

山药病虫害研究进展

兰成云, 高旭利, 李永腾, 李朝霞, 张敏, 张卫华

(山东省农业科学院蔬菜研究所 济南 250100)

摘要: 山药是我国重要的药食同源作物, 具有较高的药用、保健及营养价值, 近年来随着种植面积持续增加, 其病虫害问题也日益突出。总结了当前我国山药病虫害的研究现状, 对已经报道的山药病虫害进行了分类归纳, 对山药的病虫害防治方法进行了综述, 并探讨了山药病虫害研究存在的问题和下一步的研究方向, 为后续山药病虫害研究提供参考。

关键词: 山药; 病虫害; 防治

中图分类号: S632.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)12-007-13

Advances of diseases and insect pests of yam

LAN Chengyun, GAO Xuli, LI Yongteng, LI Zhaoxia, ZHANG Min, ZHANG Weihua

(Vegetable Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong, China)

Abstract: Due to its high medicinal, healthy, and nutritional value, yam has been one of the most important medicinal and edible crops in China. In recent years, with the continuous increase of planting area, the problem of diseases and insect pests had become increasingly prominent. This paper summarized the Chinese current research status of yam diseases and insect pests, and classified the reported yam diseases and insect pests. Meanwhile, the pest control methods of yam were reviewed, and the existing problems and future research directions of yam pests and diseases were discussed, so as to provide reference for subsequent research on yam pests and diseases.

Key words: Yam; Diseases and pests; Control

山药(*Dioscorea polystachya*)原称薯蕷, 为薯蕷科薯蕷属一年或多年生草质缠绕藤本植物, 以其地下块茎作为产量器官, 是营养丰富的高端食用佳蔬^[1], 因兼具药用成分, 又可作中药原材, 是集营养保健与药用价值为一体的药食同源植物^[2]。近年来栽培面积持续扩大, 成为种植户重要的经济来源^[3]。但随之而来的问题是, 一方面, 由于山药品种特性、技术措施和栽培环境等因素的制约, 其病虫害发生日趋严重, 给种植户造成巨大损失, 严重影响山药产业的健康可持续发展; 另一方面, 有关山药的文献计量学分析表明, 目前其主要热点研究领域关注于“山药抗糖作用”“栽培加工技术”及“中医药临床应用”3个方向, 但后两者相关关键词词频统计远低于前者^[4]。说明当前山药研究涉及病虫害方面的关注度不足, 热点不突出, 与日益发展的山药产业规模相比, 匹配程度较低。为进一步阐明山药病虫害问题, 笔者在前人研究的基础上, 阐述

山药病虫害方面的研究现状, 总结现有的山药主要病虫害种类及防治方法, 以期为后续山药病虫害研究提供参考。

1 已报道的山药病虫害种类

我国已经报道的危害山药的病害(部分未鉴定到种)有 17 种(表 1), 包括由真菌、细菌引起的 14 种病害, 由放线菌引起的 1 种病害, 主要由 2 个属的线虫引起的线虫病害, 及由 17 种病毒引起的病毒病^[5-50]。

危害山药的害虫(部分未鉴定到种)超过 34 科类型^[19, 49-71](表 2)。涉及昆虫纲鞘翅目的叩甲科、叶甲科、鳃金龟科等 5 个科, 同翅目的蚜科、叶蝉科和粉虱科共 3 个科, 鳞翅目的灯蛾科、天蛾科、夜蛾科共 3 个科, 直翅目的蝼蛄科、蝗总科、蟋蟀科共 3 个科, 双翅目的潜蝇科、花蝇科共 2 个科以及半翅目(盲蝽科)、缨翅目(蓟马科)、膜翅目(叶蜂科)各 1 个

收稿日期: 2022-06-14; 修回日期: 2022-10-15

基金项目: 山东省重大科技创新工程项目(2021CXGC010802-2); 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-23-G13)

作者简介: 兰成云, 男, 助理研究员, 研究方向为蔬菜病虫害绿色防控。E-mail: lancchengyun1987@aliyun.com

通信作者: 张卫华, 女, 研究员, 研究方向为蔬菜病虫害绿色防控。E-mail: zhwh70@126.com

表1 已报道的山药病害名录

病害	病原	危害部位	参考文献
山药炭疽病	胶孢炭疽菌 [<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Sacc]	叶片、茎蔓	王科,等[5];陈红岩,等[8];黄婷,等[9];陈小红,等[10];李术臣,等[11]
	果生炭疽菌 (<i>Colletotrichum fructicola</i>)	叶片、茎蔓	杨小林,等[15]
	兰花刺盘孢 (<i>Colletotrichum cliviicola</i>)	叶片、茎蔓	何舒,等[16]
	辣椒炭疽菌 [<i>Colletotrichum capsici</i> (Syd. & P. Syd.) E. J. Butler & Bisby]	叶片、茎蔓	陈红岩,等[8];黄婷,等[9];李术臣,等[11];张桂玲[12]
	薯蓣盘长孢菌 (<i>Gloeosporium pestis</i>)	叶片、茎蔓	陈红岩,等[8];黄婷,等[9];李术臣,等[11];张桂玲[12]
	喀斯特炭疽菌 (<i>Colletotrichum karstii</i>)	叶片、茎蔓	韩晓勇,等[14]
	隐秘炭疽菌 (<i>Colletotrichum aenigma</i>)	叶片、茎蔓	韩晓勇,等[14]
	兰科炭疽菌复合种 (<i>Colletotrichum plurivorum</i>)(<i>Colletotrichum sojae</i>)	叶片、茎蔓	韩晓勇,等[14]
	暹罗炭疽菌 (<i>Colletotrichum siamense</i>)	叶片、茎蔓	韩晓勇,等[14]
	<i>Colletotrichum alatae</i>	叶片、茎蔓	Ntui V O, et al[7]; Lin C H, et al[17]
山药褐斑病	薯蓣叶点霉 (<i>Phyllosticta dioscoreae</i> Cooke)	叶片、茎蔓	陈红岩,等[8];黄婷,等[9];刘廷利,等[13];王诗军,等[18]
(白涩病/叶枯病/ 斑纹病)	薯蓣盘孢菌 (<i>Cylindrosporium dioscoreae</i> Miyabe et Ito)	叶片、茎蔓	黄婷,等[9];李术臣,等[11];刘廷利,等[13];朱业斌,等[19]
山药灰斑病	薯蓣色链隔孢 [<i>Phaeoramulana dioscoreae</i> (Ellis et Martin)Dieighton]	叶片	陈红岩,等[8];黄婷,等[9];陈小红,等[10]
	薯蓣巴西尾孢霉 (<i>Cercospora ubi</i> Racib.= <i>C. braziliensis</i> Averna)	叶片	陈小红,等[10]
山药斑枯病	薯蓣壳针孢 (<i>Septoria dioscoreae</i>)	叶片	陈红岩,等[8];黄婷,等[9]
山药白锈病	白锈菌属真菌 (<i>Albugo ipomoeae panduranae</i>)	叶片	黄婷,等[9];乔振森,等[21];司乃国,等[22]
山药黑粉病	山药条黑粉菌 (<i>Urocystis dioscoreae</i>)	叶片、茎蔓	黄婷,等[9];乔振森,等[21]
山药黑斑病	细交链孢菌 (<i>Alternaria tenuis</i>)	叶片、茎蔓	黄婷,等[9];韩帅,等[23]
	附球菌属 (<i>Epicoccum laticollum</i>)	叶片、茎蔓	韩帅,等[23]
山药叶斑病	萎蔫短小杆菌致病变种 (<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> pv. <i>dioscorea</i>)	叶片、茎蔓	黄婷,等[9]
(含细菌性叶斑病、 真菌性叶斑病)	薯蓣假尾孢菌 [<i>Pseudocercospora dioscoreae</i> (Syd. et P. Syd.) Deighton]	叶片	严吉明,等[24]
	露湿漆斑菌 (<i>Myrothecium roridum</i>)	叶片	王飞,等[25]
	贝西滑刃线虫 [<i>Aphelenchoides besseyi</i> (Jesus et al.2016)]	叶片	Noronha M A, et al[26]
山药枯萎病	薯蓣尖镰孢 (<i>Fusarium oxysporum</i> Schl. f. sp. <i>dioscoreae</i> Wellman)	茎蔓基部、 块茎	陈红岩,等[8]
	尖镰孢薯蓣专化型 (<i>Fusarium oxysporum</i> .f. sp. <i>dioscoreae</i>)	茎蔓基部、 块茎	黄婷,等[9]
	细极链格孢 (<i>Alternaria tenuissima</i>)	茎蔓基部、 块茎	Li M, et al[27]

续表 1

病害	病原	危害部位	参考文献
山药立枯病 (茎腐病)	立枯丝核菌 (<i>Rhizoctonia solani</i> J. G. Kühn)	藤蔓基部、 块茎	王科,等[5];陈红岩,等[8];黄婷,等[9]
	尖孢镰刀菌薯蓣专化型 (<i>Fusarium oxysporum</i> .f. sp. <i>dioscoreae</i>)	藤蔓基部、 块茎	赵志祥,等[28]
山药根腐病 (褐腐病)	腐皮镰孢菌 [<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.]	块茎	王科,等[5];黄婷,等[9];沈丽淘[29]
	厚垣镰刀菌 (<i>Fusarium chlamydosporum</i>)	块茎	黄婷,等[9];沈丽淘[29]
	终极腐霉变种 (<i>Pythium ultimum</i> var. <i>ultimum</i>)	茎基部、 根部	Zhang Y L, et al[30]
	群结腐霉 (<i>Pythium myriotylum</i> Drechsler)	根部	Zhang Y L, et al[31]
山药干腐病	核青霉 (<i>Penicillium sclerotigenum</i> Yamamot)	块茎	晏卫红,等[32]
	缓慢盾线虫(<i>Scutellonema bradys</i>)	块茎	Coyne D L, et al[33]
山药黑皮病 (黑痣病)	甘薯毛链孢 (<i>Monilochaetes infascans</i> Harter)	块茎	王科,等[5];陈红岩,等[8];黄婷,等[9]
山药疮痂病	疮痂链霉菌属(<i>Streptomyces</i> spp.)	块茎	黄婷,等[9];李新华[35]
山药细菌性软腐病	假单孢杆菌(<i>Pseudomonas dioscoreae</i>)	块茎	刘廷利,等[13]
	成团泛菌(<i>Pantoea agglomerans</i>)	块茎	Fan S S, et al[36]
山药线虫病	短体线虫属(<i>pratylenchus</i> spp.): 咖啡短体线虫(<i>Pratylenchus coffeae</i>)、 穿刺短体线虫(<i>Pratylenchus penetrans</i>)、 薯蓣短体线虫(<i>Pratylenchus dioscoreae</i>);	根、块茎	黄婷,等[9];黄文华,等[37];赵伟超,等[42] 黄婷,等[9];黄文华,等[37];赵伟超,等[42] 黄婷,等[9];黄文华,等[37];赵伟超,等[42]
	根结线虫属(<i>Meloidogyne</i> spp.): 南方根结线虫(<i>Meloidogyne incognita</i>)、 花生根结线虫 (<i>Meloidogyne arenaria</i>)、 爪哇根结线虫 (<i>Meloidogyne javanica</i>)、 北方根结线虫 (<i>Meloidogyne hapla</i>)。	根、块茎	黄婷,等[9];李术臣,等[11];黄文华,等[37]; 侯翔宇[39];田福进,等[40] 黄婷,等[9];李术臣,等[11];黄文华,等[37]; 田福进,等[40] 黄婷,等[9];李术臣,等[11];黄文华,等[37]; 田福进,等[40] 张桂玲[12]
	马铃薯 A 病毒(PVA)、马铃薯 Y 病毒(PVY)、马铃薯 M 病毒(PVM)、马铃薯 S 病毒(PVS)、马铃薯 X 病毒(PVX)、 马铃薯卷叶病毒(PLRV)、 康乃馨意大利环斑病毒(CIRV)、芜菁花叶病毒(TuMV)、 菜豆萎蔫病毒(BBWV)、 蚕豆萎蔫病毒 2 型(BBWV-2)、 中国淮山药坏死花叶病毒(ChYNMV)、 黄瓜花叶病毒(CMV)、 淮山药温和花叶病毒(YMMV)、 日本山药花叶病毒(JYMV)、 山药花叶病毒(YMV)、 淮山药 X 花叶病毒(PYMV)、 瓜类褪绿病毒(CCYV)	叶片、块茎	黄婷,等[9];李术臣,等[11];刘舟,等[47] 黄婷,等[9] 黄婷,等[9];刘舟,等[47] 黄婷,等[9];Lee Jooong-Hwan, et al[44] 黄婷,等[9];Lee Jooong-Hwan, et al[44];刘 舟,等[47] Lee Jooong-Hwan, et al[44] Lee Jooong-Hwan, et al[44];Zou C, et al[45]; Azeteh I N, et al[46];刘舟,等[47] Lee Jooong-Hwan, et al[44];刘舟,等[47] Azeteh I N, et al[46] 刘舟,等[47] 韦建明,等[48]

表2 已报道的山药虫害名录

目	科	种	危害部位	参考文献
直翅目	蟋蟀科		幼苗、根	刘缠民,等[51]
	蝼蛄科	东方蝼蛄(<i>Gryllotalpa orientalis</i> Burmeister)	幼苗、块茎、根	李朝霞,等[52];张艳秋,等[53];张帅,等[54]衣岩敏[56]
		华北蝼蛄(<i>Gryllotalpa unispina</i> Saussure)	幼苗、块茎、根	张艳秋,等[53];张帅,等[54];衣岩敏[56]
	蝗总科	短额负蝗(<i>Atractomorpha sinensis</i> I. Bolivar)	叶片	张艳秋,等[53];杨婧[60]
同翅目	粉虱科	白粉虱(<i>Trialeurodes caporariorum</i> (Westwood))	吸汁、传播病害	张艳秋,等[53];黄剑,等[55];刘朝红,等[64]
		粉背刺粉虱(<i>Aleurocanthus incertus</i> Silvestri)	吸汁、传播病害	罗宏伟,等[65]
		烟粉虱(<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius))	吸汁、传播病害	张艳秋,等[53];黄剑,等[55];刘朝红,等[64]
	叶蝉科	棉叶蝉(<i>Amrasca biguttul</i> (Ishida))	吸汁、传播病害	张艳秋,等[53];袁淮,等[67]
		大青叶蝉(<i>Cicadella viridis</i> (Linnaeus, 1758))	吸汁、传播病害	张艳秋,等[53];黄剑,等[55];赵倩,等[66]
		小绿叶蝉(<i>Empoasca flavescens</i>)	吸汁、传播病害	张艳秋,等[53];黄剑,等[55];刘朝红,等[64]
	蚜科		吸汁、传播病害	李新花[49];张艳秋,等[53]
双翅目	潜蝇科		吸汁、传播病害	李新花[49];张艳秋,等[53];黄剑,等[55]
	花蝇科	种蝇(<i>Delia</i> sp.)	根、块茎	李新花[49];张艳秋,等[53];黄剑,等[55]
鳞翅目	夜蛾科	斜纹夜蛾(<i>Prodenia litura</i> (Fabricius))	叶片	朱业斌,等[19];张艳秋,等[53]
		甜菜夜蛾(<i>Spodoptera exigua</i> (Hübner))	叶片	张艳秋,等[53];章金明,等[57]
		小地老虎(<i>Agrotis ypsilon</i> (Rottemberg))	叶片、根、块茎	张艳秋,等[53];张帅,等[54];黄剑,等[55]
		大地老虎(<i>Agrotis tokionis</i> Butler)	叶片、根、块茎	张艳秋,等[53]
		黄地老虎(<i>Agrotis segetum</i> (Denis & Schiffermüller))	叶片、根、块茎	张艳秋,等[53];张帅,等[54];黄剑,等[55]
	粘虫(<i>Leucania separata</i> Walker)	叶片	李新花[49];张行国,等[58]	
	天蛾科 灯蛾科	斜纹天蛾(<i>Theretra clotho</i> (Drury), 1773)	叶片 叶片	孟绪武[59] 张艳秋,等[53];黄剑,等[55]
缨翅目	蓟马科	西花蓟马(<i>Frankliniella occidentalis</i>)	吸汁、传播病害	李新花[49];杨小林,等[50];褚祚晨,等[68]
鞘翅目	跗线螨科	茶黄螨(<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks))	吸汁、传播病害	张艳秋,等[53];钟文豪[69];康总江,等[70]
	细须螨科	红蜘蛛(<i>Brevipalpus</i> sp.)	吸汁、传播病害	朱业斌,等[19];黄剑,等[55];蒋拥东,等[71]
半翅目	盲蝽科	绿盲蝽(<i>Apolygus lucorum</i> (Meyer-Dür))	吸汁、传播病害	杨小林,等[50];张艳秋,等[53];李耀发,等[63]
膜翅目	叶蜂科	白唇角瓣叶蜂(<i>Senoclidea decora</i> Konow)	叶片	魏美才,等[61]
		蓼叶蜂(<i>Blennocam</i> spp.)	叶片	黄剑,等[55]
鞘翅目	鳃金龟科	暗黑鳃金龟(<i>Holotrichia parallela</i>)	幼苗、根、块茎	张帅,等[54]

续表 2

目	科	种	危害部位	参考文献
		大黑鳃金龟(<i>Holotrichia oblita</i>)	幼苗、根、块茎	张帅,等[54]
		阔胫绢金龟(<i>Maladera verticalis</i> Fairmaire)	幼苗、根、块茎	黄剑,等[55]
	犀金龟科		幼苗、根、块茎	杨小林,等[50];刘缠民,等[51]
	丽金龟科		幼苗、根、块茎	杨小林,等[50];刘缠民,等[51]
	叶甲科	双斑长跗萤叶甲[<i>Monolepta hieroglyphica</i> (Motschulsky)]	叶片	高宇,等[62]
	叩甲科	沟金针虫(<i>Pleonomus canaliculatus</i> Faldermann)	根、块茎	李朝霞,等[52] 张帅,等[54]

科,同时涉及蛛形纲蜱螨目的跗线螨科、细须螨科共2个科。

目前山药生产上主要病害有炭疽病、根腐病和线虫病等,危害较严重的害虫主要有蛴螬、蝼蛄、地老虎、叶蜂以及金针虫等,不同地区、年代发病略有侧重。

1.1 山药炭疽病

炭疽菌是山药种植中的主要病害(图1),常常造成大面积减产或绝收,是世界所有山药产区面临的关键植保问题之一^[6-7]。已报道的山药炭疽病病原主要有胶孢炭疽菌[*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.]^[8-11]、薯蓣盘长孢菌(*Gloeosporium pestis*)^[8-9, 11-12]和辣椒炭疽菌[*Colletotrichum capsici* (Syd. & P. Syd.) E. J. Butler & Bisby]^[8-9, 11-12],都可引起叶片大量枯落以至藤蔓、植株枯死。植株感染后可分为2种症状类型,即急性型和慢性型,二者发病速度、发病位置、病斑大小和最终症状有所区别,至于2种症状类型是由某一种病原在不同条件下导致的不同表现还是不同病原侵染导致的症状不同尚无研究报道^[11-12]。高温、多雨、高湿是造成炭疽病高发或流行的重要发病条件,南方地区一般于6—9月份、北方地区于7—8月份为高发季节,之后病菌菌丝体和分生孢子盘在染病部位或随病残体遗落土中越冬,并于第二年条件成熟时继续传播感染^[6, 8-13];种薯质量差或带菌、氮肥施用不合理、地上部长势郁蔽、通风透光不良、长期连作易加重病害发生^[6]。近期我国相继从紫山药病斑组织中分离得到了致病力不同的新病原,即暹罗炭疽菌(*Colletotrichum siamense*)、喀斯特炭疽菌(*Colletotrichum karstii*)、兰科炭疽菌复合种(*Colletotrichum plurivorum*)和(*Colletotrichum sojae*)以及隐秘炭疽菌(*Colletotrichum aenigma*)^[14],另有果生炭疽菌(*Colletotrichum fructicola*)^[15]、兰花刺盘孢(*Colletotrichum clivicola* strain



图1 山药炭疽病^[52]

AH1B5)^[16]以及国外早期发现并命名的 *Colletotrichum alatae*^[7, 17]也于我国发现并分离。炭疽菌除感染成株期山药叶部和茎蔓外,也极易感染山药幼苗,造成大规模减产^[7]。

1.2 山药褐斑病

山药褐斑病也是山药主要叶部病害之一,病原为薯蓣叶点霉(*Phyllosticta dioscoreae* Cooke)^[8-9, 13, 18]和薯蓣盘孢菌(*Cylindrosporium dioscoreae* Miyabe et Ito)^[9, 11-13, 19],病菌传播方式、发病条件与炭疽菌类似,常同步发生^[9, 11, 13, 18-19]。有学者指出,山药的斑纹病、叶枯病、白涩病、褐斑病为同一种病害^[9, 11, 13, 18],但目前未有明确研究证实4种病害为同一种病害。

1.3 山药灰斑病

该病为山药主要叶部病害,病原为薯蓣色链隔孢(*Phaeoramulana dioscoreae*)^[8-10]和薯蓣巴西尾孢霉(*Cercospora ubi* Racib. = *C. braziliensis* Aver-

na)^[10],其与褐斑病的症状区别在于,病部中心常可见细线轮纹圈,呈黑褐色,一般2~3圈,也有的呈水渍状晕圈,颜色为黄色至暗褐色,若湿度大时在病部上出现灰黑色霉层,危害性比山药炭疽病和褐斑病轻,其传播方式、发病条件与炭疽菌类似^[8-9]。

1.4 山药斑枯病

该病为山药主要叶部病害,病原为薯蓣壳针孢(*Septoria dioscoreae*)^[8-9],常导致叶片干枯,发病严重的可导致全株枯死,其传播途径和发病条件类似炭疽菌,高温干旱天气不易发病^[8-9,20]。其症状特点为叶片见斑,病斑中央为褐色,边缘呈暗褐色,其上着生黑色小点,病斑一般呈现多角形或是不规则形状,也有人称其为斑点病^[21]。

1.5 山药白锈病

白锈菌是卵菌纲霜霉目真菌^[22],在山药上发病较轻,主要危害山药叶片和叶柄。目前病原为*Albugo ipomoeaepanduranoae*^[9],发病初期于叶片上可见淡黄色斑点,叶背面有白色粉状疱疹形成,破裂之后可见白色黏滑粉状物析出,发病严重可致叶片畸形、枯黄和叶柄肿胀,常以卵孢子在散落地表病残组织上越冬,春秋长时间低温多雨可致病害加剧^[9,21]。

1.6 山药黑粉病

该病为山药叶部病害,病原为山药条黑粉菌(*Urocystis dioscoreae*)^[9],在山药上轻度发生,主要危害部位为地上部叶脉或叶柄,病部组织畸形,内可见灰褐色疣状斑块,患部破裂后有黑色粉状物散出,以孢子团散落在土壤中完成越冬。加强土壤墒情管理可以降低病害发生程度^[9,21]。

1.7 山药黑斑病

该病为山药叶部病害,描述症状有差异。早期报道病原为细交链孢菌(*Alternaria tenuis*)^[9],其症状多见于叶缘或叶尖,呈半圆形大病斑且有不明显的轮纹,病部可见黑色霉状物,往往造成整片叶枯死。新发现的病原为附球菌属(*Epicoccum latusicollum*)^[23],其症状初始为近圆形小黑点,后逐渐形成近圆形或梭形黑斑,病部中心呈略凹陷状,后扩展蔓延形成不规则状黑斑,病斑表面有开裂或绕茎一周,病部略见缢缩。

1.8 山药叶斑病

山药叶斑病为山药主要叶部病害之一,早期报道的叶斑病症状与上述叶部病害症状相同或类似,病原也有重合^[12,21]。根据现有研究资料可分为细菌性叶斑病和真菌性叶斑病,目前报道的细菌性叶斑

病病原为萎蔫短小杆菌致病变种(*Curtobacterium flaccumfacienus* pv. *discorea*)^[9],其发病初始见少量圆形、暗褐色病斑,周围可见浅褐色晕圈,后病斑逐渐增多,叶片正面呈黄色并形成褐色颗粒状疤,叶背部则呈深褐色并连成整片,茎基部维管束也变成褐色;真菌性叶斑病见报于四川地区发现的薯蓣尾孢叶斑病,其病原为薯蓣假尾孢菌[*Pseudocercospora dioscoreae* (Syd. et P. Syd.) Deighton]^[24],此外河南地区发现了由露湿漆斑菌(*Myrothecium roridum*)^[25]引起的一种真菌性叶部病害,其症状表现为趋于植株下部叶片产生圆形病斑,呈褐色且具同心轮纹,其后期生成大量黑色孢子堆。此外,最近国外有学者报道,贝西滑刃线虫(*Aphelenchoides besseyi*)在巴西引起山药叶斑病症^[26]。

1.9 山药枯萎病

该病主要危害山药茎蔓基部和块茎,极易造成地上部死藤、死秧。病原为薯蓣尖镰孢(*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *dioscoreae* Wellman)和尖镰孢薯蓣专化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *dioscoreae*)^[8-9],茎蔓发病初期基部可见菱形褐色湿腐状病斑,表皮先腐烂,以至叶片脱落,全株变黄枯萎,块茎染病时往往以上皮孔为中心产生黑褐色病斑,病部组织剖视内见干腐,严重时可致整体腐烂,全生育期与采后贮藏期间均可发病^[8-9]。高温多雨、排灌不畅、过施氮肥等均可致病情加重^[19]。2015年LI等^[27]首次报道了由细极链格孢(*Alternaria tenuissima*)引起的山药叶部枯萎病症:病原菌首先侵染叶柄,后延伸到叶片基部,形成不规则斑点,受感染叶片褪绿并从边缘内卷,至后期病斑周围有白色粉状物析出。

1.10 山药茎腐病

山药茎腐病又称根茎腐症、山药立枯病^[8-9,20],早期报道病原为立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani* J. G. Kühn)^[5]。也有研究者从海南地区发生的淮山茎腐病病株中分离鉴定到尖孢镰刀菌薯蓣专化型(*Fusarium oxysporum* f. sp. *dioscoreae*)^[28]。立枯丝核菌引起的茎腐病从苗期到块茎膨大期均可发病,地上部发病可在藤蔓基部形成褐色、不规则的斑点,继而扩展形成深褐色、中部凹陷长形病斑,严重时藤蔓基部干缩、枯死,多雨年份或田间湿度过大可导致病情加重^[9,20]。

1.11 山药根腐病

山药根腐病又称山药褐腐病或腐败病等,主要导致地下块茎腐烂(图2),是危害山药块茎的主要病害之一^[8,20,29]。病原多为腐皮镰孢菌[*Fusarium so-*



图2 山药根腐病^[52]

lani (Mart.) Sacc.]^[5, 9, 29]和厚垣镰刀菌(*Fusarium chlamydosporum*)^[8, 29]。一般前期症状不明显,往往收获时才见染病块茎形成的不规则形、腐烂状、成片黄褐斑,病斑内部较外部斑块大且深,导致整条块茎腐烂,以菌丝体、厚垣孢子或分生孢子在土壤、病残体和块茎上越冬,高温高湿、排灌不畅、土质黏重可加剧发病且不易根治^[8, 9, 20, 29]。最新研究表明,终极腐霉变种(*Pythium ultimum* var. *ultimum*)^[30]和群结腐霉(*Pythium myriotylum* Drechsler)^[31]也可引起根腐病的发生。

1.12 山药干腐病

山药干腐病在国外山药产区发生较普遍,生育期和贮藏期皆可发病,我国早期仅报道了以核青霉(*Penicillium sclerotigenum* Yamamoto)^[32]为病原引起的干腐症状,病部块茎外表面呈暗褐色,有不规则病斑,内部组织则呈黄褐色至暗褐色并引起干腐。致病菌主要从块茎伤口侵染,故块茎两端断口处往往先发病,后逐渐向内扩展,患部与健康组织界限明显,低温时病害发展迅速,温度偏高时扩展缓慢。近期研究表明,缓慢盾线虫(*Scutellonema bradys*)^[33]和6种可能的真菌病原担子菌(*Lasiodiplodia theobromae*)、茄腐镰孢菌(*Fusarium solani*)、米根霉(*Rhizopus oryzae*)、红褐新霉(*Neocosmospora rubicola*)、二分新孢子囊(*Neoscytalidium dimidiatum*)以及阿里亚弯孢(*Curvularia aerea*)^[34]也可引起山药块茎干腐病。

1.13 山药黑皮病

山药黑皮病又称山药黑痣病,我国首次发现于2006年,病原为甘薯毛链孢(*Monilochaetes infascans* Harter)^[5],其症状仅在块茎表皮形成斑点,病重时斑点密集拓展成片形成硬化,斑点为浅褐色至黑

褐色,严重时会有微细龟裂但不深入内部组织,可导致块茎逐渐失水干缩,主要影响山药外观品质和商品价值^[8-9]。

1.14 山药疮痂病

该病害仅见于少数报道,是唯一由放线菌疮痂链霉菌属(*Streptomyces* spp.)^[9]引起的山药块茎病害,发病初期块茎表皮上形成众多褐色小斑点,后可扩展形成不规则病斑,最终块茎表皮细胞产生坏死,形成肉眼可见的瘤状凸起或疮痂状开裂^[9, 35]。

1.15 山药细菌性软腐病

目前山药细菌性病害有软腐病和叶斑病两种^[9]。细菌性软腐病由假单胞杆菌(*Pseudomonas dioscoreae*)^[13]引起,仅见于盾叶薯蓣上发生。近期研究表明,成团泛菌(*Pantoea agglomerans*)^[36]可引起山药软腐症状。

1.16 山药线虫病

能够危害山药生产的线虫病原有8个属,分别是根结线虫属(*Meloidogyne* spp.)^[8, 37-41]、短体线虫属(*Pratylenchus* spp.)^[9, 37-38, 41-42]、穿孔线虫属(*Rodopholus* spp.)^[38]、拟毛刺线虫属(*Paratrichodorus* spp.)^[38]、肾状线虫属(*Rotylenchulus* spp.)^[38, 41]、螺旋线虫属(*Helicotylenchus* spp.)^[38]、盾线虫属(*Scutellonema* spp.)^[33, 38, 41]和滑刃线虫属(*Aphelenchoides* spp.)^[38],其中盾线虫属(*Scutellonema* spp.)多见于非洲和美洲地区危害^[33, 38, 41]。我国报道的主要致病属有短体线虫属(*Pratylenchus* spp.)和根结线虫属(*Meloidogyne* spp.),分别引起山药根腐线虫病和山药根结线虫病,特别地,薯蓣短体线虫(*Pratylenchus dioscorea*)^[37]是唯一在我国发现并仅以山药为宿主的线虫。近期有研究报道,我国山药根际土壤中发现的*Merlinius* spp.可能成为山药线虫病原的基础信息^[38]。

山药根结线虫病又称“水痘”病,主要由4种根结线虫侵染导致,发病前期地上部未见明显症状,中后期长势变弱甚至叶片变黄脱落,地下部块茎多畸形,表面呈暗褐色,侵入点形成多个根结或疙瘩,内部组织变黄褐,最终整枝块茎腐烂,且在被侵染根系处有肉眼可见米粒大小的根结,剖视病部有乳白色的成虫和不同龄期的幼虫^[37, 39-40]。山药根腐线虫病又称红斑病、水疔(图3),主要由3种短体线虫侵染致病,可造成地上部长势变弱,严重时枯萎死亡,地下部块茎变小并产生密集病斑,后扩展融合成近圆形或不规则褐色大斑,病部凹陷、纵裂,易造

成腐烂^[37,39,42-43]。



图3 山药根腐线虫病^[42]

1.17 山药病毒病

目前国内外已经报道危害山药的病毒有17种^[9,44-48,51-53],主要引起地上部叶片黄化、褪绿、花叶、畸形和坏死,发病严重时导致植株矮化、长势弱并引起地下部根状茎畸形等^[9]。

1.18 山药虫害

危害山药的害虫主要分为地上部害虫和地下部害虫两大类^[52]。其中,地下部害虫主要包括:鞘翅

目鳃金龟科(Melolonthidae)的暗黑鳃金龟(*Holotrichia parallela*)^[54]、大黑鳃金龟(*Holotrichia obliquata*)^[54]和阔胫绢金龟(*Maladera verticalis* Fairmaire)^[55],丽金龟科(Rutelidae)和犀金龟科(Dutelidae)的幼虫(蛴螬)(图4)^[50,51],叩甲科(Elateridae)的沟金针虫(*Pleonomus canaliculatus* Faldermann)^[52,54];鳞翅目(Lepidoptera)夜蛾科(Noctuidae)^[51]的小地老虎(*Agrotis ypsilon* Rottemberg)(图5)^[53-55]、大地老虎(*Agrotis tokionis* Butle)^[53]和黄地老虎 *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermüller)^[53-55];直翅目(Orthoptera)蝼蛄科(Gryllotalpidae)^[51]的东方蝼蛄(*Gryllotalpa orientalis* Burmeister)^[52-54,56]和华北蝼蛄(*Gryllotalpa unispina* Saussure)(图6)^[53-54,56];双翅目(Diptera)花蝇科(Anthomyiidae)的种蝇(*Delia* sp.)幼虫^[49,53,55]等。

地上部害虫主要包括:鳞翅目(Lepidoptera)夜蛾科(Noctuidae)的斜纹夜蛾 [*Prodenia litura* (Fabricius)]^[19,53]、甜菜夜蛾 [*Spodoptera exigua* (Hübner)]^[53,57]和黏虫 [*Leucania separata* Walker]^[49,58]以及天蛾科(Sphingidae)的斜纹天蛾 [*Theretra*



图4 蛴螬^[52]



图5 地老虎^[52]



图6 蝼蛄^[52]

clotho (Drury), 1773]^[59]和灯蛾科(Arctiidae)部分害虫^[53, 55];直翅目(Orthoptera)蝗总科(Acridae)的短额负蝗[*Atractomorpha sinensis* I. Bolivar]^[53, 60]以及蟋蟀科(Gryllidae)部分害虫^[51];膜翅目叶蜂科(Tenthredinidae)^[51]的白唇角瓣叶蜂(*Senoclidea decora* Konow)^[61]和蓼叶蜂(*Blennocam* spp.)^[55];鞘翅目叶甲科(Chrysomelidae)的双斑长跗萤叶甲[*Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky)]^[62];半翅目(Hemiptera)盲蝽科(Miridae)的绿盲蝽[*Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)]^[50, 53, 63];同翅目(Homoptera)粉虱科(Aleyrodidae)的白粉虱[*Trialeurodes caporariorum* (Westwood)]^[53, 55, 64]、烟粉虱[*Bemisia tabaci* (Gennadius)]^[53, 55, 64]和粉背刺粉虱(*Aleurocanthus incertus* Silvestri)^[65];同翅目叶蝉科(Cicadellidae)的大青叶蝉[*Cicadella viridis* (Linnaeus, 1758)]^[53, 55, 66]、小绿叶蝉(*Empoasca flavescens*)^[53, 55, 64]和棉叶蝉[*Amrasca biguttul* (Ishida)]^[53, 67]以及蚜科(Aphididae)的蚜虫^[49, 53];双翅目(Diptera)潜蝇科(Agro-myzidae)的斑潜蝇^[49, 53, 55]、缨翅目(Thysanoptera)蓟马科(Thripidae)的西花蓟马^[49-50, 68]以及蛛形纲蜱螨目(Arachnoidea)跗线螨科(Tarsonemidae)的茶黄螨[*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)]^[53, 69-70]和细须螨科(Tenuipalpidae)的红蜘蛛(*Brevipalpus* sp.)^[19, 55, 71]。其中,部分害虫既可以幼虫危害山药植株根部和地下块茎,又可以成虫取食地上部幼苗、叶、嫩芽等^[50-51, 53]。国外报道的山药生育期虫害达49种,涉及鞘翅目7个科、半翅目6个科、鳞翅目6个科、等翅目1个科、膜翅目1个科、双翅目1个科以及缨翅目1个科,等翅目白蚁科害虫主要在国外山药上危害,我国尚未有相关报道^[72]。

2 山药病虫害的防治方法

2.1 抗性品种选育

使用抗性品种是减少病害造成损失的最经济、有效的方法,但山药本身存在雌雄异株、开花不良、种间隔离、多倍体以及生育周期长等问题,导致常规育种周期长,不利于山药品种改良^[7]。目前国外已有报道将传统育种和基因组学辅助育种相结合用于抗炭疽病品种选育,并探讨了采用高通量测序和现代生物技术工具开发抗炭疽病山药品种的可能性,例如CRISPR/Cas基因编辑技术的应用^[7, 73]。我国近期报道的通过单株选择、系统选育、辐射诱变技术选育的山药新品种有15个^[74],其中部分品种

具有较强的综合抗病、抗逆性,例如安砂小叶薯、桂淮7号、红庙山药1号以及马铺山药1号品种,部分品种表现出对某些病害的较强抗性,例如瑞山药品种抗细菌性病害和炭疽病能力强,明淮1号品种抗炭疽病和褐斑病能力强,新铁2号较抗炭疽病等。总体而言,我国山药抗性品种选育和利用、重要性状遗传多样性研究与功能基因挖掘利用方面研究仍较为薄弱^[74]。

2.2 农业防治

山药的农业防治包含了从整地播种到山药生长、发育、采收各个时期的防控策略,主要有以下几点:一是山药忌连作,须及时轮作倒茬或增加种植间隔期以降低病虫害危害程度^[6, 75];二是适时整地深翻,可于夏季养地休闲时深翻、灌水,利用高温进行土壤消毒,秋冬季及早开沟晒垡,充分熟化土壤,以最大限度杀灭病虫害,降低来年造成初侵染和再侵染的概率^[44];三是做好种块消毒处理,选健康种薯,做好种块杀菌处理并于播种前晾晒7~10 d^[51],以利于杀灭病原物和促进萌芽^[6, 50];四是合理施肥,山药属于“低氮、忌氯、嗜钾”作物,应注重增施有机肥、磷钾肥^[53],在块茎膨大期要适量追肥^[49-51];五是规范田间管理,及时做好整枝搭架、地膜覆盖、中耕除草与灌水排涝^[12, 50, 52-53],以减少局部形成的高温、高湿小气候,避免加剧发病程度^[52];六是做好清园,采收后须及时清理枝蔓、落叶及病残体^[12-13, 19-20, 50-54],做好集中填埋烧毁处理,以降低越冬病原菌和害虫基数^[52, 54]。

2.3 物理防治

对于害虫,可采取人工捕杀、悬挂能避开天敌趋光性的光源和波长的诱虫灯、诱虫板诱杀趋光性害虫^[19, 49, 51-54, 64],同时配以糖醋毒液对特定趋性害虫进行毒杀^[49, 51, 54, 56];对于病害,应及时摘除、拔除病叶和病株并集中销毁^[19, 49, 54]。

2.4 化学防治

化学防治应始终贯彻“预防为主,综合防治”基本方针^[52]。结合山药不同生育期特点和易发病虫害,发病前期以预防为主,可减少用药量,植株生长后期可适时增加药量;选用中国农药信息网登记推荐的高效、低毒、低残留药剂并严格按照使用浓度和安全间隔期进行喷施、滴灌或埋施,尤其关注7—8月份病虫害高发期并选用不同药剂交替轮换使用,以防止产生抗药性^[52-53]。表3列举了防治山药常见病虫害的化学药剂。

表3 山药常见病虫害化学防治药剂

病虫害	防治药剂	施用方法	参考文献
山药炭疽病	50%多菌灵可湿性粉剂 500~600 倍液;	浸种	何莉[20]
	80%炭疽福美可湿性粉剂 800 倍液;	植株喷雾	何莉[20]
	70%甲基硫菌灵可湿性粉剂 800 倍液;	植株喷雾	何莉[20]
	50%咪鲜胺可湿性粉剂 1500 倍液;	植株喷雾	张桂玲[12]
	10%丙环唑水分散粒剂 1000 倍液;	植株喷雾	张桂玲[12]
山药根腐病	65%代森锰锌可湿性粉剂 500~600 倍液。	植株喷雾	刘缠民,等[51]
	50%甲基硫菌灵硫磺悬浮剂 800 倍液;	植株喷雾	何莉[20]
	70%甲基硫菌灵可湿性粉剂+75%百菌清可湿性粉剂 2000 倍液;	植株喷雾	何莉[20]
山药茎腐病	37%井冈霉素·蜡质芽孢杆菌 WP 800~1000 倍液;	植株喷雾	李新花[49]
	15%恶霉灵 AS 1000 倍液。	植株喷雾	李新花[49]
	50%多菌灵可湿性粉剂 400~500 倍液;	植株喷雾	乔振森,等[21]
山药斑枯病	75%百菌清可湿性粉剂 600~800 倍液;	植株喷雾	何莉[20]
	37%井冈霉素·蜡质芽孢杆菌 WP 800~1000 倍液;	植株喷雾	李新花[49]
	15%恶霉灵 AS 1000 倍液。	植株喷雾	李新花[49]
山药白锈病	25%雷多米尔可湿性粉剂 800~1000 倍液;	植株喷雾	何莉[20]
	58%甲霜灵锰锌 500 倍液;	植株喷雾	何莉[20]
	70%甲基硫菌灵可湿性粉剂 800 倍液;	植株喷雾	刘缠民,等[51]
山药根结线虫病	75%百菌清可湿性粉剂 600~800 倍液。	植株喷雾	刘缠民,等[51]
	15%三唑酮 1500 倍液;	植株喷雾	刘缠民,等[51]
	75%百菌清、80%代森锌可湿性粉剂 500 倍液;	植株喷雾	乔振森,等[21]
山药短体线虫	36%卡露可湿性粉剂 800 倍液。	植株喷雾	乔振森,等[21]
	10%噻唑膦颗粒剂 1.0~2.0 kg·667 m ² ;	穴施	张桂玲[12]
山药黑斑病	98%必速灭颗粒剂 5.0 kg·667 m ² 。	撒施或沟施	张桂玲[12]
	41.7%氟吡菌酰胺悬浮剂 0.2 kg·667 m ² ;	灌根+喷沟	黄薇,等[43]
山药褐斑病	2%阿维菌素微囊悬浮剂 3.0 kg·667 m ² 。	灌根+喷沟	黄薇,等[43]
	1:1:150 波尔多液;	浸种	何莉[20]
山药病毒病	50%辛硫磷乳油 500 g·667 m ² 。	土壤消毒	何莉[20]
	65%代森锰锌可湿性粉剂 500~600 倍液;	植株喷雾	乔振森,等[21];刘缠民,等[51]
	70%甲基硫菌灵可湿性粉剂 800 倍液;	植株喷雾	乔振森,等[21];刘缠民,等[51]
	50%多菌灵可湿性粉剂 600 倍液;	植株喷雾	张桂玲[12];何莉[20]
山药黑粉病	70%甲基硫菌灵可湿性粉剂 800 倍液;	植株喷雾	张桂玲[12]
	2%宁南霉素水剂 300 倍液。	植株喷雾	毕新平[79]
山药病毒病	40%拌种双可湿性粉剂 500 倍液。	浸种	乔振森,等[21]
蝼蛄	8%宁南霉素 WP 600~800 倍液;	植株喷雾	李新花[49]
	20%盐酸吗啉胍 WP 500 倍液。	植株喷雾	李新花[49]
蚜虫	40%~50%乐果乳油 50 倍液 100 g 拌 50 kg 炒至糊香饵料;	毒饵	何莉[20];张艳秋,等[53]
	80%敌百虫 800 倍液。	植株喷雾、地表喷雾	刘缠民,等[51]
金针虫	40%~50%乐果乳油 50 倍液 100 g 拌 50 kg 炒至糊香饵料;	毒饵	张艳秋,等[53]
	40%甲基异柳磷乳油 1500 倍液液;	灌根	何莉[20]
	50%辛硫磷 1000 倍液。	灌根	张桂玲[12]
地老虎	40%甲基异柳磷乳油 1500 倍液。	灌根	何莉[20]
叶蜂	90%敌百虫 1:100 倍液拌青草、菜叶;	毒饵	张桂玲[12]
	2.5%敌杀死 1000 倍液。	植株喷雾、地表喷雾	刘缠民,等[51]
	80%敌百虫 800 倍液;	植株喷雾、地表喷雾	刘缠民,等[51]
	2.5%敌杀死 1000 倍液。	植株喷雾、地表喷雾	刘缠民,等[51]

续表 3

病虫害	防治药剂	施用方法	参考文献
甜菜夜蛾	48%毒死蜱乳油 50 mL·667 m ² 。	植株喷雾	张艳秋,等[53]
茶黄螨	1.8%虫螨克 20~30 mL·667 m ² ;	植株喷雾	张艳秋,等[53]
	73%克螨特 40~50 mL·667 m ² ;	植株喷雾	张艳秋,等[53]
	1.8%阿维菌素乳油 4000~6000 倍液;	植株喷雾	钟文豪[69]
	34%螺螨酯悬浮剂 4000~5000 倍液。	植株喷雾	钟文豪[69]

2.5 生物防治

生物防治在其他作物上已有很多报道,可作为山药生物防治的重要借鉴^[76]。当前采取的防治策略包括以下几个方面:一是天敌昆虫的应用,例如利用寄生蜂、捕食螨、小花蝽等为代表的多种天敌昆虫产品对粉虱、蓟马、蚜虫等害虫进行种群调控^[77];二是生防微生物制剂的应用,例如近期发现的紫黑链霉菌的发酵粗提物对山药炭疽病具有优于化学农药的良好防治效果^[75,78];三是植物源农药的应用,例如除虫菊素、苦参碱、印楝素等可用于防治同翅目、鳞翅目、半翅目等多类害虫^[19,51,77];四是生物化学农药的应用,例如利用性引诱剂来降低害虫种群密度,喷施氨基寡糖素水剂防控山药炭疽病、褐斑病及茎腐病等^[77,79]。

3 问题与展望

我国山药病虫害的研究相对薄弱,目前除少数病害的病原、发病规律和防控措施比较明确之外,部分病害仍存在同病异名、同名异病或命名不清的现象,还有很多新发病害病原物没有分离鉴定;部分虫害仅仅鉴定到科,未进一步明确到种。因此应精准厘清病原,为防控打好基础。在做好上述研究工作的同时,还需要针对以下问题作进一步探讨。

3.1 构建山药病虫害预测预报系统

近年来随着山药种植面积的增加,其病虫害防控也由原来的单一或数个病害的针对性防控发展为山药高效栽培技术集成,在一定程度上起到了良好的作用,但随着山药种植在全国形成多个重要产区,其田间气候和环境有很大变化,需开展不同地区田间微环境监控,监测田间发生的虫口密度和变化规律,建立田间预警标准及危害经济阈值,最大限度降低产量损失和防控成本,促进山药产业的可持续健康发展。

3.2 开展抗性育种工作

利用已有抗性种质资源,采用常规育种与现代

生物育种技术相结合的手段,加速育成抗主要病虫害山药品种,同时进一步开发、利用转基因技术或山药全基因组图谱,鉴定或者编辑特定抗性基因,从基因水平有效改良山药种质抗逆性。

3.3 加强山药生理性病害和采后贮藏期病虫害防控研究

山药生育期出现的生理性黄叶、黑头以及畸形等生理性病害问题往往造成较大的经济损失,目前对于此类问题,生产上多限于从栽培技术上入手或采取经验性的防控措施,有关致病机制的系统性研究探讨未见报道。同时,山药采后贮藏期间往往出现腐烂等问题,究其原因一是由贮藏地点的温度、湿度等环境因素导致;二是由块茎采收前携带的病、虫继续危害导致,三是由贮藏期间感染新的病虫害导致。国外已有系统报道关于引起山药采后病虫害的病原菌(如镰刀菌属、曲霉属、青霉属等真菌)、害虫(涉及 18 种鞘翅目、7 种鳞翅目以及 2 种半翅目害虫)以及相应生物防治药剂的研究,我国目前山药采后贮藏期病虫害防控研究比较少,相关病原的分离鉴定和防治方法研究内容则更少^[72,80-86],需加强采后贮藏期病虫害相关研究,这对加强山药病虫害防控、改善山药采后加工产品品质具有重要意义。

参考文献

- [1] 范晓阳,侯彦婕,贾世艳,等.山药化学成分及皂苷类成分药理作用的研究进展[J].中医药信息,2021,38(9):79-84.
- [2] FAUZIAH F, MAS'UDAH S, HAPSARI L, et al. Biochemical composition and nutritional value of fresh tuber of Water Yam (*Dioscorea alata* L.) local accessions from East Java, Indonesia[J]. Agrivita, 2020, 42(2):255-271.
- [3] 舒锐,刘少军,杨建平,等.不同种薯质量对山药生长、产量及经济效益的影响[J].天津农业科学,2019,25(8):41.
- [4] 查孝柱,徐源,李卫平.中国山药研究现状的文献计量学可视化分析[J].宜春学院学报,2020,42(6):79-83.
- [5] 王科,刘芳,蔡磊.中国农业植物病原菌物常见种属名录[J].菌物学报,2022,41(3):361-386.
- [6] 吴建静,龚亚丽,张成兵,等.山药炭疽病的病因及综合防治技术[J].安徽农学通报,2019,25(22):93-94.
- [7] NTUI V O, UYOH E A, ITA E E, et al. Strategies to combat the

- problem of yam anthracnose disease: Status and Prospects[J]. *Molecular Plant Pathology*, 2021, 22(10):1302-1314.
- [8] 陈红岩, 刘晓芸, 齐红茹, 等. 保定市山药病害种类及为害特点调查初报[J]. *中国植保导刊*, 2010, 30(6):24-26.
- [9] 黄婷, 蒋军喜, 余国庆, 等. 山药病害最新研究进展[J]. *生物灾害科学*, 2014, 37(1):74-78.
- [10] 陈小红, 叶华智, 严吉明, 等. 四川药用植物病害调查与病原鉴定I. 主要栽培药用植物病害[J]. *西南农业学报*, 2006, 19(1):58-62.
- [11] 李术臣, 贾海民, 陈丹. 山药主要病害研究进展和生产中存在的问题[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2005, 33(S1):243-245.
- [12] 张桂玲. 沛县山药无公害生产及病虫害防治技术[J]. *农技服务*, 2019, 36(12):51-52.
- [13] 刘廷利, 万群. 盾叶薯蓣主要病害的识别及其防治[J]. *植物医生*, 2007, 20(4):26-27.
- [14] 韩晓勇, 殷剑美, 张培通, 等. 紫山药炭疽病原菌鉴定[J]. *分子植物育种*, 2020, 18(15):5010-5019.
- [15] 杨小林, 张佑宏, 王佐乾, 等. 鄂北岗地山药病害病原菌鉴定[J]. *福建农业学报*, 2021, 36(1):59-64.
- [16] 何舒, 罗激光, 曾向萍, 等. 淮山一种新发炭疽病原菌鉴定及生物学特性[J]. *分子植物育种*, 2021, 19(22):7570-7578.
- [17] LIN C H, WU W Q, LIAO X M, et al. First report of leaf anthracnose caused by *Colletotrichum alatae* on Water Yam (*Dioscorea alata*) in China[J]. *Plant Disease*, 2018, 102(1):248-249.
- [18] 王诗军, 田福进, 田凤环, 等. 山药褐斑病的发生特点与防治方法[J]. *中国植保导刊*, 2004, 24(3):42.
- [19] 朱业斌, 吴小光, 辛海文, 等. 万载县有机紫山药主要病虫害发生特点及综合防控关键技术[J]. *北方园艺*, 2016(21):206-208.
- [20] 何莉. 山药常见病虫害的防治技术[J]. *中国瓜菜*, 2013, 26(2):63-65.
- [21] 乔振森, 郭旭彦, 魏新田. 山药病害的发生与防治[J]. *现代农业科技*, 2010(12):152-153.
- [22] 司乃国, 刘君丽, 马学明. 卵菌病害的化学防治现状与防治策略[J]. *农药*, 2000, 39(2):7-10.
- [23] 韩帅, 张河庆, 吴婕, 等. 四川省山药黑斑病原菌的鉴定[J]. *植物保护*, 2019, 45(2):68-74.
- [24] 严吉明, 叶华智, 秦芸, 等. 四川药用植物病害调查与病原鉴定II. 四川药用植物病害[J]. *西南农业学报*, 2008, 21(2):359-363.
- [25] 王飞, 刘红彦, 文艺, 等. 山药漆腐叶斑病原菌的鉴定及其生物学特性研究[J]. *园艺学报*, 2017, 44(5):972-978.
- [26] NORONHA M A, ASSUNÇÃO M C, COSTA M G S, et al. First report of *Aphelenchoides besseyi* causing leaf spot on yam (*Dioscorea cayenensis*) in Brazil[J]. *Plant Disease*, 2020, 104(11):1943-7692.
- [27] LI M, ZHANG M Y, LI L R, et al. First report of *Alternaria tenuissima* causing blight disease on *Dioscorea polystachya* in China[J]. *Plant Disease*, 2019, 103(6):1430-1431.
- [28] 赵志祥, 陈圆, 肖敏, 等. 海南淮山茎腐病病原生物学特性研究[J]. *广东农业科学*, 2014, 41(9):95-98.
- [29] 沈丽淘. 山药根腐病的病原学及防治药剂筛选研究[D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2012.
- [30] ZHANG Y L, ZHANG B, MA L G, et al. First report of *Pythium myriotylum* causing root rot of yam in China[J]. *Plant Disease*, 2018, 102(12):2663.
- [31] ZHANG Y L, LI C S, ZHANG B, et al. First report of root rot of Chinese Yam caused by *Pythium ultimum* var. *ultimum* in China[J]. *Plant Disease*, 2018, 102(3):687.
- [32] 晏卫红, 黄思良, 王永娇, 等. 中国薯蓣干腐病的病原鉴定[J]. *植物保护*, 2007, 33(3):53-57.
- [33] COYNE D L, KOLOMBIA Y A, KARIUKI G, et al. First report of dry rot disease of yam caused[J]. *Plant Disease*, 2016, 100(8):1794.
- [34] ARRIETA-GUERRA J J, DIAZ-CABADIAZ A T, PEREZ-PAZOS J V, et al. Fungi associated with dry rot disease of yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) tubers in Cordoba, Colombia[J]. *Agro-nomia Mesoamericana*, 2021, 32(3):790-807.
- [35] 李新华. 山药病虫害综合防治技术[J]. *南方农业*, 2017, 11(3):18-19.
- [36] FAN S S, ZHOU F Y, XIE X Y, et al. First report of bacterial soft rot caused by *Pantoea agglomerans* on Chinese yam (*Dioscorea opposita*) in China[J]. *Plant Disease*, 2022, 106(7):1977.
- [37] 黄文华, 封文雅. 山药线虫病的研究进展[J]. *绿色科技*, 2017, 19(3):154-156.
- [38] ABDULSALAM S, PENG H, YAO Y J, et al. Prevalence and molecular diversity of plant-parasitic nematodes of yam (*Dioscorea* spp.) in China, with focus on *Merlinius* spp. [J]. *Biology-Basel*, 2021, 10(12):1299.
- [39] 侯翔宇. 福建省几种块茎作物重要病原线虫的分类鉴定[D]. 福州: 福建农林大学, 2018.
- [40] 田福进, 焦英华, 王亚琴. 山药根结线虫病病原的观察[J]. *当代生态农业*, 2003(S1):103-104.
- [41] ISEGBE V, HABIB M A, SOLOMON S. Studies on the occurrence and population distribution of nematodes with yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) tubers in Benue State, Nigeria[J]. *Journal of Ecobiotechnology*, 2017, 9:24-30.
- [42] 赵伟超, 秦朝, 张江利, 等. 河南省温县铁棍山药根腐线虫种类鉴定[J]. *植物保护*, 2022, 48(3):248-253.
- [43] 黄薇, 刘廷辉, 刘婉蓉, 等. 防治薯蓣短体线虫病替代药剂的筛选[J]. *中国植保导刊*, 2020, 40(1):82-84.
- [44] LEE J H, PARK C Y, CHO H J, et al. Incidence of viral diseases and occurrence of three unreported viruses in yams in Korea[J]. *Research in Plant Disease*, 2017, 23(1):82-87.
- [45] ZOU C, MENG J, LI Z, et al. First report of yam mild mosaic virus in yam in Guangxi Province, China[J]. *Plant Disease*, 2011, 95(10):1320.
- [46] AZETEH I N, HANNA R, NJUKENG A P, et al. Distribution and diversity of viruses infecting yams (*Dioscorea* spp.) in Cameroon[J]. *Virus Disease*, 2019, 30(4):526-537.
- [47] 刘舟, 彭秋平, 向云亚, 等. 我国常见药用植物病毒病的危害与

- 防控[J].植物保护,2018,44(1):9-19.
- [48] 韦建明,岳宁波,李云洲.贵州首次报道瓜类褪绿黄化病毒侵染山药[J/OL].植物病理学报. <https://doi.org/10.13926/j.cnki.apps.000647.2022-03-08>.
- [49] 李新花.邹平县细毛山药病虫害绿色防控技术[J].中国植保导刊,2013,33(1):37-38.
- [50] 杨小林,王佐乾,常向前,等.山药主要病虫害及其绿色防控技术[J].湖北农业科学,2020,59(S1):135-137.
- [51] 刘疆民,马捷琼,朱玉山,等.江苏省山药病虫害及其综合防治[J].江苏农业科学,2003,31(1):35-36.
- [52] 李朝霞,付在秋,许念芳,等.山东省山药主要病虫害绿色防控技术[J].长江蔬菜,2022(3):61.
- [53] 张艳秋,刘伟,赵虎.黄淮地区山药病虫害发生动态与防治技术[J].江苏农业科学,2008,36(6):130-132.
- [54] 张帅,尹姣,曹雅忠,等.药用植物地下害虫发生现状与无公害综合防治策略[J].植物保护,2016,42(3):22-29.
- [55] 黄剑,张智广,黄荣茂,等.贵州省重点中药资源虫害初步调查[J].农药,2002(8):8-12.
- [56] 衣岩敏.浅谈地下害虫蝼蛄的发生及防治[J].内蒙古林业调查设计,2015,38(5):107-108.
- [57] 章金明,周书行,林雅,等.甜菜夜蛾幼虫龄数和龄期的测定[J].浙江农业学报,2021,33(6):1035-1041.
- [58] 张行国,贾艺凡,温洋,等.粘虫、小地老虎和棉铃虫三种鳞翅目害虫上灯行为节律研究[J].应用昆虫学报,2017,54(2):190-197.
- [59] 孟绪武.黄山天蛾科昆虫记略[J].安徽农学院学报,1981,8(1):73-79.
- [60] 杨婧.短额负蝗三种虫态的比较转录组及线粒体转录组作图研究[D].西安:陕西师范大学,2013.
- [61] 魏美才,聂海燕.几种叶蜂总科林业害虫的名称变动及黄腹筒栉叶蜂的雌性成虫记述[J].中南林学院学报,1998,18(2):6-9.
- [62] 高宇,徐伟,史树森,等.双斑长跗萤叶甲寄主植物名录[J].湖北农业科学,2017,56(5):868-869.
- [63] 李耀发,党志红,高占林,等.河北省沧州棉区绿盲蝽在不同寄主上的动态分布[J].植物保护,2009,35(5):118-121.
- [64] 刘朝红,胡增丽,张未仲,等.不同颜色黏虫板对小绿叶蝉的诱集效果评价[J].植物医生,2021,34(1):62-65.
- [65] 罗宏伟,王婷,庄小吁,等.海南地区常见粉虱发生为害情况及寄生性天敌调查[J].中国植保导刊,2021,41(6):44-48.
- [66] 赵倩,林思雨,朱丽得·艾山,等.新疆大青叶蝉发生及其卵寄生蜂生物学特性[J].中国生物防治学报,2022,38(1):29-41.
- [67] 袁准,李毅,李育强,等.湖南长沙棉田节肢动物群落特征、动态及优势种生态位[J].植物保护,2015,41(2):37-43.
- [68] 褚祚晨,郇志博.西花蓟马防治研究进展[J].现代化农业,2022(4):7-9.
- [69] 钟文豪.茶黄螨对南郑红庙山药的危害及防治[J].基层农技推广,2021,9(9):43-44.
- [70] 康总江,王泽华,石宝才,等.五种杀螨剂对黄瓜茶黄螨的防治效果[J].北方园艺,2015(7):110-112.
- [71] 蒋拥东,田启建,李鹤鸣.几种药源植物水粗提物对薯蓣上红蜘蛛的药效试验[J].山地农业生物学报,2004,23(5):454-455.
- [72] KORADA R R, NASKAR S K, EDISON S. Insect pests and their management in yam production and storage: a world review[J]. International Journal of Pest Management, 2010, 56(4): 337-349.
- [73] SYOMBUA E D, TRIPATHI J N, OBIERO G O, et al. Potential applications of the CRISPR/Cas technology for genetic improvement of yam (*Dioscorea* spp.) [J]. Food and Energy Security, 2022, 11(1): e330.
- [74] 董俊美,李锦超,孟义江,等.山药种质资源鉴评与品种选育研究进展[J].河南农业科学,2021,50(11):6-14.
- [75] 范琳娟,刘子荣,徐雪亮,等.山药不同种植模式对土壤线虫群落结构和土壤理化性质的影响[J].浙江农业学报,2021,33(2):316-325.
- [76] 危玲,刘刚,黄盖群,等.桑树病虫害研究的进展及发展方向[C]//中国蚕学会桑树病虫害防治学术研讨会论文集,2008:145-148.
- [77] 吴圣勇,张梦迪,徐进,等.我国设施园艺病虫害发生特点与绿色防控策略[J/OL].中国生物防治学报. <https://doi.org/10.16409/j.cnki.2095-039x.2022.01.022>.
- [78] 焦敬华.山药炭疽病生防菌 30702 的生防特性及分类鉴定[D].海口:海南大学,2016.
- [79] 毕新平.博爱县怀山药主要病害发生规律及综合防治技术[J].河南农业,2014(23):29.
- [80] LILE C N M, MODESTE L S, SEVERIN N T, et al. Molecular identification of fungal pathogens associated with post-harvest yam tubers rot in Mbam et Kim Division (Cameroon) with emphasis on *Penicillium monomatenosum* (Frisvad, Filt. & Wicklow) as a first report[J]. American Journal of Microbiological Research, 2020, 8(2): 73-78.
- [81] HAMDAYANTY H, MALINDA N. Isolation and identification of pathogen causes brown spot disease on yam tubers (*Pachyrhizus erosus*) in Indonesia[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 575(1): 012157.
- [82] VICTOR O D, ADEGBOYEGA O F, VICTOR O A. Morphological and molecular characterization of *Aspergillus niger* causing post-harvest rot of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) [J]. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 2021, 54(19/20): 2356.
- [83] 姚甜甜,王云,舒锐,等.不同药剂处理对山药种茎的贮藏效果[J].中国瓜菜,2018,31(6):33-34.
- [84] 刘少军,孙亚玲,姚甜甜,等.山药腐烂微生物的分离、鉴定及抑制研究[J].农学学报,2019,9(7):24-30.
- [85] 姚甜甜,王伟,舒锐,等.石灰在山药贮藏防病中的应用研究[J].生物灾害科学,2021,44(3):278-283.
- [86] 姚甜甜.山药贮藏期青霉腐烂病原鉴定及不同防治措施[D].山东泰安:山东农业大学,2020.