

# 陕西洛南烟区根结线虫病原鉴定及生物制剂防效评价

王瑛丽<sup>1</sup>, 冯雷宁<sup>1</sup>, 姜亚历<sup>1</sup>, 黄英旭<sup>1</sup>, 张诗林<sup>1</sup>, 王婧萱<sup>1</sup>, 马静<sup>1</sup>, 王洋<sup>2</sup>, 黄金辉<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>商洛市烟草公司洛南分公司, 陕西 商洛

<sup>2</sup>商洛学院, 商洛市中药材病虫害综合防治技术研究中心, 陕西 商洛

收稿日期: 2024年7月30日; 录用日期: 2024年9月4日; 发布日期: 2024年9月11日

## 摘要

为解决当前洛南烟区根结线虫病为害严重问题, 本研究在发病区取样、分离和形态鉴定, 并根据病原种类开展了小区药效试验, 对不同药剂的防治效果进行了评价。结果表明, 洛南烟区的根结线虫种类主要是南方根结线虫(*Meloidogyne incognita* (Kofold & White) Chitwood); 线虫1号菌剂、淡紫紫孢微生物菌剂和噻唑膦对根结线虫都有一定的防效, 且联合用药效果好于单一用药; 其中, 线虫1号菌剂 + 淡紫紫孢微生物菌剂 + 噻唑膦颗粒剂联合使用对根结线虫的防效最好。

## 关键词

根结线虫, 病原鉴定, 田间药效试验

# Pathogen Identification of Tobacco Root-Knot Nematode and Control Effect of Microbial Pesticide in Luonan Tobacco-Growing Area of Shaanxi Province

Yingli Wang<sup>1</sup>, Leining Feng<sup>1</sup>, Yali Jiang<sup>1</sup>, Yingxu Huang<sup>1</sup>, Shilin Zhang<sup>1</sup>, Jingxuan Wang<sup>1</sup>, Jing Ma<sup>1</sup>, Yang Wang<sup>2</sup>, Jinhui Huang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Luonan Branch, Shangluo Tobacco Company, Shangluo Shaanxi

<sup>2</sup>Shangluo Research Center for Integrated Prevention and Control of Chinese Herbal Medicine Pests and Diseases, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

Received: Jul. 30<sup>th</sup>, 2024; accepted: Sep. 4<sup>th</sup>, 2024; published: Sep. 11<sup>th</sup>, 2024

\*通讯作者。

文章引用: 王瑛丽, 冯雷宁, 姜亚历, 黄英旭, 张诗林, 王婧萱, 马静, 王洋, 黄金辉. 陕西洛南烟区根结线虫病原鉴定及生物制剂防效评价[J]. 农业科学, 2024, 14(9): 999-1004. DOI: 10.12677/hjas.2024.149125

## Abstract

In order to solve the serious problem of root-knot nematode disease in Luonan tobacco-growing area, the species of root-knot nematode were sampled from the affected area and identified based on morphological characteristics, the field plot trial was employed in reaction to the etiology, and the control effects of different agents were evaluated. The results showed that the root-knot nematode species of Luonan tobacco-growing area is *Meloidogyne incognita* (Kofold & White) Chitwood. Nematode No. 1 bactericide, purpura uvula microbial bactericide and phosphine thiazole granules are effective in treatment of the root-knot nematode, and the combined effect is better than single drug. Among them, the combination of Nematode No. 1 bactericide + purpura uvula microbial bactericide + phosphine thiazole granules showed the best control effect on root-knot nematode.

## Keywords

Meloidogyne, Pathogen Identification, Field Efficacy Test

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

根结线虫病又称根瘤线虫病, 是危害农作物的重要病原之一[1], 在世界范围内广泛分布, 全球每年由其造成的农作物产量损失约 11%, 价值高达数千亿美元[2]。被根结线虫为害的烟株会出现萎蔫黄化、发育迟缓甚至整株死亡, 除此之外, 根结线虫在烟株根部造成的伤口, 更利于病原菌的入侵, 使烟草黑胫病、根黑腐病、青枯病更易发生, 从而造成更大的损失[3]-[7]。近年来, 由于烟叶种植布局的优化调整、气候及栽培条件变化、连作时间长等问题, 烟草根结线虫病在洛南烟区的危害逐年加重, 严重影响了烟叶产量和品质, 制约了洛南烟区烟叶种植产业的高质量发展, 因此, 必须加强对烟草根结线虫病的发生与防治研究。

根结线虫的种类较多, 目前在世界范围内被发现的有效种有 80 余种, 其中在我国危害烟草的主要是南方根结线虫(*Meloidogyne incognita*)、北方根结线虫(*Meloidogyne hapla*)、花生根结线虫(*Meloidogyne arenaria*)、爪哇根结线虫(*Meloidogyne javanica*) 5 种[8]-[10]。明确危害烟草的根结线虫种类对于根结线虫病的防治具有重要意义。为此, 本研究针对洛南烟区土壤的根结线虫, 应用全面普查和局部重点抽查的方式开展研究, 以明确洛南烟区的病原种类, 为烤烟品种布局和根结线虫防治提供技术支撑。

目前, 防治烟草根结线虫病最有效的方法是抗线虫病品种的应用、轮作和化学防治。具有优良品质的抗线虫病烤烟品种的研发费时费工, 短期内难以投入大田生产。轮作虽然能有效控制烟草根结线虫病的发生与发展, 但由于目前烟粮争地问题严重, 有效轮作难以全面开展[11] [12]。因此, 药剂防治仍是烟草根结线虫病的重要防治手段。为此, 本研究针对洛南烟区根结线虫病的种类, 于 2022 年通过田间小区试验监测分析了不同药剂对烟草根结线虫病的防治效果, 以期为烟草根结线虫病的防治提供理论依据和新的选择。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料

供试品种: 洛南主栽品种 YN99。

供试药剂：30%噻唑膦微胶囊悬浮剂，由江苏丰山集团股份有限公司生产；线虫1号菌剂，由郑州惠农有害生物防治有限公司生产；淡紫紫孢微生物菌剂，由山东益泰生物科技有限公司生产。

## 2.2. 试验地点

试验地设于陕西省商洛市洛南县古城镇齐坡村(N: 34°04'19", E: 110°06'23"), 海拔 980 m。地块土壤肥力均匀、地势平坦、开阔向阳，连续多年有根结线虫病的发生。

## 2.3. 试验方法

### 2.3.1. 病原种类鉴定

#### 1) 取样方法

在发病地块按“Z”字型设 7~9 个取样点，每点取耕层土壤 300~500 g。将各取样点的土壤充分混匀，再按“四分法”取一个混合土样，每个混合土样取 100 g 土壤。采用贝曼漏斗法，过夜处理，收集根结线虫二龄幼虫，在显微镜下观察并统计根结线虫数量。

#### 2) 测定方法

① 采用“四分法”从每个送检土样中取 100 g 土；② 将 100 g 土置于贝曼漏斗中静置分离 24 h，获得线虫悬浮液；③ 取线虫悬浮液于光学体视显微镜下观察，依据线虫形态特征鉴定种类，并拍照；④ 将线虫悬浮液置于血球计数板上，在光学体视显微镜下对线虫二龄侵染性幼虫进行计数；⑤ 重复①~④步骤 2 次；⑥ 取 3 次测量的平均值作为送检土样的越冬虫数。

#### 3) 评价依据

以每 100 g 植烟土壤中越冬的二龄幼虫(侵染性幼虫)数量作为评价依据。

#### 4) 评价方法

根据多点对洛南植烟土壤种植易感品种“云烟 99”的根结线虫危害调查结果，以在每 100 g 植烟土壤中越冬的二龄幼虫(侵染性幼虫)数量作为评价其危害等级和预警信号。

### 2.3.2. 药剂筛选试验设计

试验共设置 7 个施药处理，小区设置为 3 行，每行 20 株烟草，每处理 3 次重复。小区进行随机区组排列。

T1: 线虫 1 号菌剂 200 g/亩 + 30%噻唑膦颗粒剂 500 g/亩。

T2: 淡紫紫孢微生物菌剂 500 g/亩 + 30%噻唑膦颗粒剂 500 g/亩。

T3: 线虫 1 号菌剂 200 g/亩 + 淡紫紫孢微生物菌剂 500 g/亩 + 30%噻唑膦颗粒剂 500 g/亩。

T4: 线虫 1 号菌剂 200 g/亩。

T5: 淡紫紫孢微生物菌剂 500 g/亩。

T6: 30%噻唑膦颗粒剂 500 g/亩。

CK: 清水对照。

## 2.4. 观测项目与方法

### 2.4.1. 农艺性状调查

按照中国烟草行业标准(YC/T 142-2010) [13]，采取随机 5 点取样调查农艺性状，每点调查 2 株，每小区共调查 10 株，分小区对圆顶期的株高、茎围、最大叶长和最大叶宽等农艺指标进行调查和记录，其中最大叶长和最大叶宽分别统计中部(腰叶)和上部(上二棚)烟叶的数据。用 Excel 2016 软件对数据进行整理分析，用 SPSS 22.0 软件进行方差分析。

### 2.4.2. 病害调查

病害的调查和分级按 GB/T 23222-2008 标准执行[14]。在移栽后 1 个月进行第一次调查, 2 个月后进行第二次调查, 分别计算病情指数和防治效果。

以株为单位分级调查(生长期田间调查)。

0 级: 植株生长正常。

1 级: 植株生长基本正常, 叶缘、叶尖部分变黄, 但不干尖。

3 级: 病株比健株矮 1/4~1/3, 或叶片轻度干尖、干边。

5 级: 病株比健株矮 1/3~1/2, 或大部分叶片干尖、干边或有枯黄斑。

7 级: 病株比健株矮 1/2 以上, 全部叶片干尖、干边或有枯黄斑。

9 级: 植株严重矮化, 全株叶片基本干枯。

各项指标计算公式如下:

$$\text{发病率} = (\text{染病株数} / \text{调查总株数}) \times 100\%$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各级病株数} \times \text{该病级值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高级值}} \times 100$$

$$\text{相对防效} = (\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{对照病情指数} \times 100\%$$

## 3. 结果与分析

### 3.1. 根结线虫发生种类

根据形态鉴定结果, 当前洛南烟草上主要引起线虫病的是南方根结线虫 *Meloidogyne incognita* (Kofold & White) Chitwood。2022 年度在洛南县齐坡多年流行发病田块, 每 100 g 土样平均检出线虫二龄幼虫数量为 69.6 条, 其中, 检出率 100%。该病害在洛南齐坡已经发展成为重度至高危发病, 也就是说, 在当地烟草根结线虫病已上升为主要病害。

### 3.2. 药剂筛选结果

#### 3.2.1. 农艺性状调查结果

由表 1 可知, 不同药剂处理的烤烟农艺性状存在一定差异, 但差异均不显著。说明不同药剂对烟叶的农艺性状的影响较小。

**Table 1.** Effect of different treatments on agronomic traits of tobacco  
**表 1.** 不同处理对烟草农艺性状的影响

处理	株高(cm)	茎围(mm)	叶长(cm)		叶宽(cm)	
			上二棚	腰叶	上二棚	腰叶
T1	106.33 ± 4.16a	28.83 ± 4.14a	44.57 ± 4.71a	59.03 ± 5.03a	20.83 ± 1.89a	26.83 ± 1.26a
T2	107.0 ± 14.53a	30.12 ± 6.86a	45.67 ± 8.81a	60.5 ± 14.08a	19.07 ± 3.43a	27.67 ± 7.02a
T3	109.33 ± 25.32a	28.83 ± 9.89a	46.13 ± 9.62a	61.5 ± 17.20a	21.93 ± 4.56a	30.00 ± 10.00a
T4	113.67 ± 1.53a	29.93 ± 2.38a	47.33 ± 5.51a	63.5 ± 9.04a	21.97 ± 1.45a	33.67 ± 5.03a
T5	106.17 ± 8.58a	29.43 ± 4.59a	47.67 ± 5.69a	61.67 ± 10.01a	21.67 ± 0.58a	29.67 ± 5.30a
T6	98.0 ± 12.77a	25.28 ± 0.08a	40.83 ± 5.75a	56.67 ± 4.80a	18.67 ± 4.37a	27.10 ± 3.93a
CK	118.17 ± 8.0a	31.78 ± 0.59a	47.33 ± 3.06a	67.23 ± 5.95a	23.20 ± 2.08a	33.87 ± 3.70a

注: 同列数据后不同字母表示处理间差异达 5% 显著水平。

### 3.2.2. 病害发生情况调查结果

由表 2 可知, 各处理病情发展趋势基本一致, 但不同药剂处理对烤烟各生育期根结线虫病的发病率和病情指数存在一定差异。试验所选的 3 种药剂对根结线虫病均有一定的防效, 施药处理的发病率和病情指数均低于清水对照。第 1 次调查时, 施药处理能在一定程度上减轻病害发生程度, 药剂处理的病情指数比清水对照低 12.59%~24.45%, 与清水对照较显著; T3 的防效最好, 防治效果为 84.62%。间隔约一个月, 第 2 次调查时, 不同处理的发病率和病情指数均有所增加, 各药剂的防效均不够理想, 不能有效控制病害的发生, 相对而言, T2 和 T3 的相对防效较高, 在 30%左右, 与其他药剂的差异显著, 这说明淡紫紫孢微生物菌剂联合 30%噻唑膦颗粒剂, 以及线虫 1 号菌剂 + 淡紫紫孢微生物菌剂 + 30%噻唑膦颗粒剂对烟草黑胫病有一定防效, 且比较持久。

**Table 2.** Effect of different chemical treatments on disease index and relative control of tobacco root-knot nematode  
**表 2.** 不同药剂处理对烟草根结线虫病情指数和相对防治效果的影响

编号	处理	第 1 次调查		第 2 次调查	
		病情指数	相对防效	病情指数	相对防效
T1	线虫 1 号菌剂 + 30%噻唑膦颗粒剂	10.37%	64.10%	30.52%	19.22%
T2	淡紫紫孢微生物菌剂 + 30%噻唑膦颗粒剂	5.19%	82.05%	26.98%	28.58%
T3	线虫 1 号菌剂 + 淡紫紫孢微生物菌剂 + 30%噻唑膦颗粒剂	4.44%	84.62%	26.42%	30.07%
T4	线虫 1 号菌剂	10.16%	64.84%	32.35%	14.38%
T5	淡紫紫孢微生物菌剂	16.30%	43.59%	36.05%	4.58%
T6	30%噻唑膦颗粒剂	9.88%	65.81%	32.32%	14.44%
T7	空白对照	28.89%	/	37.78%	/

从 2 次调查的结果还可以看出, 联合用药在防治效果上表现突出, 特别是线虫 1 号菌剂 + 淡紫紫孢微生物菌剂 + 30%噻唑膦颗粒剂。在第 2 次调查时, 所有处理的防治效果均不再显著, 基本都在 30%以下。这充分说明, 针对根结线虫的用药, 要持续多次进行。

## 4. 讨论

根结线虫作为最严重的土传病害之一, 严重危害着植物根系, 迄今为止在我国 27 个省市发生, 减少了作物的产量, 造成了巨大的经济损失。在贵州、四川、湖南、重庆、河南、云南等地的烟区均发现南方根结线虫为害烟草的情况[15]。本研究中, 经形态鉴定, 洛南烟区为害种类主要也是南方根结线虫(*Meloidogyne incognita* (Kofold & White) Chitwood)。

生物防治以环境可持续且高效的优点, 成为目前防治根结线虫的主要措施。虽然生防菌剂等生物防治具有环境友好等优点, 但也可能存在单独应用田间试验中稳定性较差等问题[16]。为了防治根结线虫的稳定性, 许多研究者采用生物制剂与化学制剂联合使用, 发挥生物制剂可持续与化学制剂稳定的优势[17], 进而使根结线虫防治效果发挥最好。本研究结果进一步证明这一观点, 结果表明, 联合微生物菌剂和噻唑膦用药对根结线虫病的防治效果优于单一药剂防治, 防效最好的是线虫 1 号菌剂 + 淡紫紫孢微生物菌剂 + 30%噻唑膦颗粒剂。因此, 今后可增加生物菌剂与化学制剂联合使用的试验, 筛选出更高效、可持续的复配体系, 从而实现减量增效, 为防治根结线虫提供依据。

## 5. 结论

试验结果表明, 洛南烟区根结线虫发生比较严重, 其为害种类主要是南方根结线虫(*Meloidogyne*

*incognita* (Kofold & White) Chitwood)。对不同处理的病害防治效果和烟草农艺性状进行综合比较分析,联合微生物菌剂和噻唑膦用药对根结线虫病的防治效果要优于单一药剂防治,防效最好的是线虫 1 号菌剂 + 淡紫紫孢微生物菌剂 + 30%噻唑膦颗粒剂,其次是淡紫紫孢微生物菌剂 + 30%噻唑膦颗粒剂,两种用药方案具有较高的推广使用价值。另外,针对根结线虫的药剂防治,要持续多次进行。

## 基金项目

陕西省烟草公司商洛市公司科技项目(SLZY-2022-02);上海烟草集团烟叶基地技术推广项目(2022310000140594);商洛市技术研究工程中心项目(SLPT014)。

## 参考文献

- [1] 赵鸿,彭德良,朱建兰.根结线虫的研究现状[J].植物保护,2003,29(6):6-9.
- [2] Shahadati-Moghaddam, Z., Bagheri, N., Jelodar, N.B., Kiani, G. and Hosseininejad, S.A. (2017) Inheritance of Southern Root-Knot Nematode Resistance in Air-Cured Tobacco. *Tropical Plant Pathology*, **42**, 32-38. <https://doi.org/10.1007/s40858-016-0122-4>
- [3] 林代福,孙光军,夏永坤.根结线虫与烟草黑胫病发生关系的研究[J].云南农业大学学报,1998,13(1):15-19.
- [4] 喻盛甫,胡先奇,王扬.云南烟草根结线虫优势种群动态规律研究[J].云南农业大学学报,1998,13(1):52-58.
- [5] 孙光军,林代福,刘呈义,等.烟草根结线虫病与黑胫病、青枯病的发生关系及品种抗性研究初报[J].烟草科技,1999,32(5):48-49.
- [6] 马涛,周金星.青藏铁路沿线植物群落物种多样性研究[J].水土保持通报,2012,32(2):261-266.
- [7] Dong, Y. and Wang, X.Q. (2014) Investigation on Pathogenic Factors of Tobacco Root-Knot Nematode Disease in Gengma County, Yunnan Province. *Agricultural Science & Technology*, **15**, 2253-2258.
- [8] 孔凡玉,王年.烟草根结线虫数量动态变化及田间流行规律研究[J].中国烟草科学,1998,19(4):35-37.
- [9] 王兴松,李恩星,杨诗瀚,等.根结线虫病对烟草植株根际土壤微生物群落及其功能的影响[J].江苏农业学报,2024,40(6):993-1003.
- [10] 黄阔.烟草根际微生物与根结线虫发生的关系及调控作用研究[D]:[硕士学位论文].重庆:西南大学,2020.
- [11] 陈子镛,李学坤.云南省烟叶与粮食生产比较优势分析[J].当代经济,2010,27(5):86-87.
- [12] 张科.不同种植模式对黔北黄壤烤烟生产力的影响[D]:[硕士学位论文].重庆:西南大学,2009.
- [13] 国家烟草专卖局.YC/T 142-2010烟草农艺性状调查测量方法[S].北京:中国标准出版社,2010:102.
- [14] 中国烟草总公司青州烟草研究所.GB/T 23222-2008烟草病虫害分级及调查方法[S].北京:中国标准出版社,2008:1-6.
- [15] 易江慧.抗南方根结线虫生防细菌筛选、鉴定及其防效研究[D]:[硕士学位论文].重庆:重庆三峡学院,2024.
- [16] Li, X., Hu, H., Li, J., Wang, C., Chen, S. and Yan, S. (2019) Effects of the Endophytic Bacteria *Bacillus cereus* BCM2 on Tomato Root Exudates and *Meloidogyne incognita* Infection. *Plant Disease*, **103**, 1551-1558. <https://doi.org/10.1094/pdis-11-18-2016-re>
- [17] 金娜,陈永攀,刘倩,等.我国蔬菜根结线虫发生、致害和绿色防控研究进展[J].植物保护学报,2022,49(1):424-438.