



庞泽,田国奎,王海艳,等.马铃薯疮痂病危害及其防治研究进展[J].黑龙江农业科学,2023(9):137-142.

马铃薯疮痂病危害及其防治研究进展

庞 泽,田国奎,王海艳,李风云,潘 阳,丁凯鑫,李明雪,王立春

(黑龙江省农业科学院 克山分院/农业农村部马铃薯生物学与遗传育种重点实验室/国家马铃薯改良中心,黑龙江 齐齐哈尔 161000)

摘要:疮痂病是马铃薯现阶段常见的病害之一,是一种严重的土传病害,在中国乃至世界范围内广泛发生。感病的马铃薯薯块会产生凹陷状或凸起状的病斑,严重的会覆盖整个块茎,整个薯块的外观表型变差,整体品质下降,且不耐储藏,极易发生腐烂。疮痂病已成为制约我国马铃薯生产的主要病害,极大地限制了我国马铃薯产业的发展进度,因此针对马铃薯疮痂病的研究愈发重要。本文针对马铃薯疮痂病的病症表现、发病规律、致病机理、防治措施与手段进行了总结,并对今后马铃薯抗疮痂病研究方向进行了展望。

关键词:马铃薯;疮痂病;致病机理;防治措施;抗病育种

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是世界主要粮食作物之一,在全球粮食安全方面起到了重要的保障作用。据联合国粮食和农业组织(Food and Agriculture Organization of the United

Nations,FAO)2022 年最新统计,从全球范围内来看,马铃薯现阶段已成为第三大粮食作物,并且在谷类作物单产接近极限的情况下,马铃薯成为全球粮食安全体系中的首选作物之一。具 FAO 报告显示,全球大约有 2/3 的人口将马铃薯作为主粮消费,将近 50% 的马铃薯用于家庭主食或者蔬菜,发达国家的马铃薯加工比例平均在 40% 以上。发展中国家仍然是以鲜食马铃薯作为主要的消费方式,但在中国、印度、俄罗斯等国家,马铃薯的消费方式正悄然发生变化,休闲和快餐等高附加值食品消费逐步增加。亚洲范围内,部分地区或国家的马铃薯消费量正大幅度提升,尤其是中

收稿日期:2023-03-05

基金项目:国家马铃薯产业技术体系齐齐哈尔综合试验站(CARS-09-ES37);黑龙江省省属科研院所科研业务费项目“马铃薯疮痂病发生的土壤微生物学机制及调控对策研究”(CZKYF2021003);黑龙江省农业科学院院级课题-马铃薯疮痂病致病毒素 Thaxtomin A 耐受基因挖掘及表达分析。

第一作者:庞泽(1996—),男,硕士,研究实习生,从事马铃薯作物育种研究。E-mail:1925675258@qq.com。

通信作者:王立春(1978—),男,硕士,研究员,从事马铃薯作物育种研究。E-mail:wanglichun78@163.com。

Research Progress on Influencing Factors and Solving Strategies of Lodging Resistance in Rice

SUN Yu¹, ZENG Xiannan¹, WANG Qi¹, SONG Qiulai¹, WANG Manli¹, LI Xichen¹, FENG Yanjiang²

(1. Institute of Crop Cultivation and Tillage, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Rice Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154026, China)

Abstract: Lodging is a common problem in rice production and has become the main factor restricting the further development of rice production, and it will lead to yield loss and rice quality decline. Analyze and summarize relevant literature at home and abroad to understand the current research status of rice lodging. The results showed that genetic characteristics, plant morphology, natural conditions and cultivation conditions cause lodging of rice. Rice lodging can directly lead to changes in yield and quality, reducing yield and significantly affecting rice quality, thereby affecting the rice industry. It is proposed to comprehensively deal with the lodging problem of rice by combining planting good fields, methods and opportunities.

Keywords: rice; lodging; influence factor; measure

国、印度、孟加拉国,约占世界的 40%左右。所以我国对于马铃薯的种植及产业的发展尤为重视。

2015 年以来,我国主张“马铃薯主粮化战略”,伴随着战略计划的不断推进与落实,全国马铃薯种植面积也相应地有所增长,相继而来的是与马铃薯相关的病虫害愈发严重。现阶段马铃薯疮痂病(Potato Common Scab,PCS)是马铃薯第四大病害^[1],以土传为主,种薯带病的情况也时常发生^[2]。感染疮痂病之后的马铃薯表皮会出现凹陷状或凸起状病斑,变得粗糙,外观表型变差,品质显著降低,失去商品性和市场价值,对马铃薯产业极具破坏性^[3]。但是随着马铃薯在国家乃至国际地位的不断提高,以及在保护国家粮食安全方面起到的重要作用,所以对于马铃薯疮痂病研究的工作刻不容缓。本研究综述了马铃薯疮痂病病症表现、发病规律、致病机理,并总结了马铃薯疮痂病的防治措施及未来发展方向,以期为我国后续的马铃薯疮痂病研究提供了理论基础。

1 马铃薯疮痂病的病症

现阶段对于马铃薯疮痂病的研究中发现,疮痂病对于植株地上部分危害表现不明显,主要危害部位是块茎表皮部分。感染后表皮侵染点周围组织坏死,形成木栓化病斑或斑块,会呈现凹陷状病斑、凸起状病斑和平状病斑 3 种,颜色基本呈黑色、锈色或褐色。病斑类型主要与病原菌的生理小种有关,有研究表明,致病菌种 *Streptomyces acidiscabies* 等会产生凹陷状病斑^[4]; *S. puniscabie*、*S. niveiscabies*、*S. turgidiscabies* 等会产生凸起状病斑^[5-6]; *S. aureofaciens*、*S. griseus* 等会产生平状病斑^[7]。另外,病原菌的生长环境也直接影响病斑类型,如果侵染时期生长环境适宜,则容易形成凹陷状病斑,反之则形成凸起状病^[8]。还有研究表明彩色马铃薯的抗病性要高于普通马铃薯。《马铃薯种质资源数据质量控制规范》中,对马铃薯疮痂病病情调查与分级标准进行了详细描述(表 1)。

表 1 马铃薯疮痂病病情等级调查标准

病级	病情	抗性
0	健康的块茎	
1	块茎表面上 1~2 个溃疡	高抗(HR)($DI<10$)
3	块茎表面上 3~4 个溃疡,溃疡占块茎表面积未超过 1/4	抗病(R)($10\leq DI<30$)
5	块茎表面上 5~7 个溃疡,溃疡占块茎表面积 1/4~1/3	中抗(MR)($30\leq DI<50$)
7	块茎表面上 8~10 个溃疡,溃疡占块茎表面积 1/3~1/2	感病(S)($50\leq DI<70$)
9	块茎表面上 10 个以上溃疡,溃疡占块茎表面积 1/2 以上	高感(HS)($DI\geq 70$)

病情指数计算公式如下:

$$DI = \frac{\sum (s_i n_i)}{9N} \times 100$$

式中,DI 为病情指数; s_i 为发病等级; n_i 为相应发病级别的块茎数; i 为病情分级的各个级别; N 为调查总块茎数。

2 马铃薯疮痂病危害及发病规律

1891 年,Thaxter^[9]首次发表了有关马铃薯疮痂病的相关报道,经研究发现疮痂链霉菌是引发马铃薯疮痂病的主要病因,并首次从疮痂病菌病薯上提取致病菌种 *Oospora scabies*。之后的一段时间里,疮痂病相关研究工作不断深入,其他致病菌种也相继被报道。在中国、南非、俄罗斯、印度、美国等多个国家、地区均有报道^[7]。现阶段已经鉴定出的链霉菌约 700 多个种和亚种^[10]。但

是研究发现,不是所有的链霉菌都具有致病性,已知具有致病性的疮痂链霉菌约为 20 种左右,疮痂链霉菌、酸性疮痂链霉菌和肿痂链霉菌是最常见的致病菌种^[11]。通常情况下致病菌 *S. scabies* 会进入植物体的组织,皮孔、伤口、幼嫩的块茎都是致病菌感染的渠道,然后会产生致病毒素环二肽(Thaxtomins),它是产生疮痂病的主要诱因。该病的症状包括块茎表面结痂状、隆起或凹陷性病变等表现。疮痂病的发生致使马铃薯表型变差,严重影响商品薯的质量,极不耐储藏,市场价值明显降低,并且会给农户造成巨大的经济损失^[12]。Santos-cervantes 等^[13]研究发现,疮痂病病菌还能侵染萝卜、甜菜、胡萝卜和防风草等主根作物。

由于马铃薯疮痂病是土传病害,发病部位在块茎部分,所以温度、湿度以及土壤酸碱度等都将

是影响疮痂病发病的主要条件^[14]。一般来说,土壤温度在 25~30℃时马铃薯疮痂病极易发病,在通气条件良好的情况下,土壤湿度高马铃薯疮痂病会变得更易发生。研究表明,马铃薯疮痂病生存的最适 pH 约为 6.0~7.5,这与马铃薯高产土壤 pH5.0~7.0 最为接近,尤其现在化肥的过量使用,使土壤碱化,更为马铃薯疮痂病生长提供了条件。尤其是种薯繁育时,由于种植条件的限制往往会出现连作现象,更加剧了疮痂病的发生,导致现在种薯都带有疮痂病菌,再加上带病种薯之间跨地区调运,进而为疮痂病大面积发生提供了病原^[14-15]。这些情况,形成了恶性循环,造成马铃薯疮痂病大面积发生。

3 马铃薯疮痂病致病机理

马铃薯疮痂病致病机理一直是国内外学者研究的重点方向,研究马铃薯疮痂病的致病机理可以更深刻地了解其致病原因。通常情况下当病原菌侵染寄主植物后,会在植物体内产生酶、毒素、激素等代谢产物,这些代谢产物一般都包含毒性,被统称为致病因子^[16]。毒素作为致病因子的主要成分之一,在病原菌与植物互作中扮演着重要的角色,是彼此联系的桥梁。因此,毒素是开展疮痂病病原菌致病机理研究的关键之处。

20 世纪 90 年代,Rosemary 等^[17]首先对马铃薯疮痂病进行了研究,他们从致病菌中提取了一类特有的毒素,并命名为 Thaxtomins,并发现这类毒素可诱导马铃薯块茎产生疮痂症状。King 等^[18]针对疮痂病致病菌进一步开展研究,发现离体培养后的致病菌还可以提取出 Thaxtomins 毒素,纯化后接种于马铃薯上,未成熟的块茎组织会表现出疮痂症状。赵伟全等^[19]研究发现致病力较强的菌株均能产生 Thaxtomins 毒素,这说明疮痂病病原菌的致病性与 Thaxtomins 的产生有着密切的关系。Loria 等^[7]则证明了 Thaxtomins 属于非寄主专化性毒素。这些都可以佐证 Thaxtomins 是主要的致病因子。

Thaxtomins 毒素共含有 11 种成分,Thaxtomin A 是最早分离出来且最主要的致病毒素^[18]。破坏植物细胞壁纤维素会使病原链霉菌更加容易入侵植物体内^[20],而 Thaxtomin A 在抑制细胞壁纤维素合成上起着重要的作用^[21]。Leiner 等^[22]研究了 Thaxtomin A 浓度对幼苗生长状况及形态特

征的影响,发现在低浓度时会抑制幼苗的生长;高浓度时会抑制细胞生长和膨大,使幼苗致死。Thaxtomin A 对马铃薯块茎的影响与幼苗相似,细胞异常膨大形成凸状病斑,细胞死亡则形成凹状病斑。

4 马铃薯疮痂病防治措施与手段

作为世界性的土传病害难题,疮痂病一直以来备受各国专家重视,但目前仍然没有解决马铃薯疮痂病的有效措施。现阶段针对马铃薯疮痂病的防治方向主要是抗病品种选育,另外通过化学、生物和农业等手段进行防治也是重要的研究方向。

4.1 抗病品种选育

抗病育种的选育工作一直以来是减轻和解决某种病害的最有利的措施,同时也是最高效、有力的方法。早有学者就疮痂病抗病品种的筛选、选育与鉴定开展工作,但由于致病菌种类较为复杂,完全免疫的品种还未见报道。国外研究团队,对于马铃薯疮痂病育种工作涉及较早,已经有很多优秀的、抗性较高的马铃薯品种,例如“Navajo”和“Blanca”^[23]、“Marcy”^[24]、“Aloakonohita”“Emilia”^[25]、“Russet Burbank”^[26]、“Nicola”“BF1”“Charlotte”等^[27]。2001 年 Mishra 等^[28]对马铃薯开展了疮痂病抗性评价,筛选出 8 个发病率较低的品种。Pasco 等^[27]在 2005 年进行了马铃薯品种抗疮痂病鉴定实验,从发病情况来看“BF15”“Charlotte”“Sirtéma”和“Nicola”较轻。2013 年,Atiq 等^[29]在疮痂病抗性鉴定中筛选出“SH-692”“SH-704”和“Cardinal”3 个抗病品种。

随着我国疮痂病致病性不断加重,我国科研工作者也越发重视抗病品种的筛选与选育工作。2013 年康蓉^[1]对马铃薯品种抗性评价中发现“青海大白花”抗性最好,“陇薯 3 号”抗性最差。2015 年邢莹莹^[30]针对黑龙江地区开展主栽马铃薯品种疮痂病抗性鉴定,研究发现 9 份主栽品种中“克新 18”对黑龙江地区的 3 种病原菌抗性一致。同年杜魏甫^[31]也开展了疮痂病抗病鉴定,结果得到 23 个马铃薯资源中“阿乌洋芋”“靖薯 1 号”“紫云 1 号”和“C88”的抗病性较高。2017 年何虎翼等^[32]整理了自然病圃中 36 个马铃薯品种(系)进行抗性鉴定,结果表明“D825”和“D731”为高抗疮痂病品系,并均表现为早熟。吴立萍^[33]也在当

年利用盆栽接种法对 108 个马铃薯种质资源进行鉴定,从中筛选出“MEX750847”“Marispeer-2”“CEG-69.1”“L08104-12”等 9 个高抗种质资源及“垦薯 1 号”“84115 Mariseer”“陇薯 14 号”“冀张薯 8 号”等 11 个中抗种质资源;2018 年王腾等^[34]针对黑龙江省的主栽品种开展了疮痂病病情指数评价工作,发现 12 份主栽品种中“克新 18”抗病性较强,病情指数为 12.11。2020 年赵远征等^[35]在呼和浩特市对马铃薯进行疮痂病田间抗性鉴定,从 48 个马铃薯品种中筛选出 17 个高抗品种。

综上所述,通过抗病品种的筛选,获得了一些抗性较好的马铃薯品种。但是这些品种因种植时间和地点等因素制约,在不同地区会表现出不同的性状。所以针对马铃薯与疮痂病的特殊关系,经过抗性鉴定筛选出的品种并不能满足大面积抗疮痂病马铃薯种植的需要,因此抗疮痂病马铃薯品种的选育工作变得愈发重要,疮痂病病情也作为重要的育种指标进行调查。

4.2 化学药剂防治

化学药剂在大田生产上被广泛使用,也是解决植物病害最便捷的方法。1976 年, Davis 等^[36]最早报道了关于马铃薯疮痂病可通过化学药剂进行防治的方法与手段,开启了马铃薯疮痂病通过化学药剂控制的新思路。2012 年张露等^[37]通过研究发现,对种薯或垄沟喷施氟啶胺悬浮剂能明显减轻马铃薯疮痂病的症状。周芳等^[38]对种薯与植株喷施 2,4-D 后,疮痂病病薯率有明显降低。王宏虬等^[39]评价了 5 种植物病害诱抗剂的防病效果,结果表明,1.00 mmol·L⁻¹的水杨酸对疮痂病产生较好的诱抗效果。还有研究发现化学试剂甲霜锰锌、硫酸链霉素、寡雄腐霉、多菌灵、可杀得 2000 等,对马铃薯疮痂病的防治均会产生不同的效果,而寡雄腐霉田间防效较好,最高能达到 51.56%。胡新等^[40]研究发现用药量为 1.20 kg·hm⁻²的 20% 噻唑锌悬浮剂可以对马铃薯疮痂病产生 74.31% 的防效。但是农药残留、污染环境等问题一直以来是使用化学药剂的痛点问题,尤其是长期使用还会出现耐药性,因此化学试剂不是解决马铃薯疮痂病的最优选择。

4.3 生物防治

生物防治目前来说在农业发展角度来看属于热点问题,同样也是研究领域的发展趋势。芽孢

杆菌可以防治马铃薯疮痂病已经被公众所认知。陈志奎^[41]通过实验证明解淀粉芽孢杆菌和贝莱斯芽孢杆菌对马铃薯疮痂病链霉菌 *S. scabies* 具有拮抗作用。周洋子等^[42]筛选出 1 株萎缩芽孢杆菌,李玉聪等^[43]从马铃薯种植地土壤分离得到 1 株甲基营养型芽孢杆菌对疮痂病有拮抗作用。李勇等^[44]分离筛选出的枯草芽孢杆菌拮抗菌 ZWQ-1 对防治马铃薯疮痂病有较好的效果。李驰等^[45]从疮痂病病斑的坏死组织中分离出一株具有良好拮抗效果的环圈链霉菌 (*Streptomyces anulatus*) PBSH9,并且能在一定程度上促进马铃薯的萌发和生长,提高产量。马东梅等^[46]从土壤中分离到的 1 株桃色顶孢霉,该菌株在一定程度上有抑菌效果且有较好的稳定性,具有一定的研究前景。对于马铃薯疮痂病生物防治的研究还有很多,并且生物防治是未来发展趋势,但是同样有着局限性,通常防治效果受到环境因素的制约,并且可能需要技术人员指导使用,这大大增加了种植成本,造成推广范围不大等特点。因此生物防治技术还需进一步完善。

4.4 农业防治

农业防治是一种农业综合性技术措施,他可以通过改善和调节农作物生长环境来增强作物对病害的抵抗力。马铃薯疮痂病作为非常严重的土传病害,可以通过土壤轮作的方式来减少病原菌的传播。有研究表明,通过土壤轮作可以减轻马铃薯疮痂病的病情指数。Sakuma 等^[47]和 Larkin 等^[48]分别将燕麦和芸苔属作物当作绿肥进行使用,减轻了马铃薯疮痂病的发生。此外还可采取施用土壤改良剂或控制水分等措施来减少疮痂病的发生。

5 展望

由于马铃薯疮痂病危害的严重性,不仅影响了粮食安全,而且对我国马铃薯主粮化战略的实施也造成了较大的挑战。黑龙江省作为中国的粮仓,在提升马铃薯品质,改善马铃薯疮痂病抗病性上应作为先驱者,积极面对困难并克服。早日达成“中国饭碗装中国粮”的目标。今后可从以下几个方面开展研究:(1)总结马铃薯疮痂病的致病机理,从而为马铃薯抗疮痂病研究提供新的方向;(2)更深入地对防治技术进行研究,以经济有效且对环境更友好的方式解决或减轻马铃薯疮痂病的

问题;(3)国家应更注重马铃薯产业的发展,提供政策上的支持,育种工作者们应更重视抗疮痂病马铃薯品种的选育工作,从根源上解决疮痂病难防难治的问题。

参考文献:

- [1] 康蓉. 甘肃马铃薯疮痂病原鉴定及药剂防治[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [2] FRY B A, LORIA R. Thaxtomin A: evidence for a plant cell wall target [J]. *Physiological & Molecular Plant Pathology*, 2002, 60(1):1-8.
- [3] 朱展鹏, 蒋建霞, 傅欣雨, 等. 马铃薯疮痂病抗病资源鉴定和药剂筛选 [J]. *中国马铃薯*, 2021, 35(2):170-175.
- [4] FAUCHER E, SAVARD T, BEAULIEU C. Characterization of actinomycetes isolated from common scab lesions on potato tubers [J]. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 1992, 14(3):197-202.
- [5] MIYAJIMA K, TANAKA F, TAKEUCHI T, et al. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. [J]. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 1998, 2(2):495-502.
- [6] PARK D H, KIM J S, KWON S W, et al. *Streptomyces iuridiscabiei* sp. nov., *Streptomyces puniscabiei* sp. nov. and *Streptomyces niveiscabiei* sp. nov., which cause potato common scab disease in Korea [J]. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2003, 53(6):2049-2054.
- [7] LORIA R, BUKHALID R A, FRY B A, et al. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces* [J]. *Plant Disease*, 1997, 81(8):836-846.
- [8] HACKER J, MUHLDOERFER I, TSCHAPE H, et al. Pathogenicity islands of virulent bacteria-structure, function and impact on microbial evolution [J]. *Molecular Microbiology*, 1997(6):23.
- [9] THAXTER R. The connecticut species of *Gymnosporangium* (cedar apples) [M]. Connecticut Agricultural Experiment Station, 1891.
- [10] 夏善勇, 盛万民. 我国马铃薯疮痂病及其防治研究进展 [J]. *植物保护*, 2022, 48(1):7-16, 28.
- [11] LEIMINGER J H, FRANK M, WENK C, et al. Distribution and characterization of *Streptomyces* species causing potato common scab in Germany [J]. *Plant Pathology*, 2013, 62(3):611-623.
- [12] HILTUNEN L H, KELLONIEMI J, VALKONEN J. Repeated applications of a nonpathogenic streptomyces strain enhance development of suppressiveness to potato common scab [J]. *Plant Disease*, 2017, 101(1):224-232.
- [13] SANTOS-CERVANTES M E, FELIX-GASTELUM R, HERRERA-RODR GUEZ G, et al. Characterization, pathogenicity and chemical control of *Streptomyces acidiscabies* associated to potato common scab [J]. *American Journal of Potato Research*, 2016, 94(1):1-12.
- [14] 郝智勇. 马铃薯种薯疮痂病成因及防治措施 [J]. *黑龙江农业科学*, 2017(1):158-159.
- [15] WILSON C R, RANSOM L M, PEMBERTON B M. The relative importance of seed-borne inoculum to common scab disease of potato and the efficacy of seed tuber and soil treatments for disease control [J]. *Journal of Phytopathology*, 1999, 147(1):13-18.
- [16] 王军. 病原菌毒素对植物的致病作用 [J]. *中国森林病虫*, 2001, 20(6):9-11.
- [17] ROSEMARY, LORIA, RAGHID A, et al. Differential production of Thaxtomins by pathogenic *Streptomyces* species *in vitro* [J]. *Phytopathology*, 1995, 85(5):537-541.
- [18] KING R R, CLARK L. Correlation of phytotoxin production with pathogenicity of *Streptomyces scabies* isolates from scab infected potato tubers [J]. *American Journal of Potato Research*, 1991, 68(10):675-680.
- [19] 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.
- [20] LORIA R, BIGNELL D R, MOLL S, et al. Thaxtomin biosynthesis: the path to plant pathogenicity in the genus *Streptomyces* [J]. *Antonie van Leeuwenhoek*, 2008, 94(1):3-10.
- [21] BISCHOFF V, COOKSON S J, WU S, et al. Thaxtomin A affects CESA-complex density, expression of cell wall genes, cell wall composition, and causes ectopic lignification in *Arabidopsis thaliana* seedlings [J]. *Journal of experimental botany*, 2009, 60(3):955-965.
- [22] LEINER R. Probable involvement of Thaxtomin A in pathogenicity of *Streptomyces scabies* on seedlings [J]. *Phytopathology*, 1996, 86(7):709-713.
- [23] EDMUNDSON W C, MCLEAN J G, FRUTCHEY C W, et al. Navajo and blanca: two new potato varieties resistant to scab and adapted to Colorado [J]. *American Potato Journal*, 1961, 38(7):236-239.
- [24] de JONG W S, HALSETH D E, BRODIE B B, et al. Marcy: a chipping variety with resistance to common scab and the golden nematode [J]. *American Journal of Potato Research*, 2006, 83(2):189-193.
- [25] CONROY R J, JESSUP R J. Varieties of *Solanum tuberosum*, subsp. *andigena*, as a source of resistance to common scab [J]. *Animal Production Science*, 1962, 2(7):242-243.
- [26] BIZIMUNGU B, HOLM D G, KAWCHUK L M, et al. Alta crown: A new russet potato cultivar with resistance to common scab and a low incidence of tubers deformities [J]. *American Journal of Potato Research*, 2011, 88:72-81.
- [27] PASCO C, JOUAN B, ANDRIVON D. Resistance of potato genotypes to common and netted scab-causing species of *Streptomyces* [J]. *Plant Pathology*, 2005, 54(3):383-392.
- [28] MISHRA K K, SRIVASTAVA J S. Screening potato cultivars

- for common scab of potato in a naturally infested field [J]. Potato Research, 2001, 44(1):19-24.
- [29] ATIQ M, KHALID A R, HUSSIAN W, et al. Genetic potential of potato germplasm against common scab disease caused by *Streptomyces scabies* [J]. Pakistan Journal of Phytopathology, 2013, 25(1):27-30.
- [30] 邢莹莹. 黑龙江省部分地区马铃薯疮痂病原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.
- [31] 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.
- [32] 何虎翼, 谭冠宁, 何新民, 等. 马铃薯品种(系)资源的疮痂病抗性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(4): 786-793.
- [33] 吴立萍. 马铃薯种质资源的疮痂病抗性鉴定及其抗源的遗传多样性分析[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学, 2017.
- [34] 王腾, 马爽, 孙继英, 等. 不同马铃薯品种对疮痂病的田间抗性比较[J]. 黑龙江农业科学, 2018(2):58-60.
- [35] 赵远征, 徐利敏, 聂峰杰, 等. 不同马铃薯品种抗疮痂病的田间鉴定与评价[J]. 北方农业学报, 2020, 48(1):81-86.
- [36] DAVIS J R. Influence of soil moisture and fungicide treatments on common scab and mineral content of potatoes [J]. Phytopathology, 1976, 66(2):228-233.
- [37] 张露, 艾玉廷, 马健, 等. 不同比例氟啶胺对马铃薯块茎疮痂病防治效果[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(3):175-178.
- [38] 周芳, 贾景丽, 刘兆财, 等. 2,4-D 防治马铃薯疮痂病的效果[J]. 中国马铃薯, 2018, 32(4):235-239.
- [39] 王宏虬, 缪福俊, 李彪, 等. 马铃薯疮痂病最适诱抗剂筛选试验[J]. 南方农业学报, 2013, 44(7):1125-1129.
- [40] 胡新, 高世杰. 20%噻唑锌悬浮剂拌种对马铃薯疮痂病及其他细菌性病害的防治效果[J]. 黑龙江农业科学, 2021(10):36-39.
- [41] 陈志垚. 马铃薯疮痂病菌拮抗细菌的筛选及其生防机制初步研究[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学, 2021.
- [42] 周洋子, 邱慧珍, 董莉, 等. 马铃薯疮痂病高效生防芽孢杆菌的筛选及发酵条件优化[J]. 干旱地区农业研究, 2020, 38(5):259-266.
- [43] 李玉聪, 李滨影, 油心怡, 等. 马铃薯疮痂病拮抗菌的筛选鉴定及防治效果初探[J]. 生物技术通报, 2018, 34(10): 116-121.
- [44] 李勇, 郭凤柳, 赵伟全, 等. 马铃薯疮痂病菌拮抗菌 ZWQ-1 的鉴定及防效测定[J]. 河南农业科学, 2012, 41(10): 94-99.
- [45] 李驰, 张笑宇. 马铃薯疮痂病生防菌筛选及其鉴定[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会, 湖北省农业农村厅, 恩施州人民政府. 马铃薯产业与健康消费(2019). 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 2019:414-415.
- [46] 马东梅, 李双, 台莲梅, 等. 桃色顶孢霉获得及其发酵液对马铃薯疮痂病菌的抑制作用 [J]. 湖北农业科学, 2019, 58(20):84-87.
- [47] SAKUMA F, MAEDA M, TAKAHASHI M, et al. Suppression of common scab of potato caused by *Streptomyces turgidiscabies* using lopsided oat green manure [J]. Plant Disease, 2011, 95(9):1124-1130.
- [48] LARKIN R P, GRIFFIN T S. Control of soilborne potato diseases using *Brassica* green manures [J]. Crop Protection, 2007, 26(7):1067-1077.

Research Progress on Hazards and Prevention of Potato Scab Disease

PANG Ze, TINA Guokui, WANG Haiyan, LI Fengyun, PAN Yang, DING Kaixin, LI Mingxue, WANG Lichun

(Keshan Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Potato Biology and Genetics, Ministry of Agriculture and Rural Affairs / Potato Improvement Center of China, Qiqihar 161000, China)

Abstract: Scab disease is one of the common diseases of potatoes at present, and it is a serious soil borne disease that widely occurs in China and even around the world. Infected potato tubers will produce concave or convex spots, which can cover the entire tuber in severe cases. The appearance and phenotype of the entire tuber will deteriorate, the overall quality will decrease, and it is not resistant to storage and is prone to decay. Potatocommon scab has become a major disease that restricts potato production in China, greatly limiting the development progress of the potato industry in China. Therefore, research on potato common scab is becoming increasingly important. This article summarized the symptoms, pathogenesis, mechanism, prevention and control measures and methods of potato common scab disease, and provided prospects for future research on potato scab resistance.

Keywords: potato; common scab; pathogenesis; control measures; disease resistance breeding