

# 玫瑰黄链霉菌菌糠发酵物对蔬菜根结线虫病的防治

刘海涛<sup>1</sup>, 耿绍阳<sup>1</sup>, 孙晓红<sup>2</sup>, 韩兴<sup>2</sup>, 孟庆芳<sup>1</sup>, 李亚宁<sup>1\*</sup>, 刘大群<sup>1,3\*</sup>

(1. 河北农业大学植物保护学院/河北省农作物病虫害生物防治工程技术研究中心/国家北方山区农业工程技术研究中心, 河北保定 071001; 2. 北京市农林科学院农业生物技术研究中心, 北京 100081; 3. 中国农业科学院研究生院, 北京 100081)

**摘要:** 针对玫瑰黄链霉菌 Men-myco-93-63 菌糠发酵物的生防效果进行研究和评价。通过温室黄瓜盆栽试验和京郊西瓜、豇豆的田间试验, 检测该生防菌发酵物对蔬菜根结线虫病的防治效果及对植株促生效果和对果实品质的影响。结果表明: 温室药效试验中, 玫瑰黄链霉菌发酵物对黄瓜根结线虫病的防治效果为 29.41%; 田间药效试验中, 玫瑰黄链霉菌发酵物对西瓜根结线虫病的防治效果为 14.29%; 对豇豆根结线虫病的防治效果为 14.81%。田间施用玫瑰黄链霉菌菌糠发酵物后, 对西瓜植株有明显的促生作用, 一茬瓜在单果重方面与对照差异显著, 且比对照提高 18.03%, 豇豆产量比对照增产 10.20%。本文为玫瑰黄链霉菌 Men-myco-93-63 微生物菌肥的研发和应用提供参考依据。

**关键词:** 玫瑰黄链霉菌 Men-myco-93-63; 菌糠; 固态发酵; 根结线虫病; 生物防治

中图分类号: S476

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)02-0069-06

## Control of Fermentation of *Streptomyces roseoflavus* Based on Mushroom Bran against Vegetable Root Knot Nematode Disease

LIU Haitao<sup>1</sup>, GENG Shaoyang<sup>1</sup>, SUN Xiaohong<sup>2</sup>, HAN Xing<sup>2</sup>, MENG Qingfang<sup>1</sup>, LI Yaning<sup>1\*</sup>, LIU Daqun<sup>1,3\*</sup>

(1. College of Plant Protection, Hebei Agricultural University/Biological Control Center of Plant Diseases and Plant Pests of Hebei Province/National Engineering Research Center for Agriculture in Northern Mountainous Areas, Baoding 071001; 2. Agricultural Biotechnology Research Center, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100081; 3. Graduate School, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In this paper, the biological control effect of fermentation of *Streptomyces roseoflavus* Men-myco-93-63 based on mushroom bran was studied and evaluated. The controlling effects of fermentation of biocontrol bacteria on vegetable root knot nematode and its effects on promoting effect and fruit quality of plants were evaluated in the pot experiment of cucumber in greenhouse and field test of watermelon and cowpea in Beijing suburb field. The results showed that in the greenhouse efficacy test, the control effect of *Streptomyces roseoflavus* fermentation on cucumber root knot nematode disease was 29.41%. In the field efficacy test, the control effect of *Streptomyces roseoflavus* fermentation on watermelon root-knot nematode disease was 14.29%, and that of cowpea root-knot nematode disease was 14.81%. After the application of *Streptomyces roseoflavus* mushroom bran fermentation in the field, the growth of watermelon plants was obviously promoted. The single fruit weight of melon was significantly different from that of the control, and the yield of cowpea was increased by 18.03% and 10.20% compared with the control. This paper provides an important reference basis for the research and application of *Streptomyces roseoflavus* Men-myco-93-63 microbial fertilizer.

**Key words:** *Streptomyces roseoflavus* Men-myco-93-63; Mushroom bran; Solid state fermentation; Root knot nematode disease; Biocontrol

收稿日期: 2019-11-03

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201100); 河北省现代农业产业技术体系创新团队(HBCT2018060204)

作者简介: 刘海涛(1993-), 男, 在读硕士, 研究方向为植物病害生物防治。

通讯作者: 李亚宁, 女, 博士, 教授, E-mail: yaning22@163.com

刘大群, 男, 博士, 教授, E-mail: liudaqun@caas.cn

根结线虫病是世界性土传病害,其病原物为线虫门(Nematoda),垫刃目(Tylenchida),异皮科(Heteroderidae),根结线虫属(Meloidigyne)<sup>[1]</sup>。根结线虫多通过植物根部的根尖区域侵入,侵入植物组织后开始分泌其食道腺分泌物,刺激寄主组织形成多核巨型细胞,从而在寄主根部产生大量根结,使水分以及各种营养不能够正常运输到植株的各个部位,抑制茎干的生长,使植株矮小变弱,叶部营养供应不足使叶片发黄,降低作物产量<sup>[2]</sup>。根结线虫寄主广泛,几乎可以危害所有的栽培作物,其寄主超过3 000种,危害遍及粮食作物以及蔬菜等,特别是侵染茄科、葫芦科、十字花科等植物最为严重。植物线虫病每年给全球农业造成大约1 500亿美元的经济损失<sup>[3]</sup>,危害程度仅次于真菌类病害。每年在蔬菜生产上因为根结线虫危害所造成的减产达15%~25%,危害严重的高达70%以上,造成巨大的经济损失。1967~1968年,美国由于根结线虫危害造成24种蔬菜平均减产10%,经济损失约合人民币14亿元<sup>[4]</sup>。随着北方地区温室大面积推广,以及易感作物的连年种植,导致根结线虫病的发生频率和为害程度越来越重<sup>[5]</sup>。

目前对蔬菜根结线虫病的防治常采用农业防治<sup>[6]</sup>、化学防治<sup>[7]</sup>和生物防治<sup>[8]</sup>等方法。蔬菜根结线虫病的防治现阶段主要通过化学防治,但化学农药的使用引起的环境污染和农药残留问题日益严重,也会使蔬菜线虫容易产生抗药性<sup>[9]</sup>。生物技术防治根结线虫病是生产绿色产品蔬菜的大势所趋<sup>[10]</sup>。玫瑰黄链霉菌 Men-myco-93-63 是河北农业大学植物病害生物防治与分子植物病理学实验室从马铃薯疮痂病自然衰退土壤中分离得到的一种广谱性生防放线菌<sup>[11]</sup>。前期研究中,魏学军<sup>[12]</sup>在对蔬菜根结线虫拮抗菌筛选时发现 Men-myco-93-63 发酵液对蔬菜根结线虫具有抑制作用;王志朴<sup>[13]</sup>证实该菌株发酵液可以有效降低线虫对甘薯汁液的趋化性,对薯块具有保护作用;张艳杰等<sup>[14]</sup>证明 Men-myco-93-63 具有较强的产蛋白酶和胶原蛋白酶能力,以及产生丝氨酸蛋白酶的能力,其发酵液中蛋白酶活力达到473 U/mL,其孢悬液、发酵液、发酵滤液以及粗酶液对南方根结线虫二龄幼虫的相对致死率均可达到70%以上,温室与田间试验证明其发酵液能有效防治番茄和黄瓜根结线虫病。在 Men-myco-93-63 固态发酵条件和抗线虫相关制剂研制方面,郝春英<sup>[15]</sup>检测该生防菌在麦麸、米糠、玉米秸粉等12种单

一固体基质上的产孢情况,筛选出大米+米糠,大米+高粱两种组合较适宜产孢的营养基质,并发现添加1.0%葡萄糖、2.0%蛋白胍、0.1%的Ca<sup>2+</sup>可提高链霉菌产孢量;赤国彤等<sup>[16]</sup>对菌株产生的抗生素进行提取纯化并制备乳油和聚醋酸乙烯酯(白乳胶)颗粒剂,对蔬菜根结线虫都具有较好的抑制作用;王成顺<sup>[17]</sup>制备该生防菌的生物有机肥,并发现其对黄萎病和线虫病有较好的防效。

中国是食用菌生产大国,菌糠是食用菌生产中残余的基质,平均生产1 kg食用菌大约产生5 kg菌糠<sup>[18]</sup>。菌糠中含有大量的粗纤维、木质素、蛋白质、氨基酸、碳水化合物以及各种微量元素<sup>[19]</sup>,具有营养丰富均衡,表面疏松多孔,表面积大等特点,适合作为微生物菌肥的发酵基质。长期以来,菌糠一直作为废弃物扔掉,近些年开始利用菌糠还田育苗,变废为宝<sup>[20]</sup>。朱小平等<sup>[21]</sup>利用细菌、放线菌与菌糠制备菌糠复合剂培养不结球白菜,发现能促进其生长和产量的增加;刘冉等<sup>[22]</sup>将未腐熟的黑木耳菌糠作为载体,接种多种芽孢杆菌制备微生物菌肥,发现其能够显著提高小白菜根长、根系活力和产量;沈莹等<sup>[23]</sup>以双孢菇菌糠为载体接种巨大芽孢杆菌、光合细菌、乳酸菌等8种有益菌制备微生物菌肥,提高油菜、白菜等叶菜类的品质;黄素萍<sup>[24]</sup>将菌糠有机肥用于黄瓜枯萎病的生物防治,发现其可延缓黄瓜枯萎病的发病时间和病情发展,提高黄瓜抗枯萎病能力。近年来,本实验室研制 Men-myco-93-63 以菌糠为基质的固态发酵物(数据未发表),为检测和评价该固态发酵物的防病和促生效果,本研究进行玫瑰黄链霉菌 Men-myco-93-63 菌糠发酵物防治根结线虫病的温室和田间药效试验,为 Men-myco-93-63 微生物菌肥的研发及应用提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

玫瑰黄链霉菌固态发酵物由玫瑰黄链霉菌(*Streptomyces roseoflavus*) Men-myco-93-63(河北农业大学植物保护学院生物防治实验室保存)和食用菌菌糠(北京市农林科学院孙晓红老师提供)研制而成(数据未发表)。

温室盆栽药效试验在河北农业大学植物保护学院生防实验室温室进行,供试品种为黄瓜“津育一号”。按照固体发酵物施用量不同设置6个处理,每个处理设置15次重复。处理1:健康土对照;处理2:病土对照;处理3:玫瑰黄链霉菌发酵

物与病土体积比 1:100;处理 4:玫瑰黄链霉菌发酵物与病土体积比 1:200;处理 5:玫瑰黄链霉菌发酵物与病土体积比 1:300;处理 6:玫瑰黄链霉菌发酵物与病土体积比 1:400。

田间药效试验在北京市大兴区庞各庄镇李家巷村大棚进行,该棚根结线虫病易感作物连作多年,前茬根结线虫病发生十分严重,且整个棚室发病均匀。2017年7~11月供试品种为豇豆(“天宝王”,江西博王种业有限公司),2018年3~7月供试品种为西瓜“L600”,试验地均以鸡粪为底肥(施用量:2 m<sup>3</sup>/667 m<sup>2</sup>),设置4个处理,每个小区面积 15 m<sup>2</sup>,每个处理3个重复。处理 1:玉米芯菌肥(1:200)(本实验室研制,数据未发表);处理 2:玫瑰黄链霉菌发酵物(1:200);处理 3:淡紫拟青霉颗粒剂(2 kg/667 m<sup>2</sup>);处理 4:对照(CK)。上述各处理药剂均在植株定植前整地时施入。

## 1.2 试验方法

温室试验中,在黄瓜定植 45 d 后观察并记录各个处理黄瓜根结情况,计算病情指数和防效。田间试验中,在豇豆定植 30 d 后观察各小区植株长势情况,进行安全性调查;同时进行生长势的调查,从每个小区随机调查 10 株,分别测量植株的茎粗、株高,测量结果取平均值,分析各处理对豇豆生长势的影响;在豇豆采收期分小区记录产量,分析各处理对豇豆产量的影响;采收期结束后,每个小区随机挖取 10 株,观察根结情况,对其进行分级并计算根结指数和防效。在西瓜定植 30 d 后通过观察西瓜苗长势,调查各个处理对西瓜苗生长的安全性,如有发生药害烧苗等现象详细记录症状以及后期的恢复情况。同时从每个小区随机选取 10 株,对茎粗、主蔓长进行测量,测量结果每个小区取平均值,分析各处理对西瓜植株生长势的影响;从各小区随机选取 10 株植株,在各株相同位置(主蔓根部以上第 3~5 片叶)的叶片,利用叶绿素含量测定仪测定叶绿素 SPAD 值<sup>[25]</sup>;分别于西瓜第一茬,第二茬瓜成熟的时候,从每个小区随机取 5 颗瓜,测定单果重、中心糖度以及边缘糖度,每个小区测得结果取平均值,分析各处理对西瓜品质的影响;在西瓜拉秧时,每个小区随机挖取 10 株,取根部观察根结情况并对根结进行分级,计算各处理的病情指数以及防效。

具体根结分级标准为:0级,无可见根瘤或卵块;1级,根瘤总长度占总根长度的 1%~25%;2级,根瘤总长度占总根长度的 26%~50%;3级,根

瘤总长度占总根长度的 51%~75%;4级,根瘤总长度占总根长度的 76%~100%。

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各级植株数} \times \text{该级代表值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高级代表值}} \times 100\%$$

$$\text{防效} = \frac{\text{对照根结指数} - \text{处理根结指数}}{\text{对照根结指数}} \times 100\%$$

用下列方式记录药害情况:

(1)如果药害的程度能够被测量或者计算,要用绝对值表示,例如株高。(2)记录每个小区的药害情况,以-,+,++,+++,++++表示。 -:没有发生药害;+:药害程度小,不会影响西瓜正常生长;+:药害程度中度,后期可以恢复,不会造成西瓜减产;+++ :药害程度重度,无法恢复,影响植株正常生长,对西瓜产量和质量造成一定程度的损失;++++ :药害情况严重,作物生长明显受阻,西瓜产量和质量损失严重。

将各个处理小区与CK比较,确定药害具体情况。同时,调查过程中详细描述西瓜的药害症状,例如是否矮化、畸形等。

## 1.3 数据处理

数据利用 Microsoft Excel 2016 软件记录并处理,制作图表,并用 SPSS 软件采用一般线性模型进行方差和显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 温室药效试验

从表 1 可知,温室试验中,各处理在施用玫瑰黄链霉菌发酵物后,对黄瓜根结线虫病均有一定的防治效果,施用比例为 1:100 和 1:200 对根结线虫的防治效果较好,两者差异不显著,分别为 29.41% 和 23.52%。根据发酵物的用量、发酵成本以及对根结线虫病的防治效果进行综合考虑,在之后的田间药效试验中,采取 1:200 的施用量。

表 1 温室药效试验结果

项目	1:100	1:200	1:300	1:400	CK
病情指数	60b	65b	80a	80a	85a
相对防效(%)	29.41	23.52	5.88	5.88	-

注:同行不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同

### 2.2 田间药效试验

#### 2.2.1 西瓜田间安全性调查

各处理药剂的施用均在西瓜整地定植前进行,在西瓜移栽定植后 30 d 进行安全性调查。通过表 2 调查结果来看,各处理均对西瓜安全,没有产生药害。

表2 安全性调查记录表

项目	玉米芯菌肥	玫瑰黄链霉菌发酵物	淡紫拟青霉	菌糠	对照(CK)
药害情况	-	-	-	-	-

注：“-”表示没有发生药害，下同

### 2.2.2 玫瑰黄链霉菌发酵物对西瓜的促生效果

由表3可知，玉米芯菌肥、玫瑰黄链霉菌发酵物、淡紫拟青霉和菌糠4个处理的植株茎粗与CK

表3 田间试验中西瓜的生长情况

项目	玉米芯菌肥	玫瑰黄链霉菌发酵物	淡紫拟青霉	菌糠	对照(CK)
茎粗(mm)	8.54a	8.90a	8.88a	8.75a	8.51a
株高(cm)	59.37ab	70.73a	70.13a	63.96ab	61.97ab

相比无显著性差异，所以 Men-myco-93-63 发酵物对西瓜植株生长安全但无明显的促生作用。

### 2.2.3 玫瑰黄链霉菌发酵物对西瓜果实品质的影响

分别于一、二茬瓜采收时对西瓜的果实品质做单果质量、中心糖度以及边缘糖度测定。从表4可知，施用 Men-myco-93-63 发酵物的处理，虽然一茬瓜的中心糖度与对照相比无显著性差异，但是在单果质量上显著优于对照，达到 2.16 kg，比对照提高 18.03%，且与其他处理相比差异显著；二茬瓜各处理商品性整体保持良好，并且发酵物处理的西瓜中心糖度与该处理一茬瓜中心糖度无显著性差异。由此表明，玫瑰黄链霉菌发酵物的施用可以显著提高西瓜一茬瓜的单果质量，从而提高产量；持续改善果实品质，保障二茬瓜的商品性。

表4 果实品质的测定

项目	玉米芯菌肥	玫瑰黄链霉菌发酵物	淡紫拟青霉	菌糠	对照(CK)
一茬瓜单果质量(kg)	1.88b	2.16a	1.89b	1.84c	1.83c
一茬瓜中心糖度(%)	11.23a	11.61a	11.58a	11.70a	11.23a
一茬瓜边缘糖度(%)	9.70c	10.93a	10.52ab	10.70ab	10.14bc
二茬瓜单果质量(kg)	1.80d	1.77e	1.87c	2.21a	2.09b
二茬瓜中心糖度(%)	9.77b	10.30ab	10.87a	10.90a	11.20a
二茬瓜边缘糖度(%)	9.33d	9.47c	10.17b	9.20e	10.30a

### 2.2.4 玫瑰黄链霉菌发酵物对西瓜叶绿素 SPAD 值的影响

叶绿素是作物有机物积累的一项重要指标，目前常用便携式 SPAD-502 叶绿素仪测定叶绿素 SPAD 值来反映叶绿素的含量<sup>[25]</sup>，由表5可以看出，施用 Men-myco-93-63 发酵物的处理叶绿素 SPAD 值并没有显著优于其他处理，但是与单独施用菌糠的处理相比效果显著，说明 Men-myco-93-63 发酵物对西瓜植株叶绿素合成具有一定的促进作用。淡紫拟青霉处理是采用商品化的生物杀线虫药剂，植株得病轻，长势不错，叶片得以伸展良好，叶绿素 SPAD 值比较高。对照处理由于靠近大棚边缘，通风光照不错，也间接促使植株长势好，叶片发育良好，叶绿素 SPAD 值也较高。

表5 叶绿素 SPAD 值测定

项目	玉米芯菌肥	玫瑰黄链霉菌发酵物	淡紫拟青霉	菌糠	对照(CK)
SPAD 值	79.04c	77.00d	92.04a	71.16e	91.01b

### 2.2.5 玫瑰黄链霉菌发酵物对西瓜根结线虫的防治效果

从表6可以看出，淡紫拟青霉对西瓜根结线虫的防治效果最好，达到 35.71%，其次是玉米芯菌肥为 21.43%，虽然 Men-myco-93-63 发酵物的防效只有 14.29%，但是田间调查中发现施用玫瑰黄链霉菌发酵物处理的西瓜植株在持绿期上与淡紫拟青霉以及玉米芯菌肥处理的相当，并且都优于对照。菌糠实际成本远低于玉米芯，所以玫瑰黄链霉菌发酵物比玉米芯菌肥有更大的应用前景。发酵物虽然在防治效果上与其他处理还有一定的差距，但可以提高西瓜植株持绿期，使其抗病能力增强，防止西瓜因受根结线虫病或其他病害危害而发生早衰。淡紫拟青霉是商品化的生物杀线

表6 西瓜根结线虫病田间药效试验结果

项目	玉米芯菌肥	玫瑰黄链霉菌发酵物	淡紫拟青霉	菌糠	对照(CK)
病情指数	30.56d	33.33c	25.00e	37.50b	38.89a
相对防效(%)	21.43	14.29	35.71	18.18	-

虫剂,在本次试验中,防效远没有达到其商品化预期效果的50%,可能原因是试验地常年患有线虫病,并且易感病的瓜菜如豇豆和西瓜连作种植,致使田间虫源基数庞大。

### 2.2.6 豇豆田间安全性调查

豇豆定植30 d后进行安全性调查,从表7调查结果来看,各处理均表现对豇豆安全,无药害烧苗情况发生。

表7 安全性调查记录表

项目	玉米芯菌肥	玫瑰黄链霉菌发酵物	淡紫拟青霉	菌糠	对照(CK)
药害情况	-	-	-	-	-

### 2.2.7 玫瑰黄链霉菌发酵物对豇豆的促生效果

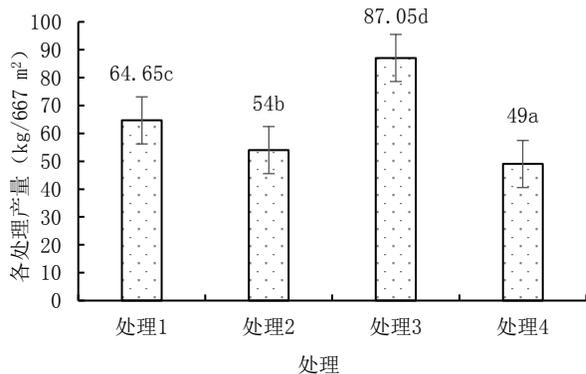
由表8可知,虽然各处理调查植株对应茎粗平均值整体优于对照,但是总体差异不显著;株高方面,玉米芯菌肥处理和淡紫拟青霉处理显著优于对照,且淡紫拟青霉处理的株高显著优于其他处理,玫瑰黄链霉菌发酵物处理的株高与对照相比无显著性差异。

表8 田间试验中豇豆的生长情况 cm

项目	玉米芯菌肥	玫瑰黄链霉菌发酵物	淡紫拟青霉	菌糠	对照(CK)
株高	198.70bc	188.60ab	209.50c	152.03a	176.70a
茎粗	6.11a	5.55a	5.84a	4.78a	5.43a

### 2.2.8 玫瑰黄链霉菌发酵物对豇豆产量的影响

由图1可知,各处理产量均优于对照。施用淡紫拟青霉的处理增产效果最为明显,比对照增产77.65%;其次分别为玉米芯菌肥以及玫瑰黄链霉菌发酵物,分别增产31.94%和10.20%。说明玫瑰黄链霉菌发酵物的施用对豇豆有增产作用。



注:处理1为玉米芯菌肥;处理2为玫瑰黄链霉菌的发酵物;处理3为淡紫拟青霉;处理4为对照

图1 田间试验中各处理的豇豆产量

### 2.2.9 玫瑰黄链霉菌发酵物对豇豆根结线虫的防治效果

豇豆根结线虫病的田间防效结果如表9所示,淡紫拟青霉防效最好,达到57.41%,其次是玉米芯菌肥以及玫瑰黄链霉菌发酵物,防效分别为16.67%和14.81%。

表9 豇豆根结线虫病田间药效试验结果

项目	玉米芯菌肥	玫瑰黄链霉菌发酵物	淡紫拟青霉	对照(CK)
病情指数	75.00b	76.67b	38.33c	90.00a
相对防效(%)	16.67	14.81	57.41	-

## 3 结论与讨论

玫瑰黄链霉菌 Men-myc-93-63 菌糠发酵物对根结线虫病具有一定防治效果,温室黄瓜试验中防效为29.41%,西瓜与豇豆根结线虫病的田间防效分别为14.29%和14.81%,并能延长西瓜的持绿期长达4个多月(从3月6日~7月12日),提高西瓜对根结线虫病的耐受性。在单果重上显著优于对照,达到2.16 kg,比对照提高18.03%,使得二茬瓜产量保持在500 kg/667 m<sup>2</sup>,是一茬瓜产量的20%,保障二茬瓜的质量和产量。玫瑰黄链霉菌发酵物的施用对植株生长安全,且增产效果明显。在防治豇豆根结线虫病的田间试验中,施用玫瑰黄链霉菌的发酵物使豇豆增产10.20%。

玫瑰黄链霉菌发酵物对根结线虫的防治效果与目前生产上使用的淡紫拟青霉颗粒剂还有一定的差距,但生防链霉菌施入土壤中,可以调节根部微生态环境、抑制土传病害的发生发展<sup>[26]</sup>,且从田间应用成本上来说,玫瑰黄链霉菌发酵物具有明显的优势,具备进一步开发的潜力。造成本研究防治效果偏低的可能原因:一是由于玫瑰黄链霉菌发酵物的活菌数量偏低,田间施用量比较少,且田间虫口基数比较大;二是由于发酵物中没有添加其他营养成分,后期造成发酵物中部分菌体死亡;三是田间试验年份差异大,需要进行多次试验才能更准确地评价其防治效果。在今后的田间试验中可以采取定植前施入一次发酵物加生长期追施一次的方式来提高其抗病增产的效果,同时不仅要优化对固态发酵条件,还要对发酵物的保存方法进行研究,使其对根结线虫病的防效更持久。

生物防治是在不完全杀死病原物的前提下对病害的控制。在根结线虫病药效试验中对生长期

植株根部调查时发现,施用淡紫拟青霉、玉米芯菌肥以及玫瑰黄链霉菌发酵物的处理,根部都会有根结存在,不能完全杜绝根结线虫的侵染,植株都属于带结生长,玫瑰黄链霉菌发酵物可以显著提高西瓜植株的叶绿素 SPAD 值,延长西瓜植株的持绿期,增强西瓜植株对根结线虫病的耐病性,保障二茬瓜的商品性与产量,使农民增收;果实品质方面 Men-myco-93-63 菌糠发酵物的施用提高西瓜的中心糖度,使西瓜品质得以保证。

### 参考文献:

- [ 1 ] 刘维志. 植物线虫志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 216-255.
- [ 2 ] 王延红. 南方根结线虫的生物学习性及对黄瓜生长的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2014.
- [ 3 ] 张雅涵. 黄瓜根结线虫取食位点早期形成相关 *WRKY* 基因的分离与分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- [ 4 ] Koenning S R, Overstreet C, Noling J W, et al. Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994[J]. *Journal of Nematology*, 1999, 31(4S): 587-618.
- [ 5 ] 马 灿, 王明友. 设施番茄连作对土壤理化性状、微生物数量及病虫害的影响[J]. *吉林农业科学*, 2014, 39(4): 22-25.
- [ 6 ] 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.
- [ 7 ] 李云乐, 白凤珍, 王美玉, 等. 温室蔬菜根结线虫病高效防治技术[J]. *中国蔬菜*, 2010(7): 22.
- [ 8 ] 霍建飞, 刘春艳, 郝永娟, 等. 植物寄生线虫生物防治研究进展[J]. *蔬菜*, 2010(6): 30-34.
- [ 9 ] 任金平, 郭晓莉, 王继春, 等. 防治稻瘟病化学农药与生物农药协调应用技术的研究[J]. *吉林农业科学*, 2004, 29(2): 23-24.
- [ 10 ] 张志臣. 蔬菜根结线虫病的生物防治实用技术[J]. *吉林蔬菜*, 2017(10): 20.
- [ 11 ] 刘大群, 肖 琨, 库特琳达, 等. 利用拮抗链霉菌防治植物病害(英文)[J]. *河北农业大学学报*, 1997(3): 1-15.
- [ 12 ] 魏学军. 蔬菜根结线虫生防菌的筛选与鉴定[D]. 保定: 河北农业大学, 2004.
- [ 13 ] 武志朴. 链霉菌 Men-myco-93-63 防治甘薯茎线虫病初步研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2005.
- [ 14 ] 张艳杰, 魏学军, 寇宏达, 等. 玫瑰黄链霉菌 Men-myco-93-63 抗南方根结线虫相关酶活性及其防效[J]. *西北农业学报*, 2013, 22(4): 184-190.
- [ 15 ] 郝春英. 生防链霉菌 Men-myco-93-63 固态发酵条件初步研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2008.
- [ 16 ] 赤国彤, 李亚宁, 李 星, 等. 链霉菌水剂对草莓连作障碍的控制效果[J]. *贵州农业科学*, 2012(3): 127-129.
- [ 17 ] 王成顺. 玫瑰黄链霉菌 Men-myco-93-63 生物有机肥的研制及其抗病促生效果初探[D]. 保定: 河北农业大学, 2017.
- [ 18 ] Paredes C, Medina E, Moral R, et al. Characterization of the Different Organic Matter Fractions of Spent Mushroom Substrate [J]. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 2009, 40(1/6): 150-161.
- [ 19 ] 陈君琛, 沈恒胜, 汤葆莎, 等. 食用菌菌糠再利用技术研究[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(11): 410-412.
- [ 20 ] 任爱梅, 李建宏, 谢 放, 等. 用食用菌渣等废料配制新型蔬菜育苗基质的研究[J]. *吉林农业科学*, 2013, 38(1): 67-69.
- [ 21 ] 朱小平, 刘 微, 高书国, 等. 菌糠复合剂对不结球白菜生长发育及产量的影响[J]. *河北科技师范学院学报*, 2006, 2(3): 7-11.
- [ 22 ] 刘 冉, 董 莎, 姚志超, 等. 黑木耳菌糠有机肥的制备及肥效研究[J]. *东北农业科学*, 2018, 43(6): 20-24.
- [ 23 ] 沈 莹, 高 强, 时 超, 等. 双孢菇菌糠微生物菌肥对叶菜品质的影响[J]. *黑龙江农业科学*, 2014(12): 55-58.
- [ 24 ] 黄素萍. 菌渣有机肥对黄瓜枯萎病的防控研究[D]. 桂林: 广西大学, 2012.
- [ 25 ] 陈百翠, 魏峭嵘, 石 瑛, 等. SPAD 值在马铃薯氮素营养诊断和推荐施肥中的研究与应用[J]. *吉林农业科学*, 2014, 39(4): 26-30, 38.
- [ 26 ] 徐美娜, 王光华, 靳学慧. 土传病害生物防治研究进展[J]. *吉林农业科学*, 2005, 30(2): 39-42.

(责任编辑: 王 昱)