

王继雯,赵俊杰,李冠杰,等. 新型抗线虫复合菌剂促进小麦生长及抗小麦孢囊线虫的效果[J]. 江苏农业科学,2019,47(13):131-134.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.13.032

# 新型抗线虫复合菌剂促进小麦生长及抗小麦孢囊线虫的效果

王继雯<sup>1,2</sup>, 赵俊杰<sup>1,2</sup>, 李冠杰<sup>1,2</sup>, 岳丹丹<sup>1,2</sup>, 甄静<sup>1,2</sup>, 高丁石<sup>3</sup>, 慕琦<sup>2</sup>, 陈国参<sup>1,2</sup>

(1. 河南科学院生物研究所有限责任公司,河南郑州 450008; 2. 河南省微生物工程重点实验室,河南郑州 450008;

3. 河南省滑县农业局,河南滑县 456400)

**摘要:**为探索新型抗线虫复合菌剂在大田施用条件下抗小麦孢囊线虫的效果和最佳使用剂量及增产效果,以田间试验为基础,设计 7 个处理,包括 100、200、300、400、500 kg/hm<sup>2</sup> 等 5 个不同剂量的施肥处理及 0.5% 阿维菌素颗粒剂 30 kg/hm<sup>2</sup> 和不施肥的空白对照,研究其对小麦生物学性状、成产因素、产量及对小麦孢囊线虫防效的影响。底施新型抗线虫复合菌剂剂量为 300~500 kg/hm<sup>2</sup> 时,拔节孕穗期对小麦的生物学性状有一定影响,并且剂量为 500 kg/hm<sup>2</sup> 时能显著提高小麦次生根数和孕穗数。在收获期,底施新型抗线虫复合菌剂的处理与不施肥的空白对照相比,虽对小麦的株高、穗长、单位面积穗数及千粒质量影响不显著,但是施用剂量为 400 kg/hm<sup>2</sup> 时可以显著提高小麦的穗粒数。在小麦生长的不同时期均以施用 500 kg/hm<sup>2</sup> 新型抗线虫复合菌剂的防效最好,并且收获期与空白对照相比平均有效孢囊数减少 70.73%,与施用 30 kg/hm<sup>2</sup> 0.5% 阿维菌素颗粒剂的处理相比平均有效孢囊数减少 47.83%。结果表明,小麦底施供试新型抗线虫复合菌剂剂量为 400~500 kg/hm<sup>2</sup> 时,不仅能显著改善小麦的部分生物学性状,并有较好的增产作用,而且能有效地防治小麦孢囊线虫病的发生,并以施用剂量为 500 kg/hm<sup>2</sup> 时防治效果最好。

**关键词:**复合菌剂;小麦孢囊线虫;剂量;生物学性状;产量;防效

**中图分类号:** S432.4<sup>+</sup>5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)13-0131-04

小麦孢囊线虫病又称为小麦禾谷孢囊线虫病(cereal cyst nematode,简称 CCN),是一类危害小麦等禾谷类作物的重要土传病害,在我国发病范围比较广泛,治理难度较大<sup>[1-3]</sup>。因此,对该病的防治,应该采取“预防为主,综合治理”的方针<sup>[4-5]</sup>。在小麦孢囊线虫病严重发生的地块,通常用氯化苦、D-D 混剂(绿-滴混剂)和棉隆等土壤熏蒸剂或者具触杀、内吸作用的杀线虫剂,如涕灭威能够在一定程度上有效防治小麦孢囊线虫<sup>[5]</sup>。虽然化学药物防治效果较好,但是对人畜健康危害大,成本高,并且污染环境<sup>[6]</sup>,已经不符合现代农业规定和发展的要求,因此寻找高效低毒的农药防治孢囊线虫病非常有必要。近年来,由于采用生物防治的方法尤其是通过施用微生物肥料或菌剂的方式对小麦孢囊线虫病进行防治,特别是应用微生物肥料或菌剂,它不但有一定的肥效作用,而且抗小麦孢囊线虫效果较好,并具有无公害、无污染、价格低、效果好等特点,越来越受到人们的青睐<sup>[7-8]</sup>。生物防治的优点是对环境的污染程度小,因此采用生物防治方法防治小麦禾谷孢囊线虫的前景是非常广阔的。然而,我国对小麦

孢囊线虫病的研究才刚刚开始,相关报道比较少<sup>[9]</sup>。本研究提供的新型抗线虫复合菌剂是由淡紫拟青霉 GCX2-1 和黑曲霉 J4 等组成的复合菌剂按一定比例混合而成的,由河南省科学院生物研究所有限责任公司研制,它既具有生防作用,又具有促生增产效果。本试验初步探索在大田条件下,新型抗线虫复合菌剂对小麦禾谷孢囊线虫的防效及增产效果,以期为进一步的推广应用奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与试验田情况

试验地点:试验设在河南省滑县留固镇南街村承包田内。试验田情况:试验田交通便利,易于观察及管理,田块方正,地势平坦,肥力均匀,排灌方便,种植生产水平较高,前茬作物一致。供试土壤为壤土。试验地前茬作物为玉米,产量约为 10.5 t/hm<sup>2</sup>。供试作物为小麦,品种为中麦 895。耕层土壤养分:有机质含量为 5.4%,水解性氮含量为 82.91 mg/kg,速效磷含量为 21.75 mg/kg,速效钾含量为 97.96 mg/kg。

### 1.2 试验材料

供试生防菌剂由河南省科学院生物研究所有限责任公司研发生产,0.5% 阿维菌素颗粒剂购自当地市场。

### 1.3 试验设计

本试验共设 7 个处理,每个处理设 3 次重复,各处理随机区组排列。处理 1:新型抗线虫复合菌剂 100 kg/hm<sup>2</sup>;处理 2:新型抗线虫复合菌剂 200 kg/hm<sup>2</sup>;处理 3:新型抗线虫复合菌剂 300 kg/hm<sup>2</sup>;处理 4:新型抗线虫复合菌剂 400 kg/hm<sup>2</sup>;处

收稿日期:2018-04-27

基金项目:河南省科技攻关项目(编号:182102110036、182102110218);

河南省科技开放合作项目(编号:182106000053)。

作者简介:王继雯(1970—),女,河南驻马店人,硕士,副研究员,主要从事农业微生物技术研究。Tel:(0371)60338620;E-mail:wangjiwen2017@foxmail.com。

通信作者:陈国参,硕士,研究员,主要从事农业微生物技术研究。

Tel:(0371)60117116;E-mail:swschenggc@sina.com。

理 5: 新型抗线虫复合菌剂 500 kg/hm<sup>2</sup>; 处理 6: 0.5% 阿维菌素颗粒剂 30 kg/hm<sup>2</sup>; 处理 7: 空白对照。

1.4 试验方法

试验严格按方案要求进行小区划分, 每个小区 45 m<sup>2</sup>, 每个处理均先用 600 kg/hm<sup>2</sup> 常规肥料作基肥, 再施新型抗线虫复合菌剂后播种, 拔节期追施尿素 150 kg/hm<sup>2</sup>; 在播种前先将常规肥料和供试菌剂一次性施入各小区, 翻压搂平。试验除按方案要求施肥外, 其他管理措施同一般大田生产。2016 年 10 月 13 日施入肥料, 10 月 14 日精细整地并播种, 播种量为 165 kg/hm<sup>2</sup>, 10 月 21 日出苗。

在越冬前(2016 年 11 月 19 日)对试验田小麦的生物学性状和孢囊线虫侵染情况进行调查统计<sup>[9]</sup>, 随机对试验田各小区进行 10 点取样, 每取样点取 10 株小麦, 将完整的小麦根系冲洗干净, 去掉多余的水分, 测量其分蘖数、叶片数、次生根数; 用分析天平称量小麦的鲜根质量。采用次氯酸钠-酸性品红染色法对小麦根系染色, 在显微镜下统计 1 g(鲜根质量)根内孢囊线虫 2 龄幼虫数量, 2 龄幼虫数量 = 2 龄幼虫数量/鲜根质量; 并计算其侵染率和病情指数, 侵染率 = 被感染的小麦株数/调查的小麦总株数 × 100%; 病情指数 = 100 × Σ(各级病数 × 各级代表值)/(调查总数 × 最高级代表值)。病情严重度分级标准: 0 级, 1 g 根部有 0 头孢囊线虫幼虫; 1 级, 1 g 根部有 1~5 头孢囊线虫幼虫; 2 级, 1 g 根部有 6~20 头孢囊线虫幼虫; 3 级, 1 g 根部有 21~40 头孢囊线虫幼虫; 4 级, 1 g 根部有 40 头以上孢囊线虫幼虫。

2017 年 3 月 22 日返青拔节期各个处理(含空白对照)追施尿素 150 kg/hm<sup>2</sup>, 然后浇水; 4 月 19 日拔节孕穗期进行苗期调查, 并按每个小区随机 10 点进行采样, 室内测量株高、次生根数、分蘖数、孕穗数等; 6 月 2 日收获期取样测产并同时田间调查及考种, 收获前每个小区取 1 m 样段, 连根拔回, 剪根后数穗数, 装袋晾晒干后称取干质量(样段生物学产量), 推算出单位面积生物学产量; 样本脱粒后称取籽粒质量, 计算单位面积穗数和每穗粒数; 千粒质量从小区籽粒中抽样数取后称质量获得。同时每个小区随机取 12 个点, 取小麦根周宽 5 cm、深 5~20 cm 的土壤混合后风干过筛混匀量取 100 mL 土壤, 采用改良漂浮分离法<sup>[10]</sup>漂洗计算有效孢囊数。6 月 6 日采用联合收割机收获小麦, 各区单收计产。

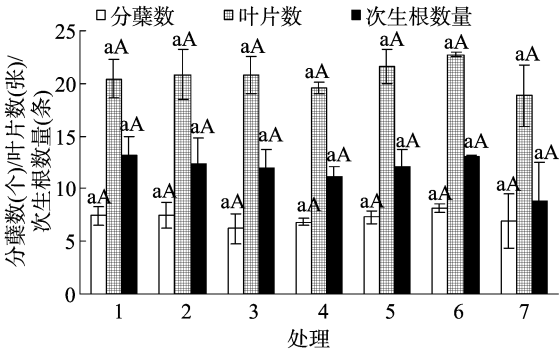
1.5 数据统计与分析

利用 SPSS 17.0 软件进行数据处理及方差分析, 并用 LSD 法比较不同处理间的差异性。

2 结果与分析

2.1 底施新型抗线虫复合菌剂对小麦生物学性状的影响

2.1.1 底施新型抗线虫复合菌剂在越冬前对小麦生物学性状的影响 在越冬前(2016 年 11 月 19 日)对试验田小麦的生物学性状进行调查, 结果如图 1 所示, 施用不同剂量的复合菌剂各处理之间以及与空白对照和施用 0.5% 阿维菌素颗粒剂的处理相比, 各处理的分蘖数、叶片数、次生根数量均变化不大, 差异均不显著( $P>0.05$ )。



图中不同大写、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著

图1 越冬前不同处理对小麦性状的影响

2.1.2 底施新型抗线虫复合菌剂在拔节孕穗期对小麦生物学性状的影响 拔节孕穗期不同处理对小麦生物学性状的影响如表 1 所示, 在 0.05 显著水平上, 虽然处理 3 和处理 4 的株高与空白对照相比差异显著( $P<0.05$ ), 但是与其他各处理相比株高和单株分蘖数差异均不显著( $P>0.05$ ); 而且在 0.01 显著水平上, 各处理之间的株高和分蘖数差异均不显著( $P>0.01$ )。处理 5 的次生根数和孕穗数最多, 其次为处理 4, 并且处理 5 的次生根数和孕穗数与其他各处理相比差异显著( $P<0.05$ ), 处理 5 和处理 4 的次生根数和孕穗数与处理 7 相比差异显著( $P<0.05$ ); 在 0.01 显著水平上, 处理 5 的次生根数和孕穗数与处理 6、处理 7、处理 1 相比差异显著( $P<0.01$ ), 但与处理 2、处理 3、处理 4 相比差异均不显著( $P>0.01$ )。因此, 当底施新型抗线虫复合菌剂剂量为 300~500 kg/hm<sup>2</sup> 时, 对小麦的生物学性状有一定影响, 并且当施用剂量为 500 kg/hm<sup>2</sup> 时, 可以显著提高小麦次生根数和孕穗数。

表 1 拔节孕穗期不同处理对小麦生物学性状的影响

处理	株高 (cm)	单株分蘖数 (个)	次生根数 (条)	孕穗数 (穗)
1	72.07 ± 0.88abA	4.43 ± 0.67aA	18.70 ± 2.74abA	2.47 ± 0.49abA
2	73.37 ± 0.88abA	4.50 ± 0.36aA	21.64 ± 1.60abAB	3.11 ± 0.48abAB
3	74.50 ± 1.65bA	4.83 ± 0.76aA	21.30 ± 3.12abAB	3.17 ± 0.15abAB
4	74.79 ± 1.13bA	5.13 ± 0.60aA	24.18 ± 2.45bAB	3.25 ± 0.37bAB
5	72.44 ± 1.87abA	5.41 ± 1.12aA	28.13 ± 3.19cB	4.32 ± 0.70cB
6	72.92 ± 0.28abA	4.05 ± 0.63aA	17.10 ± 1.39aA	2.36 ± 0.33abA
7	70.56 ± 1.23aA	4.09 ± 0.18aA	17.23 ± 2.41aA	2.02 ± 0.48aA

注: 表中数据为平均值 ± 标准误; 表中不同大写、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著。下表同。

2.1.3 底施新型抗线虫复合菌剂在收获期对小麦生物学性状和成产因素的影响 在收获期不同处理对小麦生物学性状和成产因素的影响如表 2 所示,各处理之间的株高、穗长、单位面积穗数及千粒质量均没有很大变化,差异不显著 ( $P>0.05$ );处理 4 的穗粒数最多,其次为处理 6,两者与处理 7 相比差异极显著 ( $P<0.01$ ),而与其他各处理相比,在 0.05 显

著水平上差异显著 ( $P<0.05$ );在 0.01 显著水平上,处理 4 和处理 6 与处理 7 相比穗粒数差异显著 ( $P<0.01$ ),而各施肥处理之间的穗粒数则差异不显著 ( $P>0.01$ )。因此,收获期与不施肥的空白对照相比,底施新型抗线虫复合菌剂的剂量为 400 kg/hm<sup>2</sup> 时可以显著提高小麦的穗粒数,而对小麦的株高、穗长、单位面积穗数及千粒质量影响较小。

表 2 收获期不同处理对小麦生物学性状和成产因素的影响

处理	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗粒数 (粒)	单位面积穗数 (万穗/hm <sup>2</sup> )	千粒质量 (g)
1	70.33 ± 3.51aA	7.85 ± 0.046aA	32.30 ± 0.98abAB	486.45 ± 0.03aA	47.86 ± 2.16aA
2	73.82 ± 2.06aA	7.97 ± 0.250aA	31.90 ± 3.97abAB	464.85 ± 0.03aA	50.91 ± 1.84aA
3	72.93 ± 2.73aA	8.14 ± 0.058aA	33.07 ± 0.71abcAB	461.25 ± 0.045aA	52.04 ± 1.53aA
4	71.92 ± 2.31aA	8.30 ± 0.156aA	37.13 ± 0.90dB	536.70 ± 0.045aA	50.85 ± 0.75aA
5	71.11 ± 1.54aA	8.37 ± 0.180aA	35.63 ± 0.32bcdAB	590.55 ± 0.009aA	50.53 ± 1.80aA
6	73.12 ± 2.24aA	7.99 ± 0.620aA	36.40 ± 0.98cdB	568.95 ± 0.015aA	49.29 ± 1.23aA
7	71.08 ± 2.14aA	7.88 ± 0.140aA	30.53 ± 1.15aA	527.70 ± 0.045aA	49.42 ± 0.69aA

2.2 底施新型抗线虫复合菌剂对小麦不同生长期孢囊线虫生防效果的影响

由表 3 可知,越冬前调查不同处理小麦孢囊线虫对小麦根部的侵染情况,虽然各处理之间的发病级别一样,均为 2 级,但 1 g 根中 2 龄幼虫数量以处理 5 最少,其次为处理 4 和处理 3,并且处理 5、处理 4、处理 3 与其他各处理相比 1 g 根中 2 龄幼虫数量差异极显著 ( $P<0.01$ ),而它们之间差异不

显著;病情指数仍以处理 5 最低,并且相对防效最好,可达 23.57%,其次为处理 4 和处理 3。

拔节孕穗期孢囊线虫对小麦根部的侵染情况如表 4 所示,1 g 根中 2 龄幼虫数量仍以处理 5 最少,病情指数最低,并且相对防效最高,可达 71.72%,其次为处理 4 和处理 3。处理 5、处理 4、处理 3 的发病级别与处理 6 一样,均为 2 级,而处理 1、处理 2、处理 7 的发病级别一样,均为 3 级。

表 3 越冬前小麦孢囊线虫对小麦根部的侵染情况

处理	鲜根质量 (g)	2 龄幼虫数量 (头/g)	发病级别 (级)	病情指数	相对防效 (%)
1	2.36 ± 0.51	8.50 ± 0.18bB	2	0.089 2	9.80
2	2.49 ± 0.32	8.15 ± 0.19bB	2	0.091 2	13.48
3	2.38 ± 0.25	7.66 ± 0.06aA	2	0.111 6	18.68
4	2.86 ± 0.86	7.31 ± 0.22aA	2	0.087 7	22.40
5	2.52 ± 0.50	7.20 ± 0.02aA	2	0.073 0	23.57
6	2.15 ± 0.35	8.82 ± 0.16bB	2	0.093 3	6.26
7	2.13 ± 0.31	9.41 ± 0.08bB	2	0.137 2	

表 4 拔节孕穗期小麦孢囊线虫对小麦根部的侵染情况

处理	鲜根质量 (g)	2 龄幼虫数量 (头/g)	发病级别 (级)	病情指数	相对防效 (%)
1	3.22 ± 0.27	32.60 ± 1.21eE	3	0.378 1dD	2.74aA
2	3.41 ± 0.11	25.91 ± 0.92dD	3	0.293 0cC	22.70bB
3	3.55 ± 0.21	17.70 ± 0.72cC	2	0.125 2bB	47.20bcC
4	3.55 ± 0.14	14.09 ± 0.24bB	2	0.109 5bB	57.97cC
5	3.62 ± 0.20	9.48 ± 0.12aA	2	0.073 7aA	71.72dD
6	3.55 ± 0.13	18.29 ± 0.82cC	2	0.137 9bB	45.44bcC
7	3.51 ± 0.27	33.52 ± 0.47eE	3	0.375 2dD	

在小麦收获期对不同处理土样中的小麦禾谷孢囊线虫的有效孢囊数进行调查统计,结果如表 5 所示,各施菌处理与处理 7 相比土壤样品中平均有效孢囊数均显著减少,并且各施菌处理随着施用剂量的增加,土壤样品中平均有效孢囊数也随之逐渐减少,而且它们之间差异极显著 ( $P<0.01$ )。其中以处理 5 的土样中平均有效孢囊数最少,它与处理 7 相比减少 70.73%,差异极显著 ( $P<0.01$ ),而且它与施用 0.5% 阿维菌素颗粒剂的处理 6 相比,每 100 mL 土壤样品中平均有效

孢囊数减少 47.83%,差异极显著 ( $P<0.01$ )。其次为处理 4,它与空白对照相比平均有效孢囊数减少 58.54%,差异极显著 ( $P<0.01$ );它与处理 6 相比平均有效孢囊数减少 26.09%,差异也达极显著水平 ( $P<0.01$ )。因此施用不同剂量的新型抗线虫复合菌剂在收获期可以显著减少小麦土壤样品中平均有效孢囊数,并以施用剂量为 500 kg/hm<sup>2</sup> 时平均有效孢囊数减少的最多。综上所述,在小麦生长的不同时期均以施用 500 kg/hm<sup>2</sup> 新型抗线虫复合菌剂的效果最好。

表 5 收获期不同处理土壤中小麦孢囊线虫的有效孢囊数量

处理	土样中平均有效孢囊数 (个/100 mL 土样)	与空白对照相比 增加百分率(%)	与处理 6 相比 增加百分率(%)
1	35 ± 0.58fF	-14.63	52.17
2	29 ± 1.00eE	-29.27	26.09
3	26 ± 1.02dD	-36.59	13.04
4	17 ± 0.65bB	-58.54	-26.09
5	12 ± 0.95aA	-70.73	-47.83
6	23 ± 0.87cC	-43.90	
7	41 ± 0.98gG		78.26

表 6 收获期小麦产量统计结果

处理	单位面积产量均值 (kg/hm <sup>2</sup> )	各处理与处理 7 相比		各处理与处理 6 相比	
		增产	增产率(%)	增产	增产率(%)
1	8 140.5 ± 549.0bAB	1 111.5	15.8	-138.0	-1.7
2	8 358.0 ± 706.5bAB	1 329.0	18.9	79.5	1.0
3	8 407.5 ± 420.0bAB	1 378.5	19.6	129.0	1.6
4	8 964.0 ± 324.0bB	1 935.0	27.5	685.5	8.3
5	8 391.0 ± 568.5bAB	1 362.0	19.4	112.5	1.4
6	8 278.5 ± 360.0bAB	1 249.5	17.8		
7	7 029.0 ± 243.0aA			-1 249.5	-15.1

注:表中负值表示减产或减产率。  
阿维菌素颗粒剂的处理 6 相比增产效果不显著。

3 讨论与结论

本研究结果表明,以复合菌剂施用剂量为 400 kg/hm<sup>2</sup> 时产量最高,增产效果最好,与空白对照相比,增产率可高达 27.5%;而施用剂量为 500 kg/hm<sup>2</sup> 时防治小麦孢囊线虫效果最好,在越冬前和拔节孕穗期的防效分别可达 23.57%、71.72%,在收获期与空白对照相比平均有效孢囊数减少 70.73%,并且增产率可达 19.4%。而张春龙等对淡紫拟青霉颗粒菌剂的试验结果表明,100 kg/hm<sup>2</sup> 颗粒菌剂处理的防效最好,在小麦苗期和小麦生长后期(抽穗至扬花期)的防效分别为 57.25%、40.22%,在小麦收获后,土壤中的孢囊数量比对照减少 59.82%<sup>[10]</sup>。虽然本研究的复合菌剂施用剂量高于张春龙等研制的淡紫拟青霉颗粒菌剂,但增产效果和防效都较好。这可能是由二者剂型不同及菌株的差异所造成的;另外,也可能是由于合适施菌时机的选择和施菌方式对防治效果有所影响。本试验选用先施肥后播种的方式可以增加肥料与线虫的接触机会,从而增加防效;施用时要考虑避免与化学杀线剂和杀菌剂混合使用,以免影响防效。

阿维菌素是生物农药,对环境污染较小,可以在田间大面积推广使用。本研究发现,收获期施用 30 kg/hm<sup>2</sup> 0.5% 阿维菌素颗粒剂的处理与空白对照相比平均有效孢囊数减少 43.90%,而且增产率达 17.8%,这与裴世安等的研究结果(30 kg/hm<sup>2</sup> 0.5% 阿维菌素颗粒剂处理后的校正孢囊减退率最大值为 55.13%,且增产效果最好,增产率为 18.54%)<sup>[11]</sup> 基本一致。但是在收获期 500 kg/hm<sup>2</sup> 复合菌剂与施用 0.5% 阿维菌素颗粒剂的处理相比平均有效孢囊数减少 47.83%,增产 1.4%。不同的农业措施对处理都有一定的增产效果,这不能完全确定是由于禾谷孢囊线虫病的防治而使产量增加。病害程度的减轻肯定有利于小麦增产。

由上述试验结果可知,小麦底施供试新型抗线虫复合菌

2.3 底施新型抗线虫复合菌剂对小麦产量的影响

在收获期对小麦产量进行测产调查与统计分析,其结果如表 6 所示,各施菌处理之间产量差异不显著,而它们与处理 7 相比产量均显著增加( $P < 0.05$ ),增产率可达 15.8% ~ 27.5%;其中以处理 4 产量最高,增产效果最好,与空白对照相比增产率可高达 27.5%,差异极显著( $P < 0.01$ );但处理 4 与施用 0.5% 阿维菌素颗粒剂的处理 6 相比增产率为 8.3%,差异不显著( $P > 0.05$ )。因此,在 0.05 显著水平上,与不施菌的空白对照相比,施用不同剂量新型抗线虫复合菌剂均可以不同程度地显著增加小麦产量( $P < 0.05$ ),但与施用 0.5%

剂剂量为 400 ~ 500 kg/hm<sup>2</sup> 时,不仅能显著改善小麦的部分生物学性状,并且有较好的增产作用,还能有效地防治小麦孢囊线虫病的发生,并以施用剂量为 500 kg/hm<sup>2</sup> 时防治效果最好。

参考文献:

[1] Nicol J M, Rivoal R. Global knowledge and its application for the integrated control and management of nematodes on wheat [M]// Ciancio A, Mukerji K G. Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes. New York: Springer Press, 2008:251-294.

[2] 李红梅,王 暄,彭德良. 小麦孢囊线虫病概况及江苏省的发生现状与防治对策[J]. 江苏农业科学,2010(6):1-4.

[3] 吉学成. 小麦孢囊线虫病发生概况及防治对策[J]. 现代农业科技,2011(7):170,172.

[4] 刘杏忠,张克勤,李天飞. 植物寄生线虫生物防治[M]. 北京:中国科学技术出版社,2004.

[5] 黄忠勤,王 波,周兴根,等. 小麦孢囊线虫病害发生规律、鉴定方法及防控策略综述[J]. 麦类作物学报,2013,33(1):200-206.

[6] 刘辉志,丁华锋,蒋 燕. 小麦禾谷孢囊线虫病的发病原因及防治措施[C]//河南省植物病理学与现代农业学术讨论会论文集,2011:163-164.

[7] 高 军,王朝华,张书敏. 小麦禾谷孢囊线虫病研究进展[J]. 中国植保导刊,2007,27(5):10-13.

[8] 尹丽华,邸文静,于连海,等. 微生物肥料及其应用推广分析[J]. 现代农业科技,2010(17):288-291.

[9] 高 秀. 小麦禾谷孢囊线虫(*Heterodera filipjevi* 和 *H. avenae*) 新抗源抗性研究[D]. 秦皇岛:河北科技师范学院,2012.

[10] 张春龙,肖炎农,向 妮,等. 淡紫拟青霉防治小麦禾谷孢囊线虫病研究[J]. 植物保护,2014,40(4):181-184.

[11] 裴世安,王 暄,耿立新,等. 不同杀线剂对小麦孢囊线虫病的防治效果[J]. 植物保护,2012,38(1):166-170.