特 约 稿 件
Invited Paper

我国马铃薯病虫害发生现状与防控策略

高玉林[1*]， 徐 进[1]， 刘 宁[2]， 周 倩[3]， 丁新华[4]，
詹家绥[5]， 成新跃[6]， 黄 剑[7]， 鲁宇文[8]， 杨宇红[9]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193；
2. 中国科学院动物研究所，北京 100101；3. 湖南农业大学植物保护学院，长沙 410128；
4. 新疆农业科学院植物保护研究所，乌鲁木齐 830091；5. 福建农林大学植物保护学院，福州 350002；
6. 北京师范大学生命科学学院，北京 100875；7. 贵州大学精细化工研究开发中心，贵阳 550025；
8. 宁波大学植物病毒学研究所，宁波 315211；9. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所，北京 100081）

摘要 马铃薯在我国是继水稻、玉米和小麦之后的第四大主粮作物，在保障我国粮食安全、精准扶贫、种植业结构调整中发挥着至关重要的作用。我国马铃薯优势产区包括北方一作区（东北、华北、西北）、中原二作区、西南混作区以及南方冬作区，种植面积和总产量均位居世界首位。本文概述了我国马铃薯各优势产区主要病虫害的发生情况和及防控措施。

关键词 马铃薯； 病虫害； 防控策略

中图分类号： S 435.32 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2019353

Current status and management strategies for potato insect pests and diseases in China

GAO Yulin[1]， XU Jin[1]， LIU Ning[2]， ZHOU Qian[3]， DING Xinhua[4]， ZHAN Jiasui[5]，
CHENG Xinyue[6]， HUANG Jian[7]， LU Yuwen[8]， YANG Yuhong[9]

（1. *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests*，*Institute of Plant Protection*，*Chinese Academy of Agricultural Sciences*，*Beijing* 100193，*China*；2. *Institute of Zoology*，*Chinese Academy of Sciences*，*Beijing* 100101，*China*；3. *College of Plant Protection*，*Hunan Agricultural University*，*Changsha* 410128，*China*；4. *Institute of Plant Protection*，*Xinjiang Academy of Agricultural Sciences*，*Urumqi* 830091，*China*；5. *College of Plant Protection*，*Fujian Agriculture and Forestry University*，*Fuzhou* 350002，*China*；6. *College of Life Sciences*，*Beijing Normal University*，*Beijing* 100875，*China*；7. *Center for Research & Development of Fine Chemicals*，*Guizhou University*，*Guiyang* 550025，*China*；8. *Institute of Plant Virology*，*Ningbo University*，*Ningbo* 315211，*China*；9. *Institute of Vegetable and Flower*，*Chinese Academy of Agricultural Sciences*，*Beijing* 100081，*China*）

Abstract In China，potato is the fourth important food crop after rice，corn and wheat and plays an important role in food security，poverty alleviation and cropping structure adjustment. The four major potato producing zones in China include northern single zone，southwestern mixed crop zone，central double crop zone and southern double crop zone. The total harvested area and production of potato in China rank first in the world. In this review，we summarized the current status and management strategies for major insect pests and diseases in different potato production areas in China.

Key words potato； insect pests and diseases； management strategy

收稿日期： 2019－07－11 **修订日期：** 2019－07－12
基金项目： 国家重点研发计划（2018YFD0200802）
* 通信作者 E-mail：gaoyulin@caas.cn

栽培种马铃薯 *Solanum tuberosum* L. 是一年生茄科植物,粮、菜、饲、加工兼用,营养全面,适生区域广,在我国是继水稻、玉米和小麦之后的第四大粮食作物。作为马铃薯第一生产大国,2017 年我国马铃薯的种植面积和总产量分别为 576.7 万 hm^2 和 9 920.5万 t,占全球总种植面积的 29.9%和总产量的 25.6%(FAO 数据)。国内马铃薯优势产区包括北方一作区(东北、华北、西北)、中原二作区、西南混作区以及南方冬作区,形成了马铃薯周年生产的种植区域格局,同时马铃薯种植区域与全国贫困区域高度重叠[1]。因此,马铃薯在保障我国粮食安全、精准扶贫和种植业结构调整中发挥着重要作用。在马铃薯主粮化国家战略背景下,我国马铃薯产业得到了更进一步长足的发展。

但是,随着马铃薯种植面积的增加,病虫害的发生与危害情况也日趋严重,成为制约我国马铃薯单产水平进一步提高,影响产业健康发展的瓶颈因素。本文概述了我国马铃薯各优势产区主要病虫害的发生与危害情况及其基本防控策略,以期为马铃薯病虫害分区域综合治理体系的建立提供参考。

1　我国马铃薯重大病害发生现状

由致病疫霉 *Phytophthora infestans* 引起的晚疫病是世界范围内马铃薯生产上的第一大病害,可侵染包括马铃薯叶片、茎秆和块茎在内的所有部位,严重威胁马铃薯生产。晚疫病在我国各马铃薯种植区常年发生,尤其是湿度大,气候冷凉的地区,年均发生面积约 200 万 hm^2,一般年份减产 10%～30%,严重时可达 50%,个别地块甚至全田绝收[2]。由链格孢 *Alternaria* spp. 引起的马铃薯早疫病是我国马铃薯生产上仅次于晚疫病的第二大病害,主要侵染马铃薯叶片,在我国马铃薯各大产区均有发生,近年发生呈逐年加重之势,全国平均年发生面积约 90 万 hm^2[3]。一般地块病叶率 30%左右,严重时可达 50%～70%,造成严重产量损失。由果胶杆菌 *Pectobacterium* spp. 引起的黑胫病是马铃薯生产上的重要病害,在马铃薯各大产区均有发生。该病于马铃薯的各个生长时期均可发生,其侵染部位包括植株块茎和地上茎基部。近年来随着马铃薯种植面积的扩大,新品种的更新,种薯与产地间流通频繁,发病呈逐年上升趋势[4-5]。一般平均病株率 3%～5%,严重时可高达 40%～50%。由链霉菌 *Streptomyces* spp. 引起的马铃薯疮痂病主要危害马铃薯块茎,发生范围基本覆盖了我国东北、华北、西北、西南和华南各大马铃薯产区。近年来该病发生日趋严重,已上升为马铃薯第四大病害。尤其是温室培育的马铃薯脱毒种薯,疮痂病的发病率可高达 80%～90%,严重影响马铃薯产业健康发展[6]。由立枯丝核菌 *Rhizoctonia solani* 引起的马铃薯黑痣病主要为害幼芽、茎基部及块茎,引起马铃薯植株枯萎、茎腐和块茎出现黑痣,严重影响马铃薯的产量和品质[7]。全国各大产区均有发生。近年来,马铃薯种植重茬问题较为普遍,导致黑痣病发生日趋加重,一般情况下发病率为 5%～10%,严重时可高达 70%～80%[8]。我国马铃薯青枯病的主导致病因子是茄科雷尔氏菌 *Ralstonia solanacearum* 低温适应性 3 号小种菌株(race 3/biovar II, r3bv2)。国内鲜见由广寄主范围 1 号小种菌株引起马铃薯青枯病的相关报道。马铃薯青枯病广泛分布于除东北区外的各马铃薯优势产区,平均发病率为 5%～20%,极端情况下可达 90%以上[9]。青枯病在北方大春作和西南大春作田间发病率不高,但常以潜伏侵染的状态存在。随着南方冬闲田马铃薯种植面积的增加,青枯病菌随种薯的跨区调拨扩散蔓延至冬作区,对南方冬作区马铃薯产业构成巨大的潜在威胁。近年来广东、广西和云南等地冬作马铃薯青枯病的发生日趋普遍和严重。

2　我国马铃薯重大虫害发生现状

随着我国马铃薯种植面积的扩大,马铃薯虫害发生日趋严重,年发生面积约 260 万 hm^2,占马铃薯播种面积的 47.27%,年均产量损失达 19.60 万 t[2,10]。其中蚜虫、二十八星瓢虫和地下害虫(蛴螬、蝼蛄、地老虎、金针虫等)的发生较为严重。蚜虫是为害马铃薯最严重的害虫,全国年均发生面积约 60.6 万 hm^2,占虫害发生总面积的 23.3%,主要发生在甘肃、宁夏、河北、贵州、山东、云南、四川等省(自治区)[2,10]。在马铃薯北方一作主产区,蚜虫普遍发生,为害最重,年均发生面积 26.11 万 hm^2,约占虫害总发生面积的 25%,年均造成的实际产量损失超过 1.5 万 t[11]。二十八星瓢虫总体中等发生,局部地区偏重发生,全国平均发生面积约 46.2 万 hm^2,占虫害发生总面积的 17.8%,主要发生在山西、陕西、辽宁、河北、甘肃、宁夏等省(自治区),2012 年局部地区发生较重,山西、陕西、河北马铃薯被害株率一般 30%～60%,严重田块达 80%～100%,百株虫量 50～700 头[2]。马

铃薯地下害虫(蛴螬、蝼蛄、地老虎、金针虫等)有逐年加重的趋势,全国平均发生面积 105.1 万 hm^2,占虫害发生总面积的 40.4%,主要发生在甘肃、内蒙古、山东、陕西、山西和河北等地[2],其中蛴螬发生面积自 2011 年突破 45 万 hm^2 之后,一直稳定在 40 万 hm^2 以上[10]。近年来,马铃薯块茎蛾、蓟马、马铃薯甲虫、双斑萤叶甲等有加重趋势[12-14]。总体上,虫害发生呈北方重于南方,地区间和年度间发生不平衡,地下害虫为害加重,新发害虫为害增多的趋势。

3 西北一作区病虫害发生特点和防控策略

我国西北旱地马铃薯种植区主要包括甘肃、青海、宁夏、陕西和新疆 5 省区。这些地区气候干旱,降水稀少,马铃薯主要有害生物的发生特点和为害规律也有别于国内其他省区。具体表现为:晚疫病、早疫病等气传病害较南方和沿海地区发生轻,但在局部降雨较多地区发生严重[15-16],连作造成的黑痣病、疮痂病、枯、黄萎病等土传性病害危害严重[17-18],马铃薯 Y 病毒、马铃薯卷叶病毒等马铃薯病毒病在宁夏等省区田间混合侵染较普遍[15]。虫害方面,苗期蚜虫、蛴螬和金针虫等地下害虫在西北各省区发生普遍,华北大黑鳃金龟、黑皱鳃金龟、细胸金针虫在宁夏为害严重,重大检疫性害虫马铃薯甲虫在新疆北部地区发生并造成了极为严重的经济损失[19]。

针对上述区域性马铃薯主要有害生物的发生特点和实际危害,按照"预防为主,综合防治"的植保方针,在建立健全监测预警的基础上,筛选推广适宜西北旱区不同生态类型区域的抗(耐)病品种,依据有害生物防治指标与农药限量标准,优化高效安全化学农药新品种、新剂型,综合运用脱毒种薯(种苗)健康繁育技术、种薯包衣或拌种技术、床土基质消毒杀菌技术以及轮作倒茬和间作套种等措施,恶化有害生物生存环境,并结合生物防治和物理防治替代技术,实现有害生物的综合治理。

4 东北一作区病虫害发生特点和防控策略

东北一作区主要包括黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古东部地区。这些地区不仅是我国马铃薯的传统优势产区,同时也是国内重要的原种生产基地,而病虫害的发生与流行不仅制约了当地马铃薯产业的发展,还会波及其他从该区域调运种薯的产区。东北区的主要病虫害包括晚疫病、早疫病、疮痂病、黑痣病、镰刀菌干腐病、黑胫病、环腐病、蚜虫、二十八星瓢虫、双斑萤叶甲、蝽象、金针虫和蝼蛄等。其中晚疫病、早疫病是东北一作区马铃薯生产上的主要限制因子,晚疫病一般年份造成减产 20%左右,严重者减产 50%以上或至绝产[20];早疫病常年发生面积占播种面积的 10%,个别年份发病率可高达 90%~100%[21]。此外,环腐病、黑胫病、黑痣病等土传病害的发生也日趋严重。

针对东北一作区病虫害的发生与流行现状,在健全完善种薯认证监管体系的基础上,加大合格种薯的推广与应用范围,建立行之有效的种薯处理技术,实施合理轮作,降低土传(栖)有害生物的群体密度;构建病虫害监测预警体系,指导农民适时采用农业、生物、物理和化学防控技术手段,形成病虫害综合防控技术体系。

5 华北一作区病虫害发生特点和防控策略

华北一作区包括内蒙古中西部、河北和山西省北部地区,是我国马铃薯传统优势产区。该产区马铃薯生产上的病虫害主要包括花叶病毒病(表现为花叶症的所有病毒病)、卷叶病毒病、紫顶萎蔫病、早疫病、晚疫病、黑痣病、炭疽病、叶枯病、枯萎病、环腐病、黑胫病、疮痂病、粉痂病、金针虫、蛴螬、地老虎、蚜虫、二十八星瓢虫、芫菁、双斑萤叶甲、草地螟、牧草盲蝽和马铃薯跳甲等 23 种(类)。马铃薯病害中的晚疫病、早疫病、黑痣病、枯萎病、疮痂病、粉痂病、干腐病和病毒病发生严重[14,23]。马铃薯虫害中的二十八星瓢虫近年来在华北一作区发生较为严重,山西吕梁的调查结果显示:一般被害株率 30%~40%,严重的达 60%~80%,平均百株虫量 200 多头,单株最多有虫 17 头,个别田块被害株率 100%,受害叶片呈网纹状[3]。

针对华北一作区病虫害的发生与流行现状,推广晚疫病和蚜虫测报技术,把握最佳防控时机。合理利用品种抗性和品种布局。应用拌种/包衣、沟喷技术阻断土传病害的传播流行。筛选高效植保机械,提高化学药剂使用效率。

6 南方冬作区病虫害发生特点和防控策略

南方冬作区包括广东、福建、江西、广西、海南和台湾等省,以冬种马铃薯为主,主要病害有早疫病、晚疫病、疮痂病、黑胫病、青枯病、病毒病等,主要虫害有地老虎、蛴螬、蚜虫等。晚疫病发生频率较高,

尤其在沿海降雨量大、湿度大的地区发生较重,其次为早疫病和病毒病。由于种薯多为北方调运,质量控制不严,疮痂病和黑胫病有蔓延趋势。

防治策略上坚持以预防为主,长短效应兼顾,创造有利于马铃薯但不利于病原物的生态条件:1)避免品种单一化;2)选用具有一定抗病性的品种和符合标准的商业种薯;3)从北方调种时加强土传病害如疮痂病、黑胫病和粉痂病的检测;4)小整薯播种,或用 500 倍的百菌清处理切块种薯;5)水旱轮作;6)按品种生理需求适时适量施肥,控制氮肥,增施有机肥和磷钾肥;7)建立预警系统精准施药;8)不同作用机理的药剂轮换使用。

7　西南混作区病虫害发生特点和防控策略

四川、贵州、云南和重庆组成的西南混作区是我国马铃薯生产最具优势的区域之一,2016 年马铃薯种植总面积为 246.83 万 hm^2,占全国种植面积的 43.87%[23]。西南混作区地形地貌复杂,生态和气候类型多样,立体气候明显,马铃薯种植具有品种布局多样,播种季节多型,种植技术复杂,种植水平参差不齐等特点,是马铃薯病虫害的高发区,通常情况下病害重于虫害。

西南地区重大病害主要有马铃薯晚疫病、早疫病、病毒病和青枯病[24],局部发生较重的还有黑胫病、环腐病、疮痂病[25]、黑痣病及粉痂病[26-27]。

其中马铃薯晚疫病和早疫病对马铃薯产量影响最大,也是西南地区病害防治的重中之重。降水充沛的贵州、四川、重庆和云南这两种病害常年发生,连年重发,频率高,范围广,影响大,损失严重[2,24,28]。常年发生面积占种植面积的 30%～40%,2016 年云南和四川晚疫病影响面积达 86.67 万 hm^2,减产 600 万 t 以上[29]。马铃薯病毒病是马铃薯生产中的重要限制性因素,在贵州、云南和重庆也是常年发生,但各地发生危害程度不一。通常脱毒品种推广种植较好的地区发生较轻,但整个西南地区采用脱毒品种进行种植的面积不到 30%。其他病害如晚疫病、癌肿病、疮痂病对云南省高海拔地区的马铃薯影响较大;海拔较低的半山区则受晚疫病、青枯病和各种病毒病危害严重[30]。

西南地区的马铃薯害虫主要有马铃薯块茎蛾、二十八星瓢虫、蚜虫、豆芫菁以及地下害虫等[30],同全国一样,近年来为害相对稳定。

其中蚜虫、二十八星瓢虫是造成西南地区马铃薯减产的重要害虫。蚜虫在西南地区大多数马铃薯产区都可发生,发生盛期多在 4 月－6 月。二十八星瓢虫主要在四川、贵州等地发生,一年可能发生 3～5 代,以第一代的危害性最大[28]。马铃薯块茎蛾在西南地区发生不平衡,以云、贵、川等省受害较重。该虫发生期及一年的发生代数因地区、海拔高度及气候条件不同而有明显的差异。一般高温潮湿条件对其发生不利,在干旱少雨多风的地方往往发生较重[31]。四川省一年发生 6～9 代,贵州福泉地区一年发生 5 代,在云南昆明地区,越冬代成虫于 1 月中旬至 5 月中旬出现[32]。我国西南山区的马铃薯主产区一般多山,土层较浅,灌溉条件也得不到保证,给防治带来很大的困难,导致防治效果差。地下害虫蛴螬和地老虎因西南地区马铃薯主产区多常年潮湿,较为盛行[28]。

西南地区众多非马铃薯主产区的种植山区,农民经常不防治和或发病才喷药或用药不当导致防治失败,病虫害发生往往较重于集中种植区和主产区。2008－2014 年重庆和贵州的马铃薯病虫害平均防治覆盖率仅为 77%和 69%,均低于全国平均水平,不及云南(119%)和四川(111%)的平均防治覆盖率[10],各地仍需要加大防控力度,需要根据当地实际情况开展防治工作。

西南地区是我国经济相对欠发达地区,受地理因素、科学素养、防治习惯等多方面的影响,部分产区的防控意识不强,个别地区甚至任其发生,不防治或少防治,农民缺乏安全科学合理地防治马铃薯病害的知识,尽管也使用杀菌剂作为主要的药剂防治方法,但是对如何使用、使用多大剂量以及何时喷施药剂这些知识缺乏,因此必须加强对薯农以及基层植保技术人员防治技术的培训,以提高其防控水平。部分次要土传病害有加重趋势,缺乏综合防控技术。

马铃薯主产区应挑选优质品种脱毒抗病种薯、尽量选择适宜本地区生长且抗病能力强的品种。采用拌种或包衣及垄沟喷雾防病虫技术,加强田间管理,及时中耕除草减少地下病虫害发生、同时增施追肥,结合施用诱抗免疫剂等措施提高作物自身抗病虫能力。重视马铃薯重大病虫预测预报、结合大田调查,强化绿色防控技术如生物农药控害、频振灯诱和性信息素群集诱杀等,集成创新配套技术。虫害防治可多采用物理防治和生物防治,病害防治多加强监测防控技术的综合应用,科学合理适期施用药剂化学防治。

此外还应重视和加强马铃薯新发病虫害的研究

和次要害虫的防治，如西南地区的云南和四川可能会存在马铃薯晚疫病高致病基因型 Blue-13[33]，云、贵、川等地马铃薯块茎蛾为害较重要引起重视，以免上升为主要害虫。

8 中原二作区病虫害发生特点和防控策略

中原马铃薯种植区（山东、河北、河南、浙江、江苏、安徽、上海等）面积和产量占全国比重都较小[34]，该区域病虫害发生的特点与种植规模、气候、环境有密切联系，同时也受北方作区和西南混作区等大面积种植地区病虫害发生的影响。山东省作为中原地区马铃薯种植大省，发生的病害主要有疮痂病、黑胫病、干腐病、黑痣病、病毒病（主要是马铃薯 X 病毒 *Potato virus X* 和马铃薯 Y 病毒 *Potato virus Y*）[35]。冀东地区危害较重的马铃薯病害主要有早疫病、炭疽病、疮痂病和黑胫病[36]。中原地区马铃薯害虫主要有瓢虫，蚜虫，蛴螬、蝼蛄、地老虎、金针虫等[3,37]，其中蚜虫为害植物叶片的同时还传播植物病毒；二十八星瓢虫主要为害叶片和嫩茎；蛴螬、蝼蛄、地老虎、金针虫等地下害虫在土壤下对马铃薯的地下茎、块茎和根进行啃食。中原地区马铃薯病虫害在防控策略上应加大监测力度，规范完善病虫害测报技术，增强薯民防控意识，普及技术，将病虫害消灭在开始阶段[38]。在防控措施上可以大体参照北方作区和西南混作区等大面积种植地区的防控方法[39-46]。马铃薯的病害与虫害的发生有着较密切的联系，往往一种虫害的暴发会引起多种病害，所以在其防治上应该将两者联系起来以达到更好的防控效果。

9 问题与展望

马铃薯种植方式的演替、种植规模化程度的增加、单一品种的区域化重茬连作、种薯认证监管体系不健全以及跨区调运种薯造成国内马铃薯病虫害的发生与流行日趋多样化、严重化和复杂化。具体表现为：1）晚疫病、早疫病、青枯病和地下害虫等马铃薯传统病虫害的发生逐年加重；2）黑痣病、枯萎病、黄萎病、疮痂病、粉痂病和黑胫病等过往零星发生的次要病害上升为主要病害，并在局部地区毁灭性暴发流行；3）部分产区因种薯质量问题，病毒病发生情况依然严峻。

国内不同地区、不同经营主体间马铃薯病虫害防控水平两极分化严重，总体而言北方规模化经营主体（种植大户、种薯公司）机械化生产程度高，防控意识和技术水平亦较高，随之带来的是马铃薯平均单产 30 t/hm^2 以上，但同时也普遍存在用药频繁、过量使用化学农药的情况，极端情况下单一生长季施用化学农药的次数高达 29 次；反之，西南山区小农户分散种植模式下，适龄劳动力不足、机械化程度低、病虫害防控意识淡薄，不防控或极少防控，低防控覆盖率带来的是马铃薯单产往往低于 15 t/hm^2。

我国马铃薯脱毒种薯生产技术起始于上世纪 70 年代，但迄今为止脱毒种薯的应用面积仅占种植面积的 30%左右，而发达国家这一比例通常可达 70%以上[47]。且现阶段种薯认证、质控与监管体系不健全，相关法律约束力不强，处罚力度不够，良心种薯生产企业因价格因素广受冲击，因而致使种薯市场秩序混乱，种薯质量良莠不齐。其后果是疮痂病、青枯病等马铃薯种传病害随异地种薯调运进入非疫区；病毒病在个别区域发病率居高不下。

2015 年农业部《到 2020 年农药使用量零增长行动方案》的提出对马铃薯病虫害防控技术提出了更高的要求，马铃薯各主产区应立足本地区的病虫害发生规律与危害严重程度，大力推广马铃薯病虫害绿色防控措施。评价荧光假单胞菌、芽胞杆菌、昆虫病毒、白僵菌、绿僵菌和苏云金杆菌等微生物源农药对马铃薯有害生物的防控效果，建立配套施用技术。推广氨基寡糖和极细链格胞蛋白等植物免疫激活剂，通过诱导作物自身的先天免疫系统，实现寄主植物对病虫害的广谱抗性。针对马铃薯块茎蛾、蛴螬、地老虎等害虫，建议采用性诱剂、食诱剂、灯光诱杀等理化诱控技术，压低虫口密度[48-49]。与此同时，加大蓟马、蚜虫、粉虱等传毒媒介小型昆虫早期预警与防控技术研究，切断传播源，减少病毒病暴发成灾。

参考文献

[1] 卢肖平. 马铃薯主粮化战略的意义、瓶颈与政策建议[J]. 华中农业大学学报(社科)，2015(3)：1－7.

[2] 黄冲，刘万才. 近几年我国马铃薯晚疫病流行特点分析与监测建议[J]. 植物保护，2016，42(5)：142－147.

[3] 黄冲，刘万才. 近年我国马铃薯病虫害发生特点与监控对策[J]. 中国植保导刊，2016(6)：48－52.

[4] 佘小漫，蓝国兵，何自福，等. 广东马铃薯黑胫病的病原鉴定[J]. 植物病理学报，2015，45(5)：449－454.

[5] 霍燃华. 马铃薯黑胫病综合防治技术[J]. 农业开发与装备，2015(11)：117.

[6] 聂峰杰，陈虞超，巩檑，等. 马铃薯疮痂病致病链霉菌分类及其致病机理研究进展[J]. 分子植物育种，2018，16(4)：1313－1319.

[7] 戴启洲. 马铃薯黑痣病发病规律及综合防治[J]. 中国蔬菜,2012(8):31-32.
[8] 冯玉衡. 马铃薯黑痣病和枯萎病病菌拮抗菌株的筛选与鉴定[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2018.
[9] JIANG Gaofei,WEI Zhong,XU Jin,et al. Bacterial wilt in China:history,current status,and future perspectives [J/OL]. Frontiers in Plant Science,2017,8:1549.
[10] 任彬元,杨普云,赵中华. 我国马铃薯病虫害防治现状与前景展望[J]. 中国植保导刊,2015,35(10):26-31.
[11] 马中正,任彬元,李天娇,等. 近年北方一作主产区马铃薯病虫害发生及防控情况分析[J]. 中国植保导刊,2019,39(1):48-51.
[12] 商明清,秦萌,李洪刚,等. 马铃薯块茎蛾传入山东的风险评估及管理对策[J]. 植物检疫,2018,32(6):70-72.
[13] 张抒,范国权,高艳玲,等. 马铃薯甲虫与寄主植物间的共进化及其防治[J]. 中国马铃薯,2018,32(6):367-373.
[14] 张建平,张福金,王振,等. 内蒙古马铃薯病虫害发生及防治中的问题与对策[J]. 北方农业学报,2018,46(2):94-98.
[15] 沈瑞清,郭成瑾,张丽荣,等. 宁夏马铃薯病虫害研究现状及防治对策[J]. 宁夏农林科技,2014,55(6):25-28.
[16] 尹军良. 西北地区马铃薯主栽品种的抗晚疫病性评价及致病疫霉菌候选核心 RXLR 效应基因的鉴定[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2018.
[17] 康蓉,王生荣. 甘肃马铃薯疮痂病病原初步鉴定[J]. 植物保护,2013,39(3):78-82.
[18] 王喜刚,郭成瑾,张丽荣,等. 宁夏马铃薯主栽品种对黑痣病的抗性鉴定[J]. 植物保护,2018,44(3):190-196.
[19] 郭文超,吐尔逊,程登发,等. 我国马铃薯甲虫主要生物学、生态学技术研究进展及监测与防控对策[J]. 植物保护,2014,40(1):1-11.
[20] 金光辉,文景芝,董传民,等. 黑龙江省马铃薯晚疫病生理小种的类型与分布状况研究[J]. 中国马铃薯,2003,17(4):213-215.
[21] 郭梅,胡林双,白艳菊,等. 东北地区马铃薯病虫害田间调查[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会学术年会暨学术研讨会,2006.
[22] 张建平,程玉臣,巩秀峰,等. 华北一季作区马铃薯病虫害种类、分布与为害[J]. 中国马铃薯,2012,26(1):30-35.
[23] 李辉尚,乐姣. 2017 年中国马铃薯市场形势回顾与 2018 年市场展望[J]. 蔬菜,2018(6):61-67.
[24] 吴石平,何永福,杨学辉,等. 贵州马铃薯病害调查研究[J]. 农学学报,2012,2(6):31-34.
[25] 白为华,朱荣,陈晓萍. 马铃薯疮痂病起因及防治[J]. 农业与技术,2016,36(1):63-64.
[26] 张德亮. 云南省马铃薯产业发展刍议[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会. 马铃薯产业与小康社会建设. 中国作物学会马铃薯专业委员会:中国作物学会,2014:202-206.
[27] 李婉琳,周俊,郭华春,等. 云南省马铃薯不同种植模式的产量及效益分析[J]. 中国马铃薯,2014,28(2):78-82.
[28] 刘维金. 马铃薯常见病虫害预防和防治技术[J]. 中国农业信息,2015(7):61.
[29] 罗其友,高明杰,刘洋,等. 2016—2017 年中国马铃薯产业发展态势分析[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会. 马铃薯产业与精准扶贫 2017. 中国作物学会马铃薯专业委员会:中国作物学会马铃薯专业委员会,2017:30-33.
[30] 吴郁魂. 关于四川省马铃薯产业持续健康发展的思考[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会. 马铃薯产业与脱贫攻坚(2018). 中国作物学会马铃薯专业委员会:中国作物学会马铃薯专业委员会,2018:47-52.
[31] YUAN Huiguo,WU Shengyong,LEI Zhongren,et al. Sub-lethal effects of *Beauveria bassiana* on field populations of the potato tuberworm, *Phthorimaea operculella* (Zeller) in China [J]. Journal of Integrative Agriculture,2018,17(4):911-918.
[32] 徐树云. 烟草害虫防治[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1993:202-209.
[33] LI Y,VAN DER LEE T,ZHU J H,et al. Population structure of *Phytophthora infestans* in China - geographic clusters and presence of the EU genotype Blue_13[J]. Plant Pathology,2013,62(4):932-942.
[34] 关佳晨,蔡海龙. 我国马铃薯生产格局变化特征及原因分析[J]. 中国农业资源与区划,2019,40(3):92-100.
[35] 王炳森,王丽,陈惠兰. 山东省马铃薯病害调查[J]. 中国马铃薯,2017,31(2):104-112.
[36] 吴志会. 冀东地区马铃薯病害种类及主要病害的发生情况与防控技术[J]. 长江蔬菜,2018(5):50-53.
[37] 罗守进. 安徽省马铃薯虫害的预防与补救措施[J]. 农业灾害研究,2016,6(8):18-20.
[38] 孙清华. 中国马铃薯主要病害的发生、分布、流行及防控[C]//2014 年中国马铃薯大会,2014:8.
[39] 陈云,杨俊伟,岳新丽. 马铃薯黑胫病及其防治[J]. 种植技术,2015(12):40-42.
[40] LOOTSMA M,SCHOLTE K. 土壤消毒与收获方式对翌年马铃薯 *Rhizoctonia solani* 病害发生的影响[J]. 杂粮作物,1997(2):44-46.
[41] 曹春梅,李文刚,张建平,等. 马铃薯黑痣病的研究现状[J]. 病害防治,2009,23(3):171-173.
[42] 龙国,张绍荣,曹曦,等. 基质消毒对脱毒马铃薯原原种生产中疮痂病的防效[J]. 贵州农业科学,2010(11):137-139.
[43] 陈亚兰,张健. 5 种药剂对贮藏期马铃薯干腐病防效试验[J]. 甘肃农业科技,2016(3):42-44.
[44] 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病原菌分布影响及生防效果研究[J]. 干旱地区农业研究,2015(2):165-169.
[45] 杨忠,任月梅. 浇水次数对马铃薯微型薯疮痂病发病影响[J]. 中国马铃薯,2003,17(4):242-244.
[46] 周云. 青海省马铃薯病毒病种类及其检测与防治[J]. 青海科技,2008(3):14-16.
[47] 卢肖平,谢开云. 国际马铃薯中心在中国[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2014.
[48] YUAN Huiguo,LEI Zhongren,RONDON S I,et al. Potential of a strain of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Hypocreales:Cordycipitaceae) as a biological control agent against the potato tuberworm,*Phthorimaea operculella* (Zeller)[J]. International Journal of Pest Management,2017,63(4):352-354.
[49] GAO Yulin. Potato tuberworm:A threat for China potato [J/OL]. Entomology,Ornithology & Herpetology:Current Research,2018,7(2):1000e132.

(责任编辑:杨明丽)