准,并结合2.5%的烂仁率计算品种受害指数^[30]。

根据受害指数和聚类分析(图1)将花生资源对果腐病的抗性分为5个等级。在该分级的基础上能够明确区分和鉴定各种质资源的受害指数,准确反映品种的真实抗性,符合生产应用。为配合花生抗果腐病育种工作,保证花生种质资源鉴定的准确性和有效性,应对花生果腐病菌群体进行跟踪监测,及时掌握致病菌种类的消长变化,并建立简便、有效的室内鉴定技术。

3.2 花生种质资源的研究利用

进行花生果腐病抗病育种是解决该病害的有效途径,筛选、发掘和创新抗病种质资源是作物抗病育种的重要基础。花生果腐病工作在国内外已越来越受重视,但到目前为止还没有免疫品种。因此,有必要进行抗源材料的筛选,为培育抗果腐病品种提供亲本材料。到21世纪初,我国已收集保存花生种质7800余份,并对这些种质进行了评价,建立了核心种质,这些种质在世界花生种质遗传多样性研究中占有重要地位^[34-37]。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多个品种中,70%品种存在伏花生和狮头企两个种质资源的血缘^[38],表明我国已育成花生品种的亲本遗传基础狭窄,同时也反映出我国花生优异种质资源的缺乏。

本实验室于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^[25-26]进行了抗病性鉴定和评价,鉴定结果表明,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^[27]。该研究结果为抗果腐病材料的筛选提供了优异材料和参考信息。本研究将引进的部分美国花生种质资源和我国资源在常年发病的果腐病病圃进行了抗病性筛选,各材料多样性丰富,主要农艺性状变异系数较大(表2),但是测定的主要农艺性状与受害指数不相关,因此,利用花生材料的受害指数就能够反映花生的抗性。综合两年的结果共筛选出2份高抗材料、6份抗病材料、32份中抗材料、34份感病材料和22份高感材料,但未见免疫品种,大多数花生资源表现为感病或高感(表4)。引进的国外材料中包含从高抗到高感病各抗性级别的

材料,在抗感果腐病种质资源的比例上均较丰富,国内材料中存在丰富的中抗材料(图3)。但从育种需求来看,供试材料中,抗果腐病的花生资源还比较匮乏,类型还不够丰富。例如获得的高抗材料PI502111,单株果数少、果壳硬度较大;又如抗性材料PI270907,单株果数在25个以上,但果型较小且单株果重较低。这些资源虽然可作为抗果腐病机理研究的重要材料,但不宜直接应用于实际种植推广。

因此,在今后的花生抗病育种中应进一步扩大花生种质资源搜集并进行抗病性鉴定,从而为花生抗果腐病育种提供更好的抗源材料。根据本研究筛选出的高抗、抗性材料可作为抗病的亲本,在以后的育种过程中可以加以利用,有针对的进行品种布局以在一定范围内减轻果腐病的发生。

3.3 年际间花生果腐病抗性比较分析

花生果腐病的病原真菌能在土壤中腐生生活与繁殖,在病原真菌条件适合的情况下,病原真菌侵染花生严重。因此,花生果腐病病原真菌为害与环境、重茬、施肥、灌溉等因素是分不开的^[39]。土壤的温度和湿度直接影响着病原真菌的繁殖与侵染。重茬、迎茬的地块比轮作的地块发病严重,重茬地块病原真菌有寄主的存在下,能够繁殖,病原真菌堆积,田间湿度大、排水不好、花生种植密集、不透风、肥料使用不当,为害加重。两年田间病菌试验结果发现,一些材料在两次重复中抗性表现差异极显著,同时一些材料在两次试验中虽均属于感病或者高感,但受害指数相差较大,年际间病情指数差异显著(表3)。这可能与两年的自然环境中的温度、湿度等气候条件不同有关,使得两年间部分品种对果腐病的抗性表现出的趋势不一致。本研究对两年的受害指数及年均受害指数均做了分析,通过综合比较分析,能够明确地鉴定到高抗病、抗病和高感病材料。由于花生果腐病是由多种病原真菌复合侵染引起的,不同地区花生抗性品种也存在着不同的差异,在田间生产中,应该高度利用现有的抗性品种,各个地区根据病原真菌不同,有针对性的选取一些抗病品种,也能够有效地降低花生果腐病的发生。因此,对品种果腐病抗性做出更准确的判断,需对中抗材料做进一步的田间鉴定,同时对筛选出的抗病材料在其他花生生态区的抗性表现做田间鉴定或者接种不同的病原菌,对耐病材料做出更准确的评价,以期得到更广泛应用。

参考文献

- [1] 王传堂,禹山林,于洪涛,张树伟,于树涛,王秀贞,唐月异,崔凤高,陈殿绪,张建成,李术臣.花生果腐病病原分子诊断.花生学报,2010,39(1):1-4
- [2] 李术臣,陈丹,贾海民,赵聚莹,康海燕,张根启.花生果腐病研究进展.河北农业科学,2010,14(9):74-75
- [3] Garcia R, Mitchel D J. Interactions of *Pythium myriotylum* with several fungi in peanut pod rot. Phytopathology, 1975, 65:1375-1381
- [4] Csinos A S. Peanut pod rot complex: a geocarposphere nutrient imbalance. Plant Disease, 1986, 70(6):525-529
- [5] Hollowell J E, Shew B B, Beute M K. Occurrence of pod rot pathogens in peanut grown in North Carolina. Plant Disease, 1998, 82(12):1345-1349
- [6] Wheeler T A, Howell C R, Cotton J, Porter D. *Pythium* species associated with pod rot on west texas peanuts and in vitro sensitivity of isolates to mefenoxam and azoxystrobin. Peanut Science, 2005, 32:9-13
- [7] Bell D K, Sobers E K. A peg pod and root necrosis of peanuts caused by a species of *Calonectria*. Phytopathology, 1966, 56(11):1361-1364
- [8] Frank Z R. *Pythium myriotylum* and *Fusarium solani* as cofactors in a pod-rot complex of peanut. Phytopathology, 1972, 62:1331-1334
- [9] 李术臣,贾海民,赵聚莹,陈丹.河北省花生果腐病病原鉴定及致病性研究.河北农业科学,2011,15(5):37-39
- [10] Sun W M, Feng L N, Guo W, Liu D Q, Yang Z H, Liu L F, Ran L X, Meng Q F. First report of *Neocosmospora striata* causing peanut pod rot in China. Plant Disease, 2012, 96(1):146
- [11] Sun W M, Feng L N, Guo W, Liu D Q, Li Y N, Ran L X. First report of peanut pod rot caused by *Neocosmospora vasinfecta* in Northern China. Plant Disease, 2012, 96(3):455
- [12] 张成玲,张田田,吴翠霞,路兴涛.花生果腐病菌鉴定及生物学特性.花生学报,2016,45(3):27-31
- [13] Porter D M, Smith D H, Rodríguezkávana R. Compendium of peanut diseases. Journal of Periodontology, 1997, 75(9):1196-202
- [14] Csinos A S, Gaines T P, Walker M E. Involvement of nutrition and fungi in the peanut pod rot complex. Plant Disease, 1984, 68(1):61-65
- [15] Walker M E, Csinos A S. Effect of gypsum on yield, grade and incidence of pod rot in five peanut cultivars. Peanut Science, 1980, 7(2):109-113
- [16] Peters R D, Sturz A V, Carter M R, Sanderson J B. Developing disease-suppressive soils through crop rotation and tillage management practices. Soil and Tillage Research, 2003, 72(2):181-192
- [17] Bruehl G W. Soil-borne plant pathogens. New York: Macmillan Publishing Company, 1979
- [18] 秦海英,赵继文,高洪泽,程星.中低产麦田土壤肥力障碍消减与地力提升技术研究.中国种业,2014(6):35-37
- [19] 孙克威,杨春玲,姜戈.种衣剂1号对大豆苗期害虫防治效果研究.中国种业,2002(8):19-20
- [20] Besler B A, Grichar W J, Brewer K D, Baring M R. Assessment of six peanut cultivars for control of *Rhizoctonia* pod rot when sprayed with azoxystrobin or tebuconazole. Peanut Science, 2003, 30(1):49-52
- [21] 程洪斌,刘晓桥,陈红漫.枯草芽孢杆菌防治植物真菌病害研究进展.上海农业学报,2006,22(1):109-112
- [22] 周鑫钰,朱宏建,雷湘华,周倩.植物内生放线菌应用研究进展.江西农业学报,2010,22(12):87-90
- [23] 陈捷,朱洁伟,张庭,王秉丽.木霉菌生物防治作用机理与应用研究进展.中国生物防治学报,2011,27(2):145-151
- [24] Cilliers A J. Resistance in new groundnut breeding lines to black pod rot caused by *Chalara elegans*. South African Journal of Plant and Soil, 2001, 18:174-175
- [25] Holbrook C C, Anderson W F, Pittman R N. Selection of a core

- collection from the US germplasm collection of peanut. *Crop Science*, 1993, 33:859-861
- [26] Chen C Y, Barkley N A, Wang M L, Holbrook C C, Dang P M. Registration of purified accessions for the US peanut mini-core germplasm collection. *Journal of Plant Registrations*, 2014, 8(1): 77-85
- [27] 崔顺立, 孟硕, 何美敬, 杨鑫雷, 侯名语, 穆国俊, Charles Y. Chen, 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
- [28] 姜慧芳, 段乃雄. 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: 18-27
- [29] 杨富军, 王绍伦, 张丽, 李春洁, 朱统国, 刘海龙, 周玉萍, 孙晓苹, 高华援. 吉林省高纬度地区花生果腐病药剂防治效果. *安徽农业科学*, 2015, 43(5): 140-141
- [30] Wheeler T A, Russell S A, Anderson M G, Serrato-Diaz L M, French-Monar R D, Woodward J E. Management of peanut pod rot I: Disease dynamics and sampling. *Crop Protection*, 2016, 79: 135-142
- [31] Shew H D, Beute M K. Evidence for the involvement of soilborne mites in *Pythium* pod rot of peanut. *Phytopathology*, 1979, 69(3): 204-207
- [32] Fuhlbohmer M F, Tatnell J R, Ryley M J. *Neocosmospora vasinfecta* is pathogenic on peanut in Queensland. *Australasian Plant Disease Notes*, 2007, 2: 3-4
- [33] Sanogo S, Puppala N. Microorganisms associated with Valencia peanut affected by pod rot in New Mexico. *Peanut Science*, 2012, 39(2): 95-104
- [34] 姜慧芳, 段乃雄, 任小平, 孙大容. 花生种质资源的性状鉴定及综合评价进展. *花生科技*, 1999(S1): 144-147
- [35] 姜慧芳, 任小平, 张晓杰, 黄家权. 中国花生小核心种质与 ICRISAT 微核心种质的 SSR 遗传多样性比较. *作物学报*, 2010, 36(7): 1084-1091
- [36] 任小平, 张晓杰, 廖伯寿, 雷永, 黄家权, 陈玉宁, 姜慧芳. ICRISAT 花生微核心种质资源 SSR 标记遗传多样性分析. *中国农业科学*, 2010, 43(14): 2848-2858
- [37] 李清华, 黄金堂, 陈海玲, 陈芝, 李淑萍, 谢志琼. 27 份花生种质资源的主成分分析及遗传距离测定. *植物遗传资源学报*, 2011, 12(4): 519-524
- [38] 黎穗临. 狮头企亲缘花生品种系谱分析. *花生科技*, 2000(4): 5-9
- [39] Thiessen L D and Woodward J E. Diseases of peanut caused by soilborne pathogens in the Southwestern United States. *Isrn Agronomy*, 2012, 2012(12): 1-9