

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2021)02-0170-06

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2021.02.010

马铃薯疮痂病抗病资源鉴定和药剂筛选

朱展鹏¹, 蒋建霞¹, 傅欣雨¹, 曹 嫜¹, 付志荣², 蔡兴奎^{3*}

(1. 华中农业大学园艺林学学院, 湖北 武汉 430070; 2. 华中农业大学生命科学技术学院, 湖北 武汉 430070;
3. 农业农村部马铃薯生物学与生物技术重点实验室, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 马铃薯疮痂病是由致病链霉菌引起的土传性和种传性病害, 在世界各地的马铃薯种植区广泛发生。该病主要破坏马铃薯薯块表皮, 降低马铃薯的经济价值。目前在中国马铃薯疮痂病抗病品种缺乏的情况下, 药剂处理还是田间防治该病的主要措施。试验采用五氯硝基苯和噻唑锌2种药剂分别处理带疮痂病原的蛭石, 以未处理的蛭石为对照。结果表明, 对感病的‘华薯3号’品种, 2019年上半年五氯硝基苯对疮痂病的防效为42.73%, 噻唑锌对疮痂病的防效为31.41%。2019年下半年五氯硝基苯防效为57.48%, 噻唑锌防效为87.16%。目前的生产中尚不具有高抗疮痂病的马铃薯品种, 抗性资源试验中, 将健康的马铃薯资源材料种植于带疮痂病的蛭石中, 结果表明, 在试验的华薯系列品种中, ‘华薯5号’和‘华薯11号’相较于其他品种, 疮痂病抗性较好; 试验具有野生种 *Solanum chacoense* 血缘的材料中, CH524-8和M6对疮痂病具有较高的抗性。

关键词: 马铃薯; 疮痂病; 药剂处理; 抗性鉴定

Identification and Chemicals Screening of Potato Common Scab Resistance Resources

ZHU Zhanpeng¹, JIANG Jianxia¹, FU Xinyu¹, CAO Qiang¹, FU Zhirong², CAI Xingkui^{3*}

(1. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China;

2. College of Life Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China;

3. Key Laboratory of Potato Biology and Biotechnology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Wuhan, Hubei 430070, China)

Abstract: Potato common scab, caused by pathogenic *Streptomyces*, is a soil-borne and seed-borne disease that spreads widely in potato growing areas all over the world. It mainly destroys potato skin and decreases its economic value. Up to now, chemical treatment is the main method to control potato common scab in the field, due to a lack of common scab resistance resources in China. In this study, pentachloronitrobenzene and zinc thiazole were used to treat vermiculite with pathogenic *Streptomyces* and the non-treated vermiculite were used as control. The results indicated that the control efficacy of pentachloronitrobenzene on common scab was 42.73% for susceptible variety 'Huashu 3' and that of zinc thiazole on common scab was 31.41% in the first half of 2019, while the control efficacy of pentachloronitrobenzene was 57.48% and that of zinc thiazole was 87.16% in the second half of 2019. At present, the main problem is that there are no potato varieties with high resistance to common scab. The healthy potato materials were planted in vermiculite with pathogenic *Streptomyces* to screen potato common scab resistance resources. The results showed that potato 'Huashu 5' and 'Huashu 11' had better resistance to common scab compared to other

收稿日期: 2021-03-31

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系专项(CARS-09-P08)。

作者简介: 朱展鹏(1997-), 男, 硕士研究生, 从事马铃薯疮痂病研究。

*通信作者(Corresponding author): 蔡兴奎, 副教授, 主要从事马铃薯种薯繁育与种质资源研究, E-mail: caixingkui@mail.hzau.edu.cn。

tested Huashu series. CH524-8 and M6 showed high resistance to potato common scab among the wild *Solanum chacoense* materials.

Key Words: potato; common scab; chemical treatment; resistance identification

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.), 茄科(Solanaceae)、茄属(*Solanum*)、一年生草本植物, 是世界四大粮食作物之一^[1]。马铃薯作为主食, 含有丰富的碳水化合物、纤维素、矿物质和维生素, 为人体健康发育提供必须的营养和能量^[2,3]。马铃薯在中国乃至全球都是一种非常重要的农作物, 凭借其对气候及环境适应性强、产量高、营养丰富等特点, 在中国南北地区都有大量的栽培, 在温暖的南方甚至在冬季栽培都有较大的产量收获^[4]。然而马铃薯在生产过程中, 受到多种病害的威胁, 其中之一就是疮痂病。目前马铃薯疮痂病已成为马铃薯生产过程中的常见病害, 在多个国家都有关于马铃薯疮痂病的报道, 在部分地区, 疮痂病已经成为马铃薯产业的限制因素, 有研究表明, 疮痂病使得加拿大的马铃薯产业每年损失120万美元^[5-7]。在中国, 微型薯繁育所需的基质和栽培条件的特殊性导致疮痂病危害严重, 同时, 带菌土壤和种薯的转移导致疮痂病在中国四大马铃薯栽培区均有发生^[8]。选育抗病品种是防治马铃薯疮痂病最经济有效的方式, 而抗性育种的重要要素之一就是抗性资源, 然而目前马铃薯抗性资源缺乏。筛选现有育成品种对疮痂病的抗性, 可以缓解当前马铃薯生产的燃眉之急。对马铃薯野生资源的疮痂病抗性筛选可为今后抗疮痂病育种奠定基础。目前在缺乏抗疮痂病主栽品种的情况下, 药剂处理是马铃薯田间生产防治疮痂病的主要措施。因此, 鉴定筛选现有马铃薯品种和野生资源的疮痂病抗性, 筛选能减轻疮痂病症状的药剂, 对当前马铃薯生产具有一定的指导意义。

1 材料与方法

1.1 供试材料和药剂

药剂评价试验的供试材料为感染疮痂病的‘华薯3号’病薯。疮痂病抗性鉴定材料为健康的马铃薯种苗, 品种材料为9个‘华薯’系列新品种, 分别为‘华薯1号’、‘华薯2号’、‘华薯3号’、‘华薯4号’、‘华薯5号’、‘华薯6号’、‘华薯9号’、‘华薯11号’和‘华

恩2号’, 对照品种为‘费乌瑞它’(‘Favorita’); 马铃薯野生资源材料为具有 *Solanum chacoense* 血缘的M6、C9701、CH524-8、40-3、524-8-1和ED25。

1.2 试验方法

试验地设在国家蔬菜改良中心华中分中心的塑料大棚内。

药剂试验使用上一茬用于栽培微型薯的发病严重的蛭石, 设2个处理。五氯硝基苯处理组, 根据说明书用量(500 g/m²)播种后将五氯硝基苯粉末混入一定蛭石, 均匀撒施于蛭石表面, 浇水使其渗入蛭石中, 混匀; 噻唑锌处理, 根据说明书用量(0.23 mL/m²)播种后将噻唑锌悬浮液完全溶解于水中, 均匀喷施于蛭石表面, 浇水使其渗入蛭石中, 混匀。将感病的‘华薯3号’微型薯种植于处理后的蛭石中, 以未处理的蛭石为空白对照。药剂评价试验处理小区面积为0.31 m², 作为1次重复, 设置4次重复。

马铃薯抗病资源筛选试验是将各材料的脱毒试管苗种植于上一茬疮痂病发病严重的蛭石中, 每个重复种植面积为0.22 m², 试验设置3次重复。

药剂防效和抗病资源鉴定筛选试验均于2019年上下半年各开展一次试验。

1.3 疮痂病病情分级标准

疮痂病病情分级标准参照梁燕^[9]报道的标准略作修改。0级, 无病斑或病斑面积<1%; 1级, 病斑面积1%~5%(不包括5%); 2级, 有病斑5%~10%(不包括10%); 3级, 有病斑10%~20%(不包括20%); 4级, 有病斑20%~40%(不包括40%); 5级, 有病斑40%~60%(不包括60%); 6级, 60%以上。

1.4 统计方法

发病率(%) = 发病粒数/收获的总薯数 × 100。使用病情指数反映疮痂病严重程度, 病情指数计算方法参考甘盛锋^[10], 略作修改, 病情指数 = $\sum$ (病级粒数 × 发病级别)/收获薯数。防治效果(%) = (对照病情指数 - 处理病情指数)/对照病情指数 × 100。病斑大小根据网格标尺的简单测量进行评估。

1.5 土壤细菌 16S rRNA 基因高通量测序

生产马铃薯微型薯的蛭石中所带的细菌种类和总量分析由湖北省生物农药工程研究中心完成, 采用土壤细菌 16S rRNA 基因高通量测序法进行, 参照胡洪涛^[11]报道的方法进行。

1.6 数据分析

使用SPSS 22对数据进行分析, 采用邓肯新复极差法进行多重比较($P=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 种质资源抗性鉴定

品种筛选结果表明(图1, 图2), 2019年上半年试验的品种中, ‘华薯5号’病情指数为1.32, 在所有品种中受病害程度最低, 对疮痂病抗性最好, 其次为‘华薯11号’, 其病情指数为1.37, ‘华薯4号’病情指数为3.89, 显著高于‘华薯5号’与‘华薯11号’, 对疮痂病抗

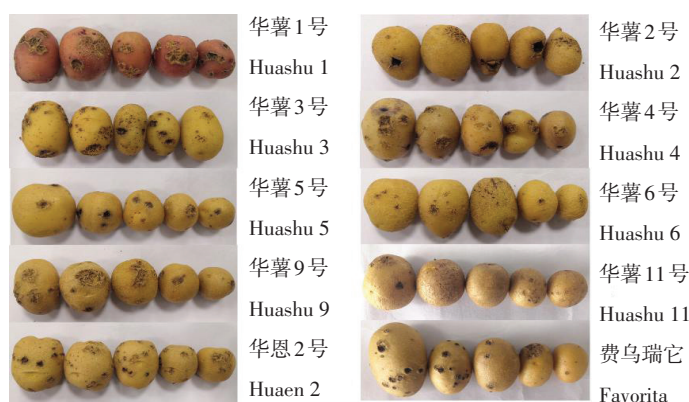
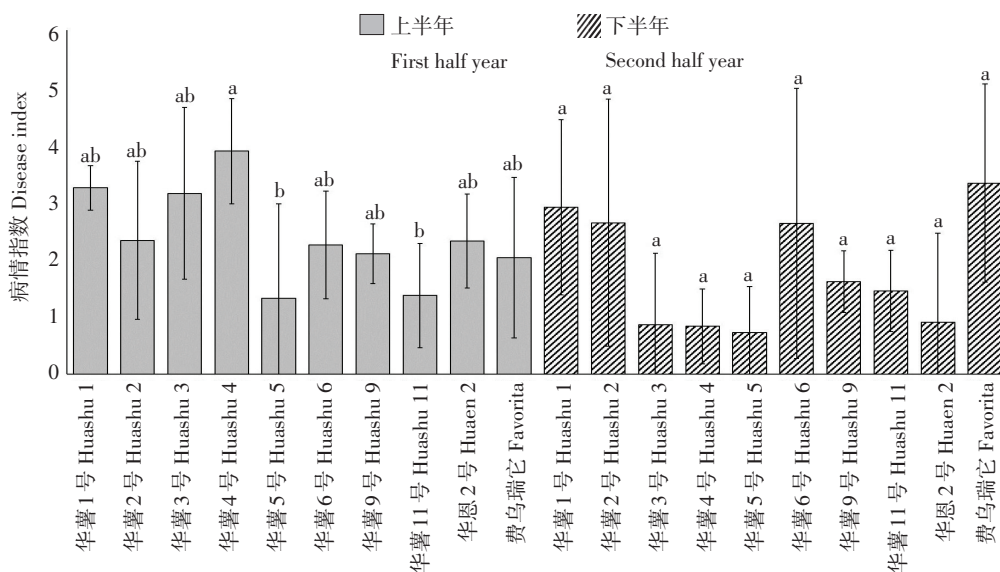


图1 部分马铃薯品种资源的疮痂病感染情况

Figure 1 Infection of potato common scab in some potato varieties



注: 数值为平均值 ± SD。不同小写字母代表结果在0.05水平上差异显著。下同。

Note: Values are means ± SD. Different lowercase letters indicate that result is significant at 0.05 level. The same below.

图2 部分马铃薯品种资源的疮痂病病情指数

Figure 2 Potato common scab disease index of some potato varieties

性最差。2019年下半年的试验中, ‘华薯5号’病情指数最低, 为0.72, ‘华薯11号’病情指数为1.45, 但各品种之间病情指数没有显著差异。2次试验中, ‘华薯5号’和‘华薯11号’对疮痂病具有较好的抗性。

资源鉴定结果表明(图3, 图4), 2019年上半年试验的资源中CH524-8病情指数为0.47, 病害发生程度最低, 对疮痂病抗性最好, 其次为M6,

病情指数为0.53, ED25病情指数为2.95, 显著高于CH524-8和M6, 在资源材料中对疮痂病抗性最差。2019年下半年的试验中, CH524-8病情指数为0.35, M6病情指数为0.28, 但各资源材料间病情指数差异不显著。综合上下半年2次试验, 结果表明CH524-8和M6对疮痂病具有较高且稳定的抗性。



图3 不同马铃薯野生资源的疮痂病感染情况

Figure 3 Infection of potato common scab in various wild potato resources

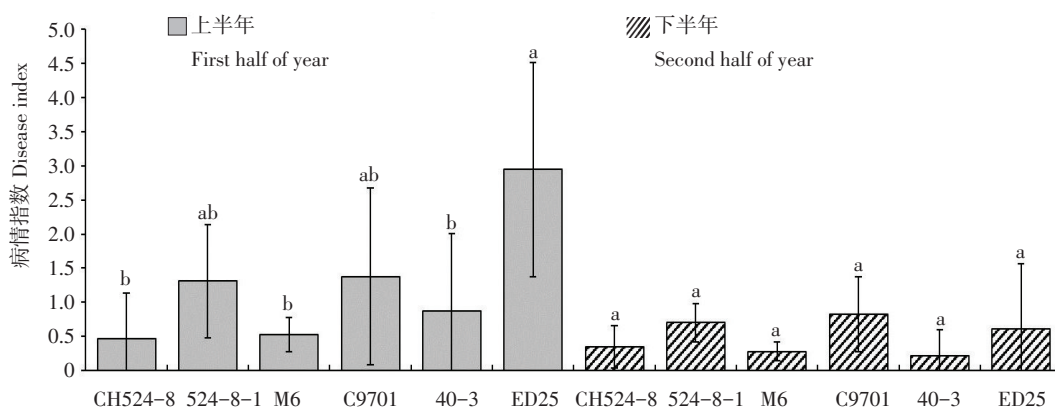


图4 不同马铃薯野生种资源的疮痂病病情指数

Figure 4 Potato common scab disease indexes of various wild potato resources

2.2 药剂评价结果

两种药剂2019上半年的防治效果见图5, 疮痂病防效五氯硝基苯组病情指数为1.63, 噻唑锌组病情指数为1.96, 与对照组相比, 2种药剂处理均可显著降低薯块的病情指数与发病率。与对照组相比, 五氯硝基苯处理对马铃薯疮痂病的防治效果为42.73%, 噻唑锌组为31.41%(表1)。

2019年下半年的试验中, 对照组平均病情指数

为1.41, 显著高于噻唑锌处理的0.18, 与五氯硝基苯处理组的0.60相比具有差异但不显著。对照组发病率为59.69%, 五氯硝基苯组发病率为68.08%, 噻唑锌组发病率为24.57%, 噻唑锌处理组发病率显著低于五氯硝基苯组与对照组。与对照组相比, 五氯硝基苯组对马铃薯疮痂病的防治效果为57.48%, 噻唑锌处理的防治效果为87.16%, 具体结果见表1。

综合上下半年2次试验, 两种药剂对防治马铃薯



注：A. 对照组；B. 五氯硝基苯处理；C. 噻唑锌处理。
Note: A. Control group; B. Pentachloronitrobenzene treatment; C. Zinc Thiazole treatment.

图5 不同药剂处理和对照的马铃薯疮痂病发病情况
Figure 5 Incidence of common scab of potato under various chemical treatments and control

薯疮痂病均具有一定的防治效果。

2.3 带菌蛭石的细菌种类和数量

带菌蛭石内所含的细菌种类和数量见图6，从图6中可以看出，发病蛭石中所含的疮痂病致病菌 *Streptomyces*(链霉菌)含量很高，其外在土壤中作用不太清楚的鞘氨醇单胞菌(*Sphingomonas*)、嗜糖假单胞菌(*Pelomonas*)、罗河杆菌(*Rhodanobacter*)、不动杆菌(*Acinetobacter*)和 *Saccharimonadales* 含量较高。而假单胞菌(*Pseudomonas*)和鞘脂菌(*Sphingobium*)含量较少。

表 1 两种药剂对马铃薯疮痂病的防治效果
Table 1 Control effects of two chemicals on potato common scab

时间 Time	处理 Treatment	病情指数 Disease index	发病率(%) Disease incidence	防治效果(%) Control efficiency
2019年上半年 First half of 2019	对照组	2.85 ± 0.38 a	95.89 ± 3.24 a	—
	五氯硝基苯组	1.63 ± 0.38 b	82.80 ± 9.60 b	42.73
	噻唑锌组	1.96 ± 0.68 b	84.68 ± 11.26 b	31.41
2019年下半年 Second half of 2019	对照组	1.41 ± 0.95 a	59.69 ± 21.76 a	—
	五氯硝基苯组	0.60 ± 0.34 ab	68.08 ± 3.22 a	57.48
	噻唑锌组	0.18 ± 0.09 b	24.57 ± 10.32 b	87.16

注：不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。
Note: Different lowercase letters indicate that the result is significant at 0.05 level.

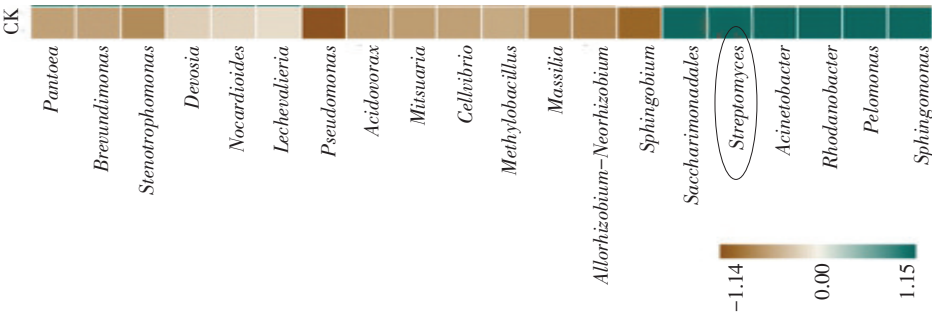


图6 微型薯生产的蛭石所带细菌的种类与数量
Figure 6 Species and quantity of bacteria carried on vermiculite in minituber production

3 讨 论

不同种质资源对马铃薯疮痂病的抗性不同, 缺少免疫疮痂病的马铃薯资源是制约抗性育种的关键^[12]。本研究在资源材料的鉴定结果中, 发现CH524-8和M6在上下半年2次试验中都对马铃薯疮痂病表现出较高抗性, 马铃薯品种间的抗性差异影响马铃薯疮痂病的发生^[13], CH524-8和M6对马铃薯疮痂病表现出的较高抗性可能与两者包含相同的基因有关, 这将为今后马铃薯疮痂病抗性育种提供关键资源。

不同地区的土壤理化性质、病原菌组成、环境条件不一导致了马铃薯资源在疮痂病抗性方面表现出不稳定性, 如杜魏甫^[8]的研究发现在其他地区表现出抗性的品种未在云南省表现出良好的抗性, 所以想要得到对多种疮痂病病原菌具有稳定抗性的马铃薯材料, 还需要在疮痂病病原菌组成丰富的地块进行多次试验。

马铃薯疮痂病病原菌是兼具真菌和细菌特点的高等细菌, 具有土传性的特点^[14]。针对这一特性, 本研究选用了能同时杀灭真菌和细菌的有机杀菌剂噻唑锌与土壤专用杀菌剂五氯硝基苯, 药剂所使用的浓度与厂家指导一致, 试验结果表明五氯硝基苯与噻唑锌在上半年病害较为严重时能显著降低疮痂病病情指数与发病率。下半年试验中, 噻唑锌能显著降低马铃薯疮痂病病情指数与发病率, 五氯硝基苯处理的病情指数与发病率与对照组相比没有显著差异。在病害较为严重时, 五氯硝基苯对疮痂病的防治效果要好于噻唑锌, 而在病害程度较低时, 噻唑锌具有更好的防效。由于不同地区病原菌组成和土壤理化性质不同, 而且疮痂病链霉菌的致病岛可转移到其他菌种中导致新的病原菌种类的出现^[14,15], 未来不排除可能有抗药剂菌株的出现, 建议未来应加大针对不同种疮痂病病原菌药剂的研发, 以及非致病菌利用。

【参 考 文 献】

[1] 魏延安. 世界马铃薯产业发展现状及特点 [J]. 世界农业, 2005

(3): 29-32.

- [2] Kolasa K M. The potato and human nutrition [J]. American Potato Journal, 1993, 70(5): 375-384.
- [3] Adam D, Rehm C D, Harry Z. Vegetable cost metrics show that potatoes and beans provide most nutrients per penny [J]. Plos One, 2013, 8(5): e63277.
- [4] 梁贵秋. 马铃薯种植业在广西的发展前景 [J]. 广西热带农业, 2007(3): 29-30.
- [5] 张海颖. 我国北方马铃薯疮痂病菌组成分析与致病菌株分子检测 [D]. 保定: 河北农业大学, 2014.
- [6] Miyajima K, Tanaka F, Takeuchi T, et al. *Streptomyces turgidiscabies* sp. Nov [J]. International Journal of Systematic Bacteriology, 1998, 2(2): 495-502.
- [7] Al-Mughrabi K I, Vikram A, Poirier R, et al. Management of common scab of potato in the field using biopesticides, fungicides, soil additives, or soil fumigants [J]. Biocontrol Science and Technology, 2016, 26(1): 125-135.
- [8] 杜魏甫. 云南省马铃薯疮痂病菌鉴定及品种资源抗性评价 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2016.
- [9] 梁燕. 马铃薯疮痂病生防菌筛选及其生防机制的初步研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.
- [10] 甘盛锋. 5种杀菌剂防治花生疮痂病田间药效试验 [J]. 现代农业科技, 2008(18): 133-135.
- [11] 胡洪涛. 不同处理对高山凤头姜姜瘟病的防效及土壤细菌群落结构和功能的影响 [J]. 微生物学通报, 2020, 7(6): 1763-1775.
- [12] 刘淑娜. 马铃薯不同种质资源对疮痂病的抗性鉴定及其抗病机制 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2019.
- [13] Wanner L A. A patchwork of *Streptomyces* species isolated from potato common scab lesions in North America [J]. American Journal of Potato Research, 2009, 86(4): 247-264.
- [14] Loria R, Kers J, Joshi M. Evolution of plant pathogenicity in *Streptomyces* [J]. Annual Review of Phytopathology, 2006, 44(1): 469-487.
- [15] Bukhalid R A, Takeuchi T, Labeda D, et al. Horizontal transfer of the plant virulence gene, *necI*, and flanking sequences among genetically distinct *Streptomyces* strains in the diastatochromogenes cluster [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2002, 68(2): 738-744.