

中图分类号: S532; S435.32 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2023)05-0452-08
DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2023.05.008

综 述

马铃薯主要细菌性病害及防治方法研究进展

陈胜男, 王洪洋*

(云南省马铃薯生物学重点实验室/云南师范大学, 云南 昆明 650500)

摘 要: 马铃薯是继小麦、水稻和玉米后的全球第四大粮食作物, 在国民经济中的地位十分重要。中国是世界第一马铃薯生产大国, 扩大马铃薯种植范围是新时期确保中国粮食安全的新途径。但是, 在马铃薯生长过程中, 会遇到病毒、细菌、真菌等病害, 一旦被感染, 危害极其严重。文章综合文献报道, 对马铃薯青枯病、黑胫病、疮痂病和环腐病四种细菌性病害进行综述, 阐述了四种病害的致病菌及其危害和症状, 总结了农业、生物及化学防治方法, 最后对此研究做出展望。

关键词: 马铃薯; 细菌性病害; 发病症状; 致病菌; 防治方法

Research Progress in Main Potato Bacterial Diseases and Their Control Methods

CHEN Shengnan, WANG Hongyang*

(Yunnan Key Laboratory of Potato Biology/Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500, China)

Abstract: Potato is the fourth largest food crop in the world after wheat, rice and maize, and plays an important role in the national economy. China is the largest potato producer in the world, and expanding potato planting range is a new way to ensure food security in China in the new era. However, during the growing process of potato, some diseases, caused by viruses, bacteria and fungi, can occur. Once infected, the harm to potatoes will be extremely serious. In this review, four bacterial diseases of potato, including bacterial wilt, black leg, scab and ring rot, were discussed. Their harm and symptoms were described and agronomic, biological and chemical methods for their control were summarized. Finally, the research prospect was made.

Key Words: potato; bacterial disease; symptom; pathogenic bacterium; control method

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)属于茄科茄属一年生草本块茎植物, 是全球第四大重要粮食作物。马铃薯同时能够兼做蔬菜和饲料, 加工用途广泛, 产业链条较长, 增产增收潜力较大。此

外, 马铃薯也是一种营养丰富和适应性强的作物。中国作为马铃薯第一生产大国, 全球马铃薯产量的25%都来自中国, 对确保粮食安全、振兴农村经济以及增加农民收入, 保障马铃薯产业健

收稿日期: 2023-05-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(32060499); 云南省基础研究计划资助项目(202201AT070034); 广东省基础与应用基础研究重大项目(2021B0301030004)。

作者简介: 陈胜男(1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向为马铃薯与致病疫霉菌互作。

*通信作者(Corresponding author): 王洪洋, 副教授, 研究方向为马铃薯抗病分子遗传育种, E-mail: hongyang8318@ynnu.edu.cn。

康发展有着十分重要的现实意义^[1]。新中国成立以来,马铃薯的重要性越来越显著,不仅由于其耐旱耐寒耐贫瘠,适应能力强,可种植地域广,而且增产潜力明显高于水稻、玉米和小麦;同时,马铃薯全粉可以在常温下贮存15年以上,多个国家已经把马铃薯列为战略储备粮。中国的马铃薯产品不仅可以满足国内市场需求,而且也在积极参与国际贸易和国际竞争。但是,与其他马铃薯贸易强国相比中国马铃薯产品国际竞争力整体仍较弱,国际市场占有率偏低;马铃薯在中国出口的所有商品中所占比重较小,低于世界平均出口水平,生产效率竞争优势不明显^[2]。所以国家在2015年实施了马铃薯主粮化战略,将马铃薯定为水稻、玉米、小麦之后的第四大主粮作物,提高马铃薯在国际市场中的竞争力^[3]。

基于以上情况,中国对马铃薯的种植和加工产业链重视度越来越高,不管在总产量还是单产水平上都需要不断的提高。但是,中国马铃薯主产区辽宁、内蒙古、山西以及甘肃等省(自治区)气候、空气湿度、种植技术、管理技术差异,使得马铃薯栽培、生长过程和贮藏过程中面临着病害的严重威胁,如细菌性病害、病毒性病害和真菌性病害^[4]。细菌性病害是指细菌通过植物自然孔口或后天伤口侵染马铃薯植株而发生的病害。随着马铃薯种植面积的扩大,细菌性病害的爆发也呈现明显的加重趋势,严重制约了马铃薯产业的优质发展。马铃薯细菌性病害主要包括青枯病、黑胫病、疮痂病和环腐病。研究马铃薯细菌性病害防治方法对马铃薯产业发展具有重大意义。本文主要综合国内外相关文献,对马铃薯主要细菌性病害的致病菌、危害和症状、防治方法进行综述。

1 马铃薯青枯病

1.1 危害及症状

青枯病是马铃薯面临的三大主要病害(晚疫病、青枯病、病毒病)之一,是危害最为严重的细菌性病害,在中国的11个省(市)马铃薯产区都分离出青枯菌,且近年来在中国有由南向北迁移的趋势,此外,全世界马铃薯主要栽培地区和国家均有

马铃薯青枯病危害的报道。如埃塞俄比亚 Chench 地区 97% 的马铃薯有青枯病^[5]。青枯病严重威胁了马铃薯的产量与品质,但是目前尚未发现有效的防治措施。青枯病是一种土传性细菌病害,可侵染马铃薯的根、茎和叶片,植株感染青枯病后从下部往上逐渐扩散。青枯病细菌侵入使得导管堵塞和维管束受损,因而马铃薯叶片绿色变淡,且因为运输的水分供不应求导致中午植株叶片萎蔫,早晚植株代谢降低叶片便又恢复正常(导管和维管束还能起作用),重复 4~5 d 后全株茎叶全部萎蔫死亡,但叶片仍然保持淡绿色且不凋落。发病后期青枯菌在马铃薯植株输导组织大量繁殖会导致茎变成褐色,横着切开茎段可以看到维管束有褐变,用手挤压横切切口会流出白色浑浊污汁。随着病菌从匍匐茎侵入块茎后,染病较重时脐部呈灰褐色,切开块茎可以发现维管束圈变褐且不需挤压便有白色菌脓从块茎切面流出,但皮肉不从维管束处分离,严重时髓部溃烂如泥^[6-8]。

1.2 致病菌

青枯病是由茄科雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum*)引发的毁灭性土传性病害,其主要发生在热带、亚热带和温带地区,一旦发生就难以控制,并可能导致大规模农作物死亡。青枯病是发生在马铃薯各个生长周期的维管束病害。青枯菌病原体有广泛的寄主范围,可侵染 54 个科 450 种植物,因其生理小种复杂,易产生变异,故适应能力强。青枯菌通过土壤、水或受感染的物质传播,其通过根部的伤口部位侵入植物,并迅速定殖在木质部,产生过量的胞外多糖,阻止水和营养物质的传输,导致植株枯萎,最终死亡。收获的马铃薯块茎易受青枯菌病原体的感染,受感染的块茎将病原体传播到下一生长季节,会引起产量下降以及种薯退化^[9]。

1.3 防治方法

1.3.1 农业防治

(1) 选用抗青枯病的品种。目前,青枯病抗性较强的品种有‘渝薯1号’‘渝薯3号’‘渝薯5号’‘抗青9-1’和‘华薯12号’^[6,10,11]。除此之外,应当选用脱毒马铃薯种薯^[12],以减少感病的可能。

(2) 采用轮作耕种方式。主要采用轮作的耕种

方式, 可选择与禾本科植物轮作。连作会使土壤中的有益微生物减少, 形成独特的土壤环境, 这为青枯病的生存和繁殖提供了条件, 增加了马铃薯从耕作层面染病的可能性。可以采用马铃薯套玉米连作栽培方法, 具体操作为: 第一季马铃薯套种玉米; 第二季在上季种植马铃薯区种植玉米, 在上季种植玉米区种植马铃薯^[13]。这样有利于均衡土壤养分和为有益微生物提供生长条件, 也可进一步清除自生苗。同时提倡垄作, 减少平作, 这样可以减少田间地表水积累。这两种耕种方式结合能有效隔离染病的马铃薯植株残体, 减少马铃薯青枯病的大面积感染^[14]。

(3)改善土壤环境。青枯病的最佳生长 pH 为 6.6, 因而在土壤偏酸和黏度较高的地方容易发生较重的青枯病。可以选择有机肥和牡蛎壳粉调节土壤酸碱度以及有益菌群, 从而创造不利于病菌生存的土壤环境, 减少青枯病发生^[15]。

1.3.2 生物防治

青枯菌的生物防治主要有两方面, 一是无致病力青枯病菌防治青枯病, 二是生防菌防治青枯病^[16]。Chen 和 Echandi^[17]发现无致病力青枯菌菌株产生的细菌素对青枯病有一定的防治效果; 肖田等^[18]发现有 21 株无致病力青枯菌菌株对青枯菌的生长有明显抑制作用。目前可以使用的生防菌有以下几种: 可以产生抗逆性内生孢子的杆状细菌的芽孢杆菌属(*Bacillus*)、繁殖能力强的假单胞杆菌属(*Pseudomonas*)、可产生抗生素的链霉菌和能与植物根系紧密结合菌根真菌和有宿主特异性噬菌体(Phage)^[19]。

1.3.3 化学防治

播种前使用王铜 4 500~7 500 g/hm² 兑水 900 kg 垄面喷雾, 出苗后结合预防黑胫病和疮痂病, 使用王铜 4 500~7 500 g/hm² 滴灌防治; 当田间有病株需要立即清除并销毁, 随后用 20% 石灰水对周围的土壤消毒。发病初期可用 72% 农用链霉素 1 000~1 200 倍液喷雾、25% 络氨铜 500 倍或 53.8% 氢氧化铜水分散颗粒 1 000 倍进行灌根。市面上多种防治青枯病的农药应交替使用并配合多种施用方式, 避免植株产生抗药性^[19,20]。

2 马铃薯黑胫病

2.1 危害及症状

马铃薯黑胫病在马铃薯各生育期和贮藏期均可发生, 除危害马铃薯外还能侵染茄科、豆科、藜科等多种植物, 因而被各国列为检疫性病害。1956 年在黑龙江省部分国外引进的品种上首次发现, 全国各个省区都种植马铃薯促进了种薯跨区调运, 加快了黑胫病的发生^[21]。马铃薯黑胫病病原菌侵入马铃薯的组织中会产生大量果胶酶, 果胶酶会降解细胞壁的中胶层使植株组织软化和解体, 导致马铃薯茎部和块茎变黑腐烂。马铃薯的黑胫病症状一般在株高 15~20 cm 时开始显现, 水分和养分的运输受阻导致病株矮化和叶片变黄, 小叶边缘向上卷^[22]。发病后期, 茎基部腐烂变成黑色, 茎秆发黑腐烂使得整株萎蔫甚至枯死。块茎感病初期脐部略变黑色, 随着黑胫病病菌的进一步侵染, 薯肉腐烂并发出刺鼻臭味^[23]。

2.2 致病菌

马铃薯黑胫病主要由黑腐果胶杆菌(*Pectobacterium atroseptica*, Pa)和胡萝卜软腐果胶杆菌胡萝卜亚种(*P. carotovorum* subsp. *carotovorum*, Pcc)两种病原菌引起, *Pectobacterium* 属于细菌界变形菌门肠杆菌科^[24,25]。果胶杆菌菌体为短杆状的兼性厌氧菌, 革兰氏反应为阴性, 在培养基上生长的菌落为边缘清晰有光泽的灰白色圆形; 最适宜温度为 25~30℃, pH 5.3~9.3 可生长, 不耐干旱和日晒^[26]。病菌通过维管束进入植株, 随着马铃薯的不断生长, 病菌从维管束侵入薄壁组织的细胞间隙并分泌果胶酶溶解细胞壁中胶层, 使组织解体并腐烂^[27]。

2.3 防治方法

2.3.1 农业防治

(1)选用抗黑胫病的品种。土壤一般不带黑胫病病菌, 黑胫病主要是由带病植株传染, 可用脱毒马铃薯种薯从源头阻断黑胫病的侵入, 同时选择抗性强的品种进行栽培。宋扬等^[28]筛选出对马铃薯黑胫病病原菌 *P. wasabiae* WPP163 有良好抗性的马铃薯品种‘Sangre’‘Norglean’‘Ranger Russet’。王立春等^[29]筛选出‘波 B2’‘FL1533’‘成功’‘орбита’

‘Houma’ ‘Dianella’ ‘Pepo426’ ‘俄-3’ 和 ‘克新 1 号’ 9 个抗病品种。

(2) 延迟播种。初春的气候条件适宜病原菌生长繁殖, 可延迟 15 d 播种, 此时气温有利于马铃薯的快速萌发和生长。利用马铃薯本身抗性可抵抗黑胫病菌的侵入, 同时可以淘汰病薯(带黑胫病菌和其他病菌的薯块会在贮藏过程中发病腐烂)。

(3) 农具消毒与排水。切种薯时, 应将器具消毒。消毒水可用 75% 酒精或者 0.2% 高锰酸钾溶液^[30]。田间要及时排水, 湿度高利于马铃薯黑胫病发生; 建议垄作, 便于排水和灌溉, 土壤通气性较好, 吸热散热快使得土地昼夜温差大, 有利于马铃薯有机物的积累。

(4) 科学贮藏。并不是所有农户都具有选用脱毒马铃薯的条件, 因而贮藏马铃薯对于大部分农户来说非常必要。选择状态良好且无磕碰的马铃薯作为种薯, 晒种杀掉依附在马铃薯表面虫卵和细菌后进行贮藏。如放在容器内储存, 贮藏不超过总空间的 50% 并定时通风, 保证容器内氧气充足, 避免容器内二氧化碳积累过多导致块茎腐烂。

2.3.2 生物防治

目前尚无有效防治黑胫病的生物制剂。孟焕文等^[31]发现 17 个菌株对马铃薯黑胫病菌具有拮抗活性, 枯草芽孢杆菌(*B. subtilis*) Genyun4-4 的抑菌效果最为明显。

2.3.3 化学防治

孙彦敏等^[32]发现 3% 噻霉酮拌种对黑胫病的防效和增产效果明显; 李华伟等^[33]发现 46% 氢氧化铜可湿粉剂 1 000 倍液的防效显著。

3 马铃薯疮痂病

3.1 危害及症状

近年来, 马铃薯疮痂病已经遍布中国几乎所有的马铃薯产地, 尤其在气候干燥、土壤偏碱性、连作重茬严重的地区发病率较高^[34]。此外, 马铃薯疮痂病还会导致马铃薯出苗延迟, 形成小薯, 降低产量, 造成的经济损失极大^[35]。

马铃薯疮痂病菌主要危害马铃薯块茎, 发病初期可以在马铃薯块茎表面看到小的褐色斑点, 随着

块茎的不断膨大, 病斑部位也随之逐渐增大并扩展为圆形病斑或不规则疮痂状病斑。在马铃薯块茎发育 3~4 周时, 病原菌通过穿透细胞壁感染宿主细胞, 而后在感染部位刺激宿主细胞进行细胞分裂, 从而产生一种由脂肪酸和酚类化合物组成的天然保护层, 最终从皮孔周围产生较小的凸起或凹陷坑样的结痂病斑, 形成不同类型的疮痂病斑, 这可能与马铃薯品种、环境条件、菌株类型、毒素含量等多种因素有关^[36]。

3.2 致病菌

在中国, 马铃薯疮痂病菌的组成是多样性的^[37], 大量链霉菌属病原菌是马铃薯疮痂病的病原菌, 该菌属放线菌, 疮痂链霉菌(*Sterptomyces scabies*)、肿痂链霉菌(*S. turgidiscabies*)和酸性疮痂链霉菌(*S. acidiscabies*)是马铃薯疮痂病的主要致病菌^[38,39]。疮痂链霉菌属于好气性细菌, 会产生一种植物蛋白毒素(Thaxtomins)使马铃薯表面呈现疮痂状。当然, 也有未知毒力因子在起作用, 崔凌霄^[40]首次证实细胞壁降解酶 PMG 和 Cx 是马铃薯疮痂病菌的主要致病因子之一。疮痂链霉菌是适应性很强的腐生菌, 可以依附在土壤中的腐生物或病薯上, 初侵染源主要是携带病菌的肥料和种薯^[41]。疮痂链霉菌的最佳生长土温为 20~22℃, pH 为 6.5~7.0, 相对湿度小于 65%^[34]。

3.3 防治方法

3.3.1 农业防治

(1) 选用抗疮痂病的品种。对于疮痂病来说, 选择具有良好抗性的马铃薯品种抗病效果明显且成本相对较低, 但是目前并没有找到一种完全抗疮痂病的品种。杜魏甫^[42]筛选出抗病资源 ‘C88’ ‘阿乌洋芋’ ‘靖薯 1 号’; 赵远征等^[43]筛选出具有较高抗性的品种为 ‘布尔班克’ ‘希森 5 号’ ‘冀张薯 14 号’ ‘中薯 13 号’ ‘冀张薯 15 号’ ‘超荷’ ‘N1’ ‘希森 6 号’。

(2) 基质消毒防治。基质消毒可以降低马铃薯原原种疮痂病的发生。龙国等^[44]建议生产上每 1 m³ 基质施用对二甲氨基苯重氮磺酸钠 25 g + 噁霜灵·代森锰锌 25 g + N-(2-苯并咪唑基)氨基甲酸甲酯 25 g + 辛硫磷 37 g + 硫磺粉 60 g 对土熏蒸消毒降低病薯率。

3.3.2 生物防治

目前, 防治马铃薯疮痂病的生物防治剂主要有细菌、放线菌、真菌以及复合菌剂。从健康马铃薯中分离出的内生贝莱斯芽孢杆菌(*B. velezensis*) 8-4处理马铃薯, 防治效率可达 $(51.83 \pm 8.53)\%$ ^[45]。Lin等^[46]发现淀粉芽孢杆菌Ba01可以防治马铃薯疮痂病, 田间试验中, Ba01处理后马铃薯疮痂病自然发病率从 $(14.4 \pm 2.9)\%$ 降低到 $(5.6 \pm 1.1)\%$ 。Zhou等^[47]发现枯草芽孢杆菌YPS-32对马铃薯疮痂病的防治率可达83.70%。以上试验结果表明, 可以用生物制剂来防治马铃薯疮痂病, 生物制剂可以调节土壤微生物群落, 从而增加土壤中的有益菌数量和调节pH, 因而有较大的发展前景^[41]。

3.3.3 化学防治

播种前每667 m²种薯用72%霜脲锰锌可溶性粉剂100 g + 37.5%氢氧化铜悬浮剂100 mL + 72%农用硫酸链霉素可溶性粉剂15 g兑水50 kg浸种20 min^[48]。考虑经济成本和操作难易, 生产上通常用的是熟石灰粉或者草木灰拌种薯消毒。胡新和高世杰^[38]试验得出20%噻唑锌用量达到0.90~1.20 kg/hm²喷施, 防效可达72.43%~74.31%; 刘雄等^[49]试验得出芽孢杆菌复合生物菌剂灌根处理和70%甲基托布津WP拌种处理防效可达67.84%; 刘齐栋等^[50]试验得出1.5%噻霉酮800倍液沟喷或77%氢氧化铜800倍液沟喷防效可达76.9%。

4 马铃薯环腐病

4.1 危害及症状

环腐病是细菌性维管束病害, 在马铃薯的生长期、收获期和贮藏期均可染病。茎叶部分染病有枯斑和萎蔫两种类型。枯斑型和萎蔫型发病开始的部位和发展方向不同, 枯斑型首先在植株基部复叶出现斑驳, 叶尖干枯, 病情向上发展; 萎蔫型则是从顶端复叶开始似缺水状萎蔫, 病情向下发展; 枯斑型和萎蔫型最后都会出现植株褪绿并枯死。切开发病块茎可见维管束是乳黄色或者褐色, 皮层内出现弧形坏死, 按压有菌脓流出, 且薯皮与薯肉容易分离, 带病种薯贮藏会使芽眼变黑和干枯^[51,52]。马铃薯环腐病在全国各地均有分

布, 每年造成损失轻者低于5%, 重病地块损失可达80%以上^[53,54]。

4.2 致病菌

马铃薯环腐病由密执安棒形杆菌环腐亚种(*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*)感染所致。病菌长度为0.8~1.2 μm, 显微镜下观察其形态为短杆状, 该病菌无鞭毛、荚膜及芽孢, 因而病菌无游动功能。该病菌在实验室中培养可观察到菌落透明、圆形、有颗粒状突起。病菌在28℃下长势最佳, 适宜土壤pH 6.8~8.4^[55,56]。

4.3 防治方法

4.3.1 农业防治

(1)选育抗病品种。目前比较抗病或耐病的品种有‘铁筒’‘宁紫7号’‘长薯4号’‘高原3号’‘同薯8号’等^[57]。同时, 为了避免从其他地方传入马铃薯环腐病菌, 需要完善检疫制度, 发展多种检疫技术和手段并严格执行检疫要求。

(2)田间管理。马铃薯种植要与非茄科蔬菜实施两年以上的轮作, 并在播种前做好种薯脱毒工作。在马铃薯整个生长期做好田间管理, 及时松土、培土和除草, 同时还要根据生长需求做好水肥管理。保证马铃薯良好的生长状况, 提高其自身的抗病能力。

(3)消毒工作。定期对盛放种薯的器皿进行消毒; 播种前对种薯进行消毒处理; 下种时尽量选用整薯, 若选用切块, 要将所用刀具进行消毒^[58]; 切后的薯块还可用新植霉素5 000倍液浸泡30 min或50 mg/kg硫酸铜稀释液浸泡10 min^[59]。

4.3.2 生物防治

目前, 尚没有针对马铃薯环腐病的专门生物制剂。高以宸等^[60]发现红蓼挥发油植物源杀菌剂稀释0~80倍(其中0倍代表红蓼挥发油植物源杀菌剂未经过稀释)对苗期马铃薯环腐病菌有显著的防治效果。王瑞霞等^[61]发现巨大芽孢杆菌(*B. magaterium*)菌株P1对盆栽和大田马铃薯环腐病防治效果分别为53.4%和64.0%。荧光假单胞菌(*P. fluorescens*) IS-1处理后环腐病感染率减少23.4%~26.7%^[62]。以上研究都只停留在实验室水平, 还没有大规模运用到生产。

4.3.3 化学防治

播种时可用75%敌磺钠可溶性粉剂按种薯重量的0.3%~0.5%拌种薯块,为充分发挥杀菌效果,拌种时要拌匀拌透。发病初期用72%农用链霉素400倍液全田喷雾或者用80%代森锰锌、88%合霉素可湿性粉剂1 000倍液或0.1%硫酸铜溶液对植株喷雾,发病期用药每隔7~10 d喷1次,共喷2~3次^[57]。

5 研究展望

随着马铃薯主粮化战略的提出,马铃薯在中国越来越被重视。2022年汤加的火山爆发带来的火山灰使得大气环境改变,火山灰里含有大量SO₂和CO₂,空气中SO₂的大量累积会形成酸雨,这会对地上生长的粮食作物造成一定的影响,而马铃薯作为地下粮食作物受到的影响相对小。但是,马铃薯在种植过程中受气候、土质、管理技术等各种因素影响,使得马铃薯易感染各种病害,其中细菌性病害对马铃薯的品质和产量都造成了很大影响。目前,马铃薯细菌性病害防治主要以化学药剂为主。化学药剂虽见效快,但同时也带来了许多问题,如植株本身产生抗药性促进马铃薯细菌变异、农药残留超标、环境污染。因此,今后的研究重点应在于研制毒副作用小、高效、广谱和对环境安全的农药,其中生物制剂由于药效明确、副作用低、安全环保等优势,具有很大的发展前景。

众所周知,生物防治病害虽然效果好,但是目前对于防治马铃薯细菌性病害的生物防治研究不够透彻,主要原因在于引发马铃薯发病的细菌种类太多,比如马铃薯疮痂病致病菌种就有多种,有时候也会遇到抗病马铃薯品种只是对其中一个引起病发的病原菌有抗性,而对其他病原菌无抗性;再加上中国气候多种多样,各地生理小种种类多、有差异,这些都为生物防治带来了一定的困难。生物防治操作技术要求高且操作复杂,因而大多都还只是在实验室内使用,在生物防治层面研制广谱抗性的生物制剂是很有必要的。

[参 考 文 献]

- [1] 田甲佳,刘良燕. 马铃薯主要真菌病害及防治方法研究进展[J]. 中国马铃薯, 2021, 35(5): 444-455.
- [2] 张玉胜,刘洋,高明杰,等. 中国马铃薯产品国际竞争力比较分析[J]. 农业展望, 2020, 16(9): 101-106.
- [3] 王琼,唐然,周平,等. 浅析实施国家马铃薯主粮化战略的高层次人才支撑与强化策略[J]. 教育教学论坛, 2020(45): 115-117.
- [4] 黄爱珍. 马铃薯产业发展现状及对策[J]. 农业开发与装备, 2021(8): 42-43.
- [5] Abdurahman A, Griffin D, Elphinstone J, *et al.* Molecular characterization of *Ralstonia solanacearum* strains from Ethiopia and tracing potential source of bacterial wilt disease outbreak in seed potatoes[J]. Plant Pathology, 2017, 66(5): 826-834.
- [6] 但雨柔,刘铭,崔馨燕,等. 重庆市马铃薯主要病害及其防治措施[J]. 南方农业, 2021, 15(11): 35-36.
- [7] Khalili M, Wong R J. Underserved does not mean undeserved: unfurling the HCV care in the safety net[J]. Digestive Diseases and Sciences, 2018, 63(12): 3250-3252.
- [8] 尹明浩. 马铃薯病虫害绿色防治[M]. 长春: 吉林人民出版社, 2017.
- [9] 陈卓. 利用转录组解析马铃薯抗青枯病机理[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2021.
- [10] 何礼远. 抗青枯病高产优质马铃薯新品种‘抗青9-1’[J]. 中国马铃薯, 2007, 21(6): 381-382.
- [11] 陈卓,王俊杰,邹华芬,等. 广东冬作区抗青枯病马铃薯新品种筛选[J]. 中国马铃薯, 2020, 34(6): 329-336.
- [12] 张春安,黄金亮. 马铃薯脱毒种薯质量控制及繁育技术[J]. 特种经济动植物, 2022, 25(1): 69-70.
- [13] 郑顺林,袁继超,张开勤,等. 一种马铃薯套玉米连作下轮作栽培方法[Z]. 四川省,四川农业大学, 2014-08-13.
- [14] 杨艺玲,侯丽英,莫建军,等. 马铃薯青枯病的发生与防治[J]. 南方农业, 2018, 12(12): 17-19.
- [15] 姬佳旗. 牡蛎壳粉调节土壤pH及控制烟草青枯病的效果研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
- [16] 郑雪芳,刘波,朱育菁,等. 青枯菌无致病力菌株FJAT-1458与强致病力株FJAT-91的竞争生长作用[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(1): 75-80.

- [17] Chen W Y, Echandi E. Effects of avirulent bacteriocin-producing strains of *Pseudomonas solanacearum* on the control of bacterial wilt of tobacco [J]. *Plant Pathology*, 2010, 33(2): 245–253.
- [18] 肖田, 肖崇刚, 邹阳, 等. 青枯菌无致病力菌株对烟草青枯病的控病作用初步研究 [J]. *植物保护*, 2008(2): 79–82.
- [19] 何洪令, 李钠钾, 孙成成, 等. 烟草青枯病的生物防治研究进展 [J]. *植物医生*, 2021, 34(2): 4–8.
- [20] 张晶晶. 马铃薯主要病害及防治措施 [J]. *世界热带农业信息*, 2022(1): 51–52.
- [21] 王晓冰, 张飞跃. 偃师市马铃薯黑胫病的发生危害症状及绿色防控技术 [J]. *现代农业科技*, 2020(19): 122–123, 130.
- [22] 韩祥. 马铃薯病虫害发生特点及防控措施 [J]. *农家参谋*, 2021(2): 50–51.
- [23] 夏善勇, 牛志敏, 李庆全, 等. 我国马铃薯黑胫病发生特点及防治研究进展 [J]. *新疆农垦科技*, 2021, 44(5): 31–33.
- [24] Cao Y N, Sun Q H, Feng Z W, *et al.* First report of *Pectobacterium parmentieri* causing blackleg on potato in Inner Mongolia, China [J]. *Plant Disease*, 2021(8): 105.
- [25] 冯志文, 曹亚宁, 孙清华, 等. 10种杀菌剂对马铃薯黑胫病主要致病菌的室内毒力 [J]. *中国马铃薯*, 2020, 34(5): 281–289.
- [26] 张满良. 农业植物病理学 [M]. 北京: 世界图书出版社, 1997.
- [27] 杨军玉. 蔬菜病虫害防治彩色图鉴 [M]. 北京: 金盾出版社, 2016.
- [28] 宋扬, 郝建军, 王树桐, 等. 马铃薯黑胫病抗性品种的筛选与评价 [J]. *河南农业科学*, 2017, 46(12): 75–79.
- [29] 王立春, 盛万民, 朱杰华, 等. 马铃薯品种黑胫病抗性筛选与评价 [J]. *黑龙江农业科学*, 2012(11): 5–7, 14.
- [30] 聂祥友. 马铃薯黑胫病的发生及防治 [J]. *新农业*, 2022(21): 5–6.
- [31] 孟焕文, 赵远征, 梁东超, 等. 马铃薯黑胫病生防菌株的筛选与鉴定 [J]. *中国植保导刊*, 2020, 40(8): 24–29.
- [32] 孙彦敏, 胡俊, 吕文霞, 等. 杀菌剂对马铃薯黑胫病菌毒力及其安全性和田间防效测定 [J]. *中国马铃薯*, 2020, 34(4): 229–237.
- [33] 李华伟, 林志坚, 许国春, 等. 福建省霞浦县马铃薯黑胫病菌分离及田间药剂防治效果 [J]. *中国蔬菜*, 2020(9): 57–63.
- [34] 夏善勇, 牛志敏, 李庆全, 等. 马铃薯疮痂病菌及防控手段研究进展 [J]. *中国瓜菜*, 2022, 35(8): 12–17.
- [35] 杨梦平. 黑龙江省马铃薯疮痂病致病菌生物学特性研究 [J]. *黑龙江农业科学*, 2022(5): 45–49.
- [36] 李宇晨. 内蒙古马铃薯疮痂病菌的分离鉴定及多样性 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2020.
- [37] 张萌, 刘伯, 于秀梅, 等. 中国马铃薯疮痂病菌生物学特性分析 [J]. *中国农业科学*, 2010, 43(12): 2603–2610.
- [38] 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.
- [39] Li B, Wang B, Pan P, *et al.* *Bacillus altitudinis* strain AMCC 101304: a novel potential biocontrol agent for potato common scab [J]. *Biocontrol Science and Technology*, 2019, 29(1): 1–14.
- [40] 崔凌霄. 马铃薯疮痂病菌(*Streptomyces galilaeus*)的细胞壁降解酶及其致病机制研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2022.
- [41] 王敏, 吕和平, 高彦萍, 等. 微生物菌肥在马铃薯疮痂病防治上的应用效果 [J]. *甘肃农业科技*, 2021, 52(10): 27–31.
- [42] 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]. 兰州: 云南农业大学, 2016.
- [43] 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.
- [44] 龙国, 张绍荣, 曹曦, 等. 基质消毒对脱毒马铃薯原种生产中疮痂病的防效 [J]. *贵州农业科学*, 2010, 38(11): 137–139.
- [45] 杨冰, 平原, 杜春梅. 马铃薯疮痂病的致病机制及防治研究进展 [J]. *中国农学通报*, 2021, 37(18): 131–137.
- [46] Lin C, Tsai C H, Chen P Y, *et al.* Biological control of potato common scab by *Bacillus amyloliquefaciens* Ba01 [J]. *PLoS One*, 2018, 13(4): e0196520.
- [47] Zhou Y, Li Q, Peng Z, *et al.* Biocontrol effect of *Bacillus subtilis* YPS-32 on potato common scab and its complete genome sequence analysis [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2022, 70(17): 5339–5348.
- [48] 黄有胜, 施春婷, 张丽华, 等. 不同种薯消毒方法对冬种马铃薯生长发育和产量的影响 [J]. *农业科技通讯*, 2022(5): 160–163.
- [49] 刘雄, 赵艳群, 杨辉, 等. 榆林地区马铃薯疮痂病的田间药剂防治 [J]. *西北农业学报*, 2021, 30(11): 1748–1754.
- [50] 刘齐栋, 陈焕丽, 张晓静, 等. 5种药剂处理对马铃薯疮痂病防治效果 [C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与绿色发展. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2021.
- [51] 林佩琴. 科学有效的防治马铃薯几种主要病虫害 [J]. *农业开发与装备*, 2021(3): 214–215.
- [52] 内蒙古农业科学研究所. 马铃薯环腐病 [M]. 北京: 农业出版社, 1977.
- [53] 郑红梅. 马铃薯环腐病的防治措施 [J]. *现代畜牧科技*, 2020

- (4): 46–47.
- [54] 李志新. 马铃薯环腐病菌培养基筛选试验 [J]. 农业科技通讯, 2011(4): 103–105.
- [55] 杜贝贝. 红蓼活性化合物槲皮素结构优化初探及对马铃薯环腐病菌的抑菌作用研究 [D]. 太原: 山西大学, 2021.
- [56] 孙建英, 郁志宏, 席那顺朝克图. 基于光谱技术的马铃薯环腐病无损检测 [J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2019, 40(4): 52–57.
- [57] 刘惠芳, 陈秋芳. 浅析马铃薯环腐病症状及防治关键 [J]. 现代园艺, 2019, 42(17): 147–148.
- [58] 贾莉. 马铃薯常见病害防治研究 [J]. 种子科技, 2020, 38(4): 70, 72.
- [59] 张淑梅. 浅谈马铃薯环腐病症状及防治措施 [J]. 农民致富之友, 2018(7): 68.
- [60] 高以宸, 蔡瑾, 王梦亮, 等. 红蓼挥发油杀菌剂对马铃薯环腐病的防治效果 [J]. 山西农业科学, 2019, 47(12): 2185–2188, 2194.
- [61] 王瑞霞, 田宏先, 李海, 等. 马铃薯生防菌 P1 对环腐病的防效试验 [J]. 山西农业科学, 2011, 39(5): 453–455.
- [62] de la Cruz A R, Poplawsky A R, Wiese M V. Biological suppression of potato ring rot by fluorescent pseudomonads [J]. Applied and Environmental Microbiology, 1992, 58(6): 1986–1991.

书

讯

现有《中国马铃薯》杂志 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 和 2022 年精装合订本, 中国马铃薯大会论文集 2011 年《马铃薯产业与科技扶贫》, 2012 年《马铃薯产业与水资源高效利用》, 2013 年《马铃薯产业与农村区域发展》, 2014 年《马铃薯产业与小康社会建设》, 2015 年《马铃薯产业与现代可持续农业》, 2016 年《马铃薯产业与中国式主食》, 2017 年《马铃薯产业与精准扶贫》, 2018 年《马铃薯产业与脱贫攻坚》, 2019 年《马铃薯产业与健康消费》, 2020 年《马铃薯产业与美丽乡村》, 2021 年《马铃薯产业与绿色发展》, 2022 和 2023 年《马铃薯产业与种业创新》, 每本定价 100 元。有需要的读者, 可与《中国马铃薯》编辑部联系。

联系电话: 0451-55190003