

马铃薯品种(系)资源的疮痂病抗性鉴定

何虎翼, 谭冠宁, 何新民, 唐洲萍, 李丽淑, 杨鑫

(广西农业科学院经济作物研究所, 南宁 530007)

摘要:为了筛选出高抗疮痂病马铃薯品种(系),本研究以36份马铃薯品种(系)资源为材料,分别在南宁市和玉林市种植,通过调查发病率和病情指数,用隶属函数法对36份材料的疮痂病抗性田间自然病菌鉴定结果进行分析。结果表明,发病率(x)和病情指数(y)呈正态分布,y是x的指数函数;明确了其中有2份高抗疮痂病马铃薯品种(系)和1份高感疮痂病马铃薯材料,田间种植法与人工接种鉴定结果基本一致,为马铃薯疮痂病病情预测和抗疮痂病育种提供了参考。

关键词:马铃薯;品种资源;疮痂病;抗性鉴定

Identification of Scab Resistance in Potato (*Solanum tuberosum*) Variety (Line) Resources

HE Hu-yi, TAN Guan-ning, HE Xin-min, TANG Zhou-ping, LI Li-shu, YANG Xin

(Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007)

Abstract: In order to screen some potato varieties (lines) with high resistance to scab, the scab resistance of 36 potato variety (line) resources planted in Nanning city and Yulin city were comprehensively evaluated through the point of the incidence and disease index. The membership function method were used to analyze these field identification results in this study. The results showed that the incidence (x) and disease index (y) presented the normal distribution, y was the exponential function of x. Two potato varieties with high resistance to scab and one potato material with high susceptibility to scab were obtained. The results of field planting method were basically the same as that of artificial inoculation identification. These findings could provide reference for the prediction of potato scab disease and scab resistance breeding.

Key words: potato; variety resource; scab; resistance identification

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是世界第四大粮食作物,营养全面,在全球近160个国家和地区均有种植。2014年,中国马铃薯年种植面积564.5万 hm^2 ,总产量9551.5万t,是世界第一大马铃薯生产国。马铃薯疮痂病是植物病原链霉菌(*Streptomyces* spp.)为害马铃薯块茎,在病薯表皮形成大小不等、深浅不一的痂状疮痂病斑,不耐贮藏,一般可减产10%~30%,对马铃薯品质影响很大,商品价值下降导致严重经济损失。作为马铃薯生产的世界性细菌病害,疮痂病是美国马铃薯生产上的第一大病害^[1],在加拿大每年因疮痂病造成的

经济损失高达1.53亿~1.72亿美元^[2]。近年来,随着我国南方冬作区马铃薯种植面积越来越大,大规模从北方引进马铃薯种薯,疮痂病发生已严重影响马铃薯种植效益。广西是典型的马铃薯冬作区,由于气温升高、连年干旱、连作、连绵阴雨等因素影响,特别是大多数红(黄)壤具备疮痂病发生条件,近年随着马铃薯种植面积不断扩大,疮痂病有逐年加重趋势。据广西农业厅统计,2016年全区马铃薯种植面积7.1万 hm^2 ,疮痂病发生面积2.6万 hm^2 ,占总面积的37.5%。

国内外对马铃薯疮痂病开展了一些研究。赵伟

收稿日期:2016-10-17 修回日期:2016-12-22 网络出版日期:2017-06-13

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20170613.0831.006.html>

基金项目:广西农业科学院科技发展基金(2015JZ120);广西自然科学基金(2015GXNSFAA139079);国家马铃薯产业技术体系(CARS-10-ES15)

第一作者研究方向为马铃薯育种和栽培技术。E-mail: wingtiger2008@126.com

全^[3]调查发现我国各马铃薯产区和繁育基地疮痂病已普遍发生,基本覆盖了我国东北、华北、西北和西南等,商品薯的发病率为6%~10%,脱毒微型薯发病率达30%~60%,带病种薯的运转是病害传播的重要途径。根据块茎表面病斑形状,马铃薯疮痂病可分为普通疮痂病、网斑型疮痂病和酸性疮痂病^[4]。赵伟全等^[5]对中国马铃薯疮痂病菌进行鉴定,发现马铃薯疮痂病主要是由多种病原链霉菌引起。该病菌可通过土壤或种薯传播,寄生于块茎表面,在薯块表皮形成凹陷褐色病斑,影响马铃薯商品价值^[6]。疮痂病菌分泌的毒素可导致马铃薯发病^[7]。研究表明,通过调节土壤pH值可以防治马铃薯疮痂病^[8]。此外,不同杀菌剂、土壤颗粒剂、诱抗剂以及施用生物有机肥均对马铃薯疮痂病有较好防治效果^[9-11]。目前,马铃薯疮痂病研究在病原致病机理方面较为深入,但马铃薯疮痂病抗性机制还不清楚,还没有鉴定与疮痂病相关的抗性基因^[12],尚未有高抗疮痂病的马铃薯品种报道。由于不同马铃薯品种间疮痂病抗性存在明显差异,筛选高抗马铃薯新品种是解决疮痂病为害的有效方法。因此,针对广西马铃薯疮痂病为害现状,开展马铃薯新品种(系)资源的疮痂病抗性鉴定,对促进广西马铃薯产业发展具有重要意义。

表1 36份马铃薯品种(系)资源的编号和名称

Table 1 The codes and names of 36 potato varieties (lines)

编号 Code	品种(系) Variety (line)	来源 Origin	编号 Code	品种(系) Variety (line)	来源 Origin
1	D600	中国农业科	19	D731	中国农业科
2	D588	学院蔬菜花	20	D668	学院蔬菜花
3	D543	卉研究所	21	D568	卉研究所
4	D862		22	D517	
5	D480		23	D573	
6	WSN143		24	D740	
7	D607		25	D605	
8	N210		26	D576	
9	D367		27	N138	
10	D615		28	D692	
11	D16		29	中薯5号	
12	D516		30	云薯506	云南农业科
13	D597		31	云薯105	学院经济作
14	N170		32	S0-1452	物研究所
15	N157		33	丽薯6号	
16	N108		34	兴佳2号	黑龙江省大
17	D825		35	尤金	兴安岭地区
18	D744		36	费乌瑞它	农林科学院

作物抗病性鉴定分析方法主要有抗性分级指标评价法和隶属函数法。对于抗性分级指标评价法而言,由于各项抗性指标对抗病性的反映程度不一样,评价的有效性取决于各项抗性指标的权重分配,容易受专家经验或比较方法影响,特别是抗病性分级评定因人而异,有一定随机性。而隶属函数法是借鉴植物非生物胁迫抗性评价方法,用标准差系数来确定各指标的权重,较抗性分级指标评价法具有更多合理性和可靠性。本研究通过对从国内其他地方引进的36份马铃薯品种(系)资源进行疮痂病抗性鉴定,采用隶属函数法将抗病性状与早熟、高产、优质等南方马铃薯育种目标结合起来,筛选出高抗疮痂病的马铃薯新品种(系),为利用马铃薯抗疮痂病新品种(系)和发展广西冬种马铃薯生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

36份马铃薯品种(系)资源具体名称、编号见表1,其中费乌瑞它、中薯5号、丽薯6号、兴佳2号、云薯506为主栽品种,其余均为新品系。试验在广西南宁市武鸣区和玉林市兴业县进行。株行距25 cm×120 cm,单垄双行种植,采用随机区组排列,每个品种(系)为1个小区,每个小区面积6 m²,每个品种(系)3次重复。

1.2 方法

1.2.1 疮痂病抗性鉴定 广西南宁市武鸣区(23°15'8.81" N, 108°03'50.25" E) 试验当年气温 20.6 °C, 降雨量 1194.8 mm, 日照时数 1228 h, 无霜日 315 d; 土壤 pH 5.04~7.0, 有机质 14.98 g/kg, 速效 N 67.7 mg/kg, 速效 P 12.0 mg/kg, 速效 K 90.2 mg/kg, 其前身为广西武鸣县里建华侨农场, 主要种植甘蔗, 2010 年改建为科研基地。在本试验开展前一季马铃薯种植中, 发现疮痂病发病率 40.2%, 经专家对患病薯块鉴定认为主要原因是种薯带病, 其致病链霉菌主要为 *Streptomyces scabies*、*Streptomyces galilaeus*、*Streptomyces acidiscabies*。玉林市兴业县(22°43'2.08" N, 109°56'46.77" E) 试验当年气温 21.4 °C, 降雨量 1704.7 mm, 日照时数 1306 h, 无霜日 352 d; 土壤 pH 4.21~7.61, 有机质 13.9 g/kg, 速效 N 68.0 mg/kg, 速效 P 14.1 mg/kg, 速效 K 63.6 mg/kg, 主要种植水稻。

收获时每个品种(系)随机调查 30 株, 对其所有薯块进行调查, 马铃薯发病程度调查标准见表 2, 调查发病率并计算病情指数。生育期为出苗到收获的日期, 产量以收获时产量折算公顷产量计, 收获后 1 周内用比重法测定块茎比重并通过查 Mepkep 干物质含量表得到淀粉含量。

发病率(%) = 发病块茎数/调查总块茎数 × 100

病情指数 = $\sum(\text{各病级块茎数} \times \text{该病级数代表值}) / (\text{调查个体总和} \times \text{最高病级数}) \times 100$

表 2 马铃薯疮痂病分级标准

Table 2 The classification standard of potato scab

级别	马铃薯病害程度
Grade	The degree of potato disease
0	薯皮健康、无病斑
1	薯皮基本健康、有 1~2 个零星病斑、病斑所占面积未超过薯表面积的 1/4
2	薯皮表面有 2~5 个零星病斑、病斑所占面积未超过薯表面积的 1/4~1/3
3	薯皮表面有 5~10 个零星病斑、病斑所占面积为薯表面积的 1/3~1/2
4	严重感病、病斑在 10 个以上、病斑所占面积超过表面积的 1/2

1.2.2 疮痂病抗性综合分析 由于发病率、病情指数与疮痂病抗性成负相关, 适用反隶属函数 $\mu(X_j) = 1 - (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, 其中 X 为各品种

(系)的某一指标测定值, X_{\max} 为该指标测定值的最大值, X_{\min} 为该指标测定值的最小值。生育期也适用反隶属函数, 而产量和淀粉含量适用隶属函数 $\mu(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。根据公式计算各品种(系)指标的隶属度, 采用隶属函数标准差系数赋予权重法对疮痂病抗性进行综合评价^[13]。标准差系数 $V_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}}{\bar{X}_j}$, 权重系数 $W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j}$, 综合评价值 $D = \sum_{j=1}^n [\mu(X_j) \cdot W_j]$, $j = 1, 2, \dots, n$ 。参照兰巨生等^[14]的方法, 根据 D 值将疮痂病抗性分为 5 级: 0.8~1 为高抗疮痂病(HR), 0.6~0.8 为抗疮痂病(R), 0.5~0.6 为中间型(I), 0.2~0.5 为感疮痂病(S), 0~0.2 为高感(HS)。

1.2.3 人工接种鉴定 参照张小丽等^[15]的方法制备接种体, 在马铃薯块茎形成初期将浓度为 5×10^8 cfu/mL 接种菌液灌入根部, 以马铃薯品种尤金为感病对照, 接种后置于 28 °C 温室中, 收获时调查发病情况并计算病情指数。寄主抗性等级标准分别为: 高抗(HR): $0 \leq DI \leq 10$; 抗(R): $10 < DI \leq 30$; 中间型(I): $30 < DI \leq 60$; 感(S): $60 < DI \leq 80$; 高感(HS): $DI > 80$ 。

1.3 数据分析 用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 17.0 处理试验数据, 用 CurveExpert 1.3 软件进行曲线拟合, 聚类分析参照樊红科等^[16]方法。

2 结果与分析

2.1 马铃薯品种(系)资源抗病性

本试验 36 份马铃薯品种(系)资源中, 费乌瑞它、中薯 5 号、丽薯 6 号、兴佳 2 号、云薯 506 为主栽品种, 其余均为新品系。从表 3 可以看出, 通过比较不同马铃薯品种(系)资源的发病率和病情指数, 结果发现 D825、D731、D517 的发病率和病情指数均为 0(南宁市)或发病率接近或小于 5% 且病情指数小于 5(玉林市), 这些马铃薯品种(系)归为 A 类, 即高抗疮痂病型; N138 的发病率大于 50% 且病情指数均大于 50, 归为 C 类, 即高感疮痂病型; 其他归为 B 类, 包括抗疮痂病型、中间型和感疮痂病型。以上这些不同类型的马铃薯薯块发病照片见图 1, 主要痂状病斑类型为裂口状病斑, 主要致病链霉菌为 *Streptomyces scabies*。

表 3 马铃薯品种(系)资源抗病性

Table 3 The scab resistance of potato varieties (lines)

品种(系) Variety (line)	南宁市 Nanning city					玉林市 Yulin city				
	发病率 (%) Incidence rate	病情指数 Disease index	产量 (kg/hm ²) Yield	淀粉含量 (%) Starch content	生育期 (d) Growth period	发病率 (%) Incidence rate	病情指数 Disease index	产量 (kg/hm ²) Yield	淀粉含量 (%) Starch content	生育期 (d) Growth period
D600	33.30	26.93	25728	9.49	75	30.86	23.16	23292	9.14	73
D588	24.85	39.72	13992	10.45	77	24.17	43.65	10487	10.70	76
D543	41.13	30.80	27768	10.45	87	39.34	28.34	24567	10.99	86
D862	0	0	46872	10.22	93	6.91	5.26	54368	10.17	89
D480	6.25	25.29	35136	11.44	78	15.12	22.07	36037	12.17	78
WSN143	50.71	31.25	43704	9.49	64	43.91	29.47	45417	9.21	68
D607	29.54	17.63	32616	11.18	89	28.86	19.77	34341	12.02	86
N210	0	0	22872	9.69	81	9.55	5.73	18654	9.76	80
D367	57.29	29.14	31752	10.94	86	49.82	26.83	33557	11.38	86
D615	26.50	8.71	22992	8.59	77	25.68	10.79	22124	7.82	77
D16	22.20	14.77	40224	9.29	73	23.12	14.14	41945	8.94	73
D516	51.42	34.24	38424	9.98	78	45.19	34.73	38757	9.83	78
D597	18.97	46.00	31560	8.59	77	22.80	49.50	30235	8.25	77
N170	15.92	8.47	27648	11.44	89	17.12	10.61	23814	12.21	86
N157	51.34	13.80	29688	12.42	85	44.95	13.22	27193	12.91	85
N108	48.10	32.97	36768	9.98	91	40.65	33.94	36312	9.84	87
D825	0	0	23112	11.68	73	5.41	4.68	23251	12.72	73
D744	26.65	15.60	17016	7.59	63	26.43	17.62	12388	6.44	67
D731	0	0	12288	11.93	71	3.22	1.46	9688	12.68	72
D668	44.48	38.31	28488	9.98	77	40.58	43.04	24651	9.98	76
D568	43.60	46.91	44808	9.49	78	40.56	52.89	53607	9.26	79
D517	0	0	28392	9.29	91	0.79	0	24587	9.01	88
D573	12.17	13.03	31296	9.49	94	17.11	12.19	29220	9.64	90
D740	4.88	9.67	11448	10.22	67	12.12	10.79	9568	10.70	72
D605	37.63	34.87	15840	7.79	85	38.76	34.94	11573	7.11	85
D576	15.99	8.43	20424	7.39	91	19.03	10.50	17234	6.40	88
N138	64.45	51.90	7488	7.39	81	54.29	74.48	1930	5.57	80
D692	54.84	32.75	29448	8.89	83	46.69	33.92	25350	8.82	81
中薯 5 号	34.96	22.81	39000	13.00	60	37.55	20.05	41503	12.99	65
云薯 506	31.61	13.17	37557	19.69	77	29.62	12.45	36357	15.08	74
云薯 105	31.78	17.57	29828	15.80	94	30.43	17.95	27870	14.92	92
S0-1452	25.93	10.16	27105	10.94	61	24.42	11.35	23327	11.41	66
丽薯 6 号	9.46	10.50	31064	14.24	97	16.90	12.18	28154	13.09	93
兴佳 2 号	5.98	6.36	35034	13.40	84	13.93	9.42	35603	13.04	84
尤金	59.70	48.01	39077	14.33	65	52.13	53.25	41789	14.91	71
费乌瑞它	49.54	32.64	32042	11.49	65	41.23	29.72	33674	12.69	69

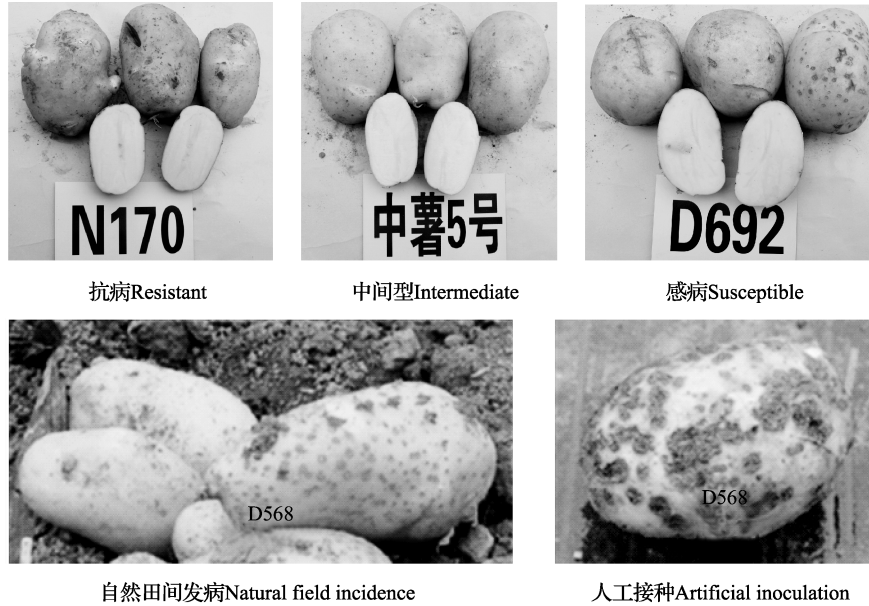


图 1 部分马铃薯品种(系)薯块发病照片
Fig. 1 Scab photo of partial potato varieties (lines)

2.2 频率分布和拟合曲线

根据马铃薯品种(系)资源的发病率和病情指数分别作频率分布直方图。图 2 表明,发病率和病情指数这两个数量性状基本符合正态分布,个体间的差异是连续的,较易受环境条件影响。对于发病率而言,在 36% 附近频率分布最多,累积 63.89%;病情指数在 36 附近频率分布最多,累积 82.86%,

但左右不是特别对称,这可能是由样本数量不够多造成的。进一步分析不同马铃薯品种(系)疮痂病发病率与病情指数之间的关系,通过 CurveExpert 软件对试验结果做指数拟合,得出不同马铃薯品种(系)疮痂病发病率(x)与病情指数(y)间的关系符合 $y = 6.4566e^{0.03245x}$ 模型($r=0.9743$),试验结果为指导疮痂病防治和估计病害损失提供依据。

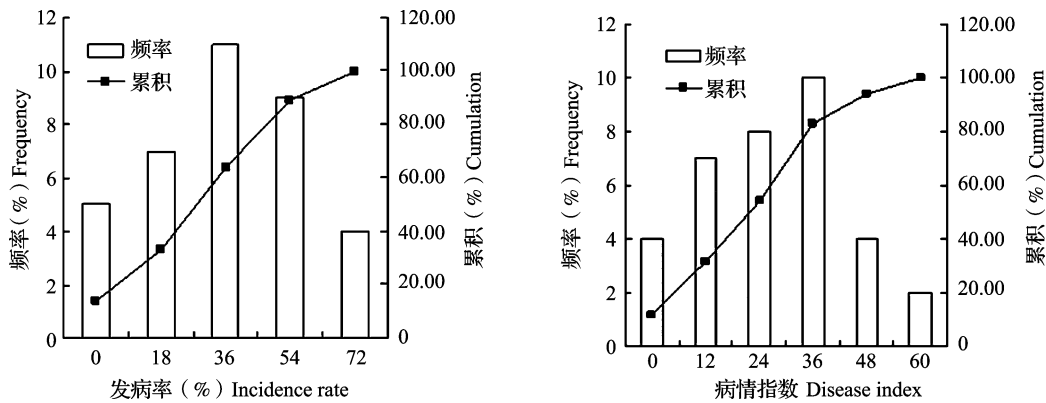


图 2 马铃薯品种(系)资源的发病率和病情指数频率分布直方图

Fig. 2 The frequency distribution histogram of incidence rate and disease index in potato varieties (lines)

2.3 隶属函数分析

利用隶属函数法对田间自然病圃马铃薯品种(系)资源疮痂病抗性鉴定数据进行整理(表 4),通过隶属函数标准差系数赋予权重法计算得出发病率、病情指数、产量、淀粉含量、生育期的权重系数分别为 28.90%、35.31%、0.70%、27.62%、7.47%,以此计算综合评价值 D,用最长距离法对综合评价值

D 值进行聚类分析(图 3),在遗传相似系数 1.25 处可将 36 份马铃薯品种(系)资源分为 4 个类群。I 类群又可分为 2 个亚类,其中 I-1 亚类有 2 个品种(系),分别是 D825 和 D731,属于高抗(HR)疮痂病马铃薯品种(系);I-2 亚类有 11 个品种(系),包括 D480、云薯 105、N170、S0-1452、D740、丽薯 6 号、D517、D862、N210、云薯 506、兴佳 2 号,属于抗疮痂

病(R)马铃薯品种(系);Ⅱ类群有1个品系N138,属于高感疮痂病(HS)马铃薯品种(系);Ⅲ类群有8个品种(系),包括D744、N157、D576、D573、中薯5号、D16、D607、D615,属于中间型(I)马铃薯品种(系);Ⅳ类群有14个品种(系),包括D568、D605、D692、D588、

D600、费乌瑞它、尤金、D668、D516、N108、D543、WSN143、D367、D597,属于感疮痂病(S)马铃薯品种(系)。各马铃薯品种(系)资源的D值相差很大,最大的D731达到0.84,最小的N138为0.03,说明各个品种(系)间疮痂病抗性相差很大。

表4 马铃薯品种(系)资源疮痂病抗性综合分析

Table 4 The comprehensive analysis of scab resistance in potato varieties (lines)

品种 (系) Variety (line)	隶属度 Membership degree										D 值 D value	疮痂病抗性 Scab resistance
	发病率 Incidence rate		病情指数 Disease index		产量 Yield		淀粉含量 Starch content		生育期 Growth period			
	南宁	玉林	南宁	玉林	南宁	玉林	南宁	玉林	南宁	玉林		
D600	0.48	0.44	0.48	0.69	0.46	0.41	0.17	0.38	0.59	0.71	0.47	S
D588	0.61	0.56	0.23	0.41	0.17	0.16	0.25	0.54	0.54	0.61	0.44	S
D543	0.36	0.28	0.41	0.62	0.51	0.43	0.25	0.57	0.27	0.25	0.41	S
D862	1.00	0.89	1.00	0.93	1.00	1.00	0.23	0.48	0.11	0.14	0.73	R
D480	0.90	0.73	0.51	0.70	0.70	0.65	0.33	0.69	0.51	0.54	0.63	R
WSN143	0.21	0.19	0.40	0.60	0.92	0.83	0.17	0.38	0.89	0.89	0.38	S
D607	0.54	0.48	0.66	0.73	0.64	0.62	0.31	0.68	0.22	0.25	0.55	I
N210	1.00	0.84	1.00	0.92	0.39	0.32	0.19	0.44	0.43	0.46	0.73	R
D367	0.11	0.08	0.44	0.64	0.62	0.60	0.29	0.61	0.30	0.25	0.37	S
D615	0.59	0.53	0.83	0.86	0.39	0.39	0.10	0.24	0.54	0.57	0.55	I
D16	0.66	0.58	0.72	0.81	0.83	0.76	0.15	0.35	0.65	0.71	0.57	I
D516	0.20	0.17	0.34	0.53	0.79	0.70	0.21	0.45	0.51	0.54	0.34	S
D597	0.71	0.59	0.11	0.34	0.61	0.54	0.10	0.28	0.54	0.57	0.37	S
N170	0.75	0.69	0.84	0.86	0.51	0.42	0.33	0.70	0.22	0.25	0.67	R
N157	0.20	0.17	0.73	0.82	0.56	0.48	0.41	0.77	0.32	0.29	0.52	I
N108	0.25	0.25	0.36	0.54	0.74	0.66	0.21	0.45	0.16	0.21	0.34	S
D825	1.00	0.91	1.00	0.94	0.40	0.41	0.35	0.75	0.65	0.71	0.82	HR
D744	0.59	0.52	0.70	0.76	0.24	0.20	0.02	0.09	0.92	0.93	0.50	I
D731	1.00	0.95	1.00	0.98	0.12	0.15	0.37	0.75	0.70	0.75	0.84	HR
D668	0.31	0.26	0.26	0.42	0.53	0.43	0.21	0.46	0.54	0.61	0.34	S
D568	0.32	0.26	0.10	0.29	0.95	0.99	0.17	0.39	0.51	0.50	0.27	S
D517	1.00	1.00	1.00	1.00	0.53	0.43	0.15	0.36	0.16	0.18	0.73	R
D573	0.81	0.69	0.75	0.84	0.60	0.52	0.17	0.43	0.08	0.11	0.59	I
D740	0.92	0.79	0.81	0.86	0.10	0.15	0.23	0.54	0.81	0.75	0.71	R
D605	0.42	0.29	0.33	0.53	0.21	0.18	0.03	0.16	0.32	0.29	0.30	S
D576	0.75	0.66	0.84	0.86	0.33	0.29	0	0.09	0.16	0.18	0.53	I
N138	0	0	0	0	0	0	0	0	0.43	0.46	0.03	HS
D692	0.15	0.14	0.37	0.54	0.56	0.45	0.12	0.34	0.38	0.43	0.30	S
中薯5号	0.46	0.31	0.56	0.73	0.80	0.75	0.46	0.78	1.00	1.00	0.59	I
云薯506	0.51	0.46	0.75	0.83	0.76	0.66	1.00	1.00	0.54	0.68	0.75	R
云薯105	0.51	0.45	0.66	0.76	0.57	0.49	0.68	0.98	0.08	0.04	0.63	R
S0-1452	0.60	0.56	0.80	0.85	0.50	0.41	0.29	0.61	0.97	0.96	0.66	R
丽薯6号	0.85	0.70	0.80	0.84	0.60	0.50	0.56	0.79	0.00	0.00	0.70	R
兴佳2号	0.91	0.75	0.88	0.87	0.70	0.64	0.49	0.79	0.35	0.32	0.76	R
尤金	0.07	0.04	0.07	0.29	0.80	0.76	0.56	0.98	0.86	0.79	0.36	S
费乌瑞它	0.23	0.24	0.37	0.60	0.62	0.61	0.33	0.75	0.86	0.86	0.46	S

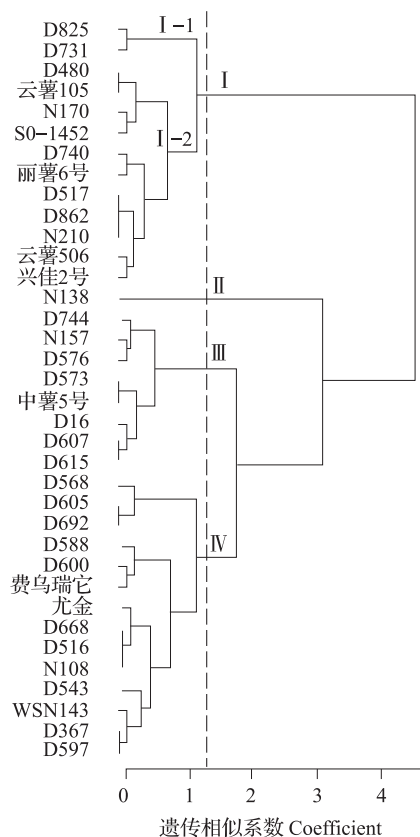


图3 马铃薯品种(系)资源疮痂病抗性聚类分析
Fig. 3 Cluster analysis for scab resistance
of potato varieties (lines)

2.4 人工接种鉴定

通过马铃薯块茎形成初期人工接种鉴定法对36份马铃薯品种(系)资源进行疮痂病抗性鉴定,评价结果见表5。在36份马铃薯品种(系)资源中,N138为高感马铃薯品系,占供试材料的2.78%;D588、D668、D597、D568和尤金为感病马铃薯品种(系),占供试材料的13.89%;D825、D862、N210、D731和D517为高抗马铃薯品系,占供试材料的13.89%;中薯5号、D600、D480、N108、D692、D516、D605、D367、费乌瑞它、D543和WSN143为中间型马铃薯品种(系),占供试材料的30.56%;丽薯6号、D740、S0-1452、兴佳2号、D615、N170、D576、D16、N157、D573、云薯506、D744、D607和云薯105为抗疮痂病马铃薯品种(系),占供试材料的38.89%。

3 讨论

鉴定马铃薯品种(系)资源的疮痂病抗性是筛选高抗疮痂病马铃薯新品种的基础。本研究利用隶属函数法对收集的36份马铃薯品种(系)资源的疮痂病抗性田间自然病圃鉴定结果进行了分析,结果表明,高抗疮痂病马铃薯品系有D825和D731等2个,均表现为早熟(生育期72d左右)、淀粉含量适中、产量中等,其中D825块茎圆形、皮色淡黄、肉白

表5 36份马铃薯品种(系)资源的疮痂病抗性鉴定结果

Table 5 The scab resistant results of 36 potato varieties (lines)

品种(系) Variety (line)	病情指数 Disease index	抗级 Resistance	品种(系) Variety (line)	病情指数 Disease index	抗级 Resistance
D600	37.57	I	D731	1.10	HR
D588	62.53	S	D668	61.01	S
D543	44.36	I	D568	74.85	S
D862	3.95	HR	D517	0	HR
D480	35.52	I	D573	18.92	R
WSN143	45.54	I	D740	15.35	R
D607	28.05	R	D605	52.36	I
N210	4.30	HR	D576	14.20	R
D367	41.98	I	N138	94.79	HS
D615	14.63	R	D692	50.00	I
D16	21.68	R	中薯5号	32.15	I
D516	51.73	I	云薯506	19.22	R
D597	71.63	S	云薯105	26.64	R
N170	14.31	R	S0-1452	16.13	R
N157	20.27	R	丽薯6号	17.01	R
N108	50.18	I	兴佳2号	11.84	R
D825	3.51	HR	尤金	75.95	S
D744	24.92	R	费乌瑞它	46.77	I

色、薯皮光滑、芽眼中等;D731 块茎大小整齐、薯圆形、皮色深紫、肉白色、薯皮略麻。此外,还发现 11 个抗疮痂病马铃薯品种(系),其中云薯 506、兴佳 2 号、丽薯 6 号等品种在广西种植多年,综合表现好,可以大面积示范推广。尤金属于感疮痂病马铃薯品种,这与荆莹莹^[17] 研究结果一致;中薯 5 号为中间型马铃薯品种,这与鲁文娟等^[18] 研究结果一致;高感疮痂病马铃薯品种(系)为 N138。同时人工接种鉴定结果也表明,N138 为高感马铃薯品系,D825 和 D731 为高抗马铃薯品系,中薯 5 号为抗性中间型马铃薯品种(系),丽薯 6 号、兴佳 2 号和云薯 506 等为抗疮痂病马铃薯品种(系),与田间种植鉴定结果基本一致。通过比较田间种植法 D 值(z)与人工接种法病情指数(y),发现二者间呈极显著负相关对应关系, $z = -0.007y + 0.759 (R^2 = 0.825)$ 。因马铃薯疮痂病的危害主要在成株期,易受土壤理化性质影响,故田间种植法最能反应出生产需要。

从马铃薯品种(系)资源发病率和病情指数的频率分布直方图可以看出,发病率和病情指数均呈正态分布,表明疮痂病抗性是由多基因控制的数量性状,易受环境影响^[19]。通过研究不同疮痂病抗性马铃薯品种(系)病情指数(y)与发病率(x)之间关系,得到二者间关系符合指数函数模型,即 $y = 6.4566e^{0.03245x}$,这与张匀华^[20] 对小麦赤霉病研究结果一致。该模型描述了病害损失估计所要求的病情指数与发病率间关系,为正确指导防治提供参考依据。然而,由于本研究试验样本数量所限,不能完全代表所有马铃薯品种(系)资源的疮痂病抗性特点,要更为精确定不同马铃薯品种(系)发病率与病情指数间关系规律,尚需引入更多有代表性品种(系)。

本试验选用田间种植法综合鉴定,不仅能较好区分不同品种(系)的疮痂病抗性,鉴定的高抗或抗疮痂病马铃薯品系还可以作为鲜食马铃薯杂交育种母本加以利用,研究结果为今后阐明马铃薯疮痂病抗性规律及抗性育种提供了良好的种质支撑,对解决马铃薯疮痂病有着重要的现实意义。考虑到块茎有更多、更厚木栓细胞层的马铃薯品种通常会高抗疮痂病^[21],已有研究人员通过体细胞无性系筛选技术育成了具有疮痂病抗性的马铃薯材料^[22]。此外,南方冬作区主要利用水稻冬闲田栽培马铃薯,其育种目标为对日照长度反应不敏感、抗晚疫病和耐湿、

耐弱光、耐低温的中、早熟品种^[12],结合广西这几年马铃薯疮痂病为害日益严重的实际情况,建议今后把疮痂病抗性也列入马铃薯育种考核指标。

参考文献

- [1] Slack S A. A look at potato leafroll virus and potato virus Y: past, present and future[J]. Badger Common Tater, 1991, 43: 16-21
- [2] Jackie H, George L. A mail survey of growers to estimate potato common scab prevalence and economic loss in Canada[J]. Can J Plant Pathol, 2005, 17: 46-52
- [3] 赵伟全. 中国马铃薯疮痂病研究初报[J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(6): 74-77, 92
- [4] Park D H, Yu Y M, Kim J S, et al. Characterization of streptomyces causing potato common scab in Korea[J]. Plant Dis, 2003, 87: 1290-1296
- [5] 赵伟全, 杨文香, 李亚宁, 等. 中国马铃薯疮痂病菌的鉴定[J]. 中国农业科学, 2006, 39(2): 313-318
- [6] Hiltunen L H, Weckman A, Ylhainen A, et al. Responses of potato cultivars to the common scab pathogens, *Streptomyces scabies* and *S. turgidiscabies*[J]. Ann Appl Biol, 2005, 146(3): 395-403
- [7] 赵伟全, 刘大群, 杨文香, 等. 马铃薯疮痂病菌毒素及其致病性的研究[J]. 植物病理学报, 2005, 35(4): 317-321
- [8] 奚启新, 杜凤英, 王凤山, 等. 调节土壤 pH 值和药剂防治马铃薯疮痂病[J]. 中国马铃薯, 2000, 14(1): 57-58
- [9] 张建平, 哈斯, 林团荣, 等. 不同杀菌剂对马铃薯疮痂病的防效试验[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(2): 83-86
- [10] 时新瑞, 范书华, 邵广忠, 等. 利用新型土壤颗粒剂防控马铃薯疮痂病[J]. 中国马铃薯, 2015, 29(6): 362-364
- [11] 靳海波, 王文丽, 邱慧珍, 等. 生物有机肥 GSJ-1 对马铃薯土壤疮痂病原菌分布影响及生防效果研究[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(2): 165-169
- [12] 徐建飞, 金黎平. 马铃薯遗传育种研究: 现状与展望[J]. 中国农业科学, 2017, 50(6): 990-1015
- [13] 辛宝宝, 袁庆华, 王瑜, 等. 不同苜蓿材料对木贼镰刀菌根腐病的抗病性评价[J]. 植物保护, 2016, 42(5): 158-164
- [14] 兰巨生, 胡福顺, 张景瑞. 作物抗旱指数的概念和统计方法[J]. 华北农学报, 1990, 5(2): 20-25
- [15] 张小丽, 刘玉梅, 方智远, 等. 青花菜及近缘种属种质资源抗根肿病鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(6): 1106-1115
- [16] 樊红科, 赵政阳, 王飞, 等. 苹果杂交后代斑点落叶病抗性生理指标的综合评价及预测[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2010, 38(6): 153-159
- [17] 荆莹莹. 黑龙江省部分地区马铃薯疮痂病鉴定及主栽品种的抗性评价[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2015
- [18] 鲁文娟, 叶巍, 丁建国, 等. “中薯 5 号”马铃薯品种特征特性及优质高产栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2015(2): 140-141
- [19] Dees M W, Lysoe E, Alsheikh M, et al. Resistance to *Streptomyces turgidiscabies* in potato involves an early and sustained transcriptional reprogramming at initial stages of tuber formation[J]. Mol Plant Pathol, 2015, 17(5): 703-713
- [20] 张匀华. 小麦赤霉病发病率与病情指数关系初步研究[J]. 黑龙江农业科学, 2000(3): 3-5
- [21] Khatri B B, Tegg R S, Brown P H, et al. Temporal association of potato tuber development with susceptibility to common scab and *Streptomyces sacbiei*-induced responses in the potato periderm[J]. Plant Pathol, 2011, 60(4): 776-786
- [22] Wilson C R, Tegg R S, Wilson A J, et al. Stable and extreme resistance to common scab of potato obtained through somatic cell selection[J]. Phytopathology, 2010, 100(5): 460-467