

5种药剂对桑尼短体线虫的毒力测定和室内防效

乔万强¹,刘永刚²,石明明¹,魏雪娟¹,安丽婷¹,吴锦¹,李惠霞^{1*}

(1. 甘肃农业大学植物保护学院,甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室,甘肃 兰州 730070;2. 甘肃省农业科学院植物保护研究所,甘肃省无公害农药工程实验室,甘肃 兰州 730070)

摘要:【目的】筛选有效防治桑尼短体线虫(*Pratylenchus thornei*)的药剂,为燕麦短体线虫病的科学防治和安全生产提供参考。【方法】在室内条件下分别采用浸渍法和盆栽灌根法测定5种药剂对桑尼短体线虫的毒力和防效。【结果】5种药剂中41.7%氟吡菌酰胺SC对桑尼短体线虫毒力最强, LC_{50} 为1.115 7 mg/L;2.5%高效氯氟菊酯EW毒力最低, LC_{50} 为68.454 5 mg/L。41.7%氟吡菌酰胺SC和40%氟烯线砒EC灌根处理45 d后的线虫减退率分别为94.07%和97.07%,防效分别为84.67%和92.42%。【结论】41.7%氟吡菌酰胺SC和40%氟烯线砒EC对桑尼短体线虫的防效最好,建议在燕麦生产中推广应用。

关键词:燕麦;桑尼短体线虫;毒力测定;防效

中图分类号:S432.45 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)04-0204-07

DOI:10.13817/j.cnki.cyycp.2024.04.023



燕麦(*Avena sativa*)又名雀麦、野麦,是一种重要的药食同源作物,不仅营养物质含量丰富,而且有降低糖脂、护理肠道、增强免疫力的保健功能^[1]。同时,因其具有较强的抗逆性和优良的草质而成为我国高寒地区脆弱生态区的重要牧草。甘肃省是我国西北地区重要的燕麦种植区之一,种植面积大约4万hm²,主要分布于甘南、定西、肃南、山丹和天祝等地区^[2-3]。近年来由于燕麦种植面积扩大、单一作物的长期连作和水肥条件的改变等因素,导致燕麦病害问题日益严重,影响了燕麦的产量和质量^[4]。目前,对于燕麦病害的研究主要集中在各种真菌引起的叶部病害和线虫引起的孢囊线虫病方面。如孙浩洋等^[5]报道的由禾本科布氏白粉菌(*Blumeria graminis*)引起的白粉病,聂秀美等^[6]报道的由燕麦内平脐蠕孢(*Drechslera avenacea*)和细交链孢(*Alternaria alternata*)引起的叶斑病,杨琰珊等^[7]报道的由茄病镰刀菌(*Fusarium solani*)、禾

谷镰刀菌(*F. gramineae*)、燕麦镰刀菌(*F. avenaceum*)及串珠赤霉菌(*Gibberella moniliformi*)引起的根腐病,李健荣等^[8]报道的燕麦孢囊线虫(*Heterodera avenae*)引起的燕麦孢囊线虫病等。

短体线虫(*Pratylenchus* spp.)又称为根腐线虫,是一类重要的迁移性植物内寄生线虫。主要侵染寄主植物的根系,导致寄主植物根系变色、坏死以及腐烂,地上部分表现黄化、萎蔫和生长衰退。同时,还可与土壤中其他植物病原真菌、细菌等形成复合侵染,造成更严重的经济损失^[9-11]。目前,对于短体线虫引起的根腐线虫病研究较少,国内外报道表明^[12-16],对作物危害严重且广泛分布的短体线虫主要有桑尼短体线虫(*P. thornei*)、落选短体线虫(*P. nelectus*)、穿刺短体线虫(*P. penetrans*)、卢斯短体线虫(*P. loosi*)、斯科里布纳短体线虫(*P. scribneri*)、敏捷短体线虫(*P. agilis*)和咖啡短体线虫(*P. coffeae*)等。据报道^[17-19],桑尼短体线虫在澳大利亚和以色列对小麦产量造成的损失分别为38%~85%和70%,落选短体线虫在澳大利亚和美国西北部对小麦造成的产量损失分别为16%~23%和8%~36%。由于短体线虫侵染植物后症状表现不明显,加之线虫体壁的角质层通透性差、

收稿日期:2023-02-21;修回日期:2023-04-06

基金资助:国家自然科学基金项目(32260654)

作者简介:乔万强(1997-),男,甘肃岷县人,硕士研究生。

E-mail:2573622384@qq.com

*通信作者。E-mail:lihx@gsau.edu.cn

神经系统不发达,导致根腐线虫病的识别和防治均十分困难^[20]。

目前,化学防治仍然是防治根腐线虫病的重要手段之一。但由于高效低毒杀线虫的药剂较少,而传统杀线药剂如溴甲烷和涕灭威等,因高毒和对自然环境不安全被禁用^[21]。因此,亟需测定已登记和新上市的低毒杀线剂的药效。本试验拟选择 5 种药剂,通过室内毒力和盆栽药效试验,筛选出低毒且高效的杀线虫剂,以期为甘肃省燕麦根腐线虫病的科学防治和安全生产提供参考。

表 1 供试药剂的有效成分含量、剂型及生产厂家

Table 1 Active ingredient contents, preparation formulations and manufacturers of insecticides tested

供试药剂	有效成分含量/%	剂型	作用方式	生产厂家
阿维菌素	1.8	乳油(EC)	触杀、胃毒	华北制药集团爱诺有限公司
氟吡菌酰胺	41.7	悬浮剂(SC)	内吸	拜耳作物科学有限公司
噻唑膦	20	水乳剂(EW)	触杀、内吸	山东大农药业有限公司
氟烯线砒	40	乳油(EC)	内吸	安道麦马克西姆有限公司
高效氯氰菊酯	2.5	水乳剂(EW)	触杀	华北制药集团爱诺有限公司

注:EC:Emulsifiable concentrate;SC:Suspension concentrate;EW:Emulsion in water。

1.2 试验方法

1.2.1 线虫悬浮液的配制 采用贝曼漏斗法分离胡萝卜愈伤组织培养的桑尼短体线虫。将供试线虫移至 1.5 mL 的离心管中,加入 0.5% 的次氯酸钠消毒 1 min,4 000 r/min 离心 2 min,无菌水冲洗 2 次。弃上清液后,加入 0.5% 的氨苄青霉素和 0.5% 的硫链霉素的混合液消毒 8 min,4 000 r/min 离心 2 min,弃上清液,无菌水冲洗 3 次。最后配制为 100 条/mL 的线虫悬浮液,于 4℃ 待用。

1.2.2 药剂配制方法 将 1.8% 阿维菌素(EC)、20% 噻唑膦(EW)、41.7% 氟吡菌酰胺(SC)、40% 氟烯线砒(EC)和 2.5% 高效氯氰菊酯(EW)5 种药剂均溶于无菌水,配制成 1 000 mg/L 的母液。试验时用无菌水稀释至所需浓度,依据预试验筛选的浓度设置不同的处理(表 2)。

1.2.3 5 种药剂对桑尼短体线虫的毒力 采用浸渍法测定杀线剂对桑尼短体线虫的毒力。取 24 孔细胞培养板,每孔加入 1 mL 配制好的药剂,然后加入 1 mL 线虫悬浮液(约 100 条),以无菌水做空白对照,每个浓度重复 3 次。置于 25℃ 培养箱中,处理 24、48 h 后,在

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试燕麦:冀张燕 5 号,甘肃省定西市农业科学研究院提供。

供试线虫:供试线虫采自甘肃省定西市燕麦地块(35°56′75.32″N,104°60′66.43″E)。采用改良贝曼漏斗分离后,挑取单条雌虫于胡萝卜愈伤组织上繁殖^[22]。

供试药剂:选择防治线虫常用的 5 种药剂,药剂信息如表 1 所示。

体视显微镜下观察记录线虫存活情况,统计死亡率和校正死亡率,并计算各药剂的 LC_{50} 、 LC_{90} 和毒力回归方程。

$$\text{线虫死亡率} = \frac{\text{死亡线虫数}}{\text{供试线虫数}} \times 100\%$$

$$\text{校正死亡率} = \frac{\text{处理线虫死亡率} - \text{对照线虫死亡率}}{1 - \text{对照线虫死亡率}} \times 100\%$$

1.2.4 5 种药剂对桑尼短体线虫室内防效 采用灌根法在人工气候箱内测定室内药效。5 种药剂用量参照厂家推荐的用量,按照面积换算每盆的使用量,即:氟吡菌酰胺 0.15 mL/盆、噻唑膦 8.8 μL/盆、氟烯线砒 7.0 μL/盆、阿维菌素 1.4 μL/盆、高效氯氰菊酯 5.8 μL/盆。挑选籽粒饱满的燕麦种子,用 3% 次氯酸钠溶液消毒后,种植在直径 9 cm,高 11 cm 的花盆中,每盆播种 10 粒,7 d 后,每盆保留长势一致的 5 棵幼苗进行接种。将 100 条/mL 的线虫悬浮液,接种在燕麦根系周围,每盆约 500 条。3 d 后灌根处理,每盆施药 30 mL。以无菌水作为空白对照,每处理重复 3 次。45 d 后扣盆,用清水洗掉根系土壤,测定燕麦株高、根长、地上鲜重和总鲜重,记录根际土壤和根系调查线虫数量,计算线虫减退率和防效。

$$\text{线虫减退率} = \frac{\text{处理前线虫数} - \text{处理后线虫数}}{\text{处理前线虫数}} \times 100\%$$
$$\text{防效} = \frac{\text{处理组线虫减退率} - \text{对照组线虫减退率}}{1 - \text{对照组线虫减退率}} \times 100\%$$

1.3 数据分析

使用Excel 2016和SPSS 24.0进行数据统计整理及单因素方差分析,以平均值 ± 标准差表示,采用Duncan 氏新复极差法进行多重比较,显著水平为0.05。

2 结果与分析

2.1 5种药剂对桑尼短体线虫的致死作用

桑尼短体线虫经5种药剂处理后,致死症状基本相同,虫体均向腹部稍弯曲(图1-A、B、C、D、E和F),

但噻唑膦处理后,虫体变的扭曲且头部出现皱缩(图1-C)。不同药剂对桑尼短体线虫的致死作用见表2,5种药剂处理后,线虫的死亡率均显著高于对照,且随着处理时间和药剂浓度的增加,校正死亡率逐渐增大。处理24 h后,120 mg/L的阿维菌素校正死亡率为91.67%,500 mg/L的高效氯氰菊酯和5 mg/L的氟吡菌酰胺次之,校正死亡率分别为85.52%和85.42%;40 mg/L的噻唑膦最差,校正死亡率为70.14%。处理48 h后,120 mg/L的阿维菌素校正死亡率为95.00%,500 mg/L的高效氯氰菊酯和5 mg/L的氟吡菌酰胺次之,校正死亡率分别为92.86%和92.75%;40 mg/L的噻唑膦最差,校正死亡率为79.43%。

表2 5种药剂对桑尼短体线虫致死作用
Table 2 The lethal effect of five insecticides on *Pratylenchus thornei*

药剂	浓度/(mg·L ⁻¹)	24 h		48 h	
		死亡率/%	校正死亡率/%	死亡率/%	校正死亡率/%
氟吡菌酰胺	0.312 5	34.67±2.90 ^d	31.94	39.33±3.53 ^d	34.06
	0.625	40.67±3.71 ^d	38.19	45.33±2.90 ^d	40.58
	1.25	52.00±2.30 ^e	50.00	58.67±2.90 ^e	55.07
	2.5	70.67±3.71 ^b	69.44	80.67±2.40 ^b	78.99
	5	86.00±3.05 ^a	85.42	93.33±0.67 ^a	92.75
阿维菌素	7.5	38.67±2.40 ^d	36.11	48.00±2.30 ^e	44.28
	15	48.67±0.67 ^c	46.53	54.67±0.67 ^d	51.43
	30	56.00±1.15 ^c	54.17	62.67±1.76 ^c	60.00
	60	81.33±4.67 ^b	80.56	85.33±3.52 ^b	84.29
	120	92.00±2.00 ^a	91.67	95.33±0.67 ^a	95.00
氟烯线砒	2.5	34.67±2.40 ^e	30.99	40.67±0.67 ^e	35.51
	5	44.00±2.30 ^d	40.85	48.67±2.90 ^d	44.20
	10	53.33±1.77 ^c	50.71	56.67±1.76 ^c	52.90
	20	66.67±2.90 ^b	64.79	72.67±1.76 ^b	70.29
	40	78.67±2.90 ^a	77.47	84.00±3.46 ^a	82.61
噻唑膦	2.5	26.67±1.33 ^c	23.61	33.33±2.40 ^e	29.08
	5	30.67±0.67 ^c	27.78	36.67±1.76 ^c	32.62
	10	49.33±3.53 ^b	47.22	53.33±1.33 ^b	52.48
	20	53.33±2.91 ^b	52.39	60.67±1.76 ^b	58.16
	40	71.33±2.91 ^a	70.14	80.67±1.76 ^a	79.43
高效氯氰菊酯	31.25	35.33±2.40 ^e	33.11	42.67±2.90 ^d	38.57
	62.5	47.33±2.90 ^d	45.52	54.00±3.46 ^c	50.71
	125	55.33±1.76 ^c	53.79	61.33±1.76 ^c	58.57
	250	74.67±1.76 ^b	73.79	78.67±2.90 ^b	77.14
	500	86.00±3.05 ^a	85.52	93.33±1.76 ^a	92.86
对照 CK	—	4.13±0.53	—	7.07±0.54	—

注:同列数据后不同字母表示经Duncan 氏新复极差法检验在0.05水平差异显著。

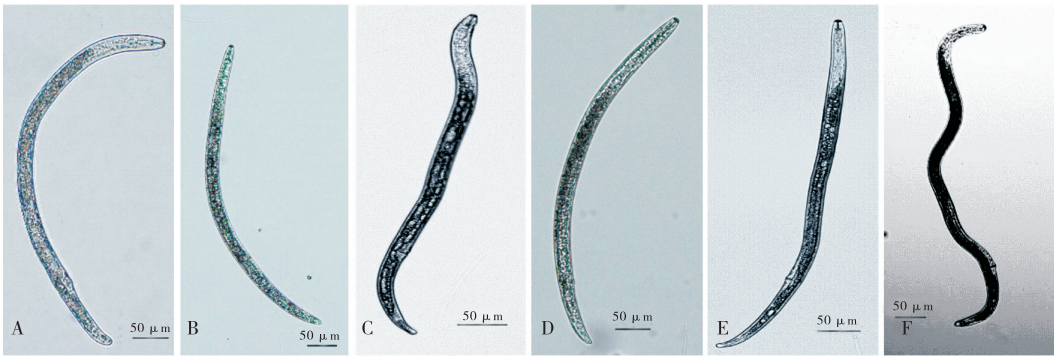


图 1 不同药剂处理后桑尼短体线虫致死症状

Fig. 1 Lethal symptoms of *Pratylenchus thornei* after treatment with different insecticides

注: A. 氟吡菌酰胺处理; B. 氟烯线砒处理; C. 噻唑膦处理; D. 阿维菌素处理; E. 高效氯氰菊酯处理; F. 清水空白对照

2.2 5 种药剂处理对桑尼短体线虫的毒力

以供试药剂的质量浓度为自变量,处理 48 h 后线虫的校正死亡率为因变量建立毒力回归方程。结果表明,5 种药剂对桑尼短体线虫的毒力差异较大。其中 41.7% 氟吡菌酰胺对桑尼短体线虫杀线活性表现

最强,其 LC_{50} 值为 1.115 7 mg/L, LC_{90} 为 4.303 8 mg/L,显著高于 1.8% 阿维菌素、40% 氟烯线砒、20% 噻唑膦和 2.5% 高效氯氰菊酯。杀线活性最低的是 2.5% 高效氯氰菊酯,其 LC_{50} 值为 68.4545 mg/L, LC_{90} 为 432.0909 mg/L(表 3)。

表 3 5 种药剂对桑尼短体线虫的毒力

Table 3 Toxicities of five insecticides to *Pratylenchus thornei*

药剂	毒力回归方程	LC_{50} 值/(mg·L ⁻¹)	LC_{90} 值/(mg·L ⁻¹)	相关系数
氟吡菌酰胺	$y=0.125\ 3x+0.360\ 2$	1.115 7	4.308 0	0.909 4
阿维菌素	$y=0.004\ 5x+0.459\ 8$	8.933 3	97.822 2	0.904 7
氟烯线砒	$y=0.012\ 1x+0.383\ 8$	9.603 3	42.661 1	0.920 3
噻唑膦	$y=0.012\ 9x+0.303\ 8$	15.209 3	46.217 0	0.920 6
高效氯氰菊酯	$y=0.001\ 1x+0.424\ 7$	68.454 5	432.090 9	0.928 1

2.3 5 种药剂对桑尼短体线虫室内防效

5 种药剂灌根处理 45 d 后燕麦植株长势较好,根系良好,株高和根长分别为 35.53、41.80 cm 和 15.07、20.53 cm;对照组燕麦长势较弱,根系稀少,且根部有变褐的现象,株高为 30.27 cm,根长为 13.07 cm,药剂处理组与对照组表现出显著的差异(图 2-3)。且不同药剂处理后,总鲜重均有所增加。其中 41.7% 氟吡菌酰胺处理组总鲜重为 1.45 g,显著高于其他处理组。5 种药剂处理对桑尼短体线虫均有防治效果,线虫减退率和防效分别为 40.80%~94.07% 和 70.75%~97.07%,其中 41.7% 氟吡菌酰胺处理后虫口减退率达 90% 以上,防效最高,达 97.07%,其次是 40% 氟烯线砒,虫口减退率为 84.67%,防效为 92.42%;其余药剂的虫口减退率均在 75% 以下,防效均在 90% 以下(表 4)。

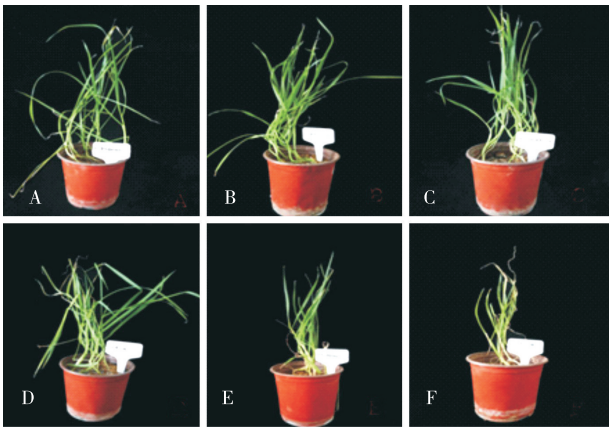


图 2 不同药剂处理 45 d 后燕麦地上生长的情况

Fig. 2 Oat overground growth after treated with different insecticides for 45 days

注: A 氟吡菌酰胺处理; B 氟烯线砒处理; C 阿维菌素处理; D 噻唑膦处理; E 高效氯氰菊酯处理; F 清水空白对照。

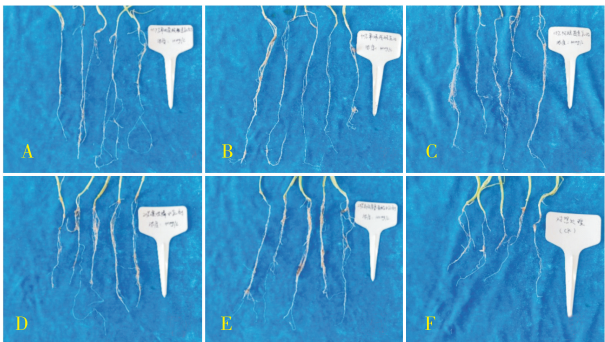


图3 不同药剂处理45 d后燕麦根系生长的情况

Fig. 3 Oat root growth after treated with different insecticides for 45 days

注：A 氟吡菌酰胺处理；B 氟烯线砒处理；C 阿维菌素处理；D 噻唑膦处理；E 高效氯氰菊酯处理；F 清水空白对照

3 讨论

短体线虫(*Pratylenchus* spp.)作为一种重要的迁移性植物内寄生线虫,在世界范围内分布广泛,危害严重而且防治困难。目前,防治短体线虫的防治遵循“预防为主,综合防治”的原则,主要措施包括植物检疫、农业防治、化学防治和生物防治,但化学防治仍是最主要的防治手段^[23]。刘廷辉等^[20]研究发现10%噻唑膦GR和8%三唑磷ME可以有效防治山药短体线虫病,防效分别为80.70%和79.76%。王晓燕^[24]使用1.8%阿维菌素EC对准山根腐线虫进行了药效试验,结果表明阿维菌素对准山根腐线虫病的相对防效达74.19%,且增产效果极显著。

本试验结果表明,供试的5种药剂对桑尼短体线虫均有一定的杀灭作用,其杀灭效果依次为:41.7%氟吡菌酰胺SC>40%氟烯线砒EC>1.8%阿维菌素EC>20%噻唑膦EW>2.5%高效氯氰菊酯EW。李秋捷^[25]和Kearn^[26]等研究表明,41.7%氟吡菌酰胺SC

和40%氟烯线砒EC分别对南方根结线虫和马铃薯白线虫具有很好的活性,与本试验结果一致。王晓燕^[24]研究发现1.8%阿维菌素EC对咖啡短体线虫的相对防效达74.19%,且增产效果极显著。张瑞峰等报道^[27],使用浓度为200 μg/mL的90%阿维菌素原粉处理0.5 h后,穿刺短体线虫的校正死亡率可达100%,具有极高的杀灭效果。而本研究中浓度为120 mg/L的1.8%阿维菌素EC处理桑尼短体线虫48 h后的校正死亡率为95%,而盆栽防效为86.82%。噻唑膦对桑尼短体线虫的杀灭效果差于阿维菌素,主要原因可能是两种杀线虫剂的作用机理不同^[28]。噻唑膦的作用方式是抑制线虫乙酰胆碱酯酶的合成,麻痹线虫,而阿维菌素是通过抑制神经突触进而达到抑止神经传导信息的作用,属于不可逆过程,因此杀灭效果比噻唑膦好。大多数的杀虫剂能够刺激昆虫生理结构的改变,从而引起毒物兴奋效应^[29]。而本试验中5种供试药剂能否引起毒物兴奋效应,是否影响桑尼短体线虫的繁殖能力,还有待进一步研究。

盆栽试验结果表明,5种药剂灌根处理对桑尼短体线虫均有一定的防治效果,线虫防效达到70%以上。其中以41.7%氟吡菌酰胺SC和40%氟烯线砒EC两种药剂防效最佳,线虫减退率和线虫防效均高达80%以上,41.7%氟吡菌酰胺SC处理株高、根长及总鲜重均显著高于其他药剂处理。黄薇等^[30]研究表明,41.7%氟吡菌酰胺SC按照0.2 kg/(667 m²)比例防治薯蓣短体线虫病,大田防效100%,与30%噻唑膦CS和2%阿维菌素EC相比,防治效果更佳,且产量明显高于对照。这与本试验结果基本一致。氟吡菌酰胺作为一种新型的内吸性杀线虫剂,具有低毒广谱的优点,该药剂对多种植物根结线虫病均有较好的防效^[31-32]。同时,该药剂易降解,对于降低产品的农药

表4 5种药剂对桑尼短体线虫的室内防效
Table 4 Indoor control effect of five insecticides on *Pratylenchus thornei*

药剂	株高/cm	根长/cm	总鲜重/g	线虫减退率/%	线虫防效/%
氟吡菌酰胺	41.80±1.61 ^a	20.53±1.55 ^a	1.45±0.07 ^a	94.07 ^a	97.07±0.15 ^a
氟烯线砒	39.60±1.12 ^{ab}	18.67±0.90 ^b	1.36±0.06 ^b	84.67 ^b	92.42±0.64 ^b
阿维菌素	37.80±5.42 ^{bc}	18.07±1.62 ^b	1.10±0.14 ^c	73.33 ^c	86.82±1.69 ^c
噻唑膦	36.53±5.19 ^c	17.93±1.03 ^b	0.97±0.12 ^d	57.47 ^d	78.99±0.48 ^d
高效氯氰菊酯	35.53±1.30 ^c	15.07±1.28 ^c	0.84±0.14 ^e	40.80 ^e	70.75±1.83 ^e
CK	30.27±2.99 ^d	13.07±1.22 ^d	0.52±0.06 ^f	-102.40 ^f	—

残留、保护生态环境具有重大意义。

4 结论

室内毒力测定结果表明,5种药剂中41.7%氟吡菌酰胺 SC对桑尼短体线虫毒力最强,其 LC_{50} 值为1.115 7 mg/L;毒力最低的是2.5%高效氯氟菊酯 EW,其 LC_{50} 值为68.454 5 mg/L。盆栽防效表明,41.7%氟吡菌酰胺 SC和40%氟烯线砒 EC对桑尼短体线虫防治效果最好,灌根处理45 d后的线虫减退率分别为94.07%和97.07%,防效分别为84.67%和92.42%,可有效防治桑尼短体线虫,建议在燕麦生产中推广应用。

参考文献:

- [1] 胡新中. 燕麦食品加工及功能特性研究进展[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(5): 122—124.
- [2] 柴继宽, 慕平, 赵桂琴. 8个燕麦品种在甘肃的产量稳定性及试点代表性研究[J]. 草地学报, 2016, 24(5): 1100—1107.
- [3] 刘文辉, 张英俊, 师尚礼, 等. 高寒地区燕麦人工草地生物量积累对施肥和箭筈豌豆混播水平的响应[J]. 草原与草坪, 2017, 37(2): 35—42.
- [4] 张建强, 吴康莉, 张晓梦, 等. 一株燕麦根腐病生防菌的鉴定及其防治效果[J]. 草业科学, 2021, 38(11): 2266—2273.
- [5] 孙浩洋, 赵桂琴, 张建贵, 等. 甘肃省燕麦主产区白粉病调查及病原鉴定[J]. 草地学报, 2020, 28(6): 1535—1543.
- [6] 聂秀美, 赵桂琴, 孙浩洋, 等. 天祝县燕麦叶斑病的发生情况及其病原鉴定[J]. 草地学报, 2019, 27(5): 1384—1391.
- [7] 杨琰珊, 姚拓, 张建贵, 等. 燕麦根腐病病原真菌分离鉴定及致病性研究[J]. 草原与草坪, 2021, 41(2): 60—69.
- [8] 李健荣, 赵鹏, 徐鹏刚, 等. 甘肃天祝农牧区燕麦田孢囊线虫调查及种类鉴定[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(7): 961—968.
- [9] Bell C A, Lilley C J, McCarthy J, *et al.* Plant—parasitic nematodes respond to root exudate signals with host—specific gene expression patterns [J]. PLOS pathogens, 2019, 15(2): 31—49.
- [10] Mokriani F, Viaene N, Waeyenberge L, *et al.* Root—lesion nematodes in cereal fields: importance, distribution, identification, and management strategies [J]. Journal of Plant Diseases and Protection, 2019, 126(1): 1—11.
- [11] 于家荣, 王亚东, 李红梅, 等. 我国小麦落选短体线虫群体遗传多样性分析[J]. 植物病理学报, 2020, 50(3): 320—328.
- [12] Nicol J, Rivoal R, Taylor S, *et al.* Global importance of cyst (*Heterodera* spp.) and lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) on cereals: distribution, yield loss, use of host resistance and integration of molecular tools [J]. Nematology Monographs and Perspectives, 2003, 2: 1—19.
- [13] Smiley R W, Whittaker R G, Gourlie J A, *et al.* Suppression of wheat growth and yield by *Pratylenchus neglectus* in the Pacific Northwest [J]. Plant Disease, 2005, 89(9): 958—968.
- [14] Dagan I. Field observations on *Pratylenchusthornei* and its effects on wheat under arid conditions [J]. Revue Nematol, 1984, 7(4): 341—345.
- [15] 王振跃, 施艳, 李广帅, 等. 河南省小麦根腐线虫病的发生危害及病原鉴定[J]. 植物保护学报, 2012, 39(4): 297—302.
- [16] Li Y, Xia Y H, Liu Y K, *et al.* Discovery of root—lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*, infesting sesame in China [J]. Plant disease, 2020, 104(6): 1873.
- [17] Nicol J M, Davies K A, Hancock T W, *et al.* Yield loss caused by *Pratylenchusthornei* on wheat in South Australia [J]. Journal of Nematology, 1999, 31(4): 367.
- [18] Taylor S P, Vanstone V A, Ware A H, *et al.* Measuring yield loss in cereals caused by root lesion nematodes (*Pratylenchus neglectus* and *P. thornei*) with and without nematicide [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1999, 50(4): 617—627.
- [19] Smiley R W, Whittaker R G, Gourlie J A, *et al.* Suppression of wheat growth and yield by *Pratylenchus neglectus* in the Pacific Northwest [J]. Plant Disease, 2005, 89(9): 958—968.
- [20] 刘廷辉, 贾海民, 李瑞军, 等. 6种药剂对山药种薯短体线虫的防治效果[J]. 农药, 2017, 56(6): 450—452.
- [21] 王家哲, 付博, 任平, 等. 5种药剂对马铃薯腐烂茎线虫的田间防治效果[J]. 西北农业学报, 2020, 29(6): 907—911.
- [22] Castillo P, Trapero—Casas J L, Jiménez—Díaz R M. Effect of time, temperature, and inoculum density on reproduction of *Pratylenchusthornei* in carrot disk cultures [J]. Journal of Nematology, 1995, 27(1): 120.

- [23] 齐蒙. 甘薯的短体线虫种类鉴定及抗性品种筛选[D]. 合肥:安徽农业大学, 2021.
- [24] 王晓燕. 4种生物农药防治淮山根腐线虫田间药效试验[J]. 江西农业, 2016(11):32.
- [25] 李秋捷, 陆秀红, 黄金玲, 等. 不同药剂对南方根结线虫的室内毒力测定[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(8): 1432—1433.
- [26] Kearns J, Lilley C, Urwin P, *et al.* Progressive metabolic impairment underlies the novel nematocidal action of fluensulfone on the potato cyst nematode *Globodera pallida* [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2017, 142: 83—90.
- [27] 张瑞峰, 魏亚东, 王金成, 等. 不同杀线剂对穿刺短体线虫的杀灭效果研究[J]. 植物检疫, 2012, 26(2):5—8.
- [28] 徐汉虹. 植物化学保护学[M]. 第四版. 北京:中国农业出版社, 2007:105, 78, 228.
- [29] 张瑞峰, 魏亚东, 王金成, 等. 不同杀线剂对穿刺短体线虫的杀灭效果研究[J]. 植物检疫, 2012, 26(2):5—8.
- [30] 黄薇, 刘廷辉, 刘婉蓉, 等. 防治薯蓣短体线虫病替代药剂的筛选[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(1):82—84.
- [31] 迟元凯, 叶梦迪, 赵伟, 等. 氟吡菌酰胺对南方根结线虫的作用效果[J]. 植物保护学报, 2019, 46(6):1364—1370.
- [32] 刘晓宇, 陈立杰, 姚美玲, 等. 新型农药氟吡菌酰胺对番茄根结线虫的田间防效[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(8):75—77.

Determination of laboratory toxicity and control effect of five insecticides against *Pratylenchus thornei*

QIAO Wan-qiang¹, LIU Yong-gang², SHI Ming-ming¹, WEI Xue-juan¹, AN Li-ting¹,
Wu Jin¹, LI Hui-xia^{1*}

(1. College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Biocontrol Engineering Laboratory of Crop Diseases and Pests of Gansu Province, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: 【Objective】 The study was performed to screen out the effective agents to prevent and control *Pratylenchus thornei*, so as to provide references for scientific control of this disease in oat safe production. 【Method】 The toxicity and control effect of five insecticides against *P. thornei* were determined by immersion method and pot root irrigation method respectively under indoor conditions. 【Result】 Among the five agents, 41.7% fluopyram SC showed the strongest toxicity to *P. thornei* with LC_{50} of 1.115 7 mg/L. The EW toxicity of 2.5% lambda-Cyhalothrin was the lowest, and LC_{50} was 68.454 5 mg/L. After 41.7% fluopyram SC and 40% fluensulfone EC for 45 days of root irrigation, the reduction rates of *P. thornei* were 94.07% and 97.07%, and the control effects were 84.67% and 92.42%, respectively. 【Conclusion】 41.7% fluopyram SC and 40% fluensulfone EC showed the best control effect against *P. thornei*, suggesting that they should be popularized in oat production.

Key words: oat; *Pratylenchus thornei*; toxicity test; control efficiency

(责任编辑 康宇坤)