

二硫氰基甲烷与灭菌唑和吡虫啉的联合使用 对小麦孢囊线虫的防治

崔江宽¹ 黄文坤¹ 彭 焕¹ 孔令安¹ 李惠霞² 彭德良¹

1. 中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;

2. 甘肃农业大学草业学院, 兰州 730070

摘要 在田间自然情况下测试2种主要成分为二硫氰基甲烷的新型种衣剂及其与常规种衣剂灭菌唑和吡虫啉的联合使用对小麦孢囊线虫的防治效果。播种前用种衣剂对小麦种子分别进行包衣处理。分别调查播种前、抽穗期和收获后土壤中的孢囊数量及单孢囊卵量的变化,同时对小麦抽穗期的株高和收获时的千粒重等进行测定。结果表明:测试种衣剂对小麦进行包衣处理后均对该处理小区的孢囊及单孢囊卵量有抑制作用,其中甘农Ⅲ号种衣剂单独使用和甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)联合使用处理小区的单孢囊卵量减退率最高,防效分别达到37.59%和32.86%,实际增产率分别达到16.09%和26.40%;甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)联合使用和甘农Ⅲ号种衣剂单独使用2个处理,对抽穗期白雌虫的抑制率最高,分别为72.27%和70.29%,对孢囊的防效分别达到51.61%和50.74%;甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)联合种衣剂、甘农Ⅲ号种衣剂+吡虫啉(0.5:0.5)联合种衣剂2个处理的小区增产效果显著高于其他处理,理论增产率分别达到40.35%和44.39%。甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)联合种衣剂可有效防控小麦孢囊线虫病害,不仅降低了农药的使用量,同时也显著提高了小麦产量,适于在生产上推广应用。

关键词 种衣剂; 小麦孢囊线虫; 二硫氰基甲烷; 联合用药; 噻虫嗪; 杀线剂

中图分类号 S 432.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2017)03-0044-07

小麦孢囊线虫(*Heterodera avenae*)是危害多种禾谷类作物的世界性重要植物病原寄生线虫,目前已在全球40多个国家报道发生,对粮食作物的生产造成了严重的威胁^[1]。研究发现,每克土壤中孢囊卵量小于5个时,小麦各项指标下降不明显,产量损失为10%左右;每克土壤中孢囊卵量大于10个时,小麦各项指标下降显著,产量损失高达15.52%~55.01%^[2]。我国自1989年报道在湖北省天门市岳口镇首次发现*H. avenae*^[3]以来,目前已在全国16个省(自治区、直辖市)报道发现该病的分布,对我国小麦的稳产、增产及逐年连增目标造成严重影响,发病面积达400万hm²^[4]。近年来,随着小麦跨区机械收割和农业现代化程度的加快,该病的传播速度愈来愈快,发生面积逐步蔓延,危害程度日益严峻,将对我国的粮食和经济安全构成严重威胁^[5]。

生产上,小麦孢囊线虫的防治方法主要采用耕

地休闲与非寄主作物的轮作、选育和利用抗病或耐病品种、结合化学防治和生物防治等措施^[6]。其中,应用化学杀线虫剂来防治小麦孢囊线虫,成本高,而且农药的化学残留物对生态环境造成了严重的负面影响。因此,筛选出安全高效的小麦孢囊线虫的综合防治技术,是有效控制其危害并服务于生产的重要手段之一。种衣剂的应用对于减少农药环境污染、促进作物生产、增加农民收入起到了重要作用^[7]。2011—2012年笔者所在研究室通过对北京市大兴区的田间试验发现甘农Ⅰ号种衣剂和甘农Ⅲ号种衣剂的单独拌种使用对小麦孢囊线虫具有良好的防治效果^[8]。为了进一步降低防治成本,减少农药使用量,增加防治效果,2014—2015年,笔者在小麦主产区河南新乡进行了种衣剂联合使用试验,评价了甘农Ⅰ号种衣剂、甘农Ⅰ号种衣剂+吡虫啉(0.5:0.5)复合、甘农Ⅰ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)复合、甘农Ⅲ号种衣剂、甘农Ⅲ号种衣剂+吡虫啉(0.5:

收稿日期: 2016-06-02

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201503114)

崔江宽, 博士研究生, 研究方向: 植物线虫分子生物学. E-mail: jk_cui@163.com

通信作者: 彭德良, 博士, 研究员, 研究方向: 植物线虫致病分子机理与控制技术. E-mail: pengdeliang@caas.cn

0.5)复合、甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)复合对小麦孢囊线虫的防效,发现甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)复合种衣剂可有效防控小麦孢囊线虫,显著提高小麦产量,适于在生产上推广应用。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

河南省新乡市中国农业科学院植物保护研究所实验基地,土壤类型为沙壤,肥力水平中等,田间小麦孢囊的发生分布比较均匀。本试验的前茬作物为玉米。每公顷施底肥磷酸二铵 375 kg、硫酸钾复合肥 225 kg、尿素 225 kg,小麦播种时间为 2014 年 10 月 20 日,播种后进行正常的田间水肥、除草和杀虫管理。

1.2 试验材料

1)供试小麦品种。‘矮抗 58’,从河南省科林种业有限公司购买。

2)供试药剂。共有 4 个种衣剂(6 个处理),甘农 I 号种衣剂(主要成分:二硫氰基甲烷)和甘农Ⅲ号种衣剂(主要成分:二硫氰基甲烷与噻虫嗪)由甘肃农业大学研制并提供;25%灭菌唑种子处理悬浮剂(FS)和 60%吡虫啉悬浮种衣剂(FSC)分别由巴斯夫欧洲公司和德国拜耳公司生产。

1.3 试验方法

1)药剂处理。共 6 个药剂处理(表 1)。播种前 1 d 经自动化拌种机器充分搅拌均匀后晾干备用,另设不施用任何药剂的等量自来水作为空白处理对照(CK)。每个小区的处理面积为 300 m² (50 m×6 m),试验设 3 个重复区组,各小区完全随机排列。小区之间设有 1 m 的间隔行,不种任何作物。每个小区均选用 4.0 kg 小麦种子进行拌种处理(表 1)。

2)土壤中孢囊数量的调查。在小麦的播种期、抽穗期和收获期分别调查了各小区处理中的孢囊

表 1 小麦孢囊线虫药效试验所测药剂有效成分及处理方法和用量

Table 1 Tested chemical formulations and dosage on *Heterodera avenae*

处理 No.	药剂 Nematicides	有效成分 Active ingredient	种子处理* Seed treatment	施药量/ (kg/hm ²) Dosage
1	甘农 I 号种衣剂 MT	二硫氰基甲烷悬浮种衣剂 Methylene (bis) thiocyanate (MT)	1:40	4.3
2	甘农 I 号种衣剂+吡虫啉 (0.5:0.5) MT+Imi	二硫氰基甲烷+60%吡虫啉悬浮种衣剂 Methylene (bis) thiocyanate+60% Imidacloprid (MT+Imi)	1:35	4.9
3	甘农 I 号种衣剂+灭菌唑 (0.5:0.5) MT+Tri	二硫氰基甲烷+25%灭菌唑悬浮种衣剂 Methylene (bis) thiocyanate+25% Triticonazole (MT+Tri)	1:35	4.9
4	甘农Ⅲ号种衣剂 MTT	二硫氰基甲烷·噻虫嗪悬浮种衣剂 Methylene (bis) thiocyanate·Thiamethoxam (MTT)	1:40	4.3
5	甘农Ⅲ号种衣剂+吡虫啉 (0.5:0.5) MTT+ Imi	二硫氰基甲烷·噻虫嗪+60%吡虫啉悬浮种衣剂 Methylene (bis) thiocyanate·Thiamethoxam + 60% Imidacloprid (MTT+Imi)	1:35	4.9
6	甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑 (0.5:0.5) MTT+Tri	二硫氰基甲烷·噻虫嗪+25%灭菌唑悬浮种衣剂 Methylene (bis) thiocyanate·Thiamethoxam+25% Triticonazole (MTT+Tri)	1:35	4.9
7	对照 CK	自来水 Tap water	—	—

注: * 测试药剂分别进行种子包衣,对照处理为等量清水。Note: Chemicals were used for seedcoating and equal tap water for control.

数,白雌虫数量及单孢囊卵量。采用随机取样法,每个小区随机选择 15 个点的土样,混合均匀后每份土样约 1~2 kg。将采集的土样自然风干后平均分成 3 份,每份取 100 mL 置于桶中,用强水流冲击桶内土样,使其完全打散,适当搅动后静置、沉淀 15 s。将塑料桶内的土样悬浮液依次通过 800 μm 和 200 μm 嵌套的筛子,每个样品重复 3~4 次,然后小心用水淋洗 800 μm 筛子上的残余物,确保所有孢囊

均落于 200 μm 筛网内。在体式解剖镜下用挑针和毛笔将孢囊全部挑出,分别统计每个样品中的孢囊数量。

3)单孢囊卵量及防治效果。在每个处理的样品中随机挑取 10 个成熟饱满的孢囊,于载玻片上用挑针轻轻压破孢囊后释放出全部的卵粒,统计单孢囊内的卵数量。按以下公式计算孢囊的(卵量)减退率,防治效果和增产效果^[8]:

白雌虫抑制率=(对照区白雌虫增长率-防治区白雌虫增长率)/对照区白雌虫增长率×100%

孢囊(卵)减退率=[施药前孢囊(卵)数-施药后孢囊(卵)数]/施药前孢囊(卵)数×100%;

4)不同种衣剂处理对小麦生长和产量的影响调查。返青时期,在每个小区随机选取 10 株小麦统计分蘖;抽穗期,在每个小区采用五点取样法随机选取 20 株小麦并测量株高;收获期,在每个小区随机选取 1 m²小麦,收获全部的麦穗,每小区 3 个重复,用塑料网眼袋装好,标记后带回实验室。分别统计每个小区单位面积(1 m²)内的小麦植株穗数、穗粒数、千粒重和 1 m²的小麦总产量,然后根据 3 个重复区组的平均值计算出每平方米小麦的理论产量。(理论产量/m²=每平米穗数×每穗粒数×千粒重/1 000)。增产率=(防治区实际产量-对照区实际产量)/对照区实际产量×100%。

1.4 数据统计和分析

利用 SPSS 软件(SPSS Inc.12.0),对数据进行方差(ANOVA)分析, $P \leq 0.05$ 为显著性水平。

2 结果与分析

2.1 不同种衣剂处理后对土壤中白雌虫及孢囊数量的影响

根据试验前孢囊数量调查结果,所选试验地块播种前的孢囊线虫群体密度均匀,各小区之间孢囊基数无显著差异。抽穗期,不同小麦种衣剂拌种处理后的土壤中白雌虫数量和对照相比均显著减少。对照区白雌虫数量增加了 303.33%,与对照区相比,甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑、甘农Ⅲ号种衣剂 2 个处理的白雌虫抑制率显著高于其他处理,分别为 72.27% 和 70.29%(表 2)。收获后调查发现,与播种期的孢囊数量相比,6 个处理的孢囊均有一定程度的减少,其中甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑种衣剂复合处理小区的孢囊减退率最高,防效达到 51.61%,甘农Ⅲ号种衣剂单独使用处理小区的防效为 50.74%。甘农Ⅰ号种衣剂、甘农Ⅲ号种衣剂,2 种种衣剂与高巧混合使用后的防效均低于甘农Ⅰ号种衣剂、甘农Ⅲ号种衣剂 2 种种衣剂的单独使用和同灭

表 2 不同种衣剂处理对小麦 3 个不同生长时期的土壤中孢囊量的防效

Table 2 Effects of different seed treatments on cysts in fields at three wheat growth stages

处理 Treatment	土壤中孢囊数量/(个/100 mL) Number of cysts in 100 mL soil			抑制率/% Restrain increasing	减退率/% Reducing	防效/% Control effect
	播种期 Sowing time	抽穗期 Booting time	收获期 Harvest time			
甘农Ⅰ号种衣剂 MT	6.2±2.38a	12.8±3.56b	4.4±1.14b	65.02	29.03	49.31
甘农Ⅰ号种衣剂+吡虫啉 (0.5:0.5) MT+Imi	5.8±1.92a	13.0±2.92b	5.0±1.00b	59.08	13.79	38.42
甘农Ⅰ号种衣剂+灭菌唑 (0.5:0.5) MT+Tri	6.2±2.04a	12.4±1.14b	4.8±0.84b	66.99	22.58	44.70
甘农Ⅲ号种衣剂 MTT	5.8±1.92a	11.0±1.58c	4.0±1.00c	70.29	31.03	50.74
甘农Ⅲ号种衣剂+吡虫啉 (0.5:0.5) MTT+Imi	6.0±3.16a	11.8±1.30b	4.6±1.51b	67.98	23.33	45.24
甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑 (0.5:0.5) MTT+ Tri	6.2±2.16a	11.4±1.51bc	4.2±1.92c	71.27	32.26	51.61
对照 CK	6.0±2.34a	24.2±6.87a	8.4±1.67a	—	—40.00	—

注:数据为平均值±标准误,同一列数据后不同字母代表该数据在 0.05 水平差异显著;下同。播种期和收获期孢囊为发育成熟孢囊,抽穗期孢囊为白雌虫。Note: The data showed mean±standard deviation (sd), the different letter in same colum indicate significant difference at 0.05 level; The same as below. The mature cysts were investigated at sowing time and harvest time; white females were investigated at booting stage.

菌唑混合使用时的防效。

2.2 不同种衣剂处理对单孢囊卵量的影响

比较播种前和收获期的土壤中单孢囊的卵量,发现经过小麦种子包衣处理后,在收获期的土壤样品中,6 个处理小区的单孢囊卵量均比对照小区的

单孢囊卵量有所减少,并且有显著差异;其中甘农Ⅲ号种衣剂处理小区的平均单孢囊卵量减退率最高,为 25.11%,其次为甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑种衣剂复合(0.5:0.5)处理,单孢囊卵量减退率为 19.43%,防治效果分别达到 37.59% 和 32.86%。甘农Ⅲ号种

表 3 不同种衣剂处理对土壤中单孢囊卵量的影响
Table 3 Effects of different seed treatments on eggs from cysts

处理 Treatment	单孢囊卵量/个 Eggs of cyst		减退率/% Eggs reducing rate	防治效果/% Control effect
	播种期 Sowing time	收获期 Harvest time		
甘农 I 号种衣剂 MT	304.4±36.87a	263.6±40.45b	13.40	27.83
甘农 I 号种衣剂+吡虫啉 (0.5 : 0.5) MT+Imi	306.2±16.28a	276.6±33.05b	9.67	24.73
甘农 I 号种衣剂+灭菌唑 (0.5 : 0.5)MT+Tri	303.8±51.45a	249±34.50bc	18.04	31.70
甘农 III 号种衣剂 MTT	313.8±19.96a	235±48.12c	25.11	37.59
甘农 III 号种衣剂+吡虫啉 (0.5 : 0.5)MTT+Imi	304.8±7.19a	272±55.15b	10.76	25.63
甘农 III 号种衣剂+灭菌唑 (0.5 : 0.5)MTT+Tri	306.6±45.85a	247±34.50bc	19.43	32.86
对照 CK	308.6±17.62a	369.6±32.69a	-19.77	-

衣剂+吡虫啉复合、甘农 I 号种衣剂+吡虫啉复合效果较差,单孢囊卵量减退率分别为 10.76%、9.67%。

2.3 不同种衣剂处理对小麦的生长指标和产量的影响

在抽穗期,不同种衣剂处理之间小麦株高存在显著差异,其中甘农 III 号种衣剂+高巧种衣剂复合处理小区株高达到 60.8 cm,株高与对照相比增加了 16.92%。单独使用甘农 I 号种衣剂株高较低,仅为 56.2 cm,比对照组增加 8.08%。比较小麦收获后的各项测产参数,各个小区处理之间的穗粒数均无显著差异;各种衣剂处理间的每平方米穗数无显著差异但均高于对照组;统计理论产量发现:药剂复

合处理后的理论产量均有显著提高,理论增产率均在 33%以上,其中甘农 III 号种衣剂+灭菌唑种衣剂复合、甘农 III 号种衣剂+高巧种衣剂复合 2 个处理的小区小麦增产效果显著高于其他处理,理论增产率分别达到 40.35%和 44.39%;单独使用甘农 I 号种衣剂和甘农 III 号种衣剂的理论增产率较低,分别为 26.35%和 35.96%。各处理之间的千粒重存在显著差异,其中甘农 III 号种衣剂+高巧种衣剂复合和甘农 III 号种衣剂+灭菌唑种衣剂复合处理的小区的平均千粒重分别为 47.88 g 和 45.99 g,比对照小区分别增加了 11.71%和 7.30%(表 4)。实际测产结果表明,各种衣剂处理后的各小区实际产量均在 490~537 g/m²之间,均高于对照小区的 425 g/m²,

表 4 不同种衣剂处理后对小麦的生长及产量的影响
Table 4 Effects of different seed treatments on agronomic characteristics of wheat

处理 Treatment	株高/cm Plant height	穗数/(个/m ²) Spike number per square	穗粒数/个 Grains per spike	千粒重/g Thousand seed weight	每平米 理论产量/g Theoretical yield per square	理论增产率/% Theoretical increasing rate	每平米 实际产量/g Yield per square	实际增产率/% Increasing rate
甘农 I 号种衣剂 MT	56.2±2.07b	463.8±10.43a	32.8±6.06a	44.71±0.84b	678.69±118.55bc	26.35	490.0±54.53a	15.29
甘农 I 号种衣剂+吡虫啉 (0.5 : 0.5) MT+Imi	60.4±1.67a	468.8±6.61a	34.0±5.79a	44.94±1.24b	714.83±110.83b	33.09	519.4±34.85a	22.21
甘农 I 号种衣剂+灭菌唑 (0.5 : 0.5) MT+Tri	56.6±2.88a	468.4±12.05a	33.6±7.44a	44.86±0.97b	702.18±136.07b	30.73	518.8±51.21a	22.07
甘农 III 号种衣剂 MTT	58.2±1.30ab	469.6±11.46a	34.4±5.77a	45.41±1.48b	730.29±100.86ab	35.96	493.4±52.56a	16.09
甘农 III 号种衣剂+吡虫啉 (0.5 : 0.5) MTT+Imi	60.8±2.77b	467.6±5.41a	34.6±5.27a	47.88±0.61a	775.58±126.69a	44.39	513.2±22.25a	20.75
甘农 III 号种衣剂+灭菌唑 (0.5 : 0.5) MTT+Tri	59.2±2.59ab	471.6±5.77a	34.8±4.92a	45.99±0.98b	753.85±99.08a	40.35	537.2±47.92a	26.40
对照 CK	52.0±2.03c	441.2±13.85b	28.2±8.58a	42.86±1.23c	537.12±60.81c	-	425.0±55.23b	-

其中甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑种衣剂复合(0.5:0.5)处理的小区小麦增产效果最显著,与对照相比增加率达到26.40%,甘农Ⅰ号种衣剂和甘农Ⅲ号种衣剂的单独使用增产率最低,分别为15.29%和16.09%。总之,对小麦进行种衣剂包衣后,各处理均能够显著降低小麦孢囊线虫的种群密度,同时兼具一定的增产效果,特别是甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑种衣剂复合(0.5:0.5)处理,对小麦孢囊线虫的抑制和对小麦的生长指标及产量增长的影响最为显著,可考虑在实际生产中加以推广和应用。

3 讨论

小麦孢囊线虫病是一种十分重要的土传病害,生产上主要采用种植抗病(耐病)品种并结合播种时适当镇压、播后灌水以及合理施肥等农艺措施来减轻孢囊线虫病的病害发生^[6]。研究表明,在小麦返青拔节期施用化学农药辛硫磷等触杀或内吸性杀线剂顺垄沟施或灌根也可有效防治孢囊线虫^[9]。采用化学种衣剂的种子包衣技术防治小麦孢囊线虫,不仅操作简单易行,经济成本低廉,而且靶向性高,对生态环境和小麦的生长比较安全,在小麦生产上易于推广。河南省小麦孢囊线虫每年有2次侵染高峰,分别在冬前出苗2周后和次年3月份气温回升后,并且冬前线虫入侵量更高,对苗期小麦危害更重,但小麦根部出现大量白雌虫的时间在4月底和5月初^[10]。因此,经过种衣剂包衣处理后,可有效降低冬前侵入小麦根部的2龄幼虫,以此压低侵染的虫口基数,从而减少孢囊的形成数量。为了降低农药使用量,精确评价药效防控效果,我们根据河南省的孢囊线虫发生动态的特点,分别调查了小麦播种前、抽穗期、收获期田间土壤的孢囊数量,证实甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑种衣剂复合(0.5:0.5)处理能够有效防治小麦孢囊线虫病,同时小麦的分蘖能力和千粒重显著高于对照组,说明甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑种衣剂复合不仅能有效防控小麦孢囊线虫,还可以增加小麦产量。

灭菌唑是甾醇生物合成过程中C-14脱甲基化酶的抑制剂,其主要用于防治果树、禾谷类作物和豆科作物病害,对种传病害具有特效^[11]。60%灭菌唑与30%硅噻菌胺作为一种复合新型杀菌剂,可用于防治小麦全蚀病,能够解决由于长期使用单一药物防治小麦全蚀病而引起的抗药性问题^[12]。此外,灭

菌唑种子包衣处理后可有效防治玉米苗期病害如根腐病、纹枯病、丝黑穗病等,对玉米土传病害玉米丝黑穗病的防效达到86.68%,明显高于其他药剂,并且该种衣剂对玉米出苗和生长具有明显的促进作用^[13]。高巧种衣剂的主要成分为吡虫啉,其主要作用靶标为昆虫的烟碱乙酰胆碱受体,进而干扰昆虫相关神经系统的刺激及传导,使神经通路阻塞,从而导致昆虫麻痹,并最终致死^[14]。研究发现高巧包衣后能有效防治地下害虫,提高保苗率,促进苗生长^[15],且具有明显的增产效果,增产幅度在19%以上^[16],适合于土壤、种子处理及颗粒施用。高巧悬浮剂对蚜虫的控制效果显著,尤其是对小麦穗蚜起到有效的控制作用^[17]。高巧种子处理剂对防治水稻秧苗期稻飞虱总防效在74%以上,对南方水稻黑条矮缩病和锯齿叶矮缩病毒的防效均在70%^[18]。因此,灭菌唑和高巧与主要成分为二硫氰基甲烷的种衣剂复合施用,不仅可以抑制线虫的侵染与繁殖,而且可以兼治小麦上的其他病虫害。

甘农Ⅰ号和甘农Ⅲ号种衣剂的主要有效成分均为二硫氰基甲烷($C_3H_2N_2S_2$),它是一种易挥发、难溶于水,同时具有极强的杀菌和杀线虫活性的有机硫氰化合物。二硫氰基甲烷对20多种植物病原性真菌、细菌及线虫都具有高效的生物学活性,已被成功应用于防治麦类种传性真菌病害、水稻恶苗病和水稻干尖线虫病,还可以有效控制番茄根结线虫病^[19]。研究发现10%二硫氰基甲烷乳油浸种处理对水稻干尖线虫病的防效在84%以上^[20]。4.2%二硫氰基甲烷浸种后可有效防治水稻“小粒翘穗”的症状发生,同时可兼防水稻恶苗病,对水稻的发芽及生长并无不良影响^[21]。二硫氰基甲烷对稻粒黑粉病菌冬孢子萌发的抑制活性较高,但处理后的水稻萌芽率显著低于对照,表明该药剂在浸种处理时会对所选稻种的萌芽造成一定的影响^[22]。本试验发现单独使用的主要成分为二硫氰基甲烷的甘农Ⅰ号种衣剂和甘农Ⅲ号种衣剂,与复合使用的种衣剂相比,株高偏低,说明二硫氰基甲烷用量过高可能对植株生长具有不利影响,在使用过程中应注意调节使用剂量。

甘农Ⅲ号小麦种衣剂的主要成分除含有二硫氰基甲烷之外,同时还有少量的噻虫嗪($C_8H_{10}C_1N_5O_3S$)。噻虫嗪是一种具有优异活性的类似于新烟碱类化合物的杀虫剂,已在多种作物上

得到了推广和应用,不仅可以用来做叶面喷施和土壤处理,还可以用于对种子进行包衣处理^[23]。本试验中,我们测试分析了药种质量比为1:40的甘农Ⅲ号小麦种衣剂,1:35的甘农Ⅲ号种衣剂+高巧(0.5:0.5)复合种衣剂以及1:35的甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)复合种衣剂,发现与其他药剂复合后可以提高甘农Ⅲ号种衣剂的防治效果。后续研究我们将着重调查甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)复合种衣剂小麦对其他病虫害的防治效果,以便更好地应用复合种衣剂防治小麦病虫害。

总之,小麦孢囊线虫病的防治不仅需要统筹全面地综合考虑经济效益、环境安全及农事操作习惯等多种因素,同时要结合当地耕作条件和农事操作的便捷性。吡虫啉在土壤中的渗透不明显,在试验地里的半衰期为40 d^[24],对地下害虫、小麦蚜虫、小麦孢囊线虫发生严重的地区可选择使用甘农Ⅲ号种衣剂+高巧(0.5:0.5)复合进行小麦播前的拌种包衣。对土传病原物较多的重病田块,可选择甘农Ⅲ号种衣剂+灭菌唑(0.5:0.5)复合种衣剂进行小麦播前的拌种包衣。农药的联合使各自的致毒作用相互发生影响,产生协同作用,可以增强药效,提高防治效果^[25]。同时,减少用药次数节省用药量,减少农药对环境污染负效应^[26]。使用近几年来,随着耕作制度的改变,免耕栽培、秸秆还田的面积逐年扩大,冬前小麦病虫害危害也越来越重。应用种衣剂对小麦病虫害进行防治,不仅成本低、操作方便、对环境污染小;而且可以减少农民的劳动强度,适于在生产上进行大面积推广。由于种衣剂的持效期有限,种子包衣技术应结合抗性品种的栽培、适时的化学防治和合理的田间管理等多项措施综合运用,才能有效控制小麦孢囊线虫病等的危害。

参 考 文 献

- [1] RIVOAL R, NICOL J M. Past research on the cereal cyst nematode complex and future needs [C]// RILEY I T, NICOL J M, DABABAT A A. Cereal cyst nematodes: status, research and outlook. CIMMYT: Ankara, Turkey, 2009: 3-10.
- [2] 侯生英, 王爱玲, 张贵, 等. 小麦禾谷孢囊线虫病危害损失研究[J]. 农学学报, 2012, 2(8): 33-36.
- [3] 陈品三, 王明祖, 彭德良. 我国小麦禾谷孢囊线虫(*Heterodera avenae* Wollenweber) 鉴定研究[J]. 植物病理学报, 1992, 22(4): 339-379.
- [4] CUI J K, HUANG W K, PENG H, et al. A new pathotype characterization of Daxing and Huangyuan populations of cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in China [J]. Journal of integrative agriculture, 2015, 14(4): 724-731.
- [5] 汪涛, 戚仁德, 吴向辉, 等. 小麦孢囊线虫病传播扩散途径研究初报[J]. 植物保护, 2012, 38(1): 98-100.
- [6] 王振跃, 李洪连, 袁虹霞. 小麦孢囊线虫病的发生危害与防治对策[J]. 河南农业科学, 2005, 34(12): 54-55.
- [7] 吴凌云, 李明, 姚东伟. 化学农药型种衣剂的应用与发展[J]. 农药, 2007, 46(9): 577-579.
- [8] 郝瑞, 黄文坤, 刘崇俊, 等. 新型种衣剂防治小麦禾谷孢囊线虫病研究[J]. 植物保护, 2014, 40(1): 182-186.
- [9] 刘许成. 浅谈小麦孢囊线虫病及防治技术[J]. 农技服务, 2015, 32(3): 111.
- [10] 袁虹霞, 阎海涛, 孙炳剑, 等. 两种小麦孢囊线虫在河南省郑州市的侵染动态比较研究[J]. 植物病理学报, 2014, 44(1): 74-79.
- [11] 叶滔, 马志强, 毕秋艳, 等. 植物病原真菌对甾醇生物合成抑制剂类(SBIs)杀菌剂的抗药性研究进展[J]. 农药学报, 2012, 14(1): 1-16.
- [12] 陈斌. 一种复合杀菌剂: 103563970 A [P]. 2014-07-20.
- [13] 杨丽娜, 王伯平, 王雪, 等. 9种玉米种衣剂对玉米丝黑穗病的田间药效比较[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 120-122.
- [14] 宣日成, 王琪全, 郑巍, 等. 吡虫啉在土壤中的吸附及作用机理研究[J]. 环境科学学报, 2004, 20(2): 198-201.
- [15] 高应奇, 陈世敏, 杨瑞霞, 等. 高巧包衣剂在玉米上的应用效果[J]. 蔬菜, 2013(7): 12-13.
- [16] 刘卫国. 60%高巧悬浮种衣剂与6%立克秀湿拌剂混用对小麦病虫害的防效及增产作用[J]. 农业灾害研究, 2012, 2(2): 10-13.
- [17] 冯小军, 甘赖莉. 拌种剂组合(高巧、立克秀)防治小麦病虫害效果研究[J]. 陕西农业科学, 2012, 58(1): 10-12.
- [18] 李国君, 卓晓光, 郭荣, 等. 60%吡虫啉悬浮拌种剂(高巧)对防治水稻飞虱和预防病毒病的效果评价[J]. 生物灾害科学, 2014, 37(3): 254-259.
- [19] 祁之秋, 陈长军, 王建新, 等. 二硫氰基甲烷及其分解产物对根结线虫幼虫作用方式的研究[J]. 植物病理学报, 2008, 38(4): 420-424.
- [20] 李云飞, 陈雪娇, 陈雨, 等. 二硫氰基甲烷对水稻干尖线虫的防治效果研究[J]. 植物检疫, 2014, 28(3): 50-53.
- [21] 孙春来, 洪芳, 孟爱中, 等. 不同药剂浸种防治水稻“小粒翘穗”试验[J]. 中国植保导刊, 2004, 24(6): 35-35.
- [22] 戴雷, 张道环, 李寒松, 等. 不同杀菌剂对稻粒黑粉病菌冬孢子萌发的影响[J]. 植物检疫, 2012, 26(3): 1-4.
- [23] 陶贤鉴, 黄超群, 罗亮明. 新一代烟碱类杀虫剂——噻虫嗪的合成研究[J]. 现代农药, 2006, 5(1): 11-13.
- [24] ROUCHAND J, GUSTIN F, WANTERS A. Imidacloprid insecticide soil metabolism in sugar beet field crops [J]. Bull Environ Contam Toxicol, 1994, 56(1): 29-36.
- [25] 李江涛. 农药混用原则及注意事项[J]. 现代农业科技, 2014(5): 184-184.
- [26] 邹小红, 李湘民. 浅谈农药的混合使用[J]. 江西植保, 2005, 28(4): 168-168.

Efficacy evaluation of Methylene (bis) thiocyanate in combination with Triconazole and Imidacloprid on controlling *Heterodera avenae*

CUI Jiangkuan¹ HUANG Wenkun¹ PENG Huan¹
KONG Ling'an¹ LI Huixia² PENG Deliang¹

1.State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests/Institute of Plant Protection,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

2.Grassland Science Institute of Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

Abstract To get a nematicide to effectively control the cereal cyst nematodes, *Heterodera avenae*, two new seed coating nematicides (Methylene (bis) thiocyanate), Gannong I and Gannong III, and four nematicide compounds, Gannong I combined with 60% Imidacloprid (0.5 : 0.5), Gannong I combined with 25% Triconazole (0.5 : 0.5), Gannong III combined with 60% Imidacloprid (0.5 : 0.5), Gannong III combined with 25% Triconazole (0.5 : 0.5) were tested on controlling the cereal cyst nematode *H. avenae* in Henan Province. Wheat seeds were treated with the six seed-coatings before sowing. The number of cysts were counted at three different wheat growing stages, and eggs in nematode and wheat yield were investigated at harvesting time. The results indicated that the number of eggs from cyst and cysts in soil with different nematicide treatments were clearly reduced after seed coating. Gannong III and Gannong III combined with 25% Triconazole (0.5 : 0.5) reduced the eggs for 37.59% and 32.86% and increased the yield for 16.09% and 26.40%, respectively. Gannong III combined with 25% Triconazole (0.5 : 0.5) and Gannong III restrained the female as 72.27% and 70.29%, and the cysts as 50.74% and 51.61%, respectively. The data demonstrated that Gannong III combined with 25% Triconazole (0.5 : 0.5) and Gannong III combined with 60% Imidacloprid (0.5 : 0.5) controlled the cereal cyst nematode effectively and increased the yield of wheat, with a theoretical rate of 40.35% and 44.39%, respectively. Gannong III combined with 25% Triconazole (0.5 : 0.5) was suitable to apply widely to control the cereal cyst nematode under natural field conditions.

Keywords seed-coatings; *Heterodera avenae*; Methylene (bis) thiocyanate; combination; Thiame-thoxam; nematicides

(责任编辑:边书京)