

陕西省猕猴桃根结线虫病发生规律与成灾原因研究

刘晨^{1,2} 常青^{1,2} 张锋^{1,2} 李英梅^{1,2} 洪波^{1,2} 陈志杰^{1,2} 杨艺炜^{1,2} 张淑莲^{1,2*}

(¹陕西省生物农业研究所,陕西西安 710043;

²陕西省植物线虫学重点实验室,陕西西安 710043)

摘要 通过症状诊断、调查取样、越冬试验对陕西省猕猴桃根结线虫病发生规律与成灾原因进行了研究。结果表明,根结线虫病已经成为陕西省猕猴桃生产上最重要的病害之一,在陕西省关中地区1年发生4~5代,在陕西省南部地区1年发生5~6代。根结线虫自身繁殖力强及对低温的生态适应性是猕猴桃根结线虫病发生成灾的主要内因;猕猴桃带(虫)苗木的远距离移栽、症状隐蔽难以识别、大面积种植使用感病品种及砧木、有效防治技术缺乏是导致猕猴桃根结线虫病暴发成灾的外部原因。

关键词 猕猴桃;根结线虫病;症状诊断;发生规律;成灾原因;陕西省

中图分类号 S436.634.1 **文献标识码** A

文章编号 1007-5739(2021)02-0075-03

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5739.2021.02.031

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



猕猴桃根结线虫病是猕猴桃栽培过程中的一类根部病害,在我国各个猕猴桃种植地区均有发生^[1-4]。长期以来,由于该病在生产上造成的损失不严重,一直未引起人们的广泛关注^[5-6]。近年来,随着陕西省“猕猴桃东扩南移规模扩张与品质提升工程”的实施,猕猴桃栽植规模快速扩大,带虫苗木频繁调运,导致猕猴桃根结线虫病的发生面积不断扩大,危害程度愈发严重,严重影响陕西省猕猴桃产业的发展。

前期研究表明,陕西省各猕猴桃种植区都有猕猴桃根结线虫病的发生危害,病园率达80%以上,发病株率一般达25%~60%,发病严重时高达80%~100%,影响树木生长及猕猴桃的产量与品质,严重者可使果树最终因根系缺乏活力而腐烂,导致树木死亡,是当前生产中造成苗期死苗及成果园果品质量差、产量低、死树的重要原因之一^[7]。该病主要病原为南方根结线虫(*Meloidogyne incognita*)^[7-8]。结合大量调查及试验研究,本文从猕猴桃根结线虫病害的症状诊断、发生规律及成灾原因进行剖析,以期控制猕猴桃根结线虫病的蔓延、传播,制定防治策略提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象

试验调查对象为猕猴桃根结线虫病。

基金项目 陕西省重点研发计划(2018ZDXM-NY-067);陕西省重点研发计划(2020NY-053);陕西省科学院科技计划项目(2019k-05)。

作者简介 刘晨(1988—),女,陕西咸阳人,硕士,助理研究员,从事农业病虫害监测防控技术研究工作。

*通信作者

收稿日期 2020-08-10

1.2 试验方法

1.2.1 症状诊断。为了快速识别诊断猕猴桃根结线虫病害,本试验采取双重诊断法,即地上部树相诊断和地下部根系检查相结合。田间查看地上部树体长势、叶片大小、颜色、挂果量及果实大小等情况;地下部刨开根系,检查根系有无肿大、是否形成根结(根瘤、虫瘿)等。

1.2.2 调查取样。在陕西省西安市、宝鸡市、商洛市、安康市、汉中市、渭南市等猕猴桃不同生态种植区范围内,采用踏查、访查及随机抽样、设立标准园等方法对猕猴桃根结线虫病的发生特点进行调查。

在鄂邑区蒋村镇西八十村和周至县司竹镇骆驼营村分别选取苗圃地和3~4年果园各1块作为定点调查,3月下旬至11月下旬每间隔10d,从每块地挖取猕猴桃病根及根际土壤,每次采集病苗3~5株,取带根结的猕猴桃病根10g、根际土壤100g,采用直接解剖和贝曼漏斗法分离线虫,统计卵块数,查看幼虫龄期及数量,研究明确发生规律。

1.2.3 越冬试验。11月上中旬,选择延安市富县,咸阳市长武县、泾阳县,渭南市白水县、大荔县,西安市鄠邑区,汉中市汉台区,安康市恒口示范区,商洛市柞水县及山西省绛县等10个点,分别移栽带根结线虫的猕猴桃病苗各30株,肥水管理正常,并在土壤20cm深处埋置温度计记录土壤温度,翌年4月初到5月上旬统计苗木成活率,采集成活的苗木根系、根际土壤,将样品保存在-8℃冰箱中备用,提取温度参数,按照常规方法分离鉴定^[9],分析猕猴桃根结线虫的越冬情况,明确病苗远距离扩散途径。

2 结果与分析

2.1 症状诊断

猕猴桃整个生育期都会受到根结线虫的入侵危害。幼苗发病,地上部表现生长不良,细弱黄化;地下部受害根系肿大,有大小不等的根结,初呈白色,以后呈褐色,受害根较正常根短小,分枝也少,受害严重时病根上出现大小如小米粒、一串一串的虫瘿或肿瘤,受害根不生长,甚至苗木尚未长成便已干枯死亡。结果树受害,地上部表现出缺肥缺水状态,生长发育不良,叶片黄化,没有光泽,边缘干枯(与缺铁性黄化病区别),坐果少,果小畸形;地下部侧根和须根带有明显的根结(根瘤),如葡萄串一个连一个,后期整个根瘤和病根可变成褐色而腐烂。发生严重时,地上部树势衰弱,叶色发黄,出现萎焉;根系结成大病状块,整个根短缩,停止生长,甚至死亡,生产中常误认为死根是由根腐病引起的。

2.2 发病规律

研究表明,根结线虫以卵囊内的卵和幼虫在猕猴桃侧根、毛细根或根际土壤内越冬。在早春土壤温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上根系活动生长时卵开始孵化,1龄幼虫在卵内蜕皮,呈线性卷曲在卵内,出卵后为2龄幼虫,2龄幼虫在土壤中活动,伺机侵入新生根系引起发病,并在根内发育完成3~4龄幼虫和成熟的雌虫、雄虫过程,雌虫将卵产在猕猴桃根系内或根际土壤中的卵囊内便死亡,如此反复直到越冬。猕猴桃根结线虫生活史的长短受温度影响很大,温度高,则生活周期短。由于气候差异^[9],各地的根结线虫发生代数不同。在宝鸡市、西安市、渭南市等地1年发生4~5代,在商洛市、安康市、汉中市一带1年发生5~6代。

2.3 成灾原因

2.3.1 自身繁殖力强。南方根结线虫有孤雌生殖和两性生殖2种生殖方式^[10-11]。在寄主营养丰富、食料条件优越时可进行孤雌生殖;在寄主严重感染、营养条件恶化时进行两性生殖。卵孵化和2龄幼虫侵染最佳温度为 $15\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$,孵化最适温度为 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[9,12],在最适温度范围内,温度越高,幼虫发育越快,虫量也会越多。研究表明,猕猴桃根系属半肉质根系,有利于根结线虫取食繁殖。通过解剖可见,卵囊内几乎充满了卵粒,1头雌虫可产卵500粒以上,当气温在 $20\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时卵孵化时间仅为2~3d,生长、繁殖速度加快。可见,猕猴桃根结线虫有很强的繁殖能力。在猕猴桃生长期,如果有大量的根结线虫侵入,在适宜的环境条件下会迅速繁殖,从而抑制猕猴桃的根系正常生长发育,根系受害严重,是引起幼苗死亡、挂果树树势衰弱的主要原因。

2.3.2 对低温的生态适应性。研究表明,我国北方大面积温室大棚的兴起给南方根结线虫提供了可越冬的微地理环境,使原本在北方不能越冬的南方根结线虫得以越冬生存^[11-12]。但线虫和其他动物一样,对温度的变化也有一定的适应性。定点调查发现:南方根结线虫在2000年左右传入陕西时,自然条件下在 $0\text{--}30\text{ cm}$ 土壤中不能越冬,如今在 $10\text{--}30\text{ cm}$ 土壤中却可以正常越冬;在露地栽培条件下能建成有效种群,说明南方根结线虫对低温具有一定的生态适应性,逐渐适应了北方的低温并使种群得以延续,发生范围扩大,危害加重。土壤是根结线虫生命活动的主要场所,土壤温度对其越冬及繁殖具有重要影响。当土壤低于 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 持续32d以上时,南方根结线虫无法越冬^[13-14]。由表1可知,富县及以北地区温度低,猕猴桃苗木不能成活,南方根结线虫也不能正常越冬;在关中北部的长武、白水、大荔及山西绛县等地猕猴桃成活率不同程度地受到低温影响,但从成活的苗木根系及根际土壤中都能分离到南方根结线虫卵囊及2龄幼虫,说明这些地区猕猴桃根结线虫可以正常越冬;在关中中部及陕南地区冬季露地土壤最低平均温度都在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,猕猴桃根结线虫在这些地区能够顺利越冬。

表1 2018—2019年猕猴桃根结线虫在不同地区的越冬情况

区域	1月20cm土壤温度			苗木成活率/%	根结线虫
	平均值/ $^{\circ}\text{C}$	最低值/ $^{\circ}\text{C}$	低于 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时间/d		
富县	-3.54	-4.85	31.0	0	-
长武	-0.97	-1.58	15.9	23.3	检出
白水	0.85	-0.88	10.2	40.0	检出
大荔	1.07	0	0	53.3	检出
绛县	2.05	1.40	0	73.3	检出
泾阳	1.86	0.60	0	90.0	检出
鄂邑	6.08	3.90	0	100.0	检出
柞水	1.70	0.25	0	100.0	检出
汉中	4.63	3.68	0	100.0	检出
安康	6.58	5.50	0	100.0	检出

2.3.3 带虫病苗的远距离传播。随着猕猴桃种植面积的不断扩大,大批量栽植苗木带来的最大问题就是果农购进的苗木几乎全带有根结线虫病,而这些带虫病苗的调运栽植成为猕猴桃根结线虫远距离传播扩散的主要途径,导致猕猴桃根结线虫病发生面积不断扩大,且随着种植年限的增长,根结线虫数量不断积累,病害发生程度不断加重。为明确带虫病苗对传播的影响,跟踪调查了带病猕猴桃苗木栽培及发病情况。由表2可知,在陕西关中及陕南地区,无论是本地育苗、病区调苗还是外地调运苗木,只要是带虫病苗移植到大田后,猕猴桃根结线虫病均发生普遍,栽后1~4年所有田块均出现发病症状,一般发病株率达 $20\%\text{--}50\%$,严重时发病株率达 70% 以上,且有一部分果园已经成灾,发病率高达 100% ,个别严重区甚至毁园死树,严

表2 猕猴桃根结线虫病苗移栽后对田间发病率的影响

区域	典型调查地	苗木来源	栽后年限/a	田块数	发病株率/%	发生程度
西安	鄠邑石井镇	本地育苗	2~3	2	52~70	++
	周至司竹镇	本地育苗	1~2	3	80~100	+++
	蓝田前卫镇	病区调苗	2	2	78~100	+++
	长安太乙宫镇	病区调苗	2~3	5	76~100	+++
宝鸡	眉县汤峪镇	本地育苗	3~4	2	50~61	++
	扶风午井镇	本地调苗	2~3	2	35~54	++
商洛	商南富水镇	病区调苗	2	3	70~100	+++
	安康	石泉城关镇	外地调运	2	2	40~60
汉中	恒口市农科所	病区调苗	2	1	100	+++
	城固原公镇	本地育苗	2~3	3	20~35	+
	勉县金泉镇	外地调运	2	2	20~80	++
	西乡城关街办	外地调运	2	3	30~62	++

注:发病株率达35%以下时为“+”,发病株率达36%~80%时为“++”,发病株率达81%~100%时为“+++”。下同。

重威胁猕猴桃生产安全。

2.3.4 无抗线虫品种、砧木可选。控制猕猴桃根结线虫的发生和危害,最好的方法是选用抗病品种及砧木。然而,长期以来品种选育多以丰产优质为目标,对猕猴桃根结线虫抗病品种及砧木的选育未受到重视,加之猕猴桃属肉质根系,有利于根结线虫取食危害。目前,在猕猴桃种植生产中几乎无抗线虫品种、砧木可选。田间调查陕西不同猕猴桃品种发现,无论是美味系列的秦美、亚特、海沃德、徐香、翠香等品种,还是中华系列的红阳、西选1号、华优等品种均受到根结线虫的危害,发病株率为25%~70%,抗线虫砧木的发病株率为50%~100%,在不同种植年限、不同种植区域有所差异,不同品种间差异不明显(表3)。虽然猕猴桃生产均采用嫁接技术,但由于野生或软枣猕猴桃等抗性砧木苗势较弱,生产实际应用很少,生产上使用的砧木多为栽培种秦美、海沃德等种子繁育。这些栽培品种及砧木对根结线虫均无明显抗性,也是导致猕猴桃根结线虫病大面积成灾的重要因素。

表3 不同品种猕猴桃根结线虫病发生情况

所属系列	品种	生长年限/a	田块数	发病株率/%
美味系列	秦美	7~10	6	30~50
	亚特	6~8	5	38~70
	海沃德	5~7	8	28~41
	徐香	3~4	5	30~50
	翠香	3~4	3	25~30
中华系列	红阳	3~4	2	32~44
	西选1号	3~4	2	30~40
	华优	3~4	4	40~70

2.3.5 症状隐蔽,诊断困难。猕猴桃根结线虫在土壤、植株地下部存活及危害,生活、发生方式隐蔽,不易引起注意,其形成的根结易与根腐病混淆,地上部症状与缺素症或黄化病极为相似,不少果农甚至基层技术人员不能正确识别诊断,未及早采取针对性防控措施,贻误防治时机,导致根结线虫发生加重。2019年调查发现,眉县齐镇庙上村10年树龄猕猴桃出现严重死树现象,经诊断为严重的猕猴桃根结线虫病,并引起根腐病发生,这种复合危害导致树体逐年衰弱,出现

死树。2020年7月,汤峪镇正阳农庄近1.3 hm²五至六年生猕猴桃园出现中午叶片萎蔫症状,叶面积不足正常值的1/2,边缘发褐干枯,果实大小为同期正常果实的50%~60%,后期脱落严重。经田间双相诊断,确定是根结线虫病。因没有对症及时防治,造成惨重损失。

2.3.6 缺乏有效防控技术。根结线虫是世界性防治难题,尤其是猕猴桃根结线虫病的危害性巨大,但目前生产中缺乏行之有效的猕猴桃根结线虫病防控措施。一是农药种类少,防效不理想。克线磷、甲基异柳磷、呋喃丹等药剂大多属于高毒高残留化学农药,已被禁用;根结线虫终生均居于地下土壤生活,土壤中部分微生物对杀线虫剂具有降解作用,使杀线虫剂的防效变差,不能起到快速杀灭作用。二是猕猴桃是多年生藤本果树,一旦栽植多年不易移位,无法使用轮作倒茬、土壤消毒处理等蔬菜根结线虫病常用防控措施。三是猕猴桃根结线虫发生隐蔽,又处于地下部位,聚集在根部危害,不宜精准用药,影响了果农的防治积极性;同时,由于认识不足,果农及相关部门对根结线虫病的危害严重性及防治紧迫性重视程度不够,也加重了成灾趋势。

3 结论与讨论

猕猴桃是陕西省重要的特色水果支柱产业之一。猕猴桃根结线虫病在陕西省发生趋势逐年加重,不但危害性大,而且因树势衰弱,加剧了猕猴桃溃疡病和叶片黄化症的发生程度;同时,因线虫危害产生伤口,使根腐病菌侵染得以实现,加重了猕猴桃根腐病的发生。猕猴桃根结线虫病与溃疡病、黄化病及根腐病形成的复合危害,其潜在风险更加严重。因此,对猕猴桃根结线虫田间诊断技术、发生规律及成灾原因等进行研究显得尤为重要。本研究明确了猕猴桃根结线虫的田间诊断、发生规律,揭示了南方根结线虫自身繁殖力强、对低温的生态适应性、猕猴桃带虫病苗远距离移栽^[15]及有效的防治技术缺乏等是导致猕猴桃根结线虫病

(下转第80页)

2.3 光照对烟草赤星病菌生长的影响

3种光照条件下的菌落直径都随着时间的增长而增加。在培养时间相同的条件下,光暗交替条件下的菌落平均直径大于全光 and 全暗条件下的菌落平均直径,且在光暗交替条件下培养的菌株产孢量最大。说明光暗交替是菌落生长的最适光照条件。综合来看,光照 12 h/d 有利于菌丝生长和孢子产生。

2.4 致病性测定

由表 2 可知,在烟草品种云烟 87 上接种赤星病

菌 10 d 后,只有孢子液棉球接种和菌丝块接种引致发病,所致病斑直径分别为 5.73 mm 和 5.23 mm;而孢子喷雾接种和孢子悬滴接种未能引起烟苗叶片发病。从接种后引起的病叶率来看,菌丝块接种法最高,平均病叶率为 78.33%;其次为孢子液棉球接种法,平均病叶率为 67.23%。

3 结论与讨论

研究结果表明,烟草赤星病菌产孢数量以及孢子生长速度受到光照、温度等因素的影响。烟草赤星病

表 2 烟草赤星病不同接种方法接种效果比较

接种方法	接种后 10 d 病斑直径/mm				病叶率/%			
	I	II	III	平均	I	II	III	平均
菌丝块接种	5.7	5	5	5.23 aA	100.0	75	60	78.33 aA
孢子喷雾接种	0	0	0	0 bA	0	0	0	0 bA
孢子液棉球接种	6.2	5	6	5.73 aA	66.7	85	50	67.23 abA
孢子悬滴接种	0	0	0	0 bA	0	0	0	0 bA

菌在 10~35℃条件下均可生长,最适生长温度为 25℃;分生孢子致死温度是 50℃,处理 10 min;菌丝致死温度是 49℃,处理 10 min;光暗交替条件有利于菌丝生长和孢子产生。菌丝块接种的方式容易导致烟草赤星病发病,且整体接种成功率明显较高。

4 参考文献

[1] SHEW H D, LUCAS G B. Compendium of tobacco diseases[M]. St Paul, MN: APS Press, 1991.

(上接第 77 页)

发生成灾的主要原因。猕猴桃人工驯化时间相对较短,相关科学研究滞后于产业发展需求,目前诸如猕猴桃苗木调运处理技术规程、抗线虫砧木及品种选育及综合防控技术研究已受到重视,这些都将成为控制猕猴桃根结线虫的蔓延危害提供重要理论指导作用。

4 参考文献

[1] 张绍升,林尤剑.福建猕猴桃根结线虫病病原鉴定[J].福建农学院学报,1993,22(4):433-435.
 [2] 方炎祖,王宇道.湖南猕猴桃根结线虫病研究[J].湖南农业科学,1991(4):40-42.
 [3] 李添群,亚欣,朱菊仙,等.修文县猕猴桃根结线虫的发生危害调查[J].耕作与栽培,2014(5):68-69.
 [4] 姜凤丽,邵桂英.猕猴桃根结线虫病的初步研究[J].浙江林学院学报,1990,7(1):43-48.
 [5] 宋晓斌,王培新,张星耀,等.陕西猕猴桃病虫害发生与危害的调查分析[J].西北林学院学报,1998,13(3):79-84.
 [6] 冯华,李海洲,李长莉,等.猕猴桃根部病害的发生规律及综合防治技术[J].现代农业科技,2012(10):174-179.

[2] 朱贤朝,王彦亭,王智发,等.中国烟草病害[M].北京:中国农业出版社,2002.
 [3] 吴海荣,胡学难,钟国强,等.外来杂草假臭草的特征特性[J].杂草科学,2008(3):69-71.
 [4] 李光义,陈贞蓉,邓晓,等.假臭草对南方几种常见大田杂草的化感作用[J].中国农学通报,2007,23(5):425-427.
 [5] 邓世明,王宁,汤丽昌,等.外来入侵植物假臭草的化感作用研究[J].中国农学通报,2010,26(16):277-280.
 [6] 沈亚恒,叶东海.中国真菌志[M].北京:科学出版社,2006.
 [7] 常青,李英梅,杨艺炜,等.陕西省猕猴桃根结线虫病发生现状[C]//中国植物保护学会 2019 年学术年会论文集.贵阳:中国植物保护学会,2019.
 [8] 刘晨,王晨光,张锋,等.周至县猕猴桃根结线虫种类鉴定[J].现代农业科技,2018(2):117-118.
 [9] 陈志杰,张淑莲,张锋,等.设施蔬菜根结线虫防治基础与技术[M].北京:科学出版社,2013.
 [10] 刘维志.植物病原线虫学[M].北京:中国农业出版社,2000.
 [11] 赵磊,段玉玺,白春明,等.辽宁省保护地蔬菜根结线虫发生规律及防治对策[J].植物保护,2011,37(1):105-109.
 [12] 刘鸣韬.北方蔬菜根结线虫病加重的原因及控制对策[J].河南农业科学,2001(1):23-24.
 [13] 刘晨,李英梅,陈志杰.南方根结线虫耐寒性研究进展[J].陕西农业科学,2016,62(7):98-100.
 [14] 洪波,张锋,李英梅,等.基于 GIS 的南方根结线虫在陕西省越冬区划分析[J].生态学报,2014,34(16):4603-4611.
 [15] 洪波,李英梅,张锋,等.低温处理对南方根结线虫二龄幼虫的影响[J].西北农业学报,2013,22(1):184-187.