



# 华北地区大棚蔬菜根结线虫防控研究进展

刘润强<sup>1</sup>, 李丹宁<sup>1</sup>, 肖 兵<sup>1</sup>, 李新峥<sup>2</sup>, 田雪亮<sup>1</sup>, 乔永刚<sup>1</sup>

(1. 河南科技学院 资源与环境学院, 河南 新乡 453003; 2. 河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003)

**摘要:**根结线虫是现今设施蔬菜、经济作物以及观赏植物中的“癌症”病害之一, 对华北地区大棚蔬菜造成了巨大的危害。由于根结线虫的隐蔽性、抗药性、耐寒性、耐淹性等特性导致防控根结线虫受到了极大的限制。为探寻大棚蔬菜根结线虫的综合防治措施, 现就华北地区大棚蔬菜根结线虫病的病原种类、发病症状和致病机理进行了综述, 对今后的防控技术及趋势进行了展望, 并提出了相应建议。

**关键词:**根结线虫; 防控技术; 大棚蔬菜

动物界中的一个较大类群——线虫, 对经济作物、景观植物的侵害能造成数以亿计的损失, 又因线虫寄生性强且寄主范围广, 故线虫危害的防控一直是界内人士的热门研究<sup>[1]</sup>。在我国报道的

根结线虫有 39 种, 其中有爪哇根结线虫(*Meloidogyne javanica*)、花生根结线虫(*Meloidogyne arenaria*)、北方根结线虫(*Meloidogyne hapla*)和南方根结线虫(*Meloidogyne incognita*)这 4 种最为常见, 且危害最为严重<sup>[2]</sup>。根结线虫危害后受害植株根部呈现念珠状、手指状, 须根增多, 严重时多个根结相互交织在一起, 膨大的部分活力显著低于健株。根结线虫通常在 5~30 cm 的土壤中最为活跃, 可随雨后水流进行远距离移动。

因华北地区优越的自然条件, 适合多种作物生长, 蔬菜自给率高, 且有一定的输出率, 主要的

收稿日期: 2018-06-21

基金项目: 国家十三五重点研发计划资助项目(2016YFD0201000)。

第一作者简介: 刘润强(1983-), 男, 博士, 副教授, 从事农药新剂型开发及应用研究。E-mail: liurunqiang1983@126.com。

通讯作者: 李新峥(1965-), 男, 学士, 教授, 从事设施蔬菜优质高效栽培研究。E-mail: lxx2283@126.com。

- [16] 杨爱芳, 张可炜, 尹小燕, 等. 转 *betA* 基因培育玉米耐盐杂交种[C]//中国细胞生物学学会, 中国细胞生物学学会第八届会员代表大会暨学术大会论文摘要集. 南京: 中国细胞生物学学会, 2003.
- [17] 程艳松, 杨会, 侯丽宏, 等. 三个拟南芥抗盐基因在玉米基因组中整合、表达及抗盐性能的研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(2): 211-218.
- [18] 郭丽红, 陈善娜, 龚明. 钙对玉米幼苗热诱导抗盐性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(1): 19-21.

- [19] 王宝山, 张宝泽, 赵可夫. 植物抗盐剂提高盐碱地作物产量的依据和效果[J]. 山东农业科学, 1995(6): 31-33.
- [20] 张锐, 严慧峻, 魏由庆, 等. 有机肥在改良盐渍土中的作用[J]. 土壤肥料, 1997(4): 11-14.
- [21] 杨晓慧, 蒋卫杰, 魏珉, 等. 提高植物抗盐能力的技术措施综述[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 88-91.
- [22] 张永峰, 殷波. 玉米耐盐性研究进展[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 83-85.

## Research Progress of Soil Salinization Stress on Maize

ZHAO Wei

(Maize Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** Soil salinization seriously affects the physical and chemical properties of soil. Maize is one of the important food crops in China. The increasing salinization of cultivated land seriously affects the yield and quality of maize. In order to improve the biological yield of maize on saline-alkali soil, it is necessary to carry out salt tolerance breeding of maize. In this paper, the effects of salt stress on maize growth, apparent adaptability of maize salt tolerance and ways to improve maize salt tolerance were reviewed, which laid a theoretical foundation for promoting maize salt tolerance breeding.

**Keywords:** maize; salt stress; salt tolerance

蔬菜种类有黄瓜、番茄、茄子等。黄瓜、番茄等都是高营养价值的食用作物,深受民众的喜爱,但病虫害的发生会造成巨大的经济损失,其主要病原之一是南方根结线虫<sup>[3]</sup>。南方根结线虫属于垫刃目异皮科根结线虫属,其最适温度为 25~30℃,适宜土壤湿度为 40%~70%,适宜土壤 pH 为 4~8<sup>[4]</sup>,当土壤温度达到 55℃,10 min 可导致其死亡,其寄主范围广,可危害几百种植物,受到该线虫的侵害后作物一般减产 10%~30%,侵害严重时损失可达 80%甚至颗粒无收。本文对现有文献中关于根结线虫的生理特性及防治技术方面的研究进行了总结、归纳和分析,为探寻更为高效的防控技术提出相应的建议。

## 1 根结线虫致病机理

根结线虫幼虫雌雄异形,雄虫线状,雌虫梨状。二龄幼虫是侵入态,可以在土壤中移动寻找寄主,通过口针刺穿寄主表皮进入木质部发育区,在寄主植物体内分泌含有各种酶、各种生长素的食道腺分泌物,这些分泌物可导致寄主细胞变形、变异、巨大化等,这些病变的细胞导致皮层细胞过度生长从而形成了典型的根瘤状,对作物产生巨大的危害<sup>[5]</sup>。一般的根结线虫在适宜的条件下生育周期约为 35 d,在气温较高的夏天,其生育周期会缩短,二龄幼虫侵染作物根部后 20 d 内进行 3 次蜕皮发育为成虫,雄虫会离开根部,雌虫将继续发育并在 30 d 左右进行产卵,当气温达到一定温度时开始孵化,从卵中钻出的二龄幼虫会进入土壤,再次寻找寄主根系进行侵染<sup>[6]</sup>。

由于根结线虫使根部细胞变异,严重时可导致根部腐烂,前期地上部症状并不明显,甚至没有症状,养分的严重缺失使后期地上部分生长发育受到阻碍,植株呈现出叶色黄化、植株矮小、萎缩,受害严重时整株枯死。此外,根结线虫对作物造成的防御反应调控、抑制作用调节和组织机械损伤也方便了枯萎病菌、根腐病菌等土传病原菌的侵入,从而造成复合型病害,引起更大损失<sup>[7]</sup>。

## 2 目前根结线虫的防控

华北地区大棚蔬菜根结线虫的防控措施主要有抗根结线虫作物的培育、根结线虫的农艺防控、

根结线虫的物理防控、根结线虫的生物防控、根结线虫的化学防控及根结线虫的药肥防控等。

### 2.1 抗根结线虫作物的培育

抗性品种能够有效地防治根结线虫,提高作物产量及其经济价值。李田田<sup>[8]</sup>黄瓜抗性品种筛选试验初步选出抗性品种有新津研 7 号;中抗种类有瑞农地黄瓜、白皮黄瓜、四季脆瓜、白玉地黄瓜和压趴瓜,其结果也表明目前抗性品种种类少且成本较高,对于抗性品种的培育还需进一步研究。

利用转基因技术进行抗根结线虫育种具有育种周期短、费用低和不改变植株重要农艺性状等优点,可作为一种抗根结线虫育种的策略。南方根结线虫生长和发育的营养物质直接来自巨型细胞(GC,Giant cell),通过分子生物学方法,阻止根结线虫诱导 GC 的形成破坏其结构或在 GC 中表达线虫毒性基因可以达到抗根结线虫的目的<sup>[9]</sup>。抗根结线虫育种的培育虽已获得一定成果,仍有许多研究和问题需要处理,目前对根结线虫病害的抗性遗传机制和抗性基因的抗性机制研究较少,需进一步深入探究,完善抗性鉴定技术和方法,制定统一的鉴别寄主、标准和方法<sup>[10]</sup>。

前人关于植物根系分泌物的研究较多,但对番茄根系化感物质成分的鉴定、化感物质对周围其它植物的影响以及对自身的自毒作用等方面鲜有研究。而贾双双<sup>[11]</sup>通过试验验证了番茄根系较高的 POD 活性物质有利于提高作物对根结线虫的抗性;免疫砧木 Baliya 可以有效抑制根结线虫的侵染和危害,有利于发展此种砧木的设施蔬菜。同样,占丽平<sup>[12]</sup>指出,元素硅有利于提高禾本科植物对根结线虫的抗性,增加硅肥可诱导禾本科植物合成木质素、过氧化氢和胍胍质等抗线虫物质,为禾本科植物抗性诱导提供了新思路。

### 2.2 根结线虫的农艺防控

播种抗线虫品种是防控根结线虫最简单有效的措施,但对抗病品种的研究尚不成熟且成本较高,目前并不适合大面积种植。轮作或水旱轮作 2~3 年可以有效减少根结线虫病的发生,作物与禾本科植物或葱、韭、辣椒等轮作 3 年以上对根结

线虫的防控可取得良好效果<sup>[13]</sup>。可抑制线虫的作物基肥有腐熟鸡粪、棉籽饼等,施用充分发酵过的腐熟有机肥有助于作物生长的同时也不会加重线虫病害。用无菌土育苗,同时对大棚内土壤进行一定处理后移栽,也可防控根结线虫。休耕期间对土壤进行深翻暴晒也能有效杀死土壤中的线虫。

### 2.3 根结线虫的物理防控

根据高温致死根结线虫的原理,用1~2层塑料地薄膜覆盖,通过日光升温杀死土壤30 cm以内的根结线虫,有污染较小、成本低廉、操作简单等优点<sup>[14]</sup>。可在大棚地下埋电阻丝类设备,加热温度达到线虫致死温度来防治线虫;也可用射线或超声波处理;还可以使用高温蒸汽杀菌的方法处理土壤,但该措施能耗较大,成本较高。

### 2.4 根结线虫的生物防控

可改善土壤理化性质的生物质炭<sup>[15]</sup>,使黄瓜果实中的硝酸盐含量显著降低,对根系生长具有促进作用,虽会使土壤中根结线虫的卵块数量增加,但由于土壤环境因素的改变并不会导致病情加重。蒋盼盼等<sup>[16]</sup>研究表明,解淀粉芽孢杆菌B1619对经济作物土传病害(根结线虫)有一定的拮抗作用,且对根结线虫有较好的田间防控作用。马玉琴等<sup>[17]</sup>试验表明:短短芽孢杆菌与交枝顶孢霉组合,短短芽孢杆菌与淡紫拟青霉组合,短短芽孢杆菌与淡紫拟青霉、交枝顶孢霉以及钩状木霉组合等3种生防菌肥对黄瓜根结线虫病有较好防控效果,为进一步利用菌肥提供了安全高效的依据。淡紫拟青霉素是一种内寄生真菌,能够寄生于线虫的卵,在其代谢过程中能分泌产生具有杀线虫作用的物质,可使线虫的卵失去活性或直接抑制线虫的孵化,也可以侵染线虫的幼虫和雌虫,其还是多种植物根围和土壤中的习居菌,能产生类似于植物生长素和细胞分裂素的物质,促进植物的生长,因而被用于防控植物根结线虫病<sup>[6]</sup>。

### 2.5 根结线虫的化学防控

萨日娜等<sup>[18]</sup>指出,1%阿维菌素颗粒剂和5.2%阿维-高氯乳油的搭配施用,以及苦参碱和腐熟鸡粪的搭配施用防控根结线虫效果较好,搭配适当含量的腐熟鸡粪防效好且稳定。公义<sup>[19]</sup>的试验结果表明根护30 kg·hm<sup>-2</sup>与0.5%阿维菌素颗粒剂45 kg·hm<sup>-2</sup>防控效果差异不显著,防效

随根护用量的增加而提高,60 kg·hm<sup>-2</sup>效果更好,可作为防控黄瓜根结线虫病有效的药剂,为避免产生抗药性,在防控过程中可与阿维菌素交替使用。杨立军等<sup>[20]</sup>试验结果表明:15~30 kg·hm<sup>-2</sup>的10%噻唑啉颗粒剂防控效果优于22.5~30.0 kg·hm<sup>-2</sup>的1%阿维菌素颗粒剂的防控效果,在黄瓜根结线虫病防控中,这2种杀线剂表现出良好的效果。

土壤消毒剂是一种防控效果较好的化学药剂,由线磷、益舒宁、力满库按一定比例混合配制,使用时将消毒剂进行施撒,再次对土壤进行翻耕,可有效杀死土壤中的根结线虫<sup>[21]</sup>。氯唑磷是一种有高效、广谱杀虫及杀线虫作用的有机磷药剂,具有内吸和触杀、胃毒等特点;灭克磷,是一种对虫和线虫有触杀作用的有机磷酸酯剂,两种都可用于根结线虫的化学防治。此外,1,3-二氯丙烯也能明显减轻番茄根结线虫病的发病程度,且刺激植株生长。

### 2.6 根结线虫的药肥防控

药肥是将农药和肥料按一定的比例配方混合而成,并通过一定的工艺技术将肥料和农药稳定于特定的符合体系中而形成的新型生态复合肥料,具有广谱高效、效果持久、前控后促、节省成本、安全环保等特点。目前对于根结线虫防控药肥的研究鲜有报道,除了投入市场的阿维菌素药肥对多种作物的根结线虫防治效果较为明显之外,对于其它药肥的研制相对较少,有待进一步研发。

## 3 小结与展望

根结线虫病是大棚蔬菜生产上毁灭性病害之一,对大棚蔬菜的产量造成了巨大的经济损失。本文基于已有研究报道就有关大棚蔬菜根结线虫病综合防治技术方面的问题进行了总结、归纳和分析,并提出了相应的建议。当前的防控技术仍存在诸多不足,如化学防治药剂的长期、大量和单一使用给社会及生态带来的系列问题,以及化学防控造成土壤变性且使根结线虫易产生抗性;农艺防控人工成本过高;物理防治耗能较大;生物防治技术尚未成熟。综上所述,建议定植前期使用化学药剂进行土壤处理,杀死土壤存活的线虫并为生防菌提供优势种群环境,同时,辅以农艺防控并加强轮耕和间作,该措施可以有效防控根结线虫的危害。而药肥能将化学生物农药及作物所

需的肥料有机地结合在一起,通过缓释作用发挥其功能,达到综合防治目的,具有巨大的发展潜力和应用前景。

总之,对于根结线虫、尤其是蔬菜根结线虫的防治,目前是目前全世界范围内一个亟待解决的难题。开发高效、低毒、低残留的生物化学药剂的同时,研发多功能药肥,以达到国家“两减一增”的要求,对解决根结线虫的难题具有重要的意义。

#### 参考文献:

- [1] 丁磊,徐玉梅,王建明.生防菌 PFMP-5 对根结线虫的毒杀效果及其鉴定[J].山西农业大学学报(自然科学版),2017,37(5):330-334.
- [2] 郑井元,朱春晖.辣椒根结线虫病及其抗病性研究进展[J].湖南农业科学,2013(15):80-83.
- [3] 李戌清,郑经武,郑积荣,等.番茄根结线虫研究进展[J].浙江农业学报,2012,24(4):748-752.
- [4] 李明远.蔬菜根结线虫发生、识别、传播和防治[J].中国蔬菜,2017(11):85-88.
- [5] 王袁,李晓辉,武恒燕,等.南方根结线虫侵染对不同烟草品种生理生化指标的影响[J].贵州农业科学,2017,45(11):48-51.
- [6] 崔鑫,岳向国,李斌,等.蔬菜作物根结线虫病防治研究进展[J].中国蔬菜,2017(10):36-38.
- [7] Shahbaz M U, Mukhta T, Ul-Haque M I, et al. Biochemical and serological characterization of *Ralstonia solanacearum* associated with chilli seeds from pakistan[J]. International Journal of Agriculture & Biology, 2015, 17(1):31-40.
- [8] 李田田.湖北蔬菜根结线虫的防治研究——品种抗性筛选及淡紫拟青霉防治效果评价[D].武汉:华中农业大学,2012.

- [9] 魏振林,董玲,芮玉奎,等.植物抗根结线虫转基因育种研究进展[J].北方园艺,2007(4):70-72.
- [10] 翁伟,罗晓文,杨旭,等.茄果类蔬菜抗根结线虫分子育种研究进展[J].园艺学报,2013,40(9):1741-1751.
- [11] 贾双双.番茄砧木对南方根结线虫抗性鉴定及抗性机制研究[D].济南:山东农业大学,2012.
- [12] 占丽平.硅诱导水稻防御拟禾本科根结线虫的抗性机制初步研究[D].北京:中国农科院,2017.
- [13] 王秋霞,颜冬冬,王献礼,等.土壤熏蒸剂研究进展[J].植物保护学报,2017,44(4):529-543.
- [14] 张广荣,缪仲梅,薛莉,等.不同土壤添加剂及高温闷棚对防治根结线虫病的影响[J].植物保护,2016,42(1):249-252.
- [15] 朱亚茹,付祥峰,邱良祝,等.施用生物炭对大棚土壤的特性、黄瓜品质和根结线虫病的影响[J].土壤,2017,49(1):59-61.
- [16] 蒋盼盼,陈志宜,甘颖,等.解淀粉芽孢杆菌 B1619 对设施蔬菜根结线虫病的防控效果[J].江苏农业科学,2017,45(12):81-84.
- [17] 马玉琴,魏偲,郭振川,等.生防型菌肥对黄瓜生长及根结线虫病的影响[J].中国农业科学,2016,49(15):2945-2954.
- [18] 萨日娜,刘琳帅,樊超,等.海南三亚黄瓜根结线虫药效试验[J].北方园艺,2017(5):114-117.
- [19] 公义.根护防治黄瓜根结线虫病药效试验[J].农业科技通讯,2017(8):145-146.
- [20] 杨立军,王朝霞,刘奇,等.2种杀线剂防治黄瓜根结线虫病药效研究[J].现代农业科技,2017(22):85-87.
- [21] 耿伟,李彦军,许世霖,等.黄瓜根结线虫的防治方法[J].中国果菜,2017,37(9):33-35.

## Research Progress on Control of Root-knot Nematode in Greenhouse Vegetables in North China

LIU Run-qiang<sup>1</sup>, LI Dan-ning<sup>1</sup>, XIAO Bing<sup>1</sup>, LI Xin-zheng<sup>2</sup>, TIAN Xue-liang<sup>1</sup>, QIAO Yong-gang<sup>1</sup>

(1. College of resources and environment, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China;  
2. School of Horticulture Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

**Abstract:** Root-knot nematode is one of the ‘cancer’ diseases in greenhouse vegetables, cash crops and ornamental plants, which has caused great harm to greenhouse vegetables in north china. The control of root-knot nematodes has been greatly restricted due to their concealment, resistance to insecticides, cold tolerance and drowning tolerance. In order to explore the comprehensive control measures of root-knot nematode in greenhouse vegetables, the pathogenic types, symptoms and pathogenic mechanism of root-knot nematode disease in greenhouse vegetables in north china were reviewed. The future control techniques and trends were prospected, and corresponding suggestions were put forward.

**Keywords:** root-knot nematode; control technology; greenhouse vegetables