

我国大豆主产区大豆胞囊线虫群体分布及致病性分化研究

宋美静, 朱晓峰, 王东, 王媛媛, 陈立杰, 刘晓宇, 段玉玺

(沈阳农业大学 植物保护学院/北方线虫研究所 辽宁 沈阳 110866)

摘要: 为了明确我国大豆主产区大豆胞囊线虫群体的发生分布及致病性分化情况,同时也为我国大豆胞囊线虫防治及抗病育种工作提供依据,本研究在全国范围内开展大豆胞囊线虫种群监测工作,对2012–2014年国家大豆产业体系的29个大豆试验站所辖150个示范县进行大豆胞囊线虫的种群密度检测,并在国际统一的鉴别寄主上进行生理小种鉴定。明确了大豆胞囊线虫在我国20个省(市/自治区)发生分布,总检出率达69.4%。并对其中11个群体进行生理小种鉴定,共鉴定出生理小种5个,即1、2、3、4和14号生理小种。其中安徽宿州、甘肃镇原、内蒙古赤峰、陕西延安和宁夏银川的鉴定此前未见报道。2012–2014年我国大豆胞囊线虫病害的发生比较严重,平均胞囊量高达99个 $\cdot\text{L}^{-1}$,我国大豆胞囊线虫致病性分化并无明显变化,鉴定结果中1、3和4号生理小种出现频率较高,为72.7%。

关键词: 大豆胞囊线虫; 种群密度; 生理小种

中图分类号: S435.651

文献标识码: A

DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2016.04.0630

Population Distribution and Pathogenicity Differentiation of Soybean Cyst Nematode in Main Soybean Production Areas of China

SONG Mei-jing, ZHU Xiao-feng, WANG Dong, WANG Yuan-yuan, CHEN Li-jie, LIU Xiao-yu, DUAN Yu-xi

(Nematology Institute of Northern China/Plant Protection College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Soybean cyst nematode population distribution and pathogenicity differentiation were studied in main soybean production areas of China, providing the basis for management soybean cyst nematode disease and breeding for resistance to SCN. SCN population density was detected at 150 demonstration counties of 29 comprehensive experimental stations in China, and identified the races by different hosts. The distribution of SCN has been clarified in 20 provinces (municipalities/autonomous regions), the total detection rate of SCN was 69.4%. And among 11 populations were identified races that had 5 races, race 1, race 2, race 3, race 4 and race 14. Wherein the identification results of Suzhou city of Anhui province, Zhenyuan County of Gansu province, Chifeng city of Mongolia, Yan'an city of Shanxi province, Yinchuan city of Ningxia Hui autonomous region had not been reported previously. Research indicated that SCN was serious disease at 2012–2014 in China, average cyst numbers were 9.9 cyst $\cdot\text{L}^{-1}$, pathogenicity differentiation of SCN wasn't significant change, the 72.7% identification of races were the race 1, race 3 and race 4.

Keywords: Soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe); Population density; Race

大豆胞囊线虫(soybean cyst nematode, SCN)是一种土传的定居性内寄生线虫,具有流行性、毁灭性^[1]。在我国广泛分布于黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河南、山西、山东等省市^[2],在我国东北和黄淮海大豆产区,每年危害达267万 hm^2 以上。因此大豆胞囊线虫的群体分布和致病性分化研究对大豆胞囊线虫的防治以及抗病育种工作有积极意义。

大豆胞囊线虫和大多数寄生线虫一样,是专性寄生物,存在明显的生理分化现象^[3],根据其对不同遗传背景的寄主致病性表现出的差异,可将其分为不同的生理小种^[4]。最早注意到大豆胞囊线虫存在生理分化的是Ross和Brim。1962年,Ross报

道了美国北卡罗莱纳州大豆胞囊线虫群体与田纳西州大豆胞囊线虫群体具有生理分化差别^[5]。1969年,在美国马里兰州召开了一次由线虫学家和育种学家参加的会议,提出用“小种”(Race)统一称谓大豆胞囊线虫各个寄主专化型。1970年,Golden等建议使用“生理小种”概念来表示大豆胞囊线虫的种内变异,提出用Pickett、Peking、PI88788、PI90763四个大豆品种作为大豆胞囊线虫生理分化的鉴别寄主,用感病品种Lee 68作为标准对照^[6]。

1988年,美国线虫学家Riggs等^[7]将138个来自中国、印度尼西亚和美国的大豆胞囊线虫群体鉴定为14个小种,分别称为1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、

收稿日期: 2016-01-24

基金项目: 农业部公益性行业科研专项(201503114); 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04-PS13); 教育部博士点基金(20112103110006); 国家自然科学基金(31330063, 31171569); 辽宁省大豆胞囊线虫生理小种鉴定及新鉴别体系研究(L2014273)。

第一作者简介: 宋美静(1990-),女,硕士,主要从事大豆胞囊线虫研究。E-mail: songmeijing1990@126.com。

通讯作者: 段玉玺(1964-),男,教授,博导,主要从事大豆胞囊线虫研究。E-mail: duanyx6407@163.com。

12、14、15、16 号生理小种。除 11 和 13 号小种尚未发现,16 号仅报道过一次,Robbins 等在 Arkansas 发现 12 号小种,但未公开发表,其余小种均已被发现^[2,8]。

1984 年,刘维志等^[9]就对东北三省大豆胞囊线虫进行了生理小种鉴定,并鉴定出了 1 和 3 号生理小种,同年,刘汉起等^[10]报道 4 号小种在山东、山西和安徽发生。1987 年,陈品三等^[11]在我国首次报道了 7 号小种的存在。1988 年,张磊^[12]在安徽蒙城发现了 5 号生理小种。1995 年,刘汉起等^[13]在黑龙江德都县首次发现 6 号小种。2001 年,陈品三等^[14]首次报道内蒙古存在 2 号生理小种。2006 年,卢卫国等^[15]在河南商丘首次发现并报道 9 号小种的发生。而 14 号小种则仅发生分布在黑龙江安达地区^[16]。至此,我国共有 1、2、3、4、5、6、7、9 和 14 号共 9 个生理小种报道发生。其中以 1、3、4 号生理小种分布最广,4 号小种致病力最强,3 号小种致病力最弱^[2]。

刘晔等^[17]记录我国大豆胞囊线虫发生分布的省份有 14 个:辽宁、黑龙江、吉林、内蒙古、北京、河北、河南、山东、山西、江苏、安徽、陕西、湖北、上海。Zheng 等^[18]和李克梅等^[19]分别报道了大豆胞囊线虫在浙江和新疆的发现,至此我国共有 16 个省份报道有大豆胞囊线虫的发生和分布。

由于需要土样的采集,大豆胞囊线虫分离鉴定的工作量大,上述结果多局限于个别省份和地区,且调查时间有先有后。大豆胞囊线虫种群的分布受地理、栽培、抗病品种等因素影响,易发生变化,而近几年来对其并没有系统性的调查报告。本研究于 2014 年,结合国家大豆产业体系的任務要求,对全国 30 个大豆试验站所辖 150 个示范县进行了大豆胞囊线虫的种群密度检测,并对其中具代表性的几个地区大豆胞囊线虫群体进行生理小种鉴定,以便宏观上掌握大豆胞囊线虫在我国的发生情况,为大豆胞囊线虫抗病育种提供依据和基础,切实有效地开展防控工作。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 土样来源及线虫的繁殖 2012–2014 年,由各大豆综合试验站的工作人员参照统一的采集标准对我国 20 个省近 150 个示范县的大豆田进行大豆胞囊线虫标样采集。每个示范县选择种植大豆的地块,采用 5 点取样法,剥去地表土 2 cm,在每

株大豆根系附近采集土样约 500 g,混合后作为一个标样,约 2.5 kg。并在具有代表性的大豆主产区采集的土样种植感病品种辽 15,进行扩繁,用于生理小种鉴定。

1.1.2 寄主品种 采用 Riggs 等^[7]使用的 5 个寄主品种: Pickett、Peking、PI88788、PI90763 和 Lee 74,其中 Lee 74 为感病对照品种。种子均由沈阳农业大学北方线虫研究所提供。

1.2 方法

1.2.1 大豆胞囊线虫胞囊密度的测定 采用淘洗过筛法,将采集的根际土充分混匀,取 100 mL,加入清水充分混匀,将上层漂浮物和悬浮液倒入 20 目和 80 目(孔径分别为 850 和 180 μm)的套筛,重复 3 次;用细水流淋洗 80 目筛上的残余物至烧杯中,过滤到 80 目筛布上。在解剖镜下计数胞囊的数量,并计算每份标样的平均胞囊量。

1.2.2 大豆胞囊线虫生理小种鉴定 (1) 卵悬液的制备:采用淘洗过筛法分离新鲜胞囊^[20],方法同上,在体式解剖镜下挑取饱满的胞囊于培养皿中碾压破碎,释放出卵和 2 龄幼虫,移至烧杯中,稀释定容至卵或 2 龄幼虫的密度为 1×10^6 个 $\cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 接种:将寄主种子表面消毒,放在萌发滤纸上,黑暗条件下催芽。用自制直径约 5 cm,高约 13 cm 塑料瓶,加入灭菌的土壤和沙子(1:3)混合物,接种前一天浇透水备用。接种时,用玻璃棒在塑料瓶中央扎一个深度约 3~4 cm 的小孔,选择芽长 2~3 cm、长势一致的豆苗移入小孔中,每瓶一株,然后向小孔中注入 2 mL 卵悬液(接种卵和 2 龄幼虫量约为 2 000 个 $\cdot \text{株}^{-1}$),盖上砂土,每个处理重复 4 次。将塑料瓶置于直径约 35 cm 大塑料盆内,每盆 10 小瓶,塑料盆底部及各塑料小瓶之间空隙填满灭菌的沙子,置于温室水浴培养箱内,控制室温 25~29℃,每天浇水一次,正常管理。

(3) 镜检:接种 29~35 d 后,待感病品种 Lee 74 根部出现大量白色胞囊时,剪去植株地上部分,将塑料小瓶扣盆,植株根部放在 20+80 目套筛上,用高压水枪淋洗,剩余土壤用淘洗过筛法分离,方法同上,体式解剖镜下镜检计数。

(4) 鉴定:大豆胞囊线虫生理小种鉴定主要依据其在鉴别寄主上的繁殖能力的差异,即根上形成的胞囊数量计算每个鉴别寄主的平均 FI 值,FI ≥ 10 表示为“+”,FI ≤ 10 表示为“-”。采用国际通用的 Golden^[6]、Riggs 和 Schmitt^[7]提出的生理小种鉴定方法确定生理小种类型。

雌虫指数(FI) % =

鉴别品种根上雌虫和胞囊数

$$\frac{(\text{Number of cysts and females per plant})}{\text{Lee 根上的雌虫和胞囊数}} \times 100$$

$$(\text{Average number of cyst and females on Lee})$$

2 结果与分析

2.1 大豆胞囊线虫的发生分布及种群密度测定

按照国家大豆产业技术体系的任务要求 2012 – 2014 年在全国各大豆综合试验站采集土样共计 402 份,其中 279 份样品中检测出大豆胞囊线虫,分布于我国的黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山西、山东、河南、安徽、江苏、浙江、江西、陕西、甘肃、宁夏、新疆、四川、贵州、云南和广西共 20 个省(自治区),总检出率达 69.4%(表 1)。

从全国范围来看(图 1) 2014 年我国大豆胞囊

线虫病害的发生最为严重,检出率为 72.5%,土样的平均胞囊量高达 1.44 个·L⁻¹;共有 7 个试验站的胞囊密度超过 2.0 个·L⁻¹,其中沈阳试验站胞囊密度最高,高达 7.58 个·L⁻¹。一部分试验站检出的胞囊密度较低,如昆明站、郑州站、杭州站、南充站、南昌站、南宁站和石河子站等,胞囊检出率不足 0.1 个·L⁻¹。2012 年发病较为严重,总检出率为 69.8%,所调查的试验站平均胞囊量为 1.01 个·L⁻¹;4 个试验站胞囊密度超过 2.0 个·L⁻¹,分别为济南、汾阳、大庆和黑河站;其中汾阳站平均胞囊量为 3.62 个·L⁻¹,种群密度最高。2013 年病害整体发生较轻,平均胞囊量仅 0.52 个·L⁻¹,检出率为 65.3%;胞囊密度超过 2.0 个·L⁻¹的仅大庆站 1 个,达到 3.87 个·L⁻¹。

表 1 2012 – 2014 年我国大豆胞囊线虫的检出率及种群密度

Table 1 Incidence and density of SCN populations in China in 2012 – 2014

省/自治区 Province/Autonomous region	试验站 Experimental station	调查标样数量 Number of samples			平均胞囊数量 Average cyst number			检出 SCN 标样数量 Number of SCN samples			SCN 检出率 Incidence of SCN/%			
		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	平均 Mean
安徽 Anhui	宿州综合试验站	3	5	4	11.7	5.6	10.8	3	5	4	100.0	100.0	100.0	100.0
安徽 Anhui	阜阳综合试验站	5	5	5	7.3	4.4	10	5	3	5	100.0	60.0	100.0	86.7
甘肃 Gansu	镇原综合试验站	4	5	4	4.0	5.3	18.6	2	4	3	50.0	80.0	75.0	68.3
广西 Guangxi	南宁综合试验站	8	3	4	1.1	0	0.6	6	0	2	75.0	0	50.0	41.7
贵州 Guizhou	贵阳综合试验站	5	5	5	0	5.3	1.2	0	4	2	0	80.0	40.0	40.0
河北 Hebei	沧州综合试验站	–	4	5	–	6.0	59.4	–	4	5	–	100.0	100.0	100.0
河南 Henan	商丘综合试验站	7	5	12	7.8	3.1	4.3	7	5	11	100.0	100.0	91.7	97.2
河南 Henan	郑州综合试验站	5	–	6	18.2	–	0.6	4	–	2	80.0	–	33.3	56.7
黑龙江 Heilongjiang	黑河综合试验站	5	5	–	20.8	14.3	–	5	5	–	100.0	100.0	–	100.0
黑龙江 Heilongjiang	大庆综合试验站	5	5	5	22.4	38.7	22.5	4	3	4	80.0	60.0	80.0	73.3
黑龙江 Heilongjiang	齐齐哈尔综合试验站	5	5	5	19.8	2.2	14.7	4	4	4	80.0	80.0	80.0	80.0
黑龙江 Heilongjiang	佳木斯综合试验站	4	2	9	12.3	2.5	11.6	4	2	8	100.0	100.0	88.9	96.3
黑龙江 Heilongjiang	海伦综合试验站	5	6	5	3.4	4.2	9.6	4	6	4	80.0	100.0	80.0	86.7
黑龙江 Heilongjiang	九三综合试验站	5	5	5	14.4	4.0	4.2	4	5	4	80.0	100.0	80.0	86.7
黑龙江 Heilongjiang	绥化综合试验站	8	1	7	6.8	2.0	2.8	6	1	6	75.0	100.0	85.7	86.9
吉林 Jilin	长春综合试验站	–	–	4	–	–	34.3	–	–	4	–	–	100.0	100.0
江苏 Jiangsu	徐州综合试验站	5	5	5	3.6	1.9	1.3	4	2	3	80.0	40.0	60.0	60.0
江西 Jiangxi	南昌综合试验站	5	5	5	0	0.7	0.4	0	2	2	0	40.0	40.0	26.7
辽宁 Liaoning	沈阳综合试验站	7	5	5	16.6	13.4	75.8	6	5	3	85.7	100.0	60.0	81.9
辽宁 Liaoning	铁岭综合试验站	3	5	5	5.7	0.2	9.9	3	1	3	100.0	20.0	60.0	60.0
内蒙古 Inner Mongolia	赤峰综合试验站	5	5	6	1.6	0.6	21.7	2	2	5	40.0	40.0	83.3	54.4
宁夏 Ningxia	银川综合试验站	5	6	–	9.8	2.8	–	4	2	–	80.0	33.3	–	56.7

续表 1

省/自治区 Province/Autonomous region	试验站 Experimental station	调查标样数量 Number of samples			平均胞囊数量 Average cyst number			检出 SCN 标样数量 Number of SCN samples			SCN 检出率 Incidence of SCN/%			
		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	平均 Mean
山东 Shandong	济南综合试验站	2	10	1	26.5	2.3	4.5	2	9	1	100.0	90.0	100.0	96.7
山西 Shanxi	汾阳综合试验站	5	5	9	36.2	12.7	47.9	5	5	8	100.0	100.0	88.9	96.3
陕西 Shuanxi	延安综合试验站	6	5	5	11.8	2.3	21.1	5	2	5	83.3	40.0	100.0	74.4
四川 Sichuan	南充综合试验站	5	5	5	0	0	0.4	0	0	1	0	0	20.0	6.7
新疆 Xinjiang	石河子综合试验站	2	2	8	1.5	0	0.2	1	0	2	50.0	0	25.0	25.0
云南 Yunnan	昆明综合试验站	5	5	8	0	0	1.0	0	0	6	0	0	75.0	25.0
浙江 Zhejiang	杭州综合试验站	-	-	2	-	-	0.5	-	-	1	-	-	50.0	50.0
总计 Sum		129	124	149	10.1	5.2	14.4	90	81	108	69.8	65.3	72.5	
		402			9.9			279			69.4			

各试验站大豆胞囊线虫的检出结果表明(图 2): 大豆胞囊线虫检出率高于 50% 的试验站有 23 个,大部分分布在我国东北和黄淮海地区,其中有 4 个试验站 3 年平均检出率为 100%,分别是宿州站、沧州站、黑河站和长春站,13 个试验站 3 年内

的平均检出率高于 80%。但在我国江西、贵州、四川和新疆等省区,胞囊检出率较低,不足 40%。如南充试验站仅在 2014 年 1 个位点检出大豆胞囊线虫,2012 和 2013 年均未检出。

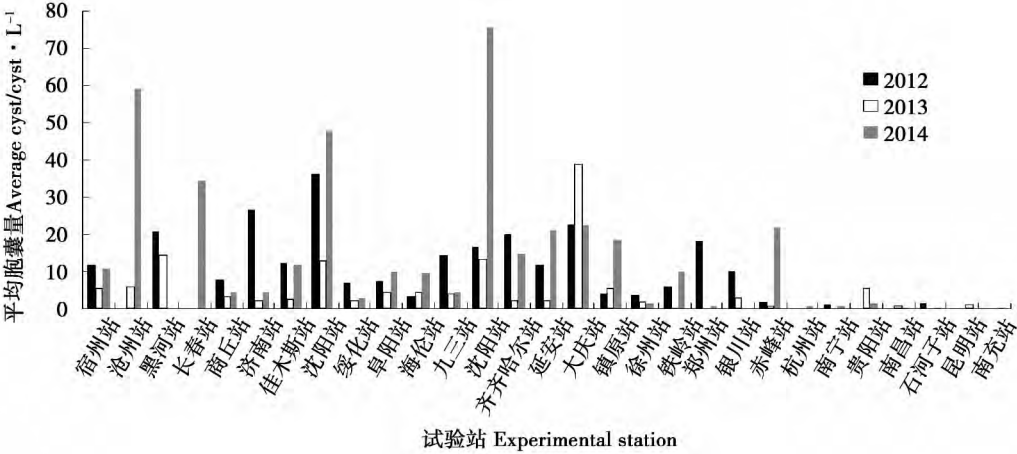


图 1 2012 - 2014 年我国大豆综合试验站大豆胞囊线虫的种群密度

Fig. 1 Density of SCN populations from comprehensive experimental stations in China in 2012 - 2014

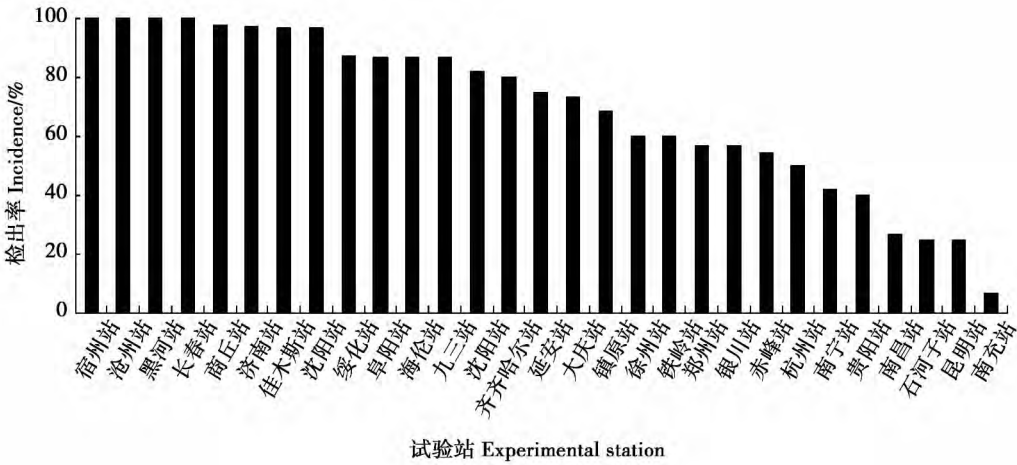


图 2 2012 - 2014 年我国各大豆综合试验站大豆胞囊线虫的平均检出率

Fig. 2 Incidence of SCN populations from comprehensive experimental stations in China in 2012 - 2014

2.2 大豆胞囊线虫生理小种鉴定

在采集到的土样中,较多土样胞囊量较少,无法进行鉴定工作,因此只选择了其中11个省内比较有代表性的大豆主栽区试验站提供的土样进行扩繁及生理小种鉴定,共计11个群体。其中安徽宿州、甘肃镇原、内蒙古赤峰、陕西延安和宁夏银川5个群体此前均未见生理小种鉴定的报道,本研究为首次鉴定。

采用国际上通用的生理小种鉴定方法共鉴定出5个生理小种,分别是1、2、3、4和14号生理小种,其中鉴定为1号小种的群体为2个,3号小种的

群体为2个,4号小种的群体为4个,14号小种的群体为2个,2号生理小种的群体为1个(表1)。

在11个群体的鉴定结果中,2号生理小种分布于黑龙江齐齐哈尔;14号生理小种分布于辽宁大连、内蒙古赤峰。1、3和4号生理小种的总出现频率占72.7%。其中1号生理小种出现频率为18%,分布于江苏徐州、山东济南;3号小种出现频率为18%,分布于安徽宿州、宁夏银川;4号小种出现频率为36.4%,分布于甘肃镇原、河南商丘、山西汾阳、陕西延安。

表2 大豆胞囊线虫生理小种鉴定结果
Table 2 Result of identification of SCN races

样品编号 Codes of specimens	采样地点 Location	Pickett			Peking			PI88788			PI90763			Lee	
		SCN			SCN			SCN			SCN			SCN	
		Average of the No. of SCN	雌虫 指数 FI	反应 Reaction	Average of the No. of SCN	雌虫 指数 FI	反应 Reaction	Average of the No. of SCN	雌虫 指数 FI	反应 Reaction	Average of the No. of SCN	雌虫 指数 FI	反应 Reaction	Average of the No. of SCN	生理小 种类型 Race
01	安徽宿州	17.3	6.5	-	1.8	0.8	-	0	0	-	0.8	0.3	-	228.0	3
02	甘肃镇原	50.5	30.6	+	76.0	46.0	+	108.0	65.3	+	47.0	28.4	+	165.3	4
03	河南商丘	46.5	32.7	+	22.8	16.0	+	14.5	10.2	+	15.0	10.5	+	142.3	4
04	黑龙江 齐齐哈尔	82.5	76.1	+	15.0	13.9	+	11.0	10.2	+	7.0	6.5	-	108.3	2
05	江苏徐州	2.5	2.1	-	1.0	0.9	-	14.8	12.5	+	1.3	1.1	-	118.0	1
06	辽宁大连	57.0	50.0	+	27.5	24.3	+	11.0	9.7	-	14.5	12.8	+	113.0	14
07	内蒙古 赤峰	92.5	48.9	+	42.0	22.2	+	9.5	5.0	-	31.0	16.4	+	189.0	14
08	山东济南	2.0	1.8	-	1.8	1.5	-	13.8	12.1	+	3.3	2.9	-	113.7	1
09	山西汾阳	22.5	12.8	+	18.5	10.5	+	40.0	22.7	+	19.5	11.1	+	176.0	4
10	陕西延安	141.8	66.6	+	76.5	34.4	+	87.0	39.2	+	58.5	26.4	+	222.0	4
11	宁夏银川	8.3	7.4	-	0.8	0.6	-	0.8	0.7	-	0.5	0.5	-	112.3	3

+: FI \geq 10; -: FI \leq 10.

3 讨论

3.1 大豆胞囊线虫的发生分布及种群密度测定

已报道我国大豆胞囊线虫发生分布的省份共16个,包括:黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、北京、河北、山东、山西、河南、安徽、江苏、湖北、山西、上海、新疆和浙江等省区^[17-49]。本研究结合国家大豆产业体系的任务要求,对我国大豆主产区大豆胞囊线虫进行系统性调查与测定,明确了其最新的发生分布及种群密度,在29个试验站提供的402份土样中,有279份检测出了大豆胞囊线虫,确定了我国大豆胞囊线虫分布扩展至黑龙江、吉林、辽宁、内蒙

古、宁夏、河北、山西、山东、河南、安徽、江苏、浙江、江西、陕西、甘肃、新疆、四川、贵州、云南和广西共20个省(自治区)。其中安徽、甘肃、内蒙古和陕西4省区为新增大豆胞囊线虫分布地区。

大豆胞囊线虫多分布于东北大豆产区,黄淮海大豆产区,长江中下游大豆产区,而现在已蔓延至西北、西南等偏远地区,因此要加强检疫检验,杜绝线虫胞囊随种子、土壤等传入无病区,以防止扩大蔓延^[21]。同时大豆胞囊线虫种群密度的监测是制定相应防治方案所参考的重要依据。因此,此调查结果对我国各大豆综合试验站线虫防治具有一定的指导意义。

3.2 大豆胞囊线虫生理小种鉴定

本研究在对全国大豆胞囊线虫胞囊密度监测工作的基础上,选取全国 11 个省份为代表进行大豆胞囊线虫生理小种鉴定,与前人研究相比较,鉴定结果表明我国大豆胞囊线虫生理小种没有明显变化。江苏徐州、山东济南群体为 1 号小种;辽宁沈阳群体为 3 号小种;河南商丘、山西汾阳群体为 4 号小种;黑龙江齐齐哈尔群体为 2 号。2006 年,马朝旺鉴定辽宁大连群体为 3 号小种,并首次发现辽宁营口、朝阳存在 6 号小种^[21],而本研究对辽宁大连群体鉴定为 14 号小种。

在我国,大豆胞囊线虫生理小种的鉴定研究多集中于我国东北及黄淮海地区^[15-16, 21],在我国西北地区,李克梅等^[19]报道了新疆出现了 4 号小种,而宁夏、甘肃和陕西等地未见报道。本研究将采自甘肃镇原和陕西延安的大豆胞囊线虫群体鉴定为 4 号小种,首次报道了陕西和甘肃省存在 4 号小种。1988 年,张磊^[12]在安徽省淮北地区报道 4 和 5 号小种的存在,而本研究在安徽省宿州市首次发现 3 号小种存在。此前内蒙古已报道的生理小种包括 2、3、4、5 和 6 号^[5, 9, 17],但本研究鉴定的内蒙古赤峰群体为 14 号生理小种。至此,在我国内蒙古地区已报道的生理小种类型已达 6 个,说明群体分化比较复杂。前人研究结果表明,大豆胞囊线虫 14 号小种仅存在于黑龙江安达地区,而本研究在内蒙古赤峰地区也发现有 14 号小种,值得关注。

3.3 生理小种鉴定方法的选择

大豆胞囊线虫生理小种地位的确定,主要根据其在一套鉴别寄主上的繁殖能力^[21]。本研究采用国际上通用的 Riggs 鉴别体系,该鉴别体系目前虽已得到大多数研究者的认可,但有研究者认为此鉴别模式所包含的抗病基因较少^[22],不能很好地区分携带不同致病基因的胞囊线虫群体。Niblack 等^[23]建立了一个新的大豆胞囊线虫基因多样性分类系统—HG 类型,目前,国外很多线虫学家采用了这种分类系统。2014 年,王东^[24]首先在我国对 10 个大豆胞囊线虫群体进行 HG 类型鉴定研究,并将两种鉴定方法进行了比较,结果表明两种方法并不完全对应,各有优劣。HG 类型鉴别更为细致,更能体现出大豆胞囊线虫种下不同毒力表型的多样性,但使用鉴别寄主过多,试验操作繁琐,且鉴定时所需要胞囊线虫群体数量更大,因而很多群体无法进行有效鉴定。因此,有必要进一步优化鉴别标准,开发出一套更为简便高效的鉴别体系。

4 结 论

2014 年我国大豆胞囊线虫病害的发生比较严重,主要分布于我国黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、宁

夏、河北、山西、山东、河南、安徽、江苏、浙江、江西、陕西、甘肃、新疆、四川、贵州、云南和广西共 20 个省(自治区),总检出率为 69.4%,平均胞囊量高达 $0.99 \text{ 个} \cdot \text{L}^{-1}$ 。我国大豆胞囊线虫致病性分化并无明显变化,共鉴定出 5 个生理小种,分别是 1、2、3、4 和 14 号生理小种,其中安徽宿州、甘肃镇原、内蒙古赤峰、陕西延安和宁夏银川群体为首次鉴定。

致谢:感谢全国大豆产业体系各综合试验站在样品采集过程中做出辛苦工作的科研人员。

参考文献

- [1] 段玉玺. 植物线虫学[M]. 北京: 科学出版社, 2011. (Duan Y X. Plant nematology[M]. Beijing: Science Press, 2011.)
- [2] 许艳丽, 王丽芳, 战丽莉. 大豆胞囊线虫病研究进展[J]. 大豆科技, 2010(1): 21-24. (Xu Y L, Wang L F, Zhan L L. The research advances on soybean cyst nematodes[J]. Soybean Technology, 2010(1): 21-24.)
- [3] 宋晓慧, 党永志, 张代平, 等. 大豆胞囊线虫生理小种和抗性鉴定技术研究进展[J]. 科技致富向导, 2013(36): 16, 101. (Song X H, Dang Y Z, Zhang D P, et al. The research advances on race and techniques on appraisal of resistance of soybean cyst nematode[J]. Guide of Sci-tech Magazine, 2013(36): 16, 101.)
- [4] 石红利. 大豆胞囊线虫的生物学特性及诱导抗性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013. (Shi H L. Biological characteristics and induced resistance to *Heterodera glycines* [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013)
- [5] Ross J P. Crop rotation effects on soybean cyst nematode population and soybean yields[J]. Phytopathology, 1962, 52(8): 815-818.
- [6] Golden A M, Epps J M, Riggs R D, et al. Terminology and identity of infraspecific forms of the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) [J]. Plant Disease Reporter, 1970, 54(7): 544-546.
- [7] Riggs R D, Schmitt D P. Complete characterization of the race scheme for *Heterodera glycines* [J]. Journal of Nematology, 1988, 20(3): 392-395.
- [8] Asmus G L, Teles T S, Ansdmo J, et al. Races of *Heterodera glycines* in the Northeast of Mato Grosso do Sul, Brazil [J]. Tropical Plant Pathology, 2012, 37(2): 146-148.
- [9] 刘维志, 刘晔, 陈品三. 东北地区部分市县大豆胞囊线虫生理小种的鉴定结果初报[J]. 沈阳农学院学报, 1984(2): 75-78. (Liu W Z, Liu Y, Chen P S. Preliminary study on identification of physiologic race of soybean cyst nematode in parts of cities and counties in northeast China [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1984(2): 75-78.)
- [10] 刘汉起, 商绍刚, 霍虹, 等. 大豆胞囊线虫(*Heterodera glycines*) 生理小种研究初报[J]. 大豆科学, 1985, 4(2): 131-135. (Liu H Q, Shang S G, Huo H, et al. Study on distribution of physiological race of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in Heilongjiang province [J]. Soybean Science, 1995, 14(4): 330-333.)
- [11] 陈品三, 张东升, 陈森玉. 大豆胞囊线虫(*Heterodera glycines*) 7 号生理小种的研究初报[J]. 中国农业科学, 1987, 20(2): 94. (Chen P S, Zhang D S, Chen S Y. First report on a new physiological race (Race 7) of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1987, 20(2): 94.)
- [12] 张磊. 安徽淮北地区大豆胞囊线虫生理小种研究初报[J]. 大

- 豆科学, 1988, 7(3): 251-254. (Zhang L. Preliminary report on race of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in HuaiBei area in Anhui province[J]. Soybean Science, 1988, 7(3): 251-254.)
- [13] 刘汉起, 商绍刚, 甄鸿杰, 等. 黑龙江省大豆胞囊线虫(*Heterodera glycines*) 生理小种分布的研究[J]. 大豆科学, 1995, 14(4): 330-333. (Liu H Q, Shang S G, Zheng H J, et al. Study on distribution of physiological race of soybean cyst nematode(*Heterodera glycines*) in Heilongjiang province[J]. Soybean Science, 1995, 14(4): 330-333.)
- [14] 陈品三, 齐军山, 王寿华, 等. 我国大豆胞囊线虫生理分化动态的鉴定和监测研究[J]. 植物病理学报, 2001, 31(4): 336-341. (Chen P S, Qi J S, Wang S H, et al. Studies on identification and monitoring of physiologic variation of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in China[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2001, 31(4): 336-341.)
- [15] Lu W, Gai J, Li W. Sampling survey and identification of races of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe) in Huang-Huai Valleys[J]. Agricultural Sciences in China, 2006, 5(8): 615-621.
- [16] 董丽民, 许艳丽, 李春杰, 等. 黑龙江省大豆胞囊线虫胞囊密度和生理小种鉴定[J]. 中国油料作物学报, 2008, 30(1): 108-111. (Dong L M, Xu Y L, Li C J, et al. Cyst density and subspecies identification of soybean cyst nematode in Heilongjiang province[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2008, 30(1): 108-111.)
- [17] 刘晔, 刘维志. 大豆胞囊线虫的生理小种鉴定结果(II) [J]. 沈阳农业大学学报, 1989, 20(1): 41-44. (Liu Y, Liu W Z. The result on identification of physiologic race of soybean cyst nematode(II) [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1989, 20(1): 41-44.)
- [18] Zheng J, Zhang Y, Li X, et al. First report of the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, on soybean in Zhejiang, Eastern China[J]. Plant Disease, 2009, 93(3): 319.
- [19] 李克梅, 日孜旺古丽, 董艳秋. 新疆大豆胞囊线虫病的初步研究[J]. 植物保护, 2014, 40(2): 132-134. (Li K M, Riz-iwanguli, Dong Y Q. A preliminary study on the soybean cyst nematode *Heterodera glycines* in Xinjiang Uygur Autonomous Region[J]. Plant Protection, 2014, 40(2): 132-134.)
- [20] Niblack T, Tylka G L, Arelli P, et al. A standard greenhouse method for assessing soybean cyst nematode resistance in soybean: SCE08 (standardized cyst evaluation 2008) [J]. Plant Health Progress, 2009, 10: 1094.
- [21] 马朝旺, 段玉玺, 陈立杰, 等. 辽宁省大豆胞囊线虫生理分化研究[J]. 大豆科学, 2009, 28(2): 285-287. (Ma C W, Duan Y X, Chen L J, et al. Identification of physiological race of *Heterodera Glycines* in Liaoning province [J]. Soybean Science, 2009, 28(2): 285-287.)
- [22] 练云, 卢为国. 大豆抗 SCN 机制及抗病相关基因研究进展[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(6): 727-732. (Lian Y, Lu W G. Advances on resistance mechanism and gene to SCN in soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2013, 35(6): 727-732.)
- [23] Niblack T L, Arelli P R, Noel G R, et al. A revised classification scheme for genetically diverse populations of *Heterodera glycines* [J]. Journal of Nematology, 2002, 34(4): 279-288.
- [24] Wang D, Zhu X F, Wang Y Y, et al. A reassessment of virulence phenotypes of Soybean Cyst Nematode (*Heterodera glycines*) in China with HG typing method[J]. Plant Disease, 2014, 98(5): 702-703.

(上接第 619 页)

- [4] 董兴月, 林浩, 刘丽君, 等. 干旱胁迫对大豆生理指标的影响[J]. 大豆科学, 2011, 30(1): 83-88. (Dong X Y, Lin H, Liu L J, et al. Influence of drought stress on soybean physiological indexes[J]. Soybean Science, 2011, 30(1): 83-88.)
- [5] 纪展波, 蒲伟凤, 李桂兰, 等. 野生大豆、半野生大豆和栽培大豆对苗期干旱胁迫的生理反应[J]. 大豆科学, 2012, 31(4): 598-604. (Ji Z B, Pu W F, Li G L, et al. Physiological reaction of *Glycine soja*, *Glycine gracilis* and *Glycine max* to drought stress in seedling stage[J]. Soybean Science, 2012, 31(4): 598-604.)
- [6] 蒲伟凤, 李桂兰, 张敏, 等. 干旱胁迫对野生和栽培大豆根系特征及生理指标的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(4): 615-622. (Pu W F, Li G L, Zhang M, et al. Effects of drought stress on root characteristics and physiological indexes of *Glycine soja* and *Glycine max*[J]. Soybean Science, 2010, 29(4): 615-622.)
- [7] 周磊, 李松, 郭传龙, 等. PEG 模拟干旱处理条件下 2 种大豆的抗旱机制比较[J]. 扬州大学学报, 2013, 34(3): 54-60. (Zhou L, Li S, Guo C L, et al. The comparison of drought resistance mechanism of two kinds of soybean under polyethylene glycol simulation drought stress [J]. Journal of Yangzhou University, 2013, 34(3): 54-60.)
- [8] 陈庆华. 干旱胁迫对大豆苗期叶片保护酶活性和膜脂过氧化作用的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(14): 6396-6398. (Chen Q H. Effects of the drought stress on the protective enzyme activity and membrane lipid peroxidation of leaf in soybean seedling [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(14): 6396-6398.)
- [9] 董守坤, 李雪凝, 赵坤, 等. 干旱胁迫对春大豆根系保护酶活性的影响[J]. 作物杂志, 2015, 32(2): 163-165. (Dong S K, Li X N, Zhao K, et al. Effect of drought stress on root protective enzyme activity of spring soybean [J]. Crops, 2015, 32(2): 163-165.)
- [10] Fridovich I. Free radical in biology [M]. New York: New York Academic Press, 1976: 239.
- [11] 芮海英, 王丽娜, 金铃, 等. 苗期干旱胁迫对不同大豆品种叶片保护酶活性及丙二醛含量的影响[J]. 大豆科学, 2013, 32(5): 647-649. (Rui H Y, Wang L N, Jin L, et al. Effect of drought stress at seedling on protective enzyme activity and MDA content of different soybeans[J]. Soybean Science, 2013, 32(5): 647-649.)
- [12] 王启明. 干旱胁迫对大豆苗期叶片保护酶活性和膜脂过氧化作用的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(4): 918-921. (Wang Q M. Effects of drought stress on protective enzymes activities and membrane lipid peroxidation in leaves of soybean seedlings [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2006, 25(4): 918-921.)