

甘肃省麦类作物对禾谷孢囊线虫的抗性鉴定

刘霞霞¹, 龙维丽¹, 李惠霞²

(1. 兰州新区秦川农业投资开发有限公司, 甘肃 兰州 730030;

2. 甘肃农业大学植物保护学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 禾谷孢囊线虫是麦类生产上的重要线虫。为筛选抗禾谷孢囊线虫的小麦和燕麦种质资源, 以甘肃孢囊线虫群体为测试对象, 采用室内接种法, 通过测定单株白雌虫及孢囊数, 对燕麦和小麦品种进行抗性分析。结果表明, 在供试燕麦品种中无免疫品种, 1个高抗品种(陇燕3号), 12个中抗品种。同样, 在参试的小麦品种中无免疫品种, 其中7个品种表现为中抗, 包括定丰12号、西早3号、武春8号等。可将高抗燕麦品种陇燕3号作为抗病亲本, 用来培育和选择具有持久抗禾谷孢囊线虫的优良品种。

关键词: 禾谷孢囊线虫; 燕麦品种; 小麦品种; 抗性评价

中图分类号: S512

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)04-0371-05

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2024.04.013

Resistance Evaluation of Cereal Crops to *Heterodera avenae* in Gansu Province

LIU Xiaxia¹, LONG Weili¹, LI Huixia²

(1. Lanzhou New Area Qinchuan Agricultural Investment and Development Co., Ltd., Lanzhou Gansu 730300, China;

2. College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Cereal cyst nematodes (*Heterodera avenae*) is an important nematode in cereal crop production. In order to screen the germplasm resources of wheat and oat resistant to cereal cyst nematodes, the population of Gansu province cereal cyst nematodes was selected as experiment object, and the resistance of oat and wheat varieties was analyzed by measuring the number of white female and sporocysts per plant by indoor inoculation method. The results showed that there were no immune varieties in the oat varieties, 1 high resistant variety (Longyan 3) and 12 medium resistant varieties were detected. Similarly, there were no immune varieties in the wheat varieties, and 7 varieties showed moderate resistance, including Dingfeng 12, Xishan 3 and Wuchun 8, etc. The high resistance oat cultivar Longyan 3 can be used as the disease-resistant parent to breed and select excellent varieties with persistent resistance to cereal cyst nematodes.

Key words: *Heterodera avenae*; Oat variety; Wheat variety; Resistance evaluation.

禾谷孢囊线虫(Cereal cyst nematode, CCN)是一类危害禾谷类作物和多种禾本科牧草的世界性植物寄生病害^[1-2], 包括12个有效种, 其中危害我国小麦生产的主要是燕麦孢囊线虫(*Heterodera avenae*)和菲利普孢囊线虫(*Heterodera filipijevi*)^[3-5]。禾谷孢囊线虫最早于1874年在德国发现, 目前分布于全球40多个国家^[6-7]。我国自1989年在湖北省天门市首次发现禾谷孢囊线虫以来, 其分布已遍及16个省市, 给我国农业生产及粮食安全带来了极大的威胁^[8-9]。禾谷孢囊线虫地理分布非常广

泛, 轮作、化学农药、生物防治等方式可以在一定程度上减轻其危害, 但这些措施的效果往往受到客观条件的限制而不能充分发挥。因此, 培育和种植抗病品种是防治禾谷孢囊线虫最经济有效的方法^[10]。澳大利亚、瑞典和法国等国家已经培育出一些抗孢囊线虫的种质资源, 并且通过推广种植有效控制了禾谷孢囊线虫的危害^[11-12]。李秀花等^[13]测试了27份国内冬小麦品种和1份饲用小麦品种对禾谷孢囊线虫的抗病性, 发现参试的小麦品种在室内和田间测定中均表现为高感。侯生英

收稿日期: 2024-02-20

作者简介: 刘霞霞(1988—), 女, 甘肃天水人, 农艺师, 主要从事农作物种植及技术推广。Email: 1255861163@qq.com。

通信作者: 李惠霞(1972—), 女, 甘肃秦安人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物线虫病害、植物真菌病害及其发生规律和综合治理等方面的研究。Email: lihx@gsau.edu.cn。

等^[14]通过室内二龄幼虫接种的方法鉴定了 88 份国内春小麦种质资源和 21 个青海省主栽小麦品种对禾谷孢囊线虫的抗性,发现所有供试小麦品种均表现出不同程度感病。说明我国的抗性品种选育工作还处于起步阶段,目前还缺乏较好的抗病材料。彭德良等^[15]于 2007 年首次报道了甘肃省小麦孢囊线虫病的发生。研究人员对甘肃省小麦和燕麦主产区进行了调查,在冬小麦、春小麦、大麦和燕麦上均发现了禾谷孢囊线虫,说明禾谷孢囊线虫在甘肃省普遍发生,部分地区发生严重,且虫源基数超过了已有报道的经济阈值^[16-18],对我省的小麦安全生产构成了严重的威胁^[19]。目前甘肃省大面积推广生产的麦类品种对禾谷孢囊线虫的抗性尚不明确,本研究对甘肃省内的 16 个燕麦品种和来自甘肃省和宁夏回族自治区的 21 个小麦品种进行了抗禾谷孢囊线虫的室内鉴定,以期寻求适应本地种植的抗性品种。

1 材料与方法

1.1 供试麦类品种及来源

供试燕麦品种 16 个,供试小麦品种 21 个,详细信息如表 1。

1.2 供试禾谷孢囊线虫群体

于 2022 年 12 月中旬在甘肃省永登县民乐乡采集禾谷孢囊线虫发生严重的田间病土,带回实验室置于 4 ℃冰箱保存备用。采用漂浮过筛法分离土样中的孢囊^[20],经形态学观察,明确供试线虫群体为禾谷孢囊线虫。使用 0.5% NaClO 将分离得到的孢囊表面进行消毒 3~5 min,无菌水冲洗数次后,置于 4 ℃冰箱中低温处理 56 d 以上备用。

1.3 线虫卵悬液制备

将分离收集到的大量孢囊置于 200 目网筛中,用橡皮擦将孢囊挤破,在 600 目网筛上收集禾谷孢囊线虫卵制成悬浮液,将浓度调整为 6 000 粒/mL。

1.4 播种与接种

将供试燕麦和小麦种子于 25 ℃恒温催芽,长出约 2 cm 的胚根后播种于盛有灭菌砂壤土的 PVC 管中(直径×长度为 5 cm×30 cm),覆土约 1 cm。待幼苗生长 10 d 左右,在每管幼苗根茎周围用移夜器接入混匀后的卵悬浮液 1 mL(约含 6 000 粒卵),再覆土约 1 cm,每个品种 5 次重复。将幼苗置于 16 ℃的光照培养箱中 30 d,每天光照/黑暗时间为 14 h/10 h。之后将幼苗置于温度 20±2 ℃

表 1 供试小麦、燕麦品种(系)及来源

小麦品种(系)	品种(系)选育单位	燕麦品种(系)	品种(系)选育单位
定丰12号	甘肃省定西市农业科学研究院	黄燕麦	甘肃农业大学
西早3号	甘肃农业大学	青引2号	青海省畜牧兽医科学院草原研究所
武春8号	甘肃省武威市农业科学研究院	青引1号	青海省畜牧兽医科学院草原研究所
武春121	甘肃省武威市农民吴元年	白燕2号	吉林省白城市农业科学院
天选50	甘肃省天水市农业科学研究所	白燕10号	吉林省白城市农业科学院
张春21	甘肃省张掖市农业科学研究院	白燕9号	吉林省白城市农业科学院
定西42号	甘肃省定西市农业科学研究院	白燕7号	吉林省白城市农业科学院
定西38号	甘肃省定西市农业科学研究院	陇燕1号	甘肃农业大学
宁春4号	宁夏永宁县良种场	陇燕2号	甘肃农业大学
陇春22号	甘肃省农业科学院生物技术研究所	陇燕3号	甘肃农业大学
定丰10号	甘肃省定西市农业科学研究院	燕科1号	内蒙古自治区农牧业科学院
兰094	甘肃省农业科学院小麦研究所	定燕2号	甘肃省定西市农业科学研究院
宁冬11号	宁夏农林科学院农作物研究所	甜燕麦	甘肃农业大学
宁春2038	宁夏农林科学院农作物研究所	丹麦444	引自丹麦
陇鉴108	甘肃省农业科学院旱地农业研究所	定菽6号	甘肃省定西市农业科学研究院
陇鉴386	甘肃省农业科学院旱地农业研究所	坝菽3号	河北省张家口市坝上农业科学研究所
宁春50号	宁夏农林科学院农作物研究所		
长武131	陕西省长武县农业技术推广中心		
兰天30	甘肃省农业科学院小麦研究所		
兰天20	甘肃省农业科学院小麦研究所		
宁冬13号	宁夏农林科学院固原分院		

温室内, 每天光照 14 h。接种 75 d 后, 小心清洗植株根系, 检查并记录单株根系白雌虫和孢囊数量。

1.5 白雌虫和孢囊数量测定

白雌虫即禾谷孢囊线虫在发育过程中雌虫发育前期, 呈白色。孢囊指雌虫死亡后形成的褐色虫体, 柠檬型, 深褐色, 阴门锥为两侧双膜孔型, 无下桥, 下方有许多排列不规则泡状突。具体检测方法: 取单株植株根系及根际土, 清洗后过 80 目网筛收集, 在显微镜下检查雌虫和孢囊数量。

1.6 抗性分级标准

分级标准参照 Andersen 等^[21]关于麦类作物对禾谷孢囊线虫抗/感性划分的标准并略作调整: 单株白雌虫数 0.1~5.0 为高抗(HR), 5.1~10.0 为中抗(MR), 10.1~20.0 为中感(MS), 大于 20.0 为高感(HS)。

1.7 数据处理

试验数据利用 SPSS 11.5 软件进行统计分析, 所有数据均用平均值加标准误。

2 结果与分析

2.1 不同燕麦品种(系)对禾谷孢囊线虫的抗性鉴定

如图 1 所示, 供试的 16 个燕麦品种根系均被禾谷孢囊线虫感染, 发育形成孢囊。不同燕麦品种抗感性测定结果如表 2 所示。单株白雌虫及孢囊数为 0.1~5.0 的仅有陇燕 3 号, 表现为高抗(MR), 占供试品种的 6.25%; 单株白雌虫及孢囊数为 5.1~10.0 的有 12 个, 分别为青引 2 号、黄燕麦、白燕 2 号、白燕 10 号、丹麦 444、定莜 6 号、陇燕 1 号、坝莜 3 号、白燕 7 号、甜燕麦、

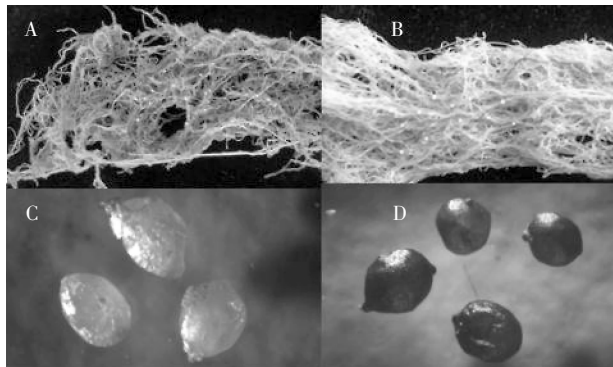


图 1 在寄主根上的白雌虫和成熟的孢囊

图 1 在寄主根上的白雌虫和成熟的孢囊

表 2 供试燕麦品种(系)对禾谷孢囊线虫的抗性鉴定结果

编号	品种	单株白雌虫及孢囊数/个	抗性
1	陇燕3号	2.4±2.1	HR
2	青引2号	5.2±2.6	MR
3	黄燕麦	5.2±3.0	MR
4	白燕2号	5.4±1.1	MR
5	白燕10号	5.6±1.5	MR
6	丹麦444	5.6±2.3	MR
7	定莜6号	5.8±3.8	MR
8	陇燕1号	6.0±2.3	MR
9	坝莜3号	6.0±2.4	MR
10	白燕7号	6.0±3.7	MR
11	甜燕麦	6.2±3.6	MR
12	燕科1号	7.4±2.5	MR
13	定燕2号	8.0±1.6	MR
14	白燕9号	10.2±2.8	MS
15	陇燕2号	15.0±3.3	MS
16	青引1号	16.0±1.5	MS

燕科 1 号、定燕 2 号, 表现为中抗(MR), 占供试品种数的 75.00%; 单株白雌虫及孢囊数为 10.1~20.0 的有 3 个, 分别为白燕 9 号、陇燕 2 号、青引 1 号, 表现为中感(MS), 占供试品种数的 18.75%。说明甘肃省主栽燕麦品种中, 对禾谷孢囊线虫高抗的仅有陇燕 3 号, 可作为抗病亲本的来源, 有望培育和选择具有持久抗禾谷孢囊线虫的优良品种。

2.2 不同小麦品种(系)对禾谷孢囊线虫的抗性鉴定

不同小麦品种对禾谷孢囊线虫的抗性测定结果如表 3 所示。供试小麦品种无免疫和高抗品种, 单株白雌虫及孢囊数为 5.1~10.0 个的有 7 个品种, 分别为定丰 12 号、西早 3 号、武春 8 号、武春 121、天选 50、张春 21、定西 42 号, 表现为中抗(MR), 占供试品种数的 33.30%; 单株白雌虫及孢囊数为 10.1~20.0 个的有 11 个品种, 分别为定西 38 号、宁春 4 号、陇春 22 号、定丰 10 号、兰 094、宁冬 11 号、宁春 2038、陇鉴 108、陇鉴 386、宁春 50 号、长武 131, 表现为中感(MS), 占供试品种数的 52.38%; 单株白雌虫及孢囊数大于 20 的有 3 个品种, 分别为兰天 30、兰天 20、宁冬 13 号, 表现为高感(HS), 占供试品种数的 14.29%。说明供试小麦品种(系)中对禾谷孢囊线虫无高抗品种, 生产中应加强抗病品种筛选。

表 3 供试小麦品种(系)对禾谷孢囊线虫的抗性鉴定结果

编号	品种	单株白雌虫及孢囊数 /个	抗性
1	定丰12号	4.4±3.2	MR
2	西早3号	5.8±3.2	MR
3	武春8号	5.6±1.8	MR
4	武春121	6.2±2.2	MR
5	天选50	7.2±2.7	MR
6	张春21	7.4±2.4	MR
7	定西42号	8.0±1.7	MR
8	定西38号	11.6±3.6	MS
9	宁春4号	12.0±3.3	MS
10	陇春22号	13.2±1.5	MS
11	定丰10号	13.4±2.2	MS
12	兰094	13.4±2.6	MS
13	宁冬11号	14.4±1.6	MS
14	宁春2038	14.4±3.1	MS
15	陇鉴108	16.6±2.6	MS
16	陇鉴386	17.8±1.7	MS
17	宁春50号	18.0±1.8	MS
18	长武131	18.6±1.2	MS
19	兰天30	23.8±3.2	HS
20	兰天20	24.0±1.3	HS
21	宁冬13号	36.2±2.1	HS

3 讨论与结论

近年来,禾谷孢囊线虫陆续在我国小麦主产区发生和蔓延,造成了严重的经济损失,甘肃省小麦主产区及农牧区都发现有禾谷孢囊线虫的危害^[19,22]。培育和种植抗病或免疫品种是防治线虫危害最经济有效的途径^[23],而我国的抗病资源十分缺乏,因此需要加强种质资源的鉴定和挖掘,扩大抗源的选择范围。

杨卫星等^[24]2007年对黄淮麦区主要小麦品种和国外小麦品种研究发现,无论田间病害自然鉴定还是室内接种鉴定,不同小麦品种对禾谷孢囊线虫病的抗性存在显著差异,说明利用品种抗性控制该病是可行的。我国各地禾谷孢囊线虫病的病原线虫种类和致病型存在显著差异^[25-27],一些当地主栽品种对当地生理小种的抗性报道不多。禾谷孢囊线虫病是土传病害,有效防控难度较大,大面积推广小麦与非寄主植物轮作在我国小麦主产区无法实施。生物防治时效太长,化学防治成本高昂且容易污染环境,选育和推广抗病品种被认为是防治小麦孢囊线虫病最经济有效的方法,且在澳大利亚、法国等国家已取得了成功,而我

国对禾谷孢囊线虫病研究起步较晚,尚缺乏较好的抗病材料^[28]。

本试验通过对16个燕麦品种和21个小麦品种进行了禾谷孢囊线虫抗性鉴定,发现只有燕麦品种陇燕3号表现为高抗,说明甘肃省燕麦和小麦品种的抗禾谷孢囊线虫的种质资源缺乏,该结论与前人的研究一致^[29-31]。在目前抗病品种缺乏的情况下,为有效控制孢囊线虫的危害,今后的研究工作应加强抗病品种的保护、利用及抗源筛选工作。同时,建议将高抗品种陇燕3号作为抗病亲本培育和选择具有持久抗禾谷孢囊线虫的优良品种,为进一步加强麦类作物种质资源对禾谷孢囊线虫病的鉴定和评价工作提供依据^[32],以减轻孢囊线虫对麦类作物生产造成的损失,为麦类作物安全生产提供保障。

参考文献:

- [1] 刘维志. 植物病原线虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [2] DABABAT A A, FERNEY G H, ERGINBAS-ORAKCI G, et al. Association analysis of resistance to cereal cyst nematodes (*Heterodera avenae*) and root lesion nematodes (*Pratylenchus neglectus* and *P. thornei*) in CIMMYT advanced spring wheat lines for semi-arid conditions[J]. *Breeding Science*, 2016, 66(5): 692-702.
- [3] 任豪豪, 陈昆圆, 周博, 等. 河南省禾谷类作物孢囊线虫的发生分布与种类鉴定[J]. *植物保护学报*, 2022, 49(6): 1685-1696.
- [4] LI H L, YUAN H X, SUN J W, et al. First record of the cereal cyst nematode *Heterodera Filipjevi* in China[J]. *Plant Disease*, 2010, 94(12): 1505-1505.
- [5] 坚晋卓. 禾谷孢囊线虫生防菌株的筛选及鉴定[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
- [6] 侯璐. 小麦抗孢囊线虫病基因发掘及分子定位研究进展[J]. *青海科技*, 2018, 25(3): 38-43.
- [7] 张洁, 杨丽荣, 夏明聪, 等. 小麦孢囊线虫病综合防治研究进展[J]. *河南农业科学*, 2017, 46(5): 8-14.
- [8] 卢智琴, 李惠霞, 罗宁, 等. 禾谷孢囊线虫生防真菌 AT9 的固体发酵条件优化[J]. *草原与草坪*, 2020, 40(1): 35-40; 48.
- [9] 李艳霞. 小麦孢囊线虫的侵染规律及经济阈值研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2020.
- [10] 阎乃红, 陈静, 余懋群. 小麦禾谷孢囊线虫及抗

- 线虫性基因研究进展[J]. 麦类作物学报, 2003(1): 90-94.
- [11] RATHJEN A J, EASTWOOD R F, LEWIS J G, et al. Breeding wheat for resistance to *Heterodera avenae* in Southeastern Australia (Reprinted from *Wheat: Prospects for global improvement*, 1998) [J]. *Euphytica*, 1998, 100(1): 55-62.
- [12] EASTWOOD R F, HANNAH M, LAGUDA H E S. *Triticum Tauschii*—a Novel Source of [genetic] Resistance to Cereal Cyst Nematode (*Heterodera Avenae*) [in *Wheat*] [J]. 1991, 23(4): 235-331.
- [13] 李秀花, 马娟, 高波, 等. 不同小麦品种(系)对禾谷孢囊线虫的抗性评价[J]. 麦类作物学报, 2019, 39(12): 1437-1442.
- [14] 侯生英, 张贵, 侯璐, 等. 春小麦品种及种质资源对燕麦孢囊线虫的抗性[J]. 青海大学学报, 2017, 35(3): 1-8.
- [15] 廖金铃. 中国线虫学研究(第二卷)[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008.
- [16] 柳永娥. 甘肃省禾谷孢囊线虫病原学及发生动态研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2014.
- [17] 李秀花, 高波, 王容燕, 等. 河北省禾谷孢囊线虫种群密度和冬小麦产量损失的关系[J]. 植物保护学报, 2015, 42(1): 124-129.
- [18] 李健荣. 甘肃省燕麦孢囊线虫病发生、病原学及品种抗性评价[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
- [19] 李惠霞, 彭焕, 彭德良, 等. 甘肃省高寒草原牧草孢囊线虫的鉴定[J]. 草业学报, 2015, 24(8): 174-180.
- [20] 李红梅, 王暄, 裴世安, 等. 江苏省小麦孢囊线虫病发生情况初步调查[J]. 植物保护, 2010, 36(6): 172-175.
- [21] ANDERSEN S, ANDERSEN K. Suggestions for Determination and Terminology of Pathotypes and Genes for Resistance in Cyst-forming Nematodes, Especially *Heterodera Avenae* [J]. *Eppo Bulletin*, 2010, 12(4): 379-386.
- [22] 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.
- [23] 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(5): 10-13.
- [24] 杨卫星, 袁虹霞, 孙炳剑, 等. 小麦品种(系)对禾谷孢囊线虫抗性鉴定和评价[C]. 中国植物病理学会学术年会, 2007, 314-318.
- [25] 袁虹霞, 年高磊, 邢小萍, 等. 鲁豫皖交界地区四个小麦禾谷孢囊线虫群体致病型鉴定[J]. 植物保护学报, 2011, 38(5): 408-412.
- [26] 郑经武, 程瑚瑞, 方中达. 小麦禾谷孢囊线虫致病型研究[J]. 植物病理学报, 1997(4): 309-314.
- [27] 李秀花, 马娟, 高波, 等. 河北省小麦主产区禾谷孢囊线虫群体致病型研究[J]. 植物保护, 2014, 40(2): 127-131.
- [28] 王振跃, 高书峰, 李洪连, 等. 不同小麦品种(系)对禾谷孢囊线虫病的抗性鉴定[J]. 河南农业科学, 2006(5): 50-52.
- [29] 刘静, 吴海燕, 彭德良. 山东省主栽小麦品种对孢囊线虫(*Heterodera avenae*)抗性的鉴定[J]. 作物杂志, 2012(1): 111-114.
- [30] 赵洪海, 杨远永, 彭德良. 山东省主要小麦品种对禾谷孢囊线虫抗性的初步评价[J]. 山东农业科学, 2012, 44(2): 80-83.
- [31] 李秀花, 高波, 马娟, 等. 休闲与轮作对燕麦孢囊线虫种群动态的影响[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(5): 1048-1053.
- [32] 郑经武. 麦类作物对燕麦孢囊线虫抗病性遗传研究进展[J]. 沈阳农业大学学报, 2001(3): 224-227.