

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2021.02.006

## 微生物菌剂与不同有机肥协同作用对烟草根结线虫病的防控效果研究<sup>①</sup>

刘东阳<sup>1</sup>, 江连强<sup>1</sup>, 陈树鸿<sup>2</sup>, 罗祖华<sup>2</sup>,  
文官富<sup>2</sup>, 殷鹏涛<sup>3</sup>, 丁孟<sup>3</sup>, 江其朋<sup>3</sup>

1. 中国烟草总公司四川省公司凉山州公司, 四川 西昌 615000;
2. 中国烟草总公司四川省公司凉山州公司会理县公司, 四川 会理 615100;
3. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

**摘要:** 烟草根结线虫病是烟草的重要病害之一, 近年来在我国西南地区发生严重, 尤其是四川凉山地区. 本研究通过田间试验探究了不同有机肥拌菌处理对烟草根结线虫病的影响, 旨在筛选对烟草线虫病有良好防控效果的拌菌有机肥, 以达到提高防治效果的目的. 结果表明, 有机肥拌菌能防控烟草线虫病发生, 且促进烟株生长. 其中以根茎康+猪粪有机肥对线虫病的防控效果最佳, 防效达51.88%, 其次为根茎康+当地有机肥, 防效为58.31%, 表明有机肥拌菌技术能大幅提升微生物菌剂的控病、促生效果. 该研究对烟草土传病害生物防治提供参考意义.

**关键词:** 烟草线虫病; 微生物菌剂; 有机肥; 生长

**中图分类号:** S435.72   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1007-1067(2021)02-0023-06

烟草根结线虫病是烟草的重要病害之一, 在我国西南地区, 尤其是四川凉山优质烟叶生产基地的会理、会东等地常年发生, 局部地区严重发生<sup>[1-3]</sup>. 同时, 根结线虫病会连带加重青枯病和黑胫病的发生, 每年因根结线虫危害引起的损失巨大, 严重制约烟叶生产的发展<sup>[4-6]</sup>. 由于其侵染的特殊性和危害的隐蔽性, 现有的防治措施难以取得理想的防治效果. 目前, 主要通过施用有机磷类化学农药、培育抗病品种、实施轮作、建立无病种苗基地等措施进行防治. 虽然化学杀线虫剂防效显著, 但其用药量较大, 防治成本高. 另一方面, 因其选择性差、残留风险高、不易降解、对人畜极不安全等问题, 导致化学杀线虫剂的使用范围受到严格的限制. 而且, 大量不合理的药剂使用容易对生态环境造成破坏, 引发土壤退化和抗药性增强, 防治更为困难. 因此, 生产上迫切需要经济、稳定、高效的防控技术.

随着绿色无公害理念深入人心, 生物防治已成为烟草根结线虫病治理的重要措施, 越来越引起人们的重视. 目前, 微生物防治根结线虫的难点在于如何保障微生物在田间长期存活、定殖以稳定发挥其控病作用. 由于凉山地区土壤湿度低, 烟草生长前期降雨少, 利用微生物防控根结线虫的限制性问题越发突出. 因此, 针对烟草根结线虫病害的微生物防控技术创新是当前烟叶产区的技术难题. 本研究旨在探究微生物菌剂与不同有机肥协同施用对烟草根结线虫病的影响, 明确能充分发挥和保障微生物防控烟草根结线虫效果的最佳施用方式, 以达到提高防治效率的目的.

① 收稿日期: 2020-03-03

基金项目: 凉山烟草线虫病害的监测预警及绿色防控技术研究与(202051340024416).

作者简介: 刘东阳, 学士, 中级农艺师, 主要从事烟草生产技术管理与指导工作. E-mail: 9038823@qq.com

通信作者: 江其朋, 硕士, 主要从事土壤微生物与植物互作研究. E-mail: Jiangqipeng201218@163.com

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用药剂和材料及其来源如表 1 所示。

表 1 试验药剂和材料

| 编号 | 药剂      | 药剂来源                |
|----|---------|---------------------|
| 1  | 根茎康复合菌剂 | 草木禾生态修复研究院          |
| 2  | 当地有机肥   | 四川省公司烟草公司凉山州公司会理县公司 |
| 3  | 猪粪有机肥   | 草木禾生态修复研究院          |
| 4  | 牛粪有机肥   | 草木禾生态修复研究院          |

### 1.2 试验场所

田间试验场所位于四川省凉山州会理县黎溪镇烟草种植单元新区, 试验地经纬度为 E 102°00.715', N 26°17.715', 海拔 1 780 m, 为线虫发病地块. 试验地烟苗采用漂浮育苗, 按相关技术标准进行统一大田管理, 移栽时间为 5 月 12 日, 烟草品种为中川 208.

### 1.3 试验设计

试验于烟苗移栽前开始进行, 共设 5 个处理(表 2), 每个处理 3 次重复, 共 15 个小区, 每个小区面积为 54 m<sup>2</sup>(约 80 株烟), 设置保护行, 总面积为 1 000 m<sup>2</sup>.

表 2 试验处理

| 处理 | 每 667 m <sup>2</sup> 药剂用量 | 处理时间及施用方法 |
|----|---------------------------|-----------|
| 1  | 根茎康 1 kg+当地有机肥 50 kg      | 烟苗移栽前, 窝施 |
| 2  | 根茎康 1 kg+猪粪有机肥 50 kg      | 烟苗移栽前, 窝施 |
| 3  | 根茎康 1 kg+牛粪有机肥 50 kg      | 烟苗移栽前, 窝施 |
| 4  | 根茎康 1 kg                  | 烟苗移栽前, 窝施 |
| 5  | 空白对照                      | —         |

### 1.4 试验调查方法

#### 1.4.1 烟株农艺性状调查

按《烟草农艺性状调查方法》(YC/T 142-2010)标准测定烟株团棵期和显蕾期的农艺性状, 主要包括烟株的株高、茎围、有效叶片数、最大叶长、最大叶宽, 根据公式(1)计算叶面积, 每小区测定烟株 10 株.

$$\text{叶面积}(\text{cm}^2) = 0.6345 \times \text{叶长}(\text{cm}) \times \text{叶宽}(\text{cm}) \quad (1)$$

#### 1.4.2 土壤性质检测

采集试验小区移栽前土壤, 检测土壤基本理化性质, 检测指标和方法如表 3 所示.

#### 1.4.3 根结线虫病病害调查

烟草病害发生情况按《烟草病虫害分级及调查方法》(GB/23222-2008)国家标准调查. 结合当地的病害发生特点, 主要对烟草根结线虫病进行调查, 调查每个小区的发病株数及发病级数, 分级标准如下所示.

生长期对地上部进行观察, 再拔根检查确证为根结线虫病后进行分级记载.

0 级: 植株生长正常;

1 级: 病株生长基本正常, 叶缘或叶尖部分变黄但不干尖;

3 级: 病株比健株矮 1/4 至 1/3, 或叶片轻度干尖、干边;

5 级: 病株比健株矮 1/3 至 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, 全部分叶片干尖、干边或有枯黄斑;

9 级: 植株严重矮化, 全株叶片基本干枯.

收获期检查并对根部进行分级.

- 0 级: 根部正常, 无可见根结;  
 1 级: 1/4 以下根上有少量根结;  
 3 级: 1/4 至 1/3 根上有少量根结;  
 5 级: 1/3 至 1/2 根上有根结;  
 7 级: 1/2 以上根上有根结, 少量次生根产生根结;  
 9 级: 所有根上, 包括次生根上亦长满根结.

病害调查可与测定烟草农艺性状同步进行. 根据根结线虫病的发生情况, 在发病初期开始调查, 每隔 5 d 调查 1 次, 连续调查 4 次以上, 根据公式(2)(3)(4)分别计算发病率、病情指数和防治效果.

$$\text{病株数}(\%) = \frac{\text{发病株数}}{\text{调查总株数}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{发病株数} \times \text{该病级代表值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{防治效果}(\%) = \frac{\text{对照病情指数} - \text{处理病情指数}}{\text{对照病情指数}} \times 100\% \quad (4)$$

表 3 土壤理化性质检测方法

| 编号 | 检测指标 | 检测方法                                  |
|----|------|---------------------------------------|
| 1  | pH 值 | 《高效土壤养分测试技术与设备》中国农业出版社, 2006 年版第七章第五节 |
| 2  | 有机质  | 《高效土壤养分测试技术与设备》中国农业出版社, 2006 年版第七章第一节 |
| 3  | 全氮   | HJ 717—2014                           |
| 4  | 全磷   | LY/T 1232—2015                        |
| 5  | 全钾   | NY/T 87—1988                          |
| 6  | 水解性氮 | LY/T1228—2015                         |
| 7  | 有效磷  | 《高效土壤养分测试技术与设备》中国农业出版社, 2006 年版第七章第二节 |
| 8  | 速效钾  | 《高效土壤养分测试技术与设备》中国农业出版社, 2006 年版第七章第二节 |
| 9  | 交换性钙 | 《高效土壤养分测试技术与设备》中国农业出版社, 2006 年版第七章第三节 |
| 10 | 交换性镁 | 《高效土壤养分测试技术与设备》中国农业出版社, 2006 年版第七章第三节 |
| 11 | 有效铁  | 通标公司检测方法                              |
| 12 | 有效铜  | 通标公司检测方法                              |
| 13 | 有效硼  | 《高效土壤养分测试技术与设备》中国农业出版社, 2006 年版第七章第三节 |

## 1.5 数据分析

采用 Excel 2013 对试验数据进行基本处理; 采用 SPSS 16.0 统计软件以独立样本 T 检验法 ( $\alpha = 0.05$ ) 进行差异分析; 采用 Origin 9.0 绘图.

## 2 结果与分析

### 2.1 试验地土壤基本理化性质

对试验地土壤 pH 值和养分质量分数进行测定(表 4), 参考全国第 2 次土壤普查推荐的分级标准, 黎溪试验地土壤 pH 值较低, 为 4.54, 属于酸性土壤; 土壤有机质质量分数极低, 仅为 3.70 g/kg, 属 6 级水平; 全氮质量分数偏低, 为 0.82 g/kg, 属 4 级水平; 有效磷和速效钾质量分数较高, 分别属 2 级(22.03 mg/kg)和 3 级水平(137.50 mg/kg).

表 4 试验地土壤 pH 值和养分

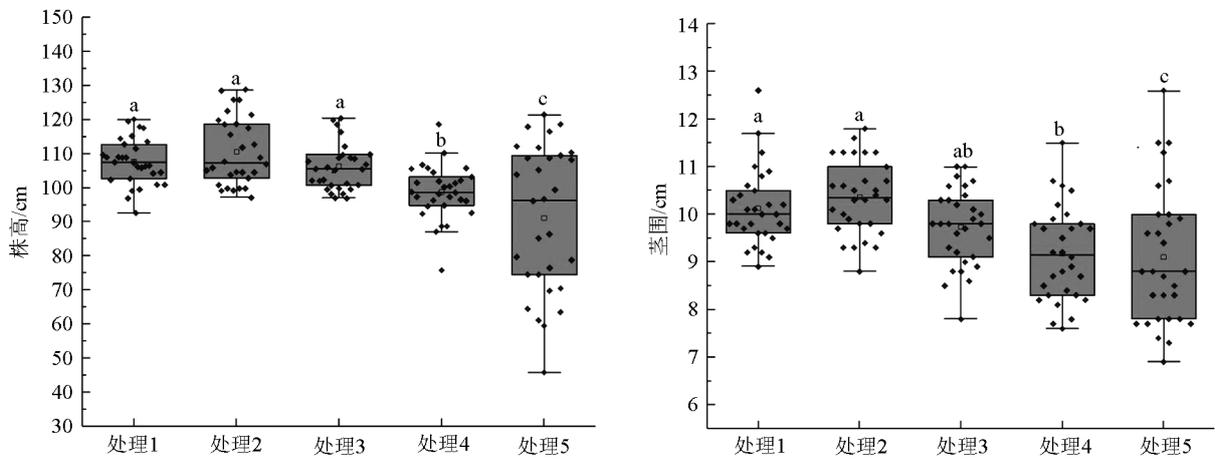
| pH 值      | 有机质/<br>g · kg <sup>-1</sup> | 全氮/<br>g · kg <sup>-1</sup> | 全磷/<br>g · kg <sup>-1</sup> | 全钾/<br>g · kg <sup>-1</sup> | 水解性氮/<br>mg · kg <sup>-1</sup> | 有效磷/<br>mg · kg <sup>-1</sup> | 速效钾/<br>mg · kg <sup>-1</sup> |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 4.54±0.13 | 3.70±0.49                    | 0.82±0.05                   | 1.16±0.10                   | 10.40±0.81                  | 31.28±9.19                     | 22.03±8.92                    | 137.50±22.68                  |

注: 表中数据为均值与均值标准误( $n=4$ ), 下同.

对土壤中主要微量元素的检测结果表明，土壤交换性钙(1 160 mg/kg)和交换性镁(210 mg/kg)质量分数较高，属于 1 级和 2 级水平；有效铁(31.61 mg/kg)和有效铜(3.04 mg/kg)质量分数均属于 5 级水平；有效硼质量分数为0.21 mg/kg，属于 2 级水平。

### 2.2 不同处理对旺长期烟草生长的影响

对不同处理旺长期烟草生长情况进行调查，结果看出，有机肥拌菌窝施处理后对烟株生长表现出一定的促进作用，主要表现为对烟株株高、茎围、有效叶数的提升效果，其中以根茎康与猪粪有机肥混合促生效果最好。旺长期，根茎康单施小区烟株株高均值为 98.73 cm，而空白对照组均值仅为 91.19 cm；根茎康和当地有机肥、猪粪有机肥及牛粪有机肥混合处理区株高分别为 107.70 cm，110.59 cm 和 106.37 cm，相对于根茎康单施和空白对照均有不同程度的提高；而根茎康单独处理高于与空白对照。根茎康单施烟株茎围均值为 9.18 cm，而空白对照组均值为 9.10 cm，根茎康与当地有机肥、猪粪有机肥、牛粪有机肥混合处理区茎围分别为 10.12 cm，10.36 cm 和 9.73 cm，均高于根茎康单施。根茎康+有机肥处理相对空白对照有较大幅度提高；而根茎康单独处理与空白对照茎围几乎没有差异(图 1、图 2)。



处理间不同小写字母表示差异有统计学意义( $p \leq 0.05$ ,  $n=30$ )，图 2、图 3 同。

图 1 不同药剂对田间烟草株高和茎围的影响

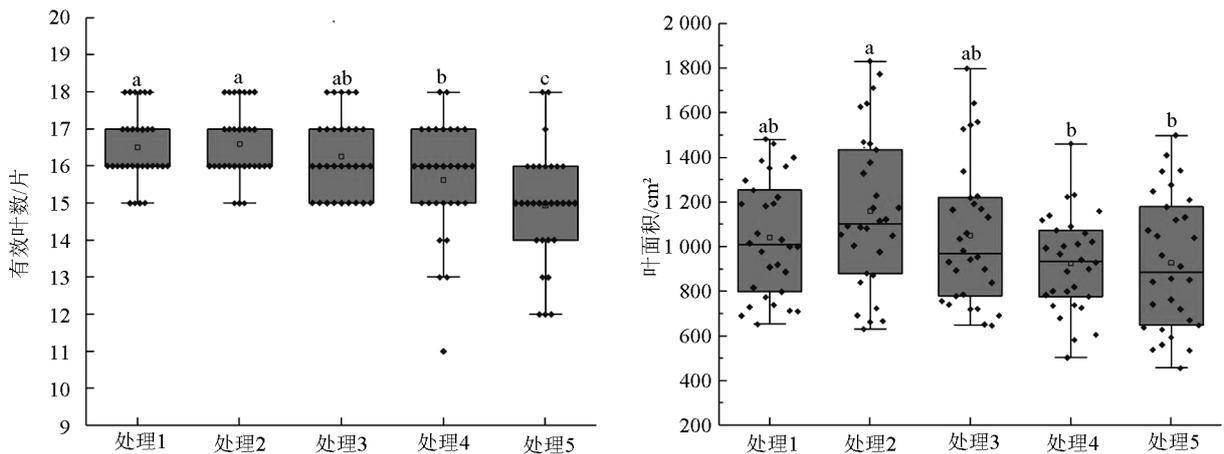


图 2 不同药剂对田间烟草有效叶片数和叶面积的影响

根茎康单施组烟株有效叶片数均值为 15.63 片，而空白对照组均值仅为 14.93 片；根茎康+当地有机肥和根茎康+猪粪有机肥处理区叶片数均值分别为 16.50 片和 16.60 片，相对于根茎康单施组分别提高了 5.54% 和 6.18%；但根茎康+牛粪有机肥处理(16.27 片)相对于根茎康单施组仅提升了 4.05%，差异无统计学意义。然而，3 种混配处理相对空白对照分别提升了 10.49%，11.16% 和 8.93%；根茎康单施处理相对空白对照提升了 4.69%。根茎康单施和空白对照组烟株叶面积均值没有明显差异。根茎康+猪粪有机肥处理

叶面积为  $1\,159.62\text{ cm}^2$ ; 根茎康与当地有机肥和牛粪有机肥混合处理对叶面积均无显著性促进作用(图2)。

### 2.3 不同处理对烟草根结线虫病的防治效果

试验地烟草根结线虫病随着烟株的生长呈不断加重趋势。发病后期(9月17日),空白对照田间烟草根结线虫发病率达45.83%,病情指数为15。采用病程进展曲线下面积对不同处理田间烟草根结线虫病的防控效果进行评估,结果如图3所示。结果表明,不同有机肥拌菌处理对烟草根结线虫的发生(发病率)和发展(病情指数)均有一定控制效果,防效从高到低依次为:根茎康与猪粪有机肥、当地有机肥、牛粪有机肥混合处理,整体防效分别为51.88%,58.31%和42.64%,根茎康单独施用对病害防治效果有限,仅为18.42%。因试验地发病分布不均匀,小区发病情况差异较大,各处理间病情进展曲线下面积差异无统计学意义(表5)。整体而言,根茎康和有机肥混合处理对根结线虫病具有明显控制作用,能预防其发生和减缓其发展,其中,根茎康与猪粪有机肥混合处理效果最佳,其次为当地有机肥。

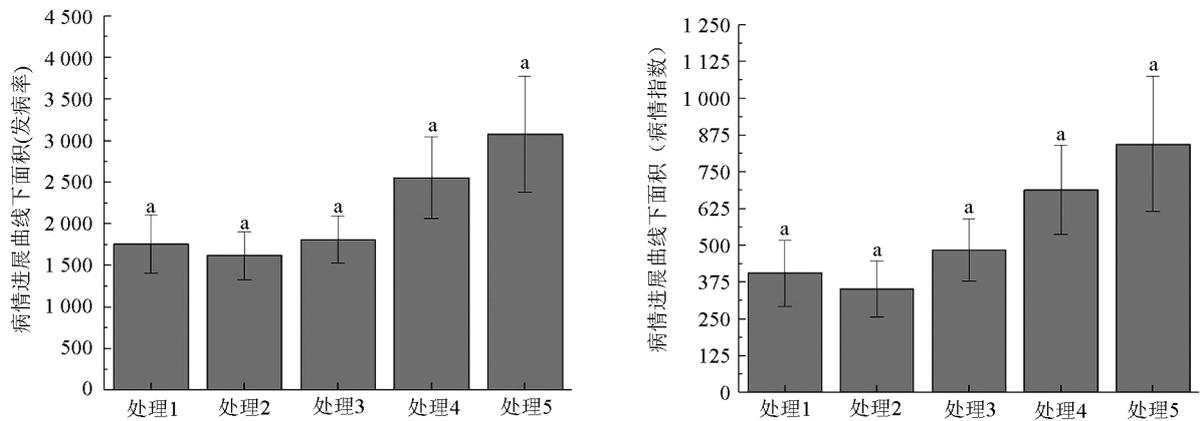


图3 不同处理后田间烟草根结线虫病情进展曲线下面积

表5 不同时期不同处理对烟草根结线虫病的防效

| 处理 | 6月1日     | 6月28日  | 7月24日   | 9月17日  | 整体防效  |
|----|----------|--------|---------|--------|-------|
| 1  | 83.33ab  | 61.19a | 57.93a  | 42.28a | 58.31 |
| 2  | 100.00a  | 71.64a | 62.20a  | 48.46a | 51.88 |
| 3  | 66.67abc | 52.24a | 46.34ab | 35.49a | 42.64 |
| 4  | 16.67bc  | 22.39a | 18.29ab | 17.90a | 18.42 |

注:表中数据为防效均值与均值标准误,同列数据后不同小写字母表示差异在5%水平有统计学意义,整体防效为病情进展曲线下面积计算所得。

## 3 结论

本研究发现,发病试验地土壤酸化程度较重,土壤平均pH值仅为4.54,土壤有机质和土壤全氮质量分数低,中微量元素充足,交换性钙、镁质量分数较高。

根茎康+猪粪有机肥、根茎康+当地有机肥、根茎康+牛粪有机肥混合处理对根结线虫病具有一定控制效果,且烟株长势明显优于空白对照。其中,根茎康+猪粪有机肥混合处理对根结线虫病有较好的控制效果,整体防效可达51.88%,且处理区烟株株高、茎围、有效叶数和叶面积在内的烟株农艺性状均显著优于空白对照区。而根茎康单独处理对病害防控和烟株生长促进的效果均不理想,整体防效仅为18.42%,表明根茎康与有机肥混合施用能显著提升其控病促生效果。

## 4 展望与建议

基于本研究的结果,对烟草根结线虫病发生机理研究以及防控措施提出以下几点展望和建议,希望对今后凉山地区烟草根结线虫病的防治有所裨益:

(1)进一步开展烟草根结线虫病发生机理研究,明确影响根结线虫病发生的土壤养分因子和微生物因子,为微生物在土壤中生长定殖和田间病害防控提供参考;

(2)进一步开展室内及田间小区试验,深入解析猪粪有机肥养分组成,筛选最佳有机肥及其田间用法、用量.同时,建议在今后当地有机肥的生产中适当添加部分猪粪有机肥.

(3)开展相关研究,探索土壤含水量对微生物的生长、定殖的影响及其对根结线虫病的控制效果.

#### 参考文献:

- [1] 陈瑞泰,朱贤朝.全国16个主产烟省(区)烟草侵染性病害调研报告[J].中国烟草科学,1997,18(4):1-7.
- [2] 莫熙礼,武华文,黄蔚,等.黔西南州烟草根结线虫初步调查[J].园艺与种苗,2016,36(3):18-19.
- [3] 施河丽,向必坤,左梅,等.恩施烟区烟草根结线虫发生与土壤理化性状的关系[J].中国烟草科学,2020,41(1):81-86.
- [4] 张宗锦,闫芳芳,孔垂旭,等.烤烟菽麻间作对烟草根结线虫防效及烟叶产质量的影响[J].中国烟草科学,2019,40(2):52-56.
- [5] 朱斌,王军,乔永信.陕南烟草根结线虫病发病规律研究初报[J].陕西农业科学,2005,51(1):6-8,40.
- [6] 徐兴阳,杨艳梅,端永明,等.昆明烤烟种植区根结线虫种类的初步鉴定[J].云南农业大学学报(自然科学),2017,32(5):947-951.

## Study on the Synergistic Effects of a Microbial Agent Agents and Different Organic Fertilizers on the Control of Tobacco Root-Knot Nematode Disease

LIU Dong-yang<sup>1</sup>, JIANG Lian-qiang<sup>1</sup>, CHEN Shu-hong<sup>2</sup>, LUO Zu-hua<sup>2</sup>,  
WEN Guan-fu<sup>2</sup>, YIN Peng-tao<sup>3</sup>, DING Meng<sup>3</sup>, JIANG Qi-peng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>. Liangshan Prefecture Branch of Sichuan Tobacco Company, Xichang Sichuan 615000, China;

<sup>2</sup>. Huili County Branch of Sichuan Tobacco Company, Huili Sichuan 615100, China;

<sup>3</sup>. School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

**Abstract:** Tobacco root knot nematode is a most important soil-borne tobacco disease in China. In recent years, it has occurred seriously in southwest China, especially in Liangshan Prefecture of Sichuan Province. A field experiment was made to evaluate the effect of Genjingkang, a microbial agent, mixed with different organic fertilizers on the control of tobacco root-knot nematode disease. The results showed that this technology could control the occurrence of tobacco nematode disease and promote the growth of tobacco plants. A mixture of Genjingkang with pig excrement manure had the best effect for controlling the disease, the control efficiency of which was about 58.31%. The control efficiency of Genjingkang mixed with local manure was 51.88%. The above results are believed to be able to provide reference for the biological control of soil-borne tobacco diseases.

**Key words:** tobacco root-knot nematode; microbial agent; organic fertilizer; growth