

马铃薯枯萎病病原菌研究概述

安小敏, 胡俊*, 武建华, 刘智慧, 蒙美莲

(内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要: 马铃薯枯萎病是一种由镰刀菌(*Fusarium* spp.)引起的土传病害, 该病在全国马铃薯主产区均有发生, 且危害逐年加剧。概述了马铃薯枯萎病病原菌的种类、报道区域、生物学特性、致病机制和遗传多样性研究, 为今后深入研究马铃薯枯萎病的发生规律、流行规律和病害防治等提供理论依据。

关键词: 马铃薯; 枯萎病; 病原菌

Overview of Pathogen Causing Potato *Fusarium* Wilt

AN Xiaomin, HU Jun*, WU Jianhua, LIU Zhihui, MENG Meilian

(College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: Potato *Fusarium* wilt is a soil-borne disease caused by *Fusarium* spp., which often occurs in the main potato producing areas throughout China, and the damage is increasing year by year. The species, reporting areas, biological characteristics, pathogenic mechanism and genetic diversity of these pathogens were summarized. It provides the theoretical basis for further studies on its occurrence, epidemic pattern and disease control.

Key Words: potato; *Fusarium* wilt; pathogen

马铃薯是中国主要粮食作物之一, 种植面积仅次于水稻、小麦和玉米^[1], 同时也是重要的工业原料和饲料^[2]。据2015年农业部报道, 中国马铃薯种植面积为551.82万hm², 产量高达1 897.2万t^[3]。近年来马铃薯产业发展迅速, 种植面积逐年增加, 难以轮作倒茬, 加之种植区间的频繁调种, 连作障碍的不断加剧, 使马铃薯土传病害日趋严重^[4-6]。马铃薯枯萎病为主要土传病害之一, 发生范围较广, 在全国马铃薯种植区均有发生。据报道, 在贵州省马铃薯枯萎病发病率为25%左右, 有些地块发病率高达84%^[7]; 在内蒙古马铃薯枯萎病严重地块发病率高达78%^[8,9]。马铃薯枯萎病的危害日益严重, 不仅导致马铃薯减产、商品性下降, 更成为中国马铃薯

薯产业持续发展的制约因素。

马铃薯枯萎病在国内外马铃薯种植区均有发生, 美国^[10]、印度^[11]、意大利^[12]、乌拉圭^[13]和加拿大^[14]等地均有发生马铃薯枯萎病的报道。在中国马铃薯枯萎病发生范围也较广, 包括内蒙古^[15,16]、山东、山西、宁夏^[16]、甘肃^[17]、河北^[18]和新疆^[19]等马铃薯主产区。

马铃薯枯萎病病菌的菌丝和厚垣孢子均可越冬, 越冬场所为病残体、病薯以及土壤。翌年萌发生菌丝从根部伤口或根毛顶端进行侵染。该病一般在开花前后表现症状, 下层叶片最先表现出萎蔫, 清晨和傍晚萎蔫状可恢复; 随后上层叶片逐渐表现出萎蔫, 最终导致马铃薯整株的萎蔫枯死, 剖

收稿日期: 2017-04-07

基金项目: 国家现代马铃薯产业技术体系(ncytx-15-gwzj-20)。

作者简介: 安小敏(1990-), 女, 硕士研究生, 主要从事马铃薯病害研究。

*通信作者(Corresponding author): 胡俊, 教授, 研究方向为植物病害综合防治, E-mail: hujun6202@126.com。

开茎秆可见维管束变褐; 侵染块茎后, 切开病薯脐部可见维管束成褐色虚线状。本文对马铃薯枯萎病病原菌的研究成果进行概述, 旨在为该病害的深入研究和病害防治等提供依据。

1 马铃薯枯萎病病原物种类及分布

镰刀菌(*Fusarium* spp.)为马铃薯枯萎病的致病菌, 据国内外报道, 能够引起马铃薯枯萎病的镰刀菌共有8种, 分别为尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)、茄病镰刀菌(*F. solani*)、接骨木镰刀菌(*F. sambucinum*)、雪腐镰刀菌(*F. nivale*)、串珠镰刀菌(*F. moniliforme*)^[20]、三线镰刀菌(*F. tricinctum*)^[15,16]、锐顶镰刀菌(*F. acuminatum*)^[21]和燕麦镰刀菌(*F. avenaceum*)^[17]。但尚未见马铃薯枯萎病病原菌专化型和生理小种的研究报道。

1924年Weiss^[22]从美国约克郡的马铃薯茎秆维管束中发现尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)。1980年Kitsos和Thanassouloupoulos^[23]对希腊马铃薯枯萎病病原菌进行分离鉴定, 尖孢镰刀菌可引起马铃薯枯萎病。1990年Sattar和Bahamish^[21]通过对也门马铃薯枯萎病病原菌进行分离鉴定, 确定了病原物为锐顶镰刀菌(*F. acuminatum*)。

21世纪中国学者开始对马铃薯枯萎病病原菌进行初步研究。2008年彭学文和朱杰华^[18]对河北省马铃薯枯萎病病原物鉴定为茄病镰刀菌(*F. solani*)、串珠镰刀菌(*F. moniliforme*)和尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)。2011年王丽丽等^[19]报道, 新疆的马铃薯枯萎病由尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)、串珠镰刀菌(*F. moniliforme*)和茄病镰刀菌(*F. solani*)引起。2012年薛玉凤^[15]对内蒙古的病样进行分离, 经形态学和分子鉴定, 明确了内蒙古马铃薯枯萎病菌有尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)、茄病镰刀菌(*F. solani*)和三线镰刀菌(*F. tricinctum*), 其中尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)是主要致病菌。2014年王玉琴等^[17]对甘肃马铃薯枯萎病病原菌进行rDNA-ITS序列分析和形态学鉴定, 首次确认了燕麦镰刀菌(*F. avenaceum*)可以引起马铃薯枯萎病。2015年陈慧等^[16]从内蒙古、山西、甘肃、宁夏和广东等马铃薯产区采集的病样中分离到尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)、三线镰刀菌(*F. tricinctum*)和茄病镰刀菌(*F.*

solani), 同时研究表明尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)是导致马铃薯植株发病的主要致病菌。

综上所述, 尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)为内蒙古、河北、新疆、甘肃、宁夏、山西和广东马铃薯枯萎病的主要致病菌。甘肃有燕麦镰刀菌(*F. avenaceum*)引起马铃薯枯萎病的报道。内蒙古有三线镰刀菌(*F. tricinctum*)引起马铃薯枯萎病的报道。

2 马铃薯枯萎病病原菌生物学特性研究

病原菌的生物学特性是病害发生规律研究的基础, 也是病害防控的理论依据。

薛玉凤^[15]、陈慧等^[16]研究结果表明, 尖孢镰刀菌生长温度范围为10~35℃, 菌丝生长最适温度为25℃, 最适pH均为7, 最适氮源为蛋白胨, 孢子萌发最适温度为25℃, 致死温度为60℃, 孢子萌发最适pH为7, 最适氮源为硝酸钾; 茄病镰刀菌生长温度范围为10~35℃, 菌丝生长最适温度为30℃, 最适pH为6, 菌丝对果糖、葡萄糖、蔗糖及淀粉等碳源均可利用, 碳酸铵是菌丝生长的最适氮源, 孢子萌发的最适温度同为30℃, 致死温度为60℃, 孢子萌发最适pH为7, 葡萄糖和淀粉为孢子萌发的最适碳源, 硝酸铵为最适氮源; 三线镰刀菌生长温度范围为5~35℃, 菌丝生长最适温度为20℃, 最适pH为7, 麦芽糖和淀粉是菌丝生长的最适碳源, 蛋白胨是菌丝生长的最适氮源, 孢子萌发的最适温度同为20℃, 致死温度为55℃, 最适pH为6, 最适碳源为淀粉、蔗糖及葡萄糖, 最适氮源为硝酸钾; 王玉琴等^[17]研究表明燕麦镰刀菌生长温度范围为5~40℃, 菌丝生长最适温度为20℃, 最适碳源为果糖, 最适氮源为亮氨酸, 碳酸铵和尿素对菌丝生长有抑制作用, 最适培养基为燕麦培养基。

镰刀菌适应力较强, 温度在10~35℃均可生长, 在马铃薯的整个生育期均能造成侵染。温度在5~10℃时, 病原菌也可以缓慢生长, 在贮藏条件下病薯中的菌丝体可以在病薯中越冬, 成为来年的初侵染源。

3 尖孢镰刀菌致病机制

目前, 尖孢镰刀菌是枯萎病菌致病机制研究的

主要对象。尖孢镰刀菌致病机制有2种学说, 为导管阻塞学说和致病毒素学说。

导管阻塞学说认为, 当尖孢镰刀菌从根毛侵入寄主植物后, 扩展到导管周围, 分泌纤维素酶、果胶酶等水解酶, 用来降解寄主植物细胞壁, 植物细胞壁被降解以后, 细胞内的果胶等物质就会堵塞寄主植物的导管, 寄主植物因吸水困难而萎蔫致死^[24]。Lee等^[25]发现尖孢镰刀菌的*FOR3*基因可以编码 β -1,3-葡聚糖酶, 用来降解植物细胞壁中纤维素, 有利于病原菌的侵入。

致病毒素学说认为尖孢镰刀菌侵入寄主植物之后, 会分泌一些有毒物质, 这些毒素在尖孢镰刀菌致病过程中起重要作用。目前发现的毒素有镰刀菌酸, 恩镰孢毒素、脱氢镰刀菌酸、白僵菌素、伏马菌素、串珠镰刀菌素、卡毒素、麦角固醇以及玉米赤烯酮等^[26]。这些有毒物质能损伤寄主植物根系^[27], 也会影响种子萌发^[28]。薛玉凤^[15]用尖孢镰刀菌菌悬液、培养滤液及粗毒素进行了致病性测定, 发现三者致病作用相同, 粗毒素较菌悬液及培养滤液致病力相对较弱; 并且发现粗毒素可破坏马铃薯组培苗叶片细胞膜和植物根系。

关于尖孢镰刀菌的致病机制, 目前更倾向于2种学说在尖孢镰刀菌致病过程中共同作用。早期尖孢镰刀菌菌丝先附着在根毛上, 从根毛进入根后, 接着从根外表皮侵入^[29], 然后产生毒素, 这些毒素损伤寄主植物根部, 降低根的活力, 为病原菌以后的定殖打下基础, 紧接着尖孢镰刀菌分泌降解酶类来降解细胞壁, 使细胞壁降解, 果胶等堵塞导管, 使植物萎蔫, 最终致死。

4 马铃薯枯萎病病原菌遗传多样性研究

遗传多样性广义是指生物遗传基因的多样性, 但一般是指生物种内基因的变化, 包括种内个体之间或同一种群内不同个体的遗传变异。遗传多样性研究方法较多, 在镰刀菌遗传多样性分析中较为常用的是RAPD、ISSR和AFLP三种DNA分子标记法, 但目前只报道ISSR技术用于马铃薯枯萎病病原菌遗传多态性的分析研究^[30]。

随机引物扩增多态性(RAPD)标记适用于普通

的遗传多样性研究, 因此应用于各种病原菌群体遗传多样性的研究, 也是镰刀菌遗传多样性应用最为广泛的一种分子标记方法。刘景梅等^[31]建立了广东香蕉枯萎病菌RAPD分析技术, 表明尖孢镰刀菌生理分化是具有遗传学基础的。曹宜等^[32]用RAPD分析技术分析了22株尖孢镰刀菌的遗传多样性, 在不同株的尖孢镰刀菌间检测到了遗传物质的差异, 从分子水平上证明了不同基因表达的结果是造成不同尖孢镰刀菌致病性差异的原因。田新莉等^[33]对32个棉花枯萎病致病菌株进行RAPD分析, 发现RAPD分析结果与常规鉴别寄主反应法划分生理小种的结果基本一致, 表明RAPD可作为检测棉花枯萎病菌生理小种及遗传分化的一种标记手段。

扩增片段长度多态性(AFLP)标记广泛应用于物种亲缘关系分析、遗传多样性检测、遗传分化分析等方面。段会军等^[34]对河北省46个西瓜枯萎病菌菌株和4个已知生理小种的菌株进行AFLP分析, 发现AFLP划分的生理小种与致病性鉴定划分的生理小种之间存在一定相关性, 但与菌株的地理来源无关。张艳菊等^[35]对351株尖孢镰刀菌进行AFLP分析, 发现基于AFLP分析的群体遗传多样性与地理来源有一定的相关性, 同一地区来源的菌株基本位于相同的类群中。

简单序列重复区间扩增(ISSR)标记技术对病原菌进行分析, 可明确镰刀菌各菌株间的遗传差异与亲缘关系。大量试验证明ISSR技术是一种有效的镰刀菌种内遗传多样性分析技术。张述义等^[36]用ISSR分子标记技术对33株不同地理来源的尖孢镰刀菌进行了遗传多样性分析, 发现来源于相同寄主的供试菌株间的遗传相似性与其地理来源有一定的相关性, 分离自同一地区的菌株间的相似性相对较高, 反之较低。并且来源于同种寄主同一地区的同种菌, 其菌株间也存在一定的遗传差异。李新风等^[37]用ISSR技术对21个马特组镰刀菌菌株进行了遗传多样性分析, 发现镰刀菌的遗传分化与地理来源有关系。李蕊倩等^[38]建立镰刀菌ISSR反应体系和进行镰刀菌的ISSR遗传多样性分析, 结果表明ISSR标记技术在镰刀菌种间和种内都表现出明显的遗传差异性。陈慧^[39]在22条供试引物中, 筛选出多态

性较好的17条引物,用这17条引物对供试的21株尖孢镰刀菌进行PCR扩增,共扩增出126条条带,其中117条多态性条带,多态性位点高达92%。经聚类分析得出,21株供试的尖孢镰刀菌菌间的遗传相似系数在0.61~0.89,在遗传相似系数为0.89时菌株被全部区分开。经遗传相似系数分析后,21个菌株两两之间的遗传相似系数范围为0.378~0.878。

镰刀菌遗传多态性的分析研究结果得知,尖孢镰刀菌的多态性位点高,遗传多样性丰富,表明尖孢镰刀菌变异性很强,对环境存在较强的适应性。镰刀菌种内的分化与地理来源存在一定的相关性,随着距离的增大,菌株之间的亲缘关系变远,菌株的遗传差异较大,表现在南方和北方的菌株亲缘关系较远,内蒙古和山西的距离较近,菌株亲缘关系也较近^[30]。但是同一地区的尖孢镰刀菌遗传差异也较大,在相同的地区出现了明显的遗传分化。尖孢镰刀菌变异能力强,环境适应力强,且遗传分化明显,这些进化特点是马铃薯枯萎病能够广泛遍及国内外的根本原因,也给马铃薯枯萎病的防治增加了难度。日后要对马铃薯枯萎病病原菌的生物多样性、致病机理和进化规律进行深入研究,为防治马铃薯枯萎病提供理论依据。

5 小 结

尖孢镰刀菌、接骨木镰刀菌、茄病镰刀菌和燕麦镰刀菌等病原物均可引起马铃薯枯萎病和马铃薯干腐病^[39],虽病原物相同,但2种马铃薯病害又有一定的区别。马铃薯枯萎病发病于开花前后,镰刀菌菌丝从根毛侵入马铃薯根部,然后产生毒素和降解酶,降低根的活力,堵塞维管束,最后造成植物萎蔫致死,但不会造成块茎腐烂。马铃薯干腐病发生在窖贮时期,镰刀菌通过块茎皮孔、芽眼、伤口等侵入马铃薯块茎^[40],然后以菌丝体或分生孢子进行传播,病原菌在块茎中产生各种降解酶和毒素,导致块茎腐烂。以上对马铃薯枯萎病和马铃薯干腐病的致病机制进行对比,发现2种病害既相互联系,又相对独立。

镰刀菌寄主广泛,能够侵染番茄^[41]、马铃薯、瓜类^[42]、亚麻^[43]、棉花^[44]和香蕉^[45]等多种作物,主

要是由于镰刀菌遗传多样性丰富,适应能力强,易变异。不仅不同寄主的相同菌种间存在差异,就连同一地点、同种寄主的相同菌种间都存在遗传差异,说明镰刀菌具有适应寄主的遗传潜能。这种对寄主适应所产生的群体遗传结构的变化,是导致镰刀菌分布范围广和寄主种类多的主要原因。这也给马铃薯枯萎病的研究和防控带来了困难。

[参 考 文 献]

- [1] 柳俊. 我国马铃薯产业技术研究现状及展望[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(5): 13-18.
- [2] 鲁述霞. 马铃薯的加工现状及发展前景[J]. 农业科技与信息, 2010(1): 30-31.
- [3] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料2015[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 11.
- [4] 李继平, 李敏权, 惠娜娜, 等. 马铃薯连作田土壤中主要病原真菌的种群动态变化规律[J]. 草业学报, 2013, 22(4): 147-152.
- [5] 裴国平, 王蒂, 张俊莲. 马铃薯连作障碍产生的原因与防治措施[J]. 广东农业科学, 2010, 37(6): 30-32.
- [6] 杨桂丽, 马琨, 卢斐, 等. 马铃薯连作栽培对土壤化感物质及微生物群落的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2015, 31(5): 711-717.
- [7] 陈春艳, 陈玉章, 王朝贵, 等. 马铃薯枯萎病的防治药剂筛选[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(7): 43-45.
- [8] 薛玉凤, 蒙美莲, 胡俊, 等. 6种杀虫剂对马铃薯枯萎病菌的室内毒力测定[J]. 中国马铃薯, 2012, 26(4): 228-230.
- [9] 王晓丽, 蒙美莲, 薛玉凤, 等. 马铃薯枯萎病初侵染来源及栽培与发病的关系[J]. 中国马铃薯, 2012, 26(3): 169-173.
- [10] Taylor C F, Blodgett F M. Control of a wilt disease of potato by formaldehyde dust[J]. American Journal of Potato Research, 1937, 14(5): 154-157.
- [11] Shrivastava S. *Fusarium* wilt of potato in India, 1. Occurrence and pathogenicity[J]. India Pathogenicity, 1970, 23: 503-510.
- [12] Rivera V, Corneli E. Rassegna deicasi fitopatologici osservati nel 1929 (danni dafreddo e da critogame)[J]. Rivista Di Patologia Vegetabile, 1931, 21(3): 65-83.
- [13] Pastorino A. *Fusarium oxysporum* Schlechten los cultivos depapana Uruguay[J]. Fitopatologia, 1976, 2: 24-28.
- [14] Chambers S C. Studies on *Fusarium* species associated with

- pathogen-tested seed potatoes in Victoria [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 1973, 13: 718-723.
- [15] 薛玉凤. 马铃薯枯萎病病原菌初步研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
- [16] 陈慧, 薛玉凤, 蒙美莲, 等. 内蒙古马铃薯枯萎病病原菌鉴定及其生物学特性 [J]. 中国马铃薯, 2016, 30(4): 226-234.
- [17] 王玉琴, 杨成德, 陈秀蓉, 等. 甘肃省马铃薯枯萎病 (*Fusarium avenaceum*) 鉴定及其病原菌生物学特征 [J]. 植物保护, 2014, 40(1): 48-53.
- [18] 彭学文, 朱杰华. 河北省马铃薯真菌病害种类及分布 [J]. 中国马铃薯, 2008, 22(1): 31-33.
- [19] 王丽丽, 日孜旺古丽·苏皮, 李克梅, 等. 乌昌地区马铃薯真菌性病害种类及5种新纪录 [J]. 新疆农业科学, 2011, 48(2): 265-270.
- [20] Rakhimov U K, Khakimov A K. Wilt of potatoes in Uzbekistan [J]. Zashchita I Karantin Rastenii, 2000(3): 46.
- [21] Sattar M H A, Bahamish H S. Occurrence of *Fusarium* wilt on potato in Democratic Yemen [J]. Tropical Pest Management, 1990, 36(4): 403-404.
- [22] Weiss F. Survey for potato wilt in Pennsylvania and Southern New York [J]. American Journal of Potato Research, 1924, 1(11): 243-244.
- [23] Kitsos G T, Thanassouloupoulos C C. Potato and Aster *Fusarium* wilt in Greece [C]//Proceedings of the 5th Congress of Mediterranean Phytopathological Union, 1980: 192-194.
- [24] King B C, Waxman K D, Nenni N V, et al. Arsenal of plant cell wall degrading enzymes reflects host preference among plant pathogenic fungi [J]. Biotechnology for Biofuels, 2012(4): 4.
- [25] Lee H, Damsz B, Woloshuk C P, et al. Use of the plant defense protein osmotin to identify *Fusarium oxysporum* genes that control cell wall properties [J]. Eukaryotic Cell, 2010, 9(4): 558-568.
- [26] 孙勇, 曾会才, 彭明, 等. 香蕉枯萎病致病分子机理与防治研究进展 [J]. 热带作物学报, 2012, 33(4): 759-766.
- [27] Bani M, Rispal N, Evidente A, et al. Identification of the main toxins isolated from *Fusarium oxysporum* f. sp. *Pisi* race 2 and their relation with isolates pathogenicity [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(12): 2574-2580.
- [28] 蒋荷, 郑慧慧, 曹莎, 等. 黄瓜种传镰刀菌粗毒素检测及其致病作用 [J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(3): 101-107.
- [29] Lagopodi A L, Ram A F, Lamers G E, et al. Novel aspects of tomato root colonization and infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* revealed by confocal laser scanning microscopic analysis using the green fluorescent protein as a marker [J]. American Phytopathological Society, 2002, 15(2): 172-179.
- [30] 陈慧. 马铃薯枯萎病病原菌鉴定及 *Fusarium oxysporum* 遗传多样性的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2015.
- [31] 刘景梅, 王璧生, 陈霞, 等. 广东香蕉枯萎病菌生理小种 RAPD 技术的建立 [J]. 广东农业科学, 2004(4): 43-55.
- [32] 曹宜, 刘波, 林营志, 等. 枯萎病尖孢镰刀菌的 RAPD-PCR 多态性分析 [J]. 厦门大学学报: 自然版, 2004, 43(s1): 74-79.
- [33] 田新莉, 赵宗胜, 李国英, 等. 新疆棉花枯萎病菌的 RAPD 分析 [J]. 西北农业学报, 2002, 11(4): 4-8.
- [34] 段会军, 张彩英, 李喜焕, 等. 河北省西瓜枯萎病菌生理小种鉴定与 AFLP 分析 [J]. 中国农业科学, 2007, 40(5): 925-931.
- [35] 张艳菊, 陈霞, 刘东, 等. 黄瓜枯萎病菌遗传多样性的 AFLP 分析 [J]. 植物病理学报, 2011, 41(3): 301-304.
- [36] 张述义, 李新风, 韦晓燕, 等. 33 株尖孢镰刀菌遗传多样性的 ISSR 分析 [J]. 生态学杂志, 2013, 32(5): 1195-1202.
- [37] 李新风, 张光明, 畅引东, 等. 21 株马特组镰刀菌遗传多样性的 ISSR 分析 [J]. 应用生态学报, 2012, 23(5): 1339-1344.
- [38] 李蕊倩, 何瑞, 张跃兵, 等. 镰刀菌 ISSR 标记体系的建立及遗传多样性分析 [J]. 中国农业科学, 2009, 42(9): 3139-3146.
- [39] 魏周全, 张廷义, 杜玺, 等. 马铃薯块茎干腐病发生危害及防治 [J]. 植物保护, 2006(2): 102-105.
- [40] 何苏琴, 金秀琳, 魏周全, 等. 甘肃省定西地区马铃薯块茎干腐病原真菌的分离鉴定 [J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(5): 550-552.
- [41] 徐艳辉, 李焯, 许向阳, 等. 番茄枯萎病的研究进展 [J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(11): 128-139.
- [42] 乔燕春, 林锦英, 谢伟平, 等. 瓜类枯萎病研究进展(综述) [J]. 亚热带植物科学, 2013, 42(3): 272-278.
- [43] 潘虹, 吴广文, 宋喜霞, 等. 亚麻枯萎病病原菌生理小种研究进展 [J]. 中国亚麻科学, 2011, 33(2): 100-104.
- [44] 李明桃. 棉花枯萎病的研究 [J]. 农业灾害研究, 2012, 2(4): 1-3, 16.
- [45] 何欣, 黄启为, 杨兴明, 等. 香蕉枯萎病致病菌筛选及致病菌浓度对香蕉枯萎病的影响 [J]. 中国农业科学, 2010, 43(18): 3809-3816.