

娄天成,左 杨,张心宁,等. 杀菌剂咯菌腈对根腐病的室内毒力测定和田间防治效果[J]. 江苏农业科学,2021,49(11):80–84.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2021.11.014

# 杀菌剂咯菌腈对根腐病的室内毒力测定和田间防治效果

娄天成<sup>1</sup>,左 杨<sup>2</sup>,张心宁<sup>3</sup>,余文杰<sup>1,2</sup>,孙 凯<sup>2</sup>,刘永锋<sup>2</sup>,刘卮洲<sup>1,2</sup>

(1. 南京农业大学植物保护学院,江苏南京 210095; 2. 江苏省农业科学院植物保护研究所,江苏南京 210014;

3. 江苏省徐州市睢宁县农业农村局,江苏睢宁 221200)

**摘要:**根腐病是生产中的一种重要的土传真菌病害,为明确药剂咯菌腈对根腐病的防效,给生产上提供合理有效的用药方案。采用室内离体试验和田间小区试验相结合的方式,进行 25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂对根腐病的室内毒力测定和田间防效试验。结果表明,咯菌腈对病原菌立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)和高粱镰孢菌(*Fusarium andiyazi*)菌丝生长的抑制作用较强,对禾谷镰孢菌(*Fusarium graminearum*)和尖孢镰孢菌(*Fusarium oxysporum*)菌丝生长的抑制作用次之,对层出镰孢菌(*Fusarium proliferatum*)菌丝生长无抑制作用。在 25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂按照使用剂量 200、400、600 g/100 kg 种子进行大豆根腐病的防治试验中,出苗后 10 d,对大豆根腐病的防效为 75.60%~90.58%;出苗后 30 d,对大豆根腐病的防效为 69.61%~84.43%;出苗后 60 d,对大豆根腐病的防效为 58.37%~75.31%。随着用量的增加防效显著提高,在 0.05 水平上,3 个剂量的处理防效具有显著差异。在 25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂进行花生根腐病防治试验中,出苗后 10 d,咯菌腈低、中、高 3 个使用剂量对花生根腐病的防效为 61.26%~83.79%;出苗后 30 d,对花生根腐病的防效为 56.18%~79.30%;出苗后 60 d,对花生根腐病的防效为 49.76%~69.78%,在 0.05 水平上,3 个剂量的处理防效具有显著差异。此外,对照药剂 350 g/L 精甲霜灵种子处理乳剂的平均防效与咯菌腈低剂量防效相当,30 g/L 苯醚甲环唑悬浮种衣剂的防效与咯菌腈中剂量防效相当。结果表明,25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂能有效防治大豆根腐病和花生根腐病,随着时间的推移,其防效呈逐渐下降趋势。

**关键词:**根腐病;咯菌腈;抑制作用;田间防效;悬浮种衣剂;毒力测定

**中图分类号:**S482.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2021)11–0080–05

根腐病是生产中一种重要的土传真菌病害,病原菌主要包括疫霉菌、立枯丝核菌(*Rhizoctonia solani*)、镰孢菌(*Fusarium* spp.)等,以尖孢镰孢菌(*F. oxysporum*)、茄腐镰孢菌(*F. solani*)为主,此外,其他镰孢菌如高粱镰孢菌(*F. andiyazi*)、禾谷镰孢菌(*F. graminearum*)、层出镰孢菌(*F. proliferatum*)等也可引起根腐病<sup>[1–2]</sup>。根腐病寄主范围广,可危害小麦、玉米、大豆、花生等多种作物,在我国各大产区普遍发生,平均发病率在 10%~30%之间,严重时可达 50%~60%,甚至绝产<sup>[1,3]</sup>。该病害主要发病部位在植株根部及维管束,染病后植株矮化,

叶色发黄萎蔫,病株根部变褐腐烂,进而导致植株死亡<sup>[4–5]</sup>。根腐病病原菌在田间植株病残体、土壤内可以长期存活,根腐病一旦发生,往往很难防治<sup>[6–7]</sup>。

种衣剂处理是防治土传(种传)病害的一种有效措施,具有防效高、成本低、使用方便等优点的同时,还能有效延缓或避免病原菌抗药性的产生,因此被广泛应用于作物的种子处理<sup>[1]</sup>。咯菌腈(fludioxonil)别称氟咯菌腈,商品名 Maxim 等,1994 年由诺华(现先正达)公司开发和上市,是一种安全、高效、低毒的吡咯类杀菌剂<sup>[8]</sup>。咯菌腈是很多假单胞菌分泌的天然抑菌物质——硝吡咯菌素(pyrrolnitrin)的类似物,但是它与硝吡咯菌素相比,对光线敏感性明显降低,不易光解,因此被广泛应用于农业生产中重要真菌病害的防治<sup>[9–10]</sup>。

本研究测定 25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂对引起根腐病的立枯丝核病菌和 6 种镰孢菌菌丝生长的室内抑制作用,同时开展咯菌腈拌种处理对大豆根腐病和花生根腐病的田间小区防治试验,为生产上

收稿日期:2021–01–04

基金项目:江苏省苏州市科技计划(编号:SNG2018095);2020 年度江苏省第五期“333 工程”科研项目(编号:BRA2020256)。

作者简介:娄天成(1991—),男,江苏南京人,硕士研究生,主要从事杀菌剂开发和利用研究。Tel:(025)84390230;E-mail:714386158@qq.com。

通信作者:刘卮洲,博士,研究员,主要从事植物病害生物防治与农药开发研究。Tel:(025)84390230;E-mail:shitouren88888@163.com。

有效防治根腐病提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株 立枯丝核菌、高粱镰孢菌、禾谷镰孢菌、尖孢镰孢菌、茄腐镰孢菌、藤仓镰孢菌(*F. fujikuroi*)、层出镰孢菌,以上菌株均由江苏省农业科学院植物保护研究所水稻病害研究室提供。

1.1.2 培养基 病原菌的培养用马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基(200 g 马铃薯、10~20 g 葡萄糖、17~20 g 琼脂、1 000 mL 水)。

1.1.3 供试药剂 25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂、30 g/L 苯醚甲环唑悬浮种衣剂(先正达南通作物保护有限公司)、350 g/L 精甲霜灵种子处理乳剂(山东省联合农药工业有限公司)。

1.1.4 试验品种 大豆品种为徐豆 18 号,花生品种为徐花 5 号。

### 1.2 试验方法

1.2.1 含药培养基的制备 将咯菌腈用丙酮(分析纯)配制成 10 000  $\mu\text{g/mL}$  的母液,依次稀释至一定浓度(分别是 20、100、200、1 000、2 000  $\mu\text{g/mL}$ )的药液,再将 25  $\mu\text{L}$  各个浓度的药液和母液与 50 mL PDA 固体培养基分别混合后倒培养皿,制成含不同梯度浓度的含药平板(分别是 0.01、0.05、0.1、0.5、1.0、5  $\mu\text{g/mL}$ )。

1.2.2 毒力测定 参照农药室内生物测定试验准则,采用菌丝生长速率抑制法<sup>[11-12]</sup>进行毒力测定。将实验室保存的各病原菌在 PDA 平板上活化生长,28  $^{\circ}\text{C}$  温度条件下培养 3~7 d。沿菌落边缘用无菌打孔器打孔,获得直径为 5 mm 的菌饼。在上述含药平板中央接种病原菌菌丝块,菌丝面朝下,置培养箱中恒温 28  $^{\circ}\text{C}$  培养,每个处理 3 次重复,设丙酮和空白对照。待空白对照菌落长至平皿直径约 80% 时,采用“十”字交叉法量取各处理菌落直径,计算菌落直径平均值,按照以下公式计算菌丝生长平均抑制率:

菌丝生长平均抑制率 = (对照菌落直径 - 处理菌饼直径) / (对照菌落直径 - 5 mm)  $\times$  100%。

将菌丝生长抑制率转换成几率值,将药剂浓度换算成对数值,以几率值为毒力回归方程应变变量  $y$ ,药剂浓度对数值为毒力回归方程自变量  $x$ ,计算毒力回归方程和各药剂的  $\text{EC}_{50}$ 。

### 1.2.3 咯菌腈对大豆根腐病和花生根腐病的防治

试验 大豆试验于 2020 年 5 月中旬至 7 月底在江苏省徐州市睢宁县双沟镇陈王村进行。露天种植,土壤为沙壤土,肥力水平中等。试验共设 6 个处理,其中 25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂设置 3 个用量处理,分别为 200、400、600 g/100 kg 种子;350 g/L 精甲霜灵种子处理乳剂和 30 g/L 苯醚甲环唑悬浮种衣剂按照常规使用剂量各设 1 个处理,分别为 80、500 g/100 kg 种子。另设 1 个空白对照。于 2020 年 5 月 18 日大豆播种前拌种包衣,晾干后进行播种。随机区组排列,每个小区面积为 25  $\text{m}^2$ ,重复 4 次,共计 24 个小区。按照 67.5 kg/hm<sup>2</sup> 的播种量进行人工点播,行距为 50 cm,株距为 10 cm。各小区大豆长势较好且均匀一致,肥水管理及病虫害防治按常规进行,试验期间不再施用其他防治大豆根腐病的药剂。

花生试验于 2020 年 6 月初至 10 月中旬在江苏省睢宁县双沟镇陈王村进行。露天种植,土壤为沙壤土,肥力水平中等。试验处理同上。于 2020 年 6 月 5 日花生播种前对花生种子拌种包衣,晾干后进行播种。随机区组排列,每个小区面积为 20  $\text{m}^2$ ,重复 4 次,共计 24 个小区。按照 9 000 穴/亩(1 hm<sup>2</sup> = 15 亩)的种植密度进行播种,每穴 2~3 粒。各小区花生生长势较好且均匀一致,肥水管理按常规进行,试验期间不再施用其他防治花生根腐病的杀菌剂。

调查方法和药效计算方法参照 GB/T 17980.88—2004《农药田间药效试验准则(二)》第 88 部分:杀菌剂防治大豆根腐病的药效试验准则进行,在大豆或花生出苗后 10、30、60 d 分别调查防效。

按照每小区随机挖取大豆或花生植株不低于 30 株,记录总株数及各级病株数,分级标准:

0 级:植株茎基部和主根均无病斑;1 级:植株茎基部和主根上有少量病斑;3 级:植株茎基部和主根上病斑较多,病斑面积占茎和根总面积的 1/4~1/2;5 级:植株茎基部和主根上病斑较大,病斑面积占茎和根总面积的 1/2~3/4;7 级:植株茎基部和主根上病斑连片,形成绕茎现象,但根系并未死亡;9 级:植系坏死,植株地上部萎蔫或死亡。

病情指数 = [  $\sum$  (各级病株数  $\times$  相对级数值) / (调查总株数  $\times$  9) ]  $\times$  100;

防治效果 = [ (空白对照病情指数  $\times$  处理区病情指数) / 空白对照病情指数 ]  $\times$  100%。

2 结果与分析

2.1 咯菌腈对根腐病病菌的室内抑制作用

由图 1 可知,咯菌腈对大多数参试的病原菌均有一定的抑制作用,但对不同病原菌的抑制能力有所不同。当咯菌腈浓度为 0.01 ~ 1.00  $\mu\text{g/mL}$  时,对立枯丝核菌菌丝生长的抑制率为 7.66% ~ 90.43%,对高粱镰孢菌菌丝生长的抑制率为

4.16% ~ 96.10%;当咯菌腈浓度为 0.01 ~ 0.50  $\mu\text{g/mL}$  时,对禾谷镰孢菌菌丝生长的抑制率为 8.38% ~ 62.87%,对尖孢镰孢菌菌丝生长的抑制率为 5.54% ~ 62.56%,对茄腐镰孢菌菌丝生长的抑制率为 1.70% ~ 30.98%,对藤仓镰孢菌菌丝生长的抑制率为 3.10% ~ 29.18%;当咯菌腈浓度为 0.01 ~ 4.00  $\mu\text{g/mL}$  时,对层出镰孢菌菌丝生长无抑制作用。

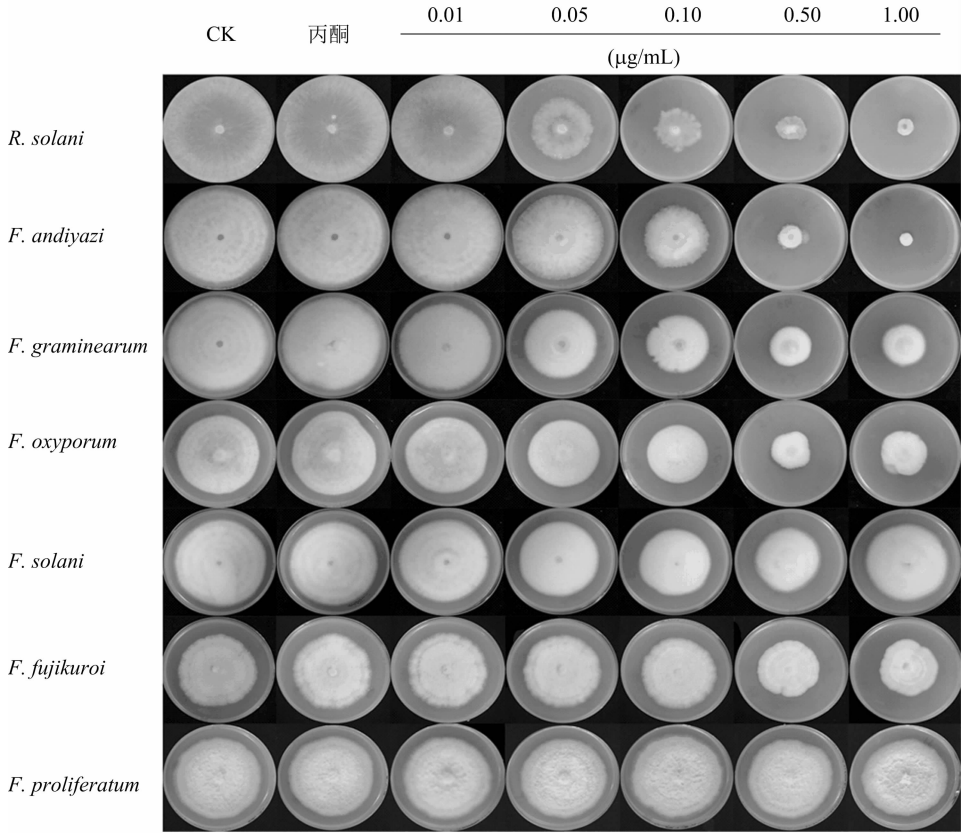


图1 杀菌剂咯菌腈对根腐病菌菌丝生长的室内抑制作用

2.2 咯菌腈对根腐病病菌的毒力测定

由表 1 可知,咯菌腈对立枯丝核菌的抑制中浓度最低,EC<sub>50</sub> 仅为 0.083 4  $\mu\text{g/mL}$ ;其次是高粱镰孢菌,EC<sub>50</sub> 为 0.110 7  $\mu\text{g/mL}$ ;禾谷镰孢菌和尖孢镰孢菌的 EC<sub>50</sub> 分别为 0.200 5、0.295 2  $\mu\text{g/mL}$ ;在测试菌株中,抑制中浓度最高的是藤仓镰孢菌,EC<sub>50</sub> 达 5.722 3  $\mu\text{g/mL}$ 。结果表明,咯菌腈对立枯丝核菌和高粱镰孢菌菌丝生长的室内抑制作用较强,对禾谷镰孢菌和尖孢镰孢菌菌丝生长的室内抑制作用次之。本试验中所有毒力回归方程的相关系数均大于 0.94,表明药剂浓度梯度设计合理,数据可靠有效。

表 1 杀菌剂咯菌腈对根腐病菌的室内毒力测定结果

病原菌	毒力回归方程	相关系数	EC <sub>50</sub> ( $\mu\text{g/mL}$ )
立枯丝核菌	$y = 1.292\ 7x + 6.394\ 6$	0.980\ 3	0.083\ 4
高粱镰孢菌	$y = 1.778\ 7x + 6.699\ 9$	0.996\ 0	0.110\ 7
禾谷镰孢菌	$y = 1.062\ 1x + 5.741\ 3$	0.995\ 5	0.200\ 5
尖孢镰孢菌	$y = 1.053\ 7x + 5.558\ 3$	0.993\ 6	0.295\ 2
茄腐镰孢菌	$y = 0.974\ 9x + 4.975\ 4$	0.976\ 6	1.059\ 9
藤仓镰孢菌	$y = 0.719\ 6x + 4.454\ 9$	0.945\ 8	5.722\ 3

2.3 咯菌腈对大豆根腐病和花生根腐病的田间防治效果

由表 2 可知,25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂在按照

使用剂量 200、400、600 g/100 kg 种子防治大豆根腐病试验中,分别在大豆出苗后 10、30、60 d 对大豆根腐病的发生情况进行调查。结果表明,出苗后 10 d,咯菌腈低、中、高 3 个使用剂量对大豆根腐病的平均防效分别为 75.60%、81.16%、90.58%,随着咯菌腈悬浮种衣剂用量的增加防效显著提高,在 0.05 水平上,3 个剂量的处理防效有显著差异;出苗后 30 d,咯菌腈的低、中、高 3 个使用剂量对大豆根腐病的平均防效分别为 69.61%、76.71%、84.43%,随着咯菌腈悬浮种衣剂用量的增加防效显著提高,在 0.05 水平上,3 个剂量的处理防效有显著差异;

出苗后 60 d,咯菌腈的低、中、高 3 个使用剂量对大豆根腐病的平均防效分别为 58.37%、66.91%、75.31%,随着用量的增加防效显著提高,在 0.05 水平上,3 个剂量的处理防效具有显著差异。此外,出苗后 60 d,对照药剂 350 g/L 精甲霜灵种子处理乳剂处理的平均防效为 57.52%,与咯菌腈低剂量防效相当;30 g/L 苯醚甲环唑悬浮种衣剂处理的平均防效为 65.92%,与咯菌腈中剂量防效相当。以上结果表明,25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂防治大豆根腐病的持效期可达 60 d,随着时间的推移,其防效呈逐渐下降趋势。

表 2 杀菌剂咯菌腈对大豆根腐病的田间防治效果

药剂处理	出苗后 10 d		出苗后 30 d		出苗后 60 d	
	平均病情指数	平均防效 (%)	平均病情指数	平均防效 (%)	平均病情指数	平均防效 (%)
25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 200 g/100 kg 种子	1.01	75.60c	2.44	69.61c	6.34	58.37c
25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 400 g/100 kg 种子	0.78	81.16b	1.87	76.71b	5.04	66.91b
25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 600 g/100 kg 种子	0.39	90.58a	1.25	84.43a	3.76	75.31a
350 g/L 精甲霜灵种子处理乳剂 80 g/100 kg 种子	1.14	72.46c	2.51	68.74c	6.47	57.52c
30 g/L 苯醚甲环唑悬浮种衣剂 500 g/100 kg 种子	0.72	82.61b	2.05	74.47b	5.19	65.92b
空白对照	4.14		8.03		15.23	

注:表中不同小写字母表示经 Duncan's 新复极差法检验在 0.05 水平上差异显著,下表同。

在田间药效试验中(表 3),25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂在按照使用剂量 200、400、600 g/100 kg 种子进行防治花生根腐病处理后,分别在花生出苗后 10、30、60 d 对花生根腐病的发生情况进行调查。结果表明,出苗后 10 d,咯菌腈低、中、高 3 个使用剂量对花生根腐病的平均防效分别为 61.26%、73.72%、83.79%,随着用量的增加防效显著提高,在 0.05 水平上,3 个剂量的处理防效有显著差异;出苗后 60 d,咯菌腈的低、中、高 3 个使用剂量对花生根腐病的平均防效分别为 49.76%、60.92%、

69.78%,随着用量的增加防效显著提高,在 0.05 水平上,3 个剂量的处理防效具有显著差异。此外,出苗后 10、30、60 d,对照药剂 350 g/L 精甲霜灵种子处理乳剂处理的平均防效分别为 59.09%、56.39%、50.48%,与咯菌腈低剂量防效相当;30 g/L 苯醚甲环唑悬浮种衣剂处理的平均防效分别为 75.10%、68.85%、59.35%,与咯菌腈中剂量防效相当。结果表明,25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 600 g/100 kg 种子的使用剂量能有效防治花生根腐病,与其他处理相比,防效呈显著性差异。

表 3 杀菌剂咯菌腈对花生根腐病的田间防治效果

药剂处理	出苗后 10 d		出苗后 30 d		出苗后 60 d	
	平均病情指数	平均防效 (%)	平均病情指数	平均防效 (%)	平均病情指数	平均防效 (%)
25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 200 g/100 kg 种子	1.96	61.26c	4.15	56.18c	8.33	49.76c
25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 400 g/100 kg 种子	1.33	73.72b	2.87	69.69b	6.48	60.92b
25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂 600 g/100 kg 种子	0.82	83.79a	1.96	79.30a	5.01	69.78a
350 g/L 精甲霜灵种子处理乳剂 80 g/100 kg 种子	2.07	59.09c	4.13	56.39c	8.21	50.48c
30 g/L 苯醚甲环唑悬浮种衣剂 500 g/100 kg 种子	1.26	75.10b	2.95	68.85b	6.74	59.35b
空白对照	5.06		9.47		16.58	

### 3 讨论与结论

目前根腐病最常用的防治方法为化学药剂,如

使用咯菌腈、精甲霜灵、苯醚甲环唑、噁菌酯、甲霜灵、甲基硫菌灵等单剂或复配剂处理种子。此外,根腐病的防治还包括选育抗病品种、农业防治、生

物防治和化学防治<sup>[13]</sup>。由于根腐病病菌从种子发芽期到生长中后期都能侵染大豆等植株,所以选育优良的抗(耐)病品种是防治根腐病最有效的方法,但目前成功应用的抗病种质资源仍很缺乏。农业防治的主要措施是轮作,尽量避免重茬耕种,降低根腐病病原菌基数和发病率。生物防治主要是利用生物多样性,通过在自然界释放或引进有益微生物,抑制病原菌活动或与病原菌竞争营养和空间来减少病原菌的数量,可持续控制植物病虫害。目前报道的根腐病生防真菌主要有木霉菌(*Trichoderma*)、酵母(*Yeast*)、青霉菌(*Penicillium*)、生防细菌主要有芽孢杆菌(*Bacillus*)、假单胞杆菌(*Pseudomonas*)等植物促生菌<sup>[14-18]</sup>。

本研究结果表明,当咯菌腈浓度为 0.01 ~ 1.00  $\mu\text{g/mL}$  时,对立枯丝核菌和高粱镰孢菌菌丝的生长抑制率随着药剂浓度增大而增大,对其他 4 种镰孢菌(禾谷镰孢菌、尖孢镰孢菌、茄腐镰孢菌、藤仓镰孢菌)菌丝生长抑制率没有严格地随着药剂浓度增大而增大,抑菌作用呈现不规律性。在离体含药平板上,低浓度区间(0 ~ 0.5  $\mu\text{g/mL}$ )咯菌腈对尖孢镰孢菌和禾谷镰孢菌有良好的抑菌效果,表现为菌丝生长抑制率随药剂浓度增大而增大;但是加大咯菌腈使用浓度时(>1.00  $\mu\text{g/mL}$ ),抑菌效果反而下降,表现为菌丝生长抑制率随药剂浓度增大而减小的抑菌规律。这个结果与前人报道<sup>[19]</sup>一致,其潜在原因仍需继续研究探索。目前,推测的原因可能是杀菌剂咯菌腈是通过打断病原菌体内高渗透压甘油途径中丝裂原活化蛋白激酶(mitogen-activated protein kinase,简称 MAPK)的信号转导来控制植物病原真菌,在这个过程中病原菌为适应外界环境刺激(如咯菌腈的浓度)会有不同反应<sup>[19]</sup>。

近年来,大豆、花生等经济植物的根部病害发生日趋严重,由于其病原菌复杂多样,可长期潜伏于土壤中,因此病原菌侵染早期不易被发现,待植株地上部位出现明显病症时往往已错过了最佳防治时期。因此,药剂拌种是防治这类根部病害最理想的措施,可减少药剂使用量、降低农事操作成本、保护自然环境。本试验结果表明,25 g/L 咯菌腈悬浮种衣剂对大豆和花生安全性好,对大豆根腐病和花生根腐病均有较好的防控效果,适合在生产中

应用。

#### 参考文献:

- [1] 米娜·瓦尔艾买提,刘利群. 1 种种衣剂对大豆根腐病的防效比较[J]. 安徽农业科学,2013,41(14):6264-6267.
- [2] 王奥霖,谭兆岩,王对平,等. 20% 烯·戊·恶种衣剂研制及对大豆镰孢根腐病的防效[J]. 植物保护,2019,45(3):230-236.
- [3] 吴志会,韩晓清,张尚卿,等. 6 种药剂防治花生根腐病的田间药效试验[J]. 河北农业科学,2012,16(12):37-39.
- [4] 惠祥海,赵艳丽,王祥会,等. 精甲·咯菌腈处理种子防治花生根腐病效果[J]. 中国植保导刊,2019,39(9):78-80.
- [5] 张旭丽,邢宝龙,王桂梅,等. 不同药剂对大豆根腐病的防治效果[J]. 山西农业科学,2015,43(8):1006-1009.
- [6] Barros G G, Alaniz Zanon M S, Chiotta M L, et al. Pathogenicity of phylogenetic species in the *Fusarium graminearum* complex on soybean seedlings in Argentina[J]. European Journal of Plant Pathology, 2014, 138(2):215-222.
- [7] Zhang J X, Xue A G, Zhang H J, et al. Response of soybean cultivars to root rot caused by *Fusarium* species[J]. Canadian Journal of Plant Science, 2010, 90(5):767-776.
- [8] 赵晋,曾志海,盛琳,等. 咯菌腈、啮菌酯等 4 种药剂防治黄芩根腐病试验效果分析[J]. 陕西农业科学,2018,64(7):29-32.
- [9] 杨玉柱,焦必宁. 新型杀菌剂咯菌腈研究进展[J]. 现代农药, 2007,6(5):35-39.
- [10] 赵秀英,赵友邦. 50% 咯菌腈可湿性粉剂防治水稻恶苗病效果研究[J]. 现代农业科技,2015(18):128,133.
- [11] 朱春雨,吴文平,张弘,等. 农药室内生物测定试验准则(杀菌剂):第 2 部分:抑制病原真菌菌丝生长试验平皿法[S]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [12] 黄彰欣. 植物化学保护实验指导[M]. 北京:农业出版社, 1993:57.
- [13] 成璐,董铮,李魏,等. 大豆根腐病研究进展[J]. 中国农学通报,2016,32(8):58-62.
- [14] 陈建爱,陈为京,刘凤吉. 黄绿木霉 T1010 对花生根腐病生防效果研究[J]. 生态环境学报,2018,27(8):1446-1452.
- [15] 刘贵友,邹瑶,顾杨霞,等. 内生真菌对连作花生土壤尖孢镰刀菌的拮抗作用[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):171-174.
- [16] 陈为京,郭峰,陈建爱,等. 连作花生根腐病镰刀菌分离与对峙培养[J]. 花生学报,2018,47(2):47-51.
- [17] 胡云云,高同国,张冬冬,等. 大豆根腐病拮抗菌枯草芽孢杆菌 8-32 抗菌物质性质的初步研究[J]. 湖北农业科学,2016,55(4):917-920.
- [18] 鲁海菊,谢欣悦,张海燕,等. 抗药性木霉与原始木霉菌株抑菌活性差异[J]. 江苏农业科学,2019,47(2):83-87.
- [19] 裴龙飞. 蔬菜尖孢镰刀菌对咪鲜胺和咯菌腈的抗药性研究[M]. 沈阳:沈阳农业大学,2016.