

植物线虫的研究和防治

刘青娥¹, 曹鹏飞² (1. 丽水学院应用生物系, 浙江丽水 323000; 2. 浙江省丽水农业科学研究所, 浙江丽水 323000)

摘要 就近年来的研究成果综述了植物线虫的生物学特性、危害及防治等 3 个方面。植物线虫多为线形; 生活史较简单, 包括卵、幼虫、成虫 3 个时期; 传播主要依赖流水、风、农具等媒介; 具有主动侵染的特点。植物线虫广泛寄生在各种植物的根、茎、叶、花、芽和种子上, 使植物发生各种线虫病, 给农林业的发展带来了严重的危害。目前对植物线虫的防治主要采用化学防治和生物防治 2 种手段。
关键词 植物线虫; 生物学特性; 化学防治; 生物防治
中图分类号 Q959.171 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611(2006)18 - 4644 - 02

Research Progress in the Control of Plant Nematode

LIU Qinge et al (Department of Applied Biology, Lishui University, Lishui, Zhejiang 323000)

Abstract The research progress in the biological characteristics, harm and control of plant nematodes was summarized. A lot of plant nematodes were line-type. And its life history was simple, which included three phases from egg, larva to adult. The plant nematode was transmitted by means of water, wind and agricultural tool, etc. The plant nematode initiatively invaded the root, leaf, flower, bud and seed of the plant, which badly block the agriculture and forest production. At present, the main control means of plant nematode were chemical control and biological control.
Key words Plant nematode; Biological characteristics; Chemical control; Biological control

线虫(Nematodes) 又称蠕虫, 是一类较低等的动物, 体长仅毫米级大小, 分类上属于无脊椎动物线性动物门(Nemathelminthes) 线虫纲(Nematoda)。它们在自然界分布广泛, 种类繁多。在淡水、海水、池沼、沙漠和各种土壤中都有存在, 而在水和土壤中存活量最大; 也有不少类群寄生在动物上, 如常见的蛔虫、钩虫等, 给人、畜的健康带来威胁; 还有一些类群寄生在植物上, 引起病害发生, 这些寄生在植物上的线虫称为植物寄生线虫。植物寄生线虫是植物侵染性病原之一, 它们广泛寄生在各种植物的根、茎、叶、花、芽和种子上, 使植物发生各种线虫病, 给农、林业的发展带来了严重的危害。现就近年来的研究成果对植物线虫的生物学特性、危害及防治等 3 个方面作一简要综述。

1 植物线虫的生物学特性

1.1 植物线虫的形态 植物寄生线虫幼虫为细长蠕虫状。绝大多数线虫的成虫为雌雄同型, 即雌雄虫均呈线状, 似蚯蚓, 细长透明, 虫体很小, 一般体长仅 1 mm, 体宽 0.05 mm 左右, 要借助解剖显微镜才能看清。这类线虫的种类和数量很多, 分布广泛, 凡是有土壤和水的地方都有可能存在。还有少数植物线虫为雌雄异型, 雄成虫仍呈线状, 雌成虫头部尖, 腰部膨大, 呈鸭梨形、球形、柠檬形或囊状, 乳白色。该形态线虫最常见的有根结线虫、胞囊线虫、肾状线虫等, 它们都是最重要的病原线虫。

1.2 植物线虫的生活史 一般植物寄生线虫的生活史都比较简单, 从卵发育成幼虫, 经 4 次蜕皮, 最后变成成虫。大多数线虫生活周期为 3~4 周。现以根结线虫为例: 雌雄成虫交配后, 雄成虫离开寄主在土中活动, 不久死亡。雌成虫开始产卵, 卵产生于尾端分泌出的胶质卵囊内, 在该部位的卵可长期存活。平均每个雌虫可产 500 个卵。卵在卵囊内经胚胎发育后为 1 龄幼虫, 1 龄幼虫在卵内经过一次蜕皮破壳成为 2 龄幼虫。2 龄幼虫在土壤中栖息并伺机侵入寄主根内。由于植物根系分泌出一些诱导物质, 使线虫朝着根尖移动, 最后将其前端靠近寄主幼根根端的伸长区, 用口针穿透

进入根内, 并在根内定居和生长, 侵入的线虫在根内连续吸食。雄幼虫经 3 次脱皮后变为形态细长的成虫, 而雌幼虫需脱皮 4 次, 最后发育成形态为长梨形的成虫。根结线虫完成上述生活周期约需 1 个月左右, 因此在温暖的环境条件下, 每年可形成 5~10 世代^[1]。

1.3 植物线虫的传播 线虫靠自行迁移而传播的能力是有限的, 1 年内最大的移动范围约 1 米。因此, 线虫远距离的移动和传播, 通常是借助于流水、风、病土搬运和农机具沾带病残体和病土、带病的种子和苗木等以及人类的各项活动。所以, 在使用种子、苗木等时应检查是否带有线虫, 千万不要人为地将病原线虫带到无线虫的地块里。

1.4 侵染特性 植物线虫和其它植物的病原不同之处在于它有主动侵袭寄生和自行移动的特点。它们为害植物, 除吸取寄主的营养并对植物组织造成机械损伤外, 更主要的是它们的食道可分泌有毒物质, 这些物质是多种消化酶, 诱发寄主组织发生各种病理变化, 可使植物组织细胞发育过度, 形成巨型细胞或使细胞中胶层溶解引起细胞分解、细胞壁被破坏等, 从而使根部和皮层形成空洞甚至细胞死亡。

2 植物线虫的危害

植物线虫的分布非常广泛, 每一种植物几乎至少有一种寄生线虫, 与植物有关的线虫已达 100 多属, 2 000 多种^[2], 对许多作物造成了不同程度的危害。据报道, 严重危害我国农、林、经济作物等的线虫达 100 多种。植物线虫对某些作物的危害甚至超过了其他病、虫、草的危害程度。例如我国松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*) 对松林的危害被称为“无烟的森林火灾”, 感病性强的松树感染松材线虫病后, 通常 2~3 个月即萎蔫死亡^[3]。云南省烟草根结线虫发病面积达 2.7 万 hm², 直接经济损失超过 9 600 万元^[4-5]。蔬菜根结线虫分布广, 蔓延快, 对许多蔬菜如茄子、辣椒、白菜、黄瓜、茼蒿、芹菜、苦瓜、丝瓜、番茄、菜豆等都造成了不同程度的危害, 轻者使作物减产达 10%, 重者减产 60% 以上^[6]。花生根结线虫(*Meloidoxyne arenaria*) 在我国发现已经 40 多年, 至少分布于 8 个省市, 以山东省危害最为严重, 一般减产 20%~30%, 严重时达到 70%~80%。大豆胞囊线虫(*Heterodera xlycines Ichinohe*) 是世界性的大豆生产的主要病害, 我国受害

作者简介 刘青娥(1976 -), 女, 浙江龙泉人, 硕士, 讲师, 从事农作物害虫微生物防治的研究。
收稿日期 2006-07-17

面积达到 130 万 hm^2 ,一般减产 20%~30%,严重可达到 80% 以上,甚至 4~5 年内不能种植大豆。又如 1989 年发现的小麦孢囊线虫 (*Heterodera avenae* Wollen weber) 病发生面积达到 6.67 万 hm^2 ,一般减产 20%~30%,严重达到 50%。1988 年程瑚瑞等报道,松树萎蔫线虫 (*Bursaphelenchus xylophilus*) 每年仅在江苏省就造成木材损失达 100 万 m^3 。其他许多作物如柑橘、甜菜、马铃薯、甘蔗等也受到不同程度的危害^[7]。

我国植物专家们指出的危害线虫种类还有:水稻干尖线虫 (*Aphelenchoides besseyi* Christie)、稻根线虫 (*Annuina tritici* Steinbuch)、柑桔半穿刺线虫 (*Tylenchulus semipenetrans*)、柑桔根结线虫、水稻茎线虫 (*Ditylenchus anxiatus*) 等。

植物线虫除了直接危害作物外,还可以传播病毒,使植物发生某种病毒病。线虫传毒介体主要分布于矛线目矛线科中的剑线虫属 (*Xiphinema*)、长针线虫属 (*Longidorus*) 和毛刺线虫属 (*Trichodorus* Spp)^[8]。剑线虫属传播烟草环斑病毒、芥菜花叶病毒、葡萄扇叶病毒、草莓潜环斑病毒、樱桃卷叶病毒等。长针线虫属可传播番茄黑环病毒、桑环斑病毒等。毛刺线虫属可传播豌豆早枯病毒和烟草脆裂病毒等。同时,线虫还与其他病原如真菌、细菌互相作用,共同致病,造成复合病害,加重病害的发生。所以,线虫与农业生产关系密切,而我国的气候适宜线虫的活动和繁殖,因此加强农业线虫病的防治,是保证农业丰收的重要方面。

3 植物线虫的防治

对植物线虫的防治除了加强进出口及国内物种流动的检疫外,还包括农业防治如轮作、休闲、种植抗原品种、调节作物播种期、改良土壤及清洁田间和种植材料等;物理防治如汰洗、热处理、射线或超声波处理及灌溉等。另外,化学防治和生物防治也是目前植物线虫防治最主要的 2 种手段。

3.1 化学防治 近年来,我国植物线虫病防治工作取得较大研究成果,通过化学防治等手段挽回了不少损失。然而,世界范围内植物线虫的化学防治工作与其他病、虫、草害的化学防治相比还是非常落后的,而且发展也相对较缓。早期曾用于防治线虫的化学药剂二硫化碳、甲醛、氰化物、氯化苦、溴甲烷等皆因成本太高而无法推广。1943 年 Carter 等发现塑料工业的副产品 D-D (1,2-二氯丙烷和 1,3-二氯丙烯的混合物) 具有杀线虫的作用并将其推广;1945 年,陶氏公司和 Shell 公司将 EDB (1,2-二溴乙烯) 商品化。在此后又相继发展了其他一些卤代烃类化合物及有机磷类、二硫代氨基甲酸酯类、有机硫类等,但品种较少,只有 30 多种,常用的约 10 多种,其中包括我国研制的甲基异柳磷等。

由于杀线虫剂的开发较少,可供选择范围较小,且以前广泛应用的一些药剂因为各种各样的原因被禁用或停止开发,如 D-D、EDB、丰索磷、除线磷、胺线磷、丁环硫磷等;而现有的大多数品种也面临着成本太高、防效不理想甚至产生药害和抗性等诸多问题,使植物线虫的化学防治工作面临困境。

目前我国应用的主要品种有二甲基异柳磷、呋喃丹、丁硫克百威、万强、涕灭威、威百亩、溴甲烷、益收宝、克线丹、三唑磷、氯化苦等。研究发现,氯化苦在防治花生根结线虫病上有明显的成效:花生播种前 30 d (4 月上旬) 开沟 (深 25~30 cm) 施氯化苦乳剂有效成分 54 000 g/ hm^2 ,防治花生根结线虫

病的效果小区试验为 83.3%~97.2%,增产 69.8%~82.0%;大面积示范试验为 88.1%~94.4%,增产 127.9%~172.7%,防病效果明显^[9]。近年来,米乐尔和噻唑磷 (IKI-1145) 也有一定的市场。

国外报道中提到的以碘甲烷和氧硫化碳来代替溴甲烷作为熏蒸剂,尤其是氧硫化碳 (COS),结构简单且无污染,是最有前景的溴甲烷替代药剂。

3.2 生物防治 化学杀线剂具有许多缺点,如对环境污染严重、使用过程中对人、畜不安全及易使寄生线虫产生抗药性等。因此,随着公众环保意识的增强和寄生线虫抗药性的增加,化学杀线虫剂的应用日益受到限制,线虫生物及天敌防治已成为控制有害线虫研究的重点^[10]。

植物线虫的天敌,主要有真菌、细菌、病毒、立克氏体、放线菌、涡虫和原生动物等,其中对真菌和细菌的生物防治作用研究较多,而对其他天敌的研究相对较少,目前还不具备应用的条件^[11]。植物线虫的天敌真菌可分为 3 个种类。

捕食真菌。该类真菌主要通过菌丝变态形成的各种捕食器官,如菌网、粘性球、粘性菌丝、收缩环等捕食线虫。如节丛孢属 (*Arthrobotrys*)、单顶孢霉属 (*Monacrosporium*)、小指孢霉属 (*Dactylella*) 等 3 个属已用于根结线虫的防治^[11-12]。为内寄生真菌。该类菌能以粘性或非粘性孢子附着于线虫体表,或通过线虫的口腔、肛门或阴门侵入线虫体内,使线虫致病或杀死线虫,如轮枝霉属 (*Verticillium*) 和 *Meria coniospora* 已用于根结线虫的防治^[11]。卵寄生真菌。该类菌主要通过侵染线虫卵来达到防治目的。如淡紫拟青霉菌能够破坏线虫卵里的胚胎和早期幼虫,因而是一种很好的生防因子^[13]。另外,还有些真菌是通过由其产生的次级代谢产物来杀死线虫的,如担子菌侧耳产生的毒素可毒杀线虫,且用于防治松材线虫效果显著^[14-15]。

寄生植物线虫的细菌中研究最为广泛的为巴氏杆菌 (*Pasteuria penetrans*)^[16]。该菌具有内生孢子,易于附着线虫体壁和侵染线虫,寄生后又可产生大量孢子,再次侵染,且性能稳定,对许多寄生线虫防效显著。但该菌具有寄主专一性,必须依靠线虫才能大量繁殖,而线虫的生长又必须通过寄主植物来实现,因此要大量生产巴氏杆菌制剂很困难^[11]。

线虫生物防治的实施方法可概括为自然控制和引入控制两大类。自然控制是指通过土壤中原有的生物调控来抑制有害线虫的群体量。食线虫菌物是线虫最主要的天敌 (占线虫天敌的 75%),在线虫种群数量的自然控制中起到重要作用,用来防治有害线虫具有无生态污染、防效持续的优势。迄今为止,已经描述的食线虫菌物种类约有 400 余种,对线虫生物防治的研究和应用也取得了一些实质性的进展。植物线虫的自然控制现象在一些地区已经发生。如 Minton 和 Sayre 在连续 20 多年栽植根结线虫寄主的小块土地上,发现花生根结线虫种群只轻微影响植物产量水平,同时发现大多数线虫都被巴氏杆菌所寄生^[18]。引入控制是指将线虫天敌制成生物防治制剂施入土壤而直接防治线虫。如用 *Pae-cilomyces lilacinus* 制成的生物防治剂和用天敌真菌 (*Arthrobotrys irregularis*) 制成的制剂 R350 对根结线虫防治效

(下转第 4664 页)

2.2 二甲四氯对小麦种子根长、芽长和鲜重的抑制作用

由表 2 可知, $F > F_{0.01}$, 说明不同浓度二甲四氯对小麦种子芽长、根长和鲜重的抑制作用存在显著差异。

表 2 不同浓度二甲四氯对小麦种子芽长、根长和鲜重的影响

	平均抑制率 %					F	F _{0.05}	F _{0.01}
	425	850	1 700	3 400	6 800			
	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg			
芽长	29.38	39.78	57.91	72.63	82.29	16.85	4.5	8.7
根长	23.86	23.86	23.86	23.85	23.85			
鲜重	11.70	12.14	13.45	15.17	19.50			

由图 3 可知,在同等浓度下,二甲四氯对小麦种子芽长的抑制作用最强;对小麦种子鲜重的抑制作用最弱,抑制率均低于 20 %;而对小麦种子根长的抑制作用处于两者之间。另外,只有对小麦种子芽长的抑制作用呈良好的线性关系,

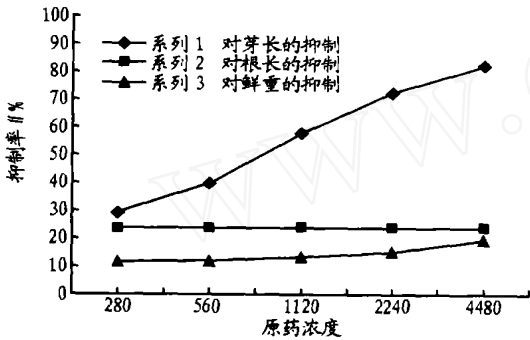


图 3 二甲四氯对小麦种子芽长、根长和鲜种的抑制作用对比而对根长和鲜重的抑制作用无线性关系。

由图 3 可知,不同浓度的二甲四氯对小麦种子芽长的抑制作用呈良好的线性关系。不同浓度的二甲四氯对小麦芽长 72 h 的抑制回归线见图 4。通过数据分析,得出 72 h 的抑制中浓度分别为 798.28 mg/ kg。

3 讨论

该试验所采取的方法是将小麦种子浸泡于药液中,测定结果比田间实际抑制作用要强,故所测数据仅限于给室内测定作参考,如果要研究该药剂在田间的用药情况,还需进一步作大田试验。

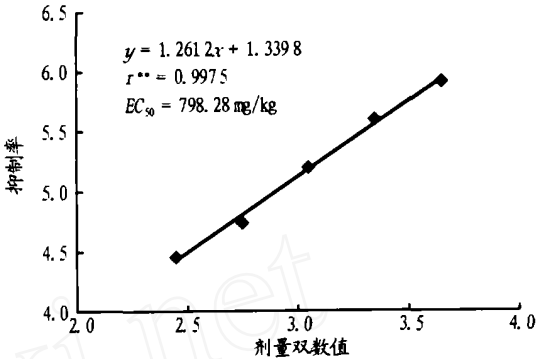


图 4 二甲四氯对小麦种子芽长 72 h 的抑制回归线

该试验所测定的 2,4-D 和二甲基四氯对小麦根长和鲜重的抑制作用无线性关系,所以并未计算其 EC_{50} 。至于不呈线性关系的原因,有待于进一步探讨。

试验表明,2,4-D 和二甲四氯在 72 h 对小麦根长的抑制作用明显高于对重子芽长和鲜种的抑制作用,所得结果可以为进一步室内测定和田间用药提供参考。

参考文献

[1] 李明. 农药商品管理与应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 448 - 451.

[2] 慕立义. 植物化学保护研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 39 - 44.

[3] 马武廉, 袁树忠. 小麦种子芽长对 6 种酰胺类除草剂敏感性测定[J]. 杂草科学, 1994(1): 8.

[4] 李永红, 刘斌. 除草活性筛选方法规范化研究() —油菜平皿法[J]. 浙江化工, 2000, 31: 105 - 107.

[6] 戴东山. 蔬菜根结线虫病的发生与防治[J]. 长江蔬菜, 2002(1): 29.

[7] 黄耀师, 梁震, 李丽. 我国植物线虫研究和防治进展[J]. 农药, 2000, 39(2): 11 - 14.

[8] 胡淑霞. 论植物病毒的传介体及传播方式[J]. 生物学杂志, 1997, 14(79): 33 - 34.

[9] 宋文武, 宋连生, 于晓春, 等. 氯化苦防治花生根结线虫病的研究[J]. 莱阳农学院学报, 2002, 19(3): 213 - 215.

[10] 赵明莲, 廖昌琰, 莫明和, 等. 食线虫菌胞外蛋白酶基因工程研究进展[J]. 中国生物工程杂志, 2002, 22(5): 15 - 21.

[11] 汪来发, 杨宝君, 李传道. 根结线虫生物防治研究进展[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, 26(1): 64 - 69.

[12] 高仁恒, 刘杏忠. 捕食线虫真菌——节丛孢属的研究[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 1996, 19(3): 324 - 327.

[13] 潘沧桑. 淡紫拟青霉菌剂的研究开发[J]. 精细与专用化学品, 2003(6): 15 - 18.

[14] 张建平, 巨云为, 赵博光. 侧耳杀线虫特性研究现状和应用于防治松材线虫病的前景[J]. 江西农业大学学报: 自然科学版, 2002, 24(4): 441 - 445.

[15] 李国红, 董锦艳, 莫明和, 等. 侧耳及相关菌对线虫的作用[J]. 中国生物防治, 2001, 17(1): 26 - 29.

[16] 孙漫红, 刘杏忠. 巴氏杆菌——一类新的有潜力的植物寄生线虫生防菌[J]. 生物防治通报, 1994, 10(4): 178 - 182.

[17] MINTON N A, SAYRE R M. Suppressor influence of Pasteuria penetrans in Georgia soils on reproduction of Meloidogyne arenaria[J]. Journal of Nematology, 1989(21): 574 - 575.

(上接第 4645 页)

果显著^[11]。但由于土壤生态系统中的微生物区系之间存在着不同程度的相互抑制作用,导致活体生物防治菌在不同类型土壤中防治效果存在不稳定性 and 不一致性。近年来,一些研究者开始将注意力转向怎样从活菌体分离获得稳定的杀线虫活性物质,如毒素和体壁降解酶类^[10]。

4 结语

植物线虫的分布广泛,危害严重,其防治工作将是一个长期的课题。目前公众环保意识正逐渐增强,对于杀线虫剂而言,还有待于进一步的开发研究。在线虫防治工作中,生物防治方面的开发研究会有更好的发展前景。

参考文献

[1] 王就光, 李清华. 谈谈根结线虫病[J]. 长江蔬菜, 2002(6): 22.

[2] 万树青. 杀线虫剂生物活性测定[J]. 农药, 1991, 33(5): 10 - 11.

[3] 杨宝君. 松材线虫病病理机理的研究进展[J]. 中国森林病虫, 2002(21): 27 - 33.

[4] 董锦艳, 张克勤, 赵智娴, 等. 杀线虫菌毒素的研究进展(1)[J]. 中国生物防治, 2001, 17(2): 92 - 95.

[5] 张克勤. 食线虫丝孢菌的分类研究及其分子生物分析的可行性[D]. 北京: 中国农业大学, 1997.