

宁夏马铃薯主栽品种对黑痣病的抗性鉴定

王喜刚, 郭成瑾, 张丽荣, 沈瑞清*

(宁夏农林科学院植物保护研究所, 宁夏植物病虫害防治重点实验室, 银川 750002)

摘要 为明确宁夏马铃薯主栽品种对黑痣病的抗性水平, 利用田间和室内接种相结合的方法对供试马铃薯品种的抗病性进行评价。室内接种试验表明, 供试的 20 份马铃薯材料中没有免疫及高抗品种, 接种量与抗性水平呈负相关, 其中‘陇薯 7 号’, ‘黑美人’, ‘青薯 9 号’在接种量为 5–15 g 水平上表现为中抗。通过聚类分析, 接种量为 5 g 和 10 g 时, 以欧式距离 13 作为最佳聚类分割点, 供试品种可分为 3 个类群。田间接种综合评价分析表明, 不同品种间抗性存在显著差异, 通过聚类分析, 以欧式距离 13 作为最佳聚类分割点, 试验品种可分为 4 个高感品种、11 个中感品种和 5 个中抗品种。

关键词 马铃薯; 黑痣病; 抗病性鉴定; 聚类分析

中图分类号: S 435.32 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2017279

Identification of potato resistance to black scurf caused by *Rhizoctonia solani* in Ningxia

WANG Xigang, GUO Chengjin, ZHANG Lirong, SHEN Ruiqing

(Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Ningxia Key Laboratory of Plant Diseases and Pests Control, Yinchuan 750002, China)

Abstract In order to evaluate the resistance of different potato cultivars to black scurf caused by *Rhizoctonia solani*, inoculation in field and laboratory were conducted in Ningxia. Laboratory inoculation identification indicated that none was immune in 20 tested potatoes. The inoculum sizes were negatively related to resistance levels. ‘Longshu 7’, ‘Black Beauty’ and ‘Qingshu 9’ showed moderate resistance at 5–15 g level of inoculum size. The 20 tested potato varieties were grouped into three groups at grouping point 13 of euclidean distance with the inoculum size of 5–10 g in clustering analysis. Field inoculation and comprehensive evaluation analysis indicated that disease resistance was different significantly by clustering analysis, and the 20 tested potato varieties were grouped into 4 highly susceptible cultivars, 11 moderate susceptible cultivars and 5 moderate resistant cultivars at grouping point 13 of euclidean distance.

Key words potato; black scurf; identification of disease resistance; clustering analysis

马铃薯黑痣病是由立枯丝核菌 *Rhizoctonia solani* Kühn 引起的土传病害, 又称立枯丝核菌病、茎基腐病、丝核菌溃疡病、黑色粗皮病, 以带病种薯和土壤传播, 在世界各地马铃薯种植区都有发生^[1-2]。随着我国马铃薯种植面积的进一步加大, 该病害发生逐年加重, 尤其在黑龙江、河北和内蒙古已上升为马铃薯第一大病害, 一般年份即可造成马铃薯减产 15% 左右, 个别年份可致使全田毁灭, 严重影响着马铃薯的产量与品质, 阻碍了马铃薯产业的发展^[3]。

在宁夏马铃薯主产区, 随着马铃薯种植面积的扩大, 重茬现象日益严重, 土壤中病原菌数量逐年增加, 使得这一病害由零星发生发展成为普遍发生。据调查, 在宁夏南部山区马铃薯主产区黑痣病普遍发生, 各市县平均发病率在 50% 以上, 减产 30% 左右^[4]。

目前, 生产上防治马铃薯黑痣病主要是利用传统的化学药剂, 防治效果不理想, 不能从根本上控制该病害, 且可能造成环境污染和农药残留, 易使植物产生抗性; 选育和利用抗病品种是经济和有效的

收稿日期: 2017-07-28

修订日期: 2017-10-17

基金项目: 宁夏农林科学院科技创新专项资金(NKYQ-16-03); 国家公益性行业(农业)科研专项(201503112-7); 宁夏回族自治区一二三产业融合发展农业技术推广示范项目(NKYZ16-0104); 宁夏回族自治区自然科学基金(NZ16108)

* 通信作者 E-mail: srqzh@sina.com

防治途径,但需有效的抗性鉴定技术对种质资源进行准确评价,由于马铃薯黑痣病原菌腐生强,寄主范围广,目前在马铃薯材料中还没有发现免疫和高抗的品种,不同品种间抗、感病性存在差异^[5,6]。张笑宇等^[7]从形态、结构及生理生化方面探讨了内蒙古地区不同品种的马铃薯抗黑痣病机制,系统地研究了马铃薯抗黑痣病鉴定技术。近几年,国内外专家通过基因工程改良马铃薯对立枯丝核菌的抗性的研究越来越多,如 Lorito 等^[8]将几丁质酶基因导入马铃薯,转基因植株不同组织中均呈现高水平的几丁质酶表达,其对立枯丝核菌也具有一定抗性。这些基因片段的克隆和特性研究为了解立枯丝核菌的致病机理和有效防治奠定了基础。

聚类分析是从数量方面对植物的抗病性及其他性状进行分类研究的重要手段,它将一批样品和变量按照其性质上的亲疏程度进行分类,欧式距离是聚类分析中一种应用较广泛的聚类距离法^[9-10]。陈红梅等^[11]在对马铃薯品种对镰刀菌干腐病优势病原的抗病性评价中以欧式距离 21 作为最佳聚类距离分割点,将试验品种分为 11 个抗病品种、17 个中抗品种和 7 个感病品种。

最近几年,我国对马铃薯黑痣病原菌、各地病害发生率以及病害防治技术做了初步研究,但宁夏地区马铃薯品种对黑痣病的抗性研究尚未见报道,更缺乏系统的研究,还没有相对成熟的抗性评价方法,马铃薯资源的抗病性情况及抗病机制还不清楚。因此,为明确马铃薯主栽品种对黑痣病的抗性,本试验选择了宁夏南部地区主栽的 20 个不同马铃薯品种进行室内和田间抗性鉴定试验,以明确供试马铃薯品种对黑痣病菌的抗性水平,对马铃薯抗病育种及其防治具有重要的理论和实践意义,为更好地防治马铃薯黑痣病奠定基础。

1 材料方法

1.1 供试材料

供试病原菌:立枯丝核菌 *Rhizoctonia solani* Kühn 由宁夏农林科学院植物保护研究所分离、鉴定、保存。

供试品种:‘大西洋’、‘夏波蒂’、‘费乌瑞它’、‘克新 1 号’、‘荷兰 15’、‘陇薯 3 号’、‘黑美人’、‘冀张薯 8 号’、‘青薯 9 号’、‘庄薯 3 号’、‘陇薯 7 号’、‘青薯 168’、‘中薯 17 号’、‘中薯 18 号’、‘中薯 19 号’、‘中薯 21 号’、‘宁薯 14 号’、‘宁薯 15 号’、‘陇薯 8 号’、‘天薯 11 号’。

接种体的制备:100 g 麦麸加 200 mL 蒸馏水搅拌均匀后装入 500 mL 的三角瓶中,121℃ 高压灭菌 40 min,冷却后每瓶接种在 PSA 平板上培养 4 d 的立枯丝核菌菌饼 10 片($d=0.8$ cm),于 25℃ 黑暗培养 30 d,直至产生大量的菌核,取出晾干。搓成粉末混匀备用。

1.2 试验方法

1.2.1 室内接种试验

试验菌种为立枯丝核菌,单株接种量设 5、10、15、20 g 共 4 个处理,以不接菌植株作对照。花盆土为灭菌土,土壤装盆前利用干热空气灭菌法 180~200℃ 灭菌 0.5~1 h。马铃薯种薯均用 0.5% 的 KMnO_4 消毒 20 min,每个品种栽种 10 盆,每盆栽种 3 个薯块,种植时将制备好的接种体按不同接种量分别均匀拌在花盆内,使种薯被带菌土所包围。在苗期调查出苗率,成株期调查病株率,计算病薯率、病情指数、相对抗病指数,根据相对抗病指数进行抗性评价。

1.2.2 田间接种试验

根据室内接种试验结果,田间抗性试验单株接种量设为 10 g,播种方式为人工开沟播种,播种前将立枯丝核菌麦麸培养物按 1:10 的比例与土壤混合,均匀撒入种子沟内,能使种薯被带菌土所包围。每份材料播 3 行,共 50 株,株距 35 cm,行距 70 cm,同一处理设在一个区内,每个品种 3 次重复,共 60 个小区。土壤为沙壤土,土壤肥力中等,试验不施肥,于苗期调查出苗率,成株期调查病薯率;收获期采用五点随机取样法,每小区取五点,每点取相连 5 株,共计 25 株,记录薯块病级数,计算病薯率及病情指数,进行新复极差显著性分析。

1.3 调查项目及计算方法

出苗率=(出苗数/播种数) $\times 100\%$;

病薯率=(带病块茎数/调查总块茎数) $\times 100\%$ 。

按 Woodhall 等^[12]的分级标准调查黑痣病病级,计算病情指数和相对抗病指数,利用相对抗病指数进行评价。

马铃薯黑痣病块茎病情分级标准:

0 级,薯块上无病斑;

1 级,病斑小,病部面积占整个薯块面积 5% 以下;

3 级,病斑较小,病部面积占整个薯块面积 5%~10%;

5 级,病斑较小或个别较大,病部面积占整个薯块面积 11%~25%;

7 级,病斑大小均有分布,病部面积占整个薯块面积 26%~50%;

9 级,病斑大小均有分布,病部相连面积占整个薯块面积的 50%以上。

病情指数和相对抗病指数计算公式:

病情指数 = Σ (各级病薯数 $\times$ 相对级数值) $\times$ 100/(调查总薯数 $\times$ 9);

相对抗病指数 = 1 - 所测品种病情指数/发病最重品种病情指数;

相对抗病指数评价标准:

- 1 免疫(I);
- 0.80~0.99 高抗(HR);
- 0.60~0.79 中抗(MR);
- 0.40~0.59 中感(MS);
- 0.00~0.39 高感(HS)。

1.4 数据处理及分析

采用 Excel 和 DPS 数据处理系统进行数据分析,根据最适聚类分析结果,以最佳聚类距离的适当大小作为分割点^[13],依据接种后的块茎病情指数与病薯率之间的线性关系,对 20 个供试品种进行了系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 室内接种对黑痣病的抗性研究

2.1.1 马铃薯不同品种对黑痣病的室内抗性评价

由表 1 可知,用麸皮做基质培养马铃薯黑痣病菌能产生大量的菌丝和菌核,并能有效地诱发马铃薯黑痣病。室内接种处理的 20 个马铃薯品种没

有免疫及高抗品种。在不接种时供试的 20 份马铃薯材料发病普遍较轻,病情指数最大的为‘大西洋’,感病材料发病较轻,抗、感性状难以区分。根据相对抗病指数在接种量为 5 g 时表现为中抗的有‘黑美人’、‘青薯 9 号’、‘庄薯 3 号’和‘陇薯 7 号’,占供试品种总数的 20%;表现为中感的品种有 7 个,占供试品种总数的 35%;表现为高感的品种有 9 个,占供试品种总数的 45%。在接种量为 10 g 时表现为中抗的有‘黑美人’、‘青薯 9 号’、‘庄薯 3 号’和‘陇薯 7 号’,占供试品种总数的 20%;表现为中感的品种有 6 个,占供试品种总数的 30%;表现为高感的品种有 10 个,占供试品种总数的 50%。接种量为 15 g 时抗性表现为中抗的有‘黑美人’、‘青薯 9 号’、和‘陇薯 7 号’,占供试品种总数的 15%;抗性表现为中感的品种有 4 个,占供试品种总数的 20%;抗性表现为高感的品种有 13 个,占供试品种总数的 65%。在接种量为 20 g 时,20 份材料病情指数都达到最大,与接种量 5~15 g 时的抗性表现相比,抗、感品种所占比例差距大,表明 20 g 的接种量用于品种抗病性鉴定时,菌量较大,感病品种分布较多,此接种量用于接种鉴定马铃薯黑痣病抗性不合理。因此,本试验仅用接种量 5~15 g 的试验结果进行室内试验分析,田间接种试验每株接种量选择 10 g 进行接种鉴定。

表 1 室内不同接种量对马铃薯块茎黑痣病的抗性表现

品种 Variety	不同接种量条件下马铃薯块茎抗性 Resistance of potato tubers at different doses of inoculum								
	0 g			5 g			10 g		
	病情指数 Disease index	病薯率/% Incidence of diseased tuber	病情指数 Disease index	相对抗病指数 Relative resistance index	抗性评价 Resistance evaluation	病薯率/% Incidence of diseased tuber	病情指数 Disease index	相对抗病指数 Relative resistance index	抗性评价 Resistance evaluation
大西洋 Atlantic	13.25	21.16	25.16	0.00	HS	22.47	35.80	0.00	HS
夏波蒂 Shapody	10.21	18.45	18.19	0.28	HS	20.67	34.96	0.02	HS
费乌瑞它 Favorite	5.75	16.72	15.53	0.38	HS	18.24	26.79	0.25	HS
克新 1 号 Kexin 1	10.59	20.31	19.79	0.21	HS	21.51	30.82	0.14	HS
荷兰 15 Helan 15	6.67	16.31	14.67	0.42	MS	17.51	19.72	0.45	MS
陇薯 3 号 Longshu 3	10.21	9.38	14.21	0.44	MS	10.68	26.00	0.27	HS
黑美人 Black Beauty	0	1.15	5.60	0.78	MR	3.55	10.11	0.72	MR
冀张薯 8 号 Jizhangshu 8	9.56	14.42	20.95	0.17	HS	14.62	30.74	0.14	HS
青薯 9 号 Qingshu 9	1.21	3.35	6.21	0.75	MR	5.95	13.60	0.62	MR
庄薯 3 号 Zhuangshu 3	3.78	4.46	9.21	0.63	MR	6.76	14.27	0.60	MR
陇薯 7 号 Longshu 7	0.70	3.69	6.89	0.73	MR	5.51	13.15	0.63	MR
青薯 168 Qingshu 168	7.52	10.86	12.52	0.50	MS	11.96	20.81	0.42	MS
中薯 17 号 Zhongshu 17	14.21	12.66	18.21	0.28	HS	14.86	30.23	0.16	HS
中薯 18 号 Zhongshu 18	13.15	16.03	18.25	0.27	HS	18.23	27.75	0.22	HS
中薯 19 号 Zhongshu 19	7.78	19.49	19.75	0.22	HS	22.74	26.71	0.25	HS
中薯 21 号 Zhongshu 21	10.21	17.85	15.21	0.40	HS	22.05	30.23	0.16	HS
宁薯 14 号 Ningshu 14	2.15	7.43	10.23	0.59	MS	10.67	14.89	0.58	MS
宁薯 15 号 Ningshu 15	6.65	14.53	13.52	0.46	MS	15.83	20.21	0.44	MS
陇薯 8 号 Longshu 8	7.89	15.25	15.21	0.40	MS	16.95	19.84	0.45	MS
天薯 11 号 Tianshu 11	10.21	14.17	14.21	0.44	MS	16.29	17.89	0.50	MS

续表 1 Table 1(Continued)

品种 Variety	不同接种量条件下马铃薯块茎抗性 Resistance of potato tubers at different doses of inoculum							
	15 g				20 g			
	病薯率/% Incidence of diseased tuber	病情指数 Disease index	相对抗病指数 Relative resistance index	抗性评价 Resistance evaluation	病薯率/% Incidence of diseased tuber	病情指数 Disease index	相对抗病指数 Relative resistance index	抗性评价 Resistance evaluation
大西洋 Atlantic	32.89	52.82	0.00	HS	39.42	59.73	0.00	HS
夏波蒂 Shapody	30.64	46.97	0.11	HS	39.67	52.82	0.12	HS
费乌瑞它 Favorite	28.54	36.80	0.30	HS	39.79	40.80	0.32	HS
克新 1 号 Kexin 1	32.72	35.80	0.32	HS	40.21	47.53	0.21	HS
荷兰 15 Helan 15	29.31	39.73	0.25	HS	38.11	45.73	0.24	HS
陇薯 3 号 Longshu 3	18.98	37.78	0.28	HS	36.35	42.97	0.28	HS
黑美人 Black Beauty	12.35	20.61	0.61	MR	32.15	36.11	0.40	HS
冀张薯 8 号 Jizhangshu 8	29.82	40.53	0.23	HS	43.09	48.93	0.18	HS
青薯 9 号 Qingshu 9	8.55	20.99	0.60	MR	36.23	40.81	0.32	HS
庄薯 3 号 Zhuangshu 3	13.06	25.93	0.51	MS	39.36	45.83	0.24	HS
陇薯 7 号 Longshu 7	10.33	19.40	0.63	MR	32.31	38.26	0.36	HS
青薯 168 Qingshu 168	17.06	29.11	0.45	MS	34.25	45.73	0.24	HS
中薯 17 号 Zhongshu 17	26.06	38.23	0.28	HS	37.26	52.37	0.13	HS
中薯 18 号 Zhongshu 18	23.43	37.25	0.29	HS	28.63	44.11	0.26	HS
中薯 19 号 Zhongshu 19	30.09	33.67	0.36	HS	37.44	45.93	0.23	HS
中薯 21 号 Zhongshu 21	29.25	39.13	0.26	HS	36.45	49.80	0.17	HS
宁薯 14 号 Ningshu 14	16.91	26.98	0.49	MS	34.25	38.46	0.36	HS
宁薯 15 号 Ningshu 15	27.13	36.78	0.30	HS	38.43	45.26	0.25	HS
陇薯 8 号 Longshu 8	26.65	32.45	0.39	HS	36.35	48.87	0.19	HS
天薯 11 号 Tianshu 11	25.31	28.21	0.47	MS	34.33	42.83	0.29	HS

2.1.2 不同接种量对不同品种马铃薯黑痣病抗病性聚类分析

利用 DPS 数据处理软件欧式距离法进行病情指数与病薯率相关性聚类分析,结果表明,20 个供试马铃薯品种病情指数与病薯率相关性数据在不作转换、聚类距离采用欧式距离、聚类方法采用最长距离法时所得聚类效果与接种结果吻合度最好。由图 1 可知,接种量为 5 g 时,以欧式距离 13 作为聚类分割点,可将 20 个马铃薯品种分为 3 类。第 1 类 9 个品

种:‘大西洋’、‘中薯 18 号’、‘夏波蒂’、‘克新 1 号’、‘中薯 19 号’、‘冀张薯 8 号’、‘费乌瑞它’、‘中薯 21 号’、‘中薯 17 号’;第 2 类 7 个品种:‘荷兰 15’、‘天薯 11 号’、‘陇薯 8 号’、‘宁薯 15 号’、‘陇薯 3 号’、‘青薯 168’、‘宁薯 14 号’;第 3 类 4 个品种:‘黑美人’、‘青薯 9 号’、‘陇薯 7 号’、‘庄薯 3 号’。综合考虑接种后的块茎病情指数和相对抗病指数,将第 1 类定为高感品种、第 2 类定为中感品种、第 3 类定为中抗品种。

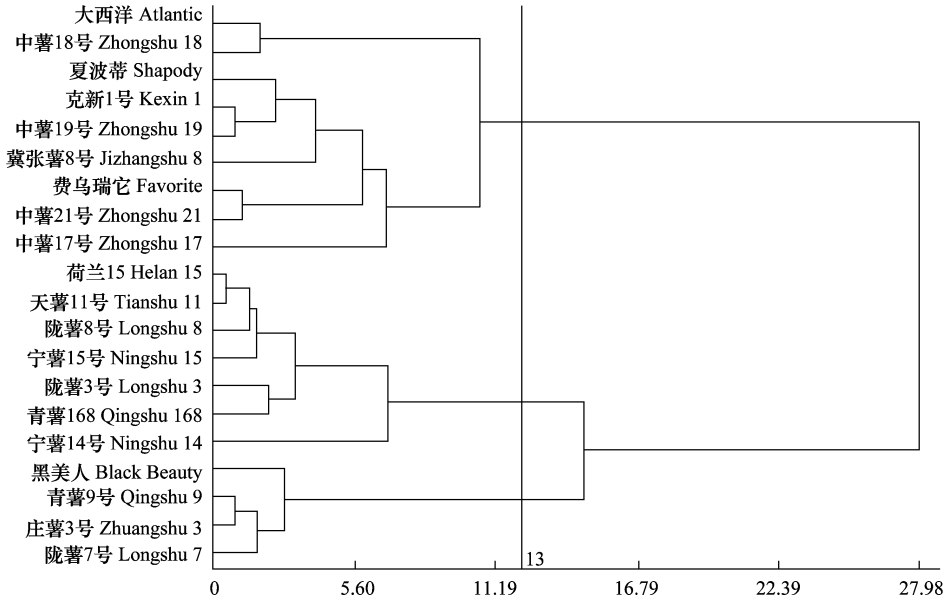


图 1 接种量为 5 g 时马铃薯不同品种对黑痣病抗病性的聚类分析

Fig. 1 Clustering analysis of resistance of different potato varieties against *Rhizoctonia solani* at inoculum size of 5 g

由图 2 可知,接种量为 10 g 时,以欧式距离 13 作为聚类分割点,将 20 个马铃薯品种分为 3 类。第 1 类 10 个品种:‘大西洋’、‘中薯 18 号’、‘夏波蒂’、‘陇薯 3 号’、‘克新 1 号’、‘中薯 19 号’、‘冀张薯 8 号’、‘费乌瑞它’、‘中薯 21 号’、‘中薯 17 号’;第 2 类 6 个品种:‘荷兰

15’、‘天薯 11 号’、‘陇薯 8 号’、‘宁薯 15 号’、‘青薯 168’、‘宁薯 14 号’;第 3 类 4 个品种:‘黑美人’、‘青薯 9 号’、‘陇薯 7 号’、‘庄薯 3 号’。综合考虑接种后的块茎病情指数和相对抗病指数,将第 1 类定为高感品种、第 2 类定为中感品种、第 3 类定为中抗品种。

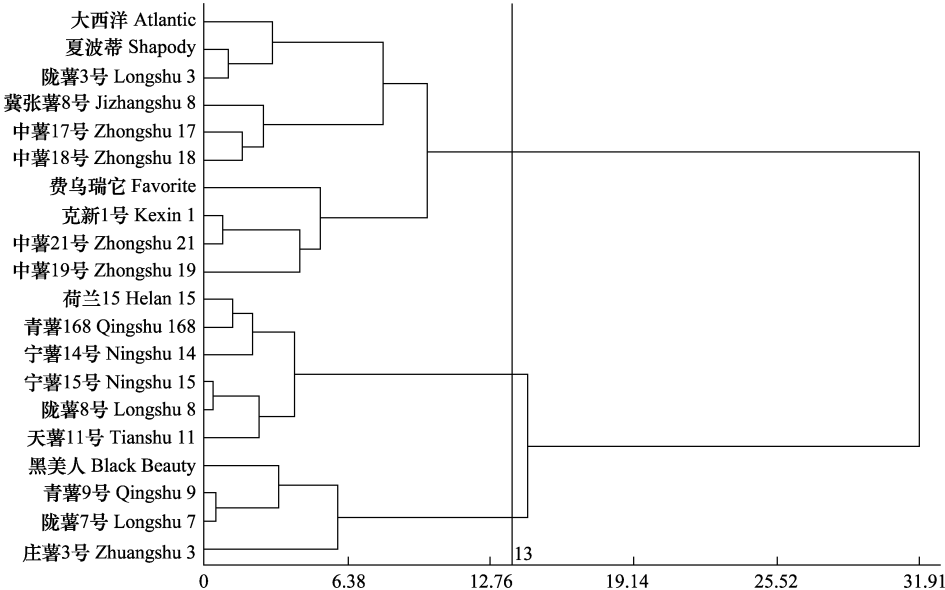


图 2 接种量为 10 g 时马铃薯不同品种对黑痣病抗病性的聚类分析

Fig. 2 Clustering analysis of resistance of different potato varieties against *Rhizoctonia solani* at the inoculum size of 10 g

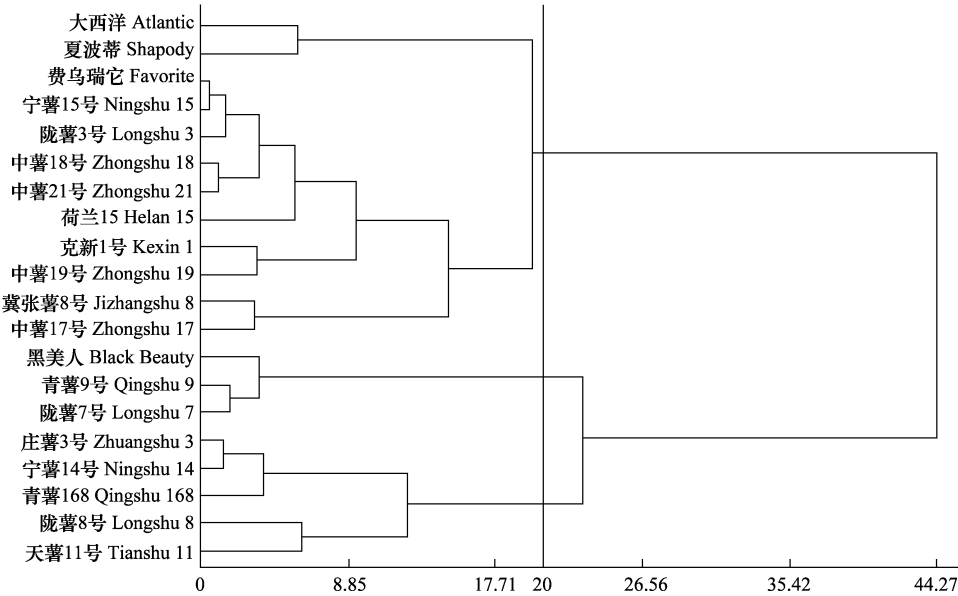


图 3 接种量为 15 g 时马铃薯品种对黑痣病抗病性的聚类分析

Fig. 3 Clustering analysis of resistance of different potato varieties to *Rhizoctonia solani* at the inoculum size of 15 g

由图 3 可知,接种量为 15 g 时,以欧式距离 20 作为聚类分割点,将 20 个马铃薯品种分为 3 类。第 1 类 12 个品种:‘大西洋’、‘夏波蒂’、‘费乌瑞它’、‘宁薯 15 号’、‘陇薯 3 号’、‘中薯 18 号’、‘中薯 21 号’、‘冀张薯 8 号’、‘中薯 17 号’、‘克新 1 号’、‘荷兰 15’、‘中薯 19

号’;第 2 类 3 个品种:‘黑美人’、‘青薯 9 号’、‘陇薯 7 号’;第 3 类 5 个品种:‘庄薯 3 号’、‘宁薯 14 号’、‘青薯 168’、‘陇薯 8 号’、‘天薯 11 号’。综合考虑接种后的块茎病情指数和相对抗病指数,将第 1 类定为高感品种、第 2 类定为中抗品种、第 3 类定为中感品种。

2.2 不同马铃薯品种对黑痣病田间抗性研究

2.2.1 不同马铃薯品种对黑痣病的田间抗性

由表 2 可知,供试 20 份马铃薯品种在田间均发病,但发病程度有一定的差异,其中对黑痣病表现为中抗水平的品种有‘黑美人’、‘青薯 9 号’、‘庄薯 3 号’、‘陇薯 7 号’和‘宁薯 14 号’,占供试品种的

25%;表现为中感水平的品种有‘费乌瑞它’、‘荷兰 15’、‘陇薯 3 号’、‘青薯 168’、‘中薯 17 号’、‘中薯 18 号’、‘中薯 19 号’、‘中薯 21 号’、‘宁薯 15 号’、‘陇薯 8 号’和‘天薯 11 号’,占供试品种的 55%;表现为高感水平的品种有‘大西洋’、‘夏波蒂’、‘冀张薯 8 号’和‘克新 1 号’,占供试品种的 20%。

表 2 马铃薯不同品种对黑痣病的田间抗性

品种 Variety	出苗率/% Emergence rate	病株率% Incidence of diseased plant	病薯率/% Incidence of diseased tuber	薯块病情指数 Disease index of potato tuber	相对抗病指数 Relative resistance index	抗性水平 Resistance level
大西洋 Atlantic	79	26.76	36.36	41.36	0.00	HS
夏波蒂 Shapody	85	25.45	35.25	39.44	0.05	HS
费乌瑞它 Favorite	82	11.45	21.05	23.66	0.43	MS
克新 1 号 Kexin 1	79	26.36	36.36	39.41	0.05	HS
荷兰 15 Helan 15	83	16.31	26.21	21.15	0.49	MS
陇薯 3 号 Longshu 3	84	3.38	10.36	20.63	0.50	MS
黑美人 Black Beauty	95	2.19	3.45	8.63	0.79	MR
冀张薯 8 号 Jizhangshu 8	90	14.47	29.23	38.74	0.06	HS
青薯 9 号 Qingshu 9	98	7.35	4.25	10.34	0.75	MR
庄薯 3 号 Zhuangshu 3	95	5.78	9.68	12.78	0.69	MR
陇薯 7 号 Longshu 7	96	3.68	5.68	9.13	0.78	MR
青薯 168 Qingshu 168	92	5.86	15.46	20.17	0.51	MS
中薯 17 号 Zhongshu 17	85	11.56	13.23	20.85	0.50	MS
中薯 18 号 Zhongshu 18	83	22.13	16.89	19.56	0.53	MS
中薯 19 号 Zhongshu 19	86	12.43	17.56	20.59	0.50	MS
中薯 21 号 Zhongshu 21	96	7.75	15.23	20.87	0.50	MS
宁薯 14 号 Ningshu 14	97	6.43	9.45	10.39	0.75	MR
宁薯 15 号 Ningshu 15	83	9.53	17.23	20.63	0.50	MS
陇薯 8 号 Longshu 8	90	15.21	15.11	22.96	0.44	MS
天薯 11 号 Tianshu 11	89	14.37	16.87	19.94	0.52	MS

2.2.2 马铃薯不同品种对黑痣病抗病性的聚类分析

利用 DPS 数据处理软件欧式距离法进行病情指数与病薯率相关性聚类分析,结果(图 4)表明,20 个供试马铃薯品种病情指数与病薯率相关性数据在不作转换、聚类距离采用欧式距离、聚类方法采用最长距离法,以欧式距离 13 作为最佳聚类分割点,将供试品种分为 3 个类群,第 1 类群包括‘大西洋’、‘夏波蒂’、‘克新 1 号’、‘冀张薯 8 号’,田间抗性试验表现为高感,占供试品种的 20%;第 2 类群包括‘费乌瑞它’、‘荷兰 15’、‘陇薯 3 号’、‘青薯 168’、‘中薯 17 号’、‘中薯 18 号’、‘中薯 19 号’、‘中薯 21 号’、‘宁薯 15 号’、‘陇薯 8 号’和‘天薯 11 号’,田间抗性试验表现为中感,占供试品种的 55%;第 3 类群包括‘宁薯 14 号’、‘庄薯 3 号’、‘青薯 9 号’、‘陇薯 7 号’和‘黑美人’,田间抗性试验表现为中抗,占供试品种的 20%。

3 结论与讨论

本研究鉴定了宁夏南部地区马铃薯主栽品种对

黑痣病的抗性,通过对供试的 20 份马铃薯品种的室内和田间抗性鉴定结果可以看出,供试品种中没有对马铃薯黑痣病免疫和高抗的品种,室内鉴定试验表明,供试马铃薯品种间存在抗病性差异,接种量为 10 g 时,20%的品种表现为中抗,30%的品种表现为中感,50%的品种表现为高感。田间抗性鉴定结果表明,25%的品种表现为中抗,55%的品种表现为中感,20%的品种表现为高感,同一水平下田间鉴定与室内鉴定表现为中抗水平的品种基本一致。此外在调查中发现马铃薯品种的抗性与病害的潜育期呈正相关,病菌在抗病品种中的潜育期较长,在感病品种中较短,马铃薯块茎表皮颜色较深的品种较抗病。

对同一种品种来说,室内接种比田间自然发病严重,病情指数高,造成这种差异的原因很多,一方面室内接种鉴定的病原菌数量比较充足,温度相对稳定,湿度较高,有利于病害发生,而田间抗性鉴定病菌感染受到外界环境条件、土壤性质、土壤微生物环境等因素的影响。因此,为避免一些田间自然条件对抗性

鉴定结果的影响,本试验首先采用室内接种的方法对马铃薯抗黑痣病进行抗性评价,然后通过田间接种进行验证,结果基本反映了不同马铃薯品种的抗病性程度。张笑宇^[7]采用田间接种和室内鉴定相结合的方法对 28 份马铃薯材料抗病性鉴定表明,品种间存在

显著差异,但没有免疫和高抗的品种,红皮等马铃薯块茎表皮颜色较深的品种较抗病,白皮品种感病。陈爱昌等^[5]采用田间自然发病方法对 19 个马铃薯品种(系)进行了抗黑痣病比较试验,结果表明‘心里美’是唯一一个没有染病的品种,原因可能是紫色表皮抗病。

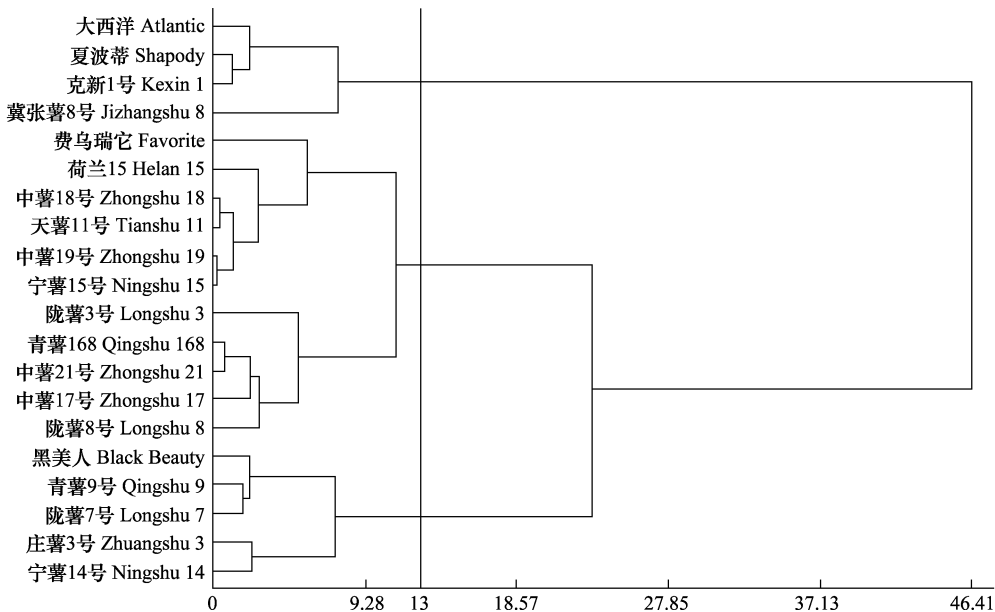


图 4 马铃薯不同品种对黑痣病抗病性聚类分析

Fig. 4 Clustering analysis of resistance in different potato varieties to *Rhizoctonia solani*

选用抗病品种是综合防治各种病害的重要措施之一,因此对抗黑痣病菌鉴定的马铃薯品种范围应进一步扩大,并针对不同地域适合种植的品种分区域分品种进行抗性评价,从而为抗病育种提供抗病品种及亲本材料,加强对黑痣病抗性水平基因工程与田间筛选相结合的研究对于控制马铃薯黑痣病具有重要的意义。本研究筛选出的 4 份中抗品种‘青薯 9 号’、‘庄薯 3 号’、‘陇薯 7 号’和‘黑美人’是田间抗性较好的材料,适宜在宁夏马铃薯种植区推广种植,筛选出的抗病品种可用作马铃薯黑痣病抗病育种的资源,为今后抗性基因的生产及应用奠定基础,本试验的结果对于综合防治马铃薯黑痣病具有重要的指导价值。

参考文献

[1] 李乾坤,孙顺娣,李敏权. 马铃薯立枯丝核菌病的研究[J]. 马铃薯杂志,1988,2(2):79-84.
[2] 陈万利. 马铃薯黑痣病的研究进展[J]. 中国马铃薯,2012,26(1):49-51.
[3] 陈伊里,屈冬玉. 马铃薯产业与粮食安全[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2009:354-358.

[4] 郭志乾,张国辉,王效瑜,等. 2015 年宁夏马铃薯产业发展现状、存在问题及建议[C]//2016 年中国马铃薯大会,2016:128-133.
[5] 陈爱昌,魏周全,文宏伟. 陇中温寒半湿润区马铃薯高产抗黑痣病品种的引进筛选[J]. 中国马铃薯,2015,29(4):199-201.
[6] 蒋继志,吴素玉,赵丽坤. 非生物因子诱导马铃薯块茎对立枯丝核菌的抗性[J]. 河北大学学报(自然科学版),2005,25(2):167-171.
[7] 张笑宇. 马铃薯抗黑痣病鉴定技术及其抗病机制研究[D]. 内蒙古:内蒙古农业大学,2012.
[8] LORITO M, WOO S L, FERNANDEZ I G. Genes from mycoparasitic fungi as a source for improving plant resistance to fungal pathogens [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,1998,95:7860-7865.
[9] 曲延军,蒙美莲,张笑宇,等. 马铃薯品种对枯萎病菌的抗性鉴定[J]. 植物保护,2015,41(3):149-151.
[10] 王鹏,李芳弟,郭天顺,等. 马铃薯品种(系)晚疫病抗性鉴定[J]. 中国马铃薯,2014,28(5):264-269.
[11] 陈红梅,李金花,柴兆祥,等. 5 个马铃薯品种对镰刀菌干腐病优势病原的抗病性评价[J]. 植物保护学报,2012,39(4):308-314.
[12] WOODHALL J W, LEES A K, EDWARDS S G, et al. Infection of potato by *Rhizoctonia solani*: effect of anastomosis group [J]. Plant Pathology,2008,57:897-905.
[13] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2002.

(责任编辑:杨明丽)