

## 黑龙江省大豆胞囊线虫种群分布和卵密度研究

孙玉秋<sup>1,2</sup>, 许艳丽<sup>1</sup>, 李春杰<sup>1</sup>, 潘凤娟<sup>1</sup>, 张 原<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所 黑土区农业生态院重点实验室, 海伦农田生态系统国家野外观测研究站, 黑龙江 哈尔滨 150081;  
2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 黑龙江省植检植保站, 黑龙江 哈尔滨 150090)

**摘 要:** 对采自黑龙江省 35 个市县 112 份大豆田土样, 采用蔗糖梯度离心法, 研究了大豆胞囊线虫种群分布和种群密度。结果表明: 从黑龙江省采集的所有大豆根围土样都检测到了大豆胞囊线虫, 各地胞囊线虫的种群密度不同, 每 100 g 干土中的虫卵量差别大, 100 g 干土中, 嫩江县的大豆胞囊线虫卵量多达 30 583 个, 最少的是抚远县, 100 g 干土中只检测到 56 个虫卵。将黑龙江省各市县大豆胞囊线虫每 100 g 干土中的卵量分为 3 个区段: 卵密度为 0~2 000 个·100 g<sup>-1</sup>干土的占 67.4%, 卵密度为 2 001~4 000 个·100 g<sup>-1</sup>干土的占 13.9%, 卵密度多于 4 000 个·100 g<sup>-1</sup>干土的占 18.7%。黑龙江省大豆主产区都检测到了大豆胞囊线虫的卵, 西部地区卵种群密度高于东南部地区。根据研究结果, 绘制出了黑龙江省大豆胞囊线虫卵密度分布图。

**关键词:** 大豆胞囊线虫; 种群分布; 卵密度

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2011)02-0250-04

## Distribution of Soybean Cyst Nematode and Population Density in Heilongjiang Province

SUN Yu-qiu<sup>1,2</sup>, XU Yan-li<sup>1</sup>, LI Chun-jie<sup>1</sup>, PAN Feng-juan<sup>1</sup>, ZHANG Yuan<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Mollisols Agroecology, National Observation Station of Hailun Agroecology System, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, Heilongjiang; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Plant Quarantine and Plant Protection Station of Heilongjiang Province, Harbin 150090, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Dring 2007 and 2008, 112 soybean cyst nematode (SCN) soil samples were collected from 35 cities and counties in Heilongjiang province of China. Sucrose gradient centrifugation was used to study the distribution of soybean cyst nematode and population density. SCN was detected in all the tested soil samples, suggested that SCN widely distributed in Heilongjiang province. The density of SCN varied with place, in Nenjiang county, the amount of soybean cyst lines up to 30 583 eggs, while only 56 eggs·100 g<sup>-1</sup> dry soil was detected in Fuyuan county. The population density of SCN eggs were divided into three sections: 0 - 2 000·100 g<sup>-1</sup> dry soil accounted for 67.4%, 2 001 - 4 000·100 g<sup>-1</sup> dry soil accounted for 13.9%, more than 4 000 eggs·100 g<sup>-1</sup> dry soil accounted for 18.7%. The egg population density in western region was higher than that in southeast region. The distribution map of SCN eggs in Heilongjiang province were draw out according to the results.

**Key words:** Soybean cyst nematode (SCN); Population; Egg density

大豆胞囊线虫 (Soybean cyst nematode, SCN) 病是大豆生产最严重的病害之一, 是一种世界范围的毁灭性病害<sup>[1-3]</sup>。该病害是由大豆胞囊线虫 (*Heterodera glycines*, Ichinohe) 侵染引起的, 其特点是分布广、危害重、寄主范围广、传播途径多、休眠体 (胞囊) 存活时间长, 是一种极难防治的土传病害。目前, 大豆胞囊线虫病每年在全球农业上造成很大的经济损失, 大豆胞囊线虫病一般可使大豆减产 5%~10%, 严重的可达 30%~50%, 甚至绝产<sup>[4-5]</sup>。该病在世界主要大豆生产国都有过报道, 是大豆生产的

主要障碍, 因此, 大豆胞囊线虫病的研究一直受到极大的关注<sup>[6]</sup>。大豆胞囊线虫最早是在中国发现的, 1899 年俄国植物病理学家雅契夫斯基 (Jaczevski) 等在我国东北发现大豆根结线虫 (即大豆胞囊线虫)<sup>[4]</sup>。目前报道发生大豆胞囊线虫病的国家有中国、日本、美国、朝鲜、韩国、加拿大、哥伦比亚、印度尼西亚、俄罗斯和埃及等。其中危害较重的是美国、日本和中国。大豆胞囊线虫病在中国发生的省市主要有黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、河南、山东、陕西、山西、安徽、北京和江苏等地<sup>[7-9]</sup>。该病

收稿日期: 2011-01-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30971900); 黑龙江科技攻关资助项目 (GA09B103-10); 黑龙江省自然科学基金资助项目 (C200630)。

第一作者简介: 孙玉秋 (1971-), 女, 在读博士, 研究方向为大豆胞囊线虫防控。E-mail: sunyuqiu98@163.com。

通讯作者: 许艳丽 (1958-), 女, 研究员, 博士生导师, 从事植物线虫病、作物病虫害发生、生物生态控制和土壤微生态等方面的研究。

E-mail: xyll@neigahrb.ac.cn。

是中国目前大豆生产上危害最大、发生最普遍的一种病害,尤其在黑龙江、吉林等省的西部干旱地带发生普遍,刘汉起等<sup>[7]</sup>1987 年调查表明,在黑龙江省除边远的饶河县、孙吴县、呼玛县等未作调查外,全省其余各市县均有发生。黑龙江省三江平原各大农场发病面积占 45%,超过 53 万 hm<sup>2</sup>。张俊立等对河北省大豆胞囊线虫的分布和危害进行了调查,结果在邯郸、邢台、唐山和张家口都发现有大豆胞囊线虫的胞囊,100 g 土样中,大豆胞囊线虫的胞囊数最多可达 89 个,大豆胞囊线虫病的总发生率达

73.93%<sup>[10]</sup>。黑龙江省是我国大豆的主产区,大豆连作普遍,因此开展了大豆胞囊线虫病在黑龙江省发生程度和分布情况的研究,旨在为大豆胞囊线虫病的防治提供一定的依据。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集地点

采自黑龙江省 35 个县市大豆田根围土样 112 份(表 1)。

表 1 土壤样品采集  
Tab 1 Distribution of soybean soil samples

序号 No.	采集地点 Sampling sites	土壤类型 Soil types	采集数量 Amount	序号 No.	采集地点 Sampling sites	土壤类型 Soil types	采集数量 Amount
1	虎林市 Hulin	2	6	19	856 农场	2	5
2	绥化市 Suihua	1	3	20	富裕县 Fuyu	2	2
3	密山市 Mishan	1	1	21	绥滨县 Suibin	2	5
4	黑河市 Heihe	5	2	22	嫩江市 Nenjiang	1	5
5	安达市 Anda	6	1	23	孙吴县 Sunwu	6	5
6	克山县 Keshan	3	3	24	华南县 Huanan	6	5
7	哈尔滨市 Harbin	1	1	25	讷河市 Nehe	1	5
8	甘南县 Gannan	1	2	26	同江市 Tongjiang	2	5
9	呼兰县 Hulan	4	1	27	海林市 Hailin	5	5
10	罗北县 Luobei	1	1	28	克东县 Kedong	1	5
11	呼玛镇 Huma	2	1	29	集贤县 Jixian	2	1
12	鹤岗市 Hegang	2	2	30	望奎县 Wangkui	1	1
13	抚远县 Fuyuan	6	2	31	杜蒙县 Dumeng	2	1
14	兰西县 Lanxi	5	1	32	北安县 Beian	1	1
15	绥陵市 Suiling	6	1	33	依安 Yian	1	1
16	双城市 Shuangcheng	1	1	34	宾县 Binxian	4	3
17	巴彦县 Bayan	1	4	35	海伦市 Hailun	1	19
18	青冈县 Qinggang	7	5				

1-黑土;2-草甸土;3-盐碱土;4-风沙土;5-白浆土;6-棕壤土。

1. Black soil;2. Meadow soil;3. Alkaline saline soil;4. Aquic soil;5. Sandy soil;6. Albic soil.

1.2 土壤样品采集方法

在秋季大豆收获后采集土样。去掉 0~5 cm 表土,拔出大豆根,取 5~20 cm 耕层根围土壤,“Z”字形法取样。每块地取样 10~20 个点,每点取 100 g,将土样充分混合,用四分法取 500 g,放入新的塑料袋中封好后运回实验室,于 4℃ 冰箱中保存待用。

1.3 胞囊分离

取出冰箱中保存的土样,每份称取 100 g 置于 250 mL 烧杯中,加水 150 mL 浸泡 1 h 并转移至 1 000 mL 的塑料烧杯中,1 750 r·min<sup>-1</sup> 搅拌 3 min,用强水流冲洗土样混浊液,静止 30 s 后过 20 目、60 目套筛,收集 60 目筛上物于 50 mL 离心管中,2 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 3 min,弃上清,再加入 45 mL 的 70% 蔗糖溶液,充分混匀,2 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 3min,上清液过 60 目筛,用水轻轻冲洗筛上物,洗去残留的蔗糖,冲洗到放有滤纸的漏斗中,过滤后取出滤纸

晾干,收集大豆胞囊线虫的胞囊。

1.4 卵分离

取出冰箱中保存的土样,每份称取 100 g 置于 250 mL 烧杯中,加水 150 mL 浸泡 1 h,用湿筛法将土壤样品中的胞囊筛出,经橡胶塞在 200 目筛上研磨后,收集 200 目和 500 目筛上物于 50 mL 离心管中,35% 蔗糖梯度 2 500 r·min<sup>-1</sup> 离心 3 min,含卵的上清液再过 500 目筛,清水冲洗后,收集于 50 mL 离心管中定容,将卵悬液保存在 4℃ 冰箱中,用以测定大豆胞囊线虫的卵密度。

2 结果与分析

2.1 黑龙江省大豆胞囊线虫分布区域

从黑龙江省 35 个县市采集的 112 份大豆根围土样中都检测到了大豆胞囊线虫的卵。研究结果

显示,黑龙江省西部地区种群密度较大,这与刘汉起的研究结果相一致,可能是由于黑龙江省西部地区主要是盐碱土和风沙土的缘故<sup>[7]</sup>。基于研究结果,绘制出黑龙江省大豆胞囊线虫卵密度分布示意图(图1)。在虎林、绥化、密山、黑河、安达、克山、哈尔滨、甘南、呼兰、罗北、呼玛、鹤岗、抚远、兰西、绥陵、双城、巴彦、富裕、绥滨、嫩江、宾县、孙吴、华南、讷河、同江、海林、克东、集贤、望奎、杜蒙、北安、依安和青冈都发现大豆胞囊线虫。可见在黑龙江省的大豆主产区大豆胞囊线虫分布普遍,使其防治逐渐成为近年来的难题。

试验采集土壤类型有黑土、草甸土、盐碱土、风沙土、白浆土和棕壤土6种,在6种土壤类型中都发现了大豆胞囊线虫,可以看出在黑龙江省不同土壤类型大豆根围都有大豆胞囊线虫的分布,即大豆胞囊线虫适于在多种土壤类型中生存,也使其防治难度加大。供试土壤样品采集范围是北纬44°~51°,大豆胞囊线虫在该纬度范围内都有出现。

2.2 黑龙江省大豆胞囊线虫卵密度

黑龙江省35个县、市采集的112份大豆根围土样中,大豆胞囊线虫在黑龙江省各地的种群密度不同(表2),每100 g干土中的卵量差别较大。西北部地区卵量高于东南部地区。100 g干土中,位于西北部地区的嫩江县的大豆胞囊线虫卵量最多达30 583个,100 g干土中的卵量低于1 000个的市县是位于东南部地区的绥化、哈尔滨、呼兰、罗北、鹤

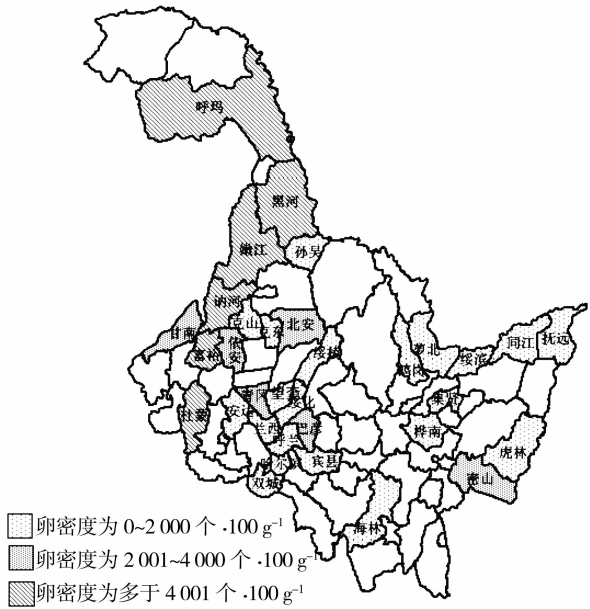


图1 黑龙江省大豆胞囊线虫卵密度分布示意图  
Fig.1 The distribution of soybean cyst nematode eggs in Heilongjiang province

岗、抚远、绥陵等地,最少的是抚远县,100 g干土中只有56个大豆胞囊线虫的卵。

黑龙江省各地大豆胞囊线虫种群密度不同可能与土壤理化性质或土壤中的食线虫菌物有关。土壤类型对大豆胞囊线虫的分布有一定影响,不同类型土壤中大豆胞囊线虫种群密度不同,主要可能与土壤有机质含量有关<sup>[10]</sup>。

表2 黑龙江省大豆主产区大豆胞囊线虫卵密度  
Table 2 Desity of soybean cyst nematode eggs in Heilongjiang province

序号 No.	采集地点 Sampling sites	样品数量 Amount	卵数量 <sup>a</sup> Egg amount	序号 No.	采集地点 Sampling sites	样品数量 Amount	卵数量 Egg amount
1	虎林市 Hulin	3	6	20	富裕县 Fuyu	2	12 167
2	绥化市 Suihua	3	83	21	绥滨县 Suibin	5	1 133
3	密山市 Mishan	1	2 178	22	嫩江县 Nenjiang	5	30 583
4	黑河市 Heihe	2	12 944	24	孙吴县 Sunwu	5	789
5	安达市 Anda	1	1 583	25	华南县 Huanan	5	756
6	克山县 Keshan	3	1 028	26	讷河县 Nehe	5	7 344
7	哈尔滨市 Harbi	3	256	27	同江县 Tongjiang	5	1 811
8	甘南县 Gannan	2	3 844	28	海林市 Hailin	19	978
9	呼兰县 Hulan	1	206	29	克东县 Kedong	5	367
10	罗北县 Luobei	3	739	30	集贤县 Jixian	1	1 078
11	呼玛镇 Huma	2	6 189	31	望奎县 Wangkui	3	467
12	鹤岗市 Hegang	2	333	32	杜蒙县 Dumeng	1	16 833
13	抚远县 Fuyuan	1	56	33	北安市 Beian	5	3 422
14	兰西县 Lanxi	1	1 267	34	依安县 Yian	1	3 900
15	绥陵市 Suiling	2	411	35	宾县 Binxian	4	278
16	双城市 Shuangcheng	1	456				
17	巴彦县 Bayan	6	2 611				
18	青冈县 Qinggang	2	2 389				
19	856 农场	3	13 133				

<sup>a</sup> 每100 g土壤样品中大豆胞囊线虫的卵数量。

<sup>a</sup> Egg amount in 100 g dry soil.

根据测定结果,将黑龙江省各市县大豆胞囊线虫每 100 g 干土中的卵量分为 3 个区段:卵密度为 0~2 000 个的占 67.4%,卵密度 2 001~4 000 个的占 13.9%,卵密度多于 4 000 个的占 18.7%。

### 3 讨论

试验结果表明,黑龙江省 35 个县市采集的 112 份大豆根围土样中都检测到了大豆胞囊线虫,大豆胞囊线虫在黑龙江省分布普遍,而且大豆胞囊线虫在黑龙江省各地种群密度不同。黑龙江省西部地区种群密度较大。试验采集土壤类型有黑土、草甸土、盐碱土、风沙土、白浆土和棕壤土 6 种,在 6 种土壤类型中都发现了大豆胞囊线虫,不同土壤类型大豆根围都有大豆胞囊线虫的分布。刘汉起等研究表明,在土壤胞囊数量相同的条件下,盐碱土和砂质土地地区较黑土地地区危害严重<sup>[7]</sup>。大豆胞囊线虫种群密度与土壤有机质含量有关,土壤有机质含量影响大豆胞囊线虫病的危害程度,土壤有机质超过 3%,即使有少量胞囊形成,大豆减产也较轻。土壤类型样本数量对结果可能有一定的影响,黑土取样相对较多,盐碱土、风沙土和白浆土取样相对较少,因此有待于进一步调查研究。

土壤 pH 也影响大豆胞囊线虫种群密度。2001 年 Miller 在美国明尼苏达南部 Waseca 县的 20 hm<sup>2</sup> 大豆田(前茬玉米)调查土壤 pH 与大豆胞囊线虫繁殖关系的结果表明,大豆收获后测定土壤中胞囊密度与土壤 pH 成线性相关(相关系数  $R^2 = 0.92$ )。土壤 pH8.1 的胞囊繁殖量是土壤 pH5.5 的 2 倍<sup>[11]</sup>。Anand 等研究认为,大豆胞囊线虫在 pH6.5 和 7.5 时比 pH5.5 时繁殖数量高,分析原因可能是由于较高的 pH 更适于大豆生长,产生较大的根系,增加了线虫侵染位点。另有研究认为,低 pH 条件下,大豆根形成较厚的木栓层以阻止线虫侵染,并且低 pH 对线虫生长有抑制作用<sup>[12]</sup>。

在土壤环境中,对大豆胞囊线虫种群密度影响最大的是土壤温度和土壤湿度。在适宜温度范围内,线虫发育速度与土壤温度成正相关,温度越高,幼虫发育越快,发生数量越多,完成一个世代所需的天数就越少。线虫是喜水动物,水是线虫在土壤中运动、迁移的重要媒介。大豆胞囊线虫是内寄生线虫,通常寄主植物体内的水分能够适合线虫的生长。在植物生长季节内,大豆胞囊线虫的二龄幼虫寻找寄主及成熟雄虫离开根部寻找雌虫交配都在土壤中进行,因此,土壤湿度与大豆胞囊线虫关系密切。土壤水分不足常常是引发大豆胞囊线虫病的先决条件,研究表明,500 mm 供水处理不发生大豆胞囊线虫病,主要是由于土壤水分充足,导致土

壤空气少,甚至缺养,同时影响水温的升高,不利于大豆胞囊线虫繁殖,而且,较好的水分条件促使大豆苗期生长健壮,减轻了大豆胞囊线虫的危害<sup>[13]</sup>。关于黑龙江省不同地域、pH 值、土壤温度和土壤湿度对大豆胞囊线虫分布和种群密度的影响有待于进一步研究。

许艳丽等指出作物残茬对土壤中大豆胞囊线虫虫口密度有很大影响,在免耕区有麦秆残茬土壤中大豆胞囊线虫数量要明显多于无麦秆残茬土壤,在大豆—小麦的轮作体系中发现有逢大豆茬大豆胞囊线虫增多的现象,这可能是由于大豆根系分泌物不断地刺激胞囊线虫卵孵化,因而胞囊线虫数量相对较多,所以有待于进一步详细调查试验中每块样地的前茬作物及耕作方式等信息及与之关系<sup>[14-15]</sup>。

### 参考文献

- [1] 吴明才,肖昌珍.世界大豆线虫病研究概述[J].湖北农业科学,1999(1):38-40. (Wu M C, Xiao C Z. Survey of study on soybean cyst nematode in the world[J]. Hubei Agricultural Science, 1999(1):38-40.)
- [2] 许艳丽,温广月.大豆主要病虫害研究概况 I 大豆线虫病[J].大豆通报,2005(1):5-7. (Xu Y L, Wen G Y. Survey of study on main plant disease and insect pests I soybean wireworm disease[J]. Soybean Bulletin, 2005(1):5-7.)
- [3] Norton D C. Abiotic soil factors and plant-parasitic nematode communities[J]. Journal of Nematology, 1989, 21:299-307.
- [4] 刘维志.植物病原线虫学[M].北京:中国农业出版社,2000. (Liu W Z. Plant pathogenic nematology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.)
- [5] 阮维斌,王敬国,张福锁.根际微生态系统中的大豆胞囊线虫[J].植物病理学报,2002,32(3):200-213. (Ruan W B, Wang J G, Zhang F S. The soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in rhizosphere micro-ecologic system[J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2002, 32(3):200-213.)
- [6] Wang J, Donaid T L. Soybean cyst nematode reproduction in the North Central United States[J]. Plant Disease, 2000, 84(1):77-82.
- [7] 刘汉起,商绍刚,霍虹,等.黑龙江省大豆胞囊线虫病发生危害及其研究现状[J].大豆科学,1987,6(2):141-148. (Liu H Q, Shang S G, Huo H, et al. Present status of occurrence, injury and research of soybean cyst nematode in Heilongjiang province[J]. Soybean Science, 1987, 6(2):141-148.)
- [8] 吴海燕,远方,陈立杰,等.大豆胞囊线虫病与大豆胞囊线虫机制的研究[J].大豆科学,2001,20(4):285-289. (Wu H Y, Yuan F, Chen L J, et al. Advances in soybean cyst nematode and mechanism of soybean resist to *Heterodera glycines*[J]. Soybean Science, 2001, 20(4):285-289.)
- [9] 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,2001,14(3):336-341. (Chen P S, Qi J S, Wang S H, et al. Studies on identification and monitoring of physiologic variation of *Heterodera glycines* in China[J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2001, 14(3):336-341.)

病原物侵染而感病的过程,即将叶片划伤,然后将含有病毒粒子的缓冲液涂抹其上,因此该试验比以往类似研究多加了一次对照处理。结果表明,病毒胁迫与机械损伤胁迫的最后反应是不同的。机械胁迫比基因诱导更加短暂,说明最后的结果不同可能是由于相同的途径成分和基因诱导激活持续时间和表达量的不同。大豆抗病基因在识别病毒后导致大量的活性氧和下游抗病基因元件表达,活性氧的表达似乎是抗病基因表达的一个辅助,虽然缓冲液处理也有活性氧变化,但不如病毒混合液的诱导明显,说明机械胁迫与病毒处理虽然有部分途径重叠,但还是有很大的差别。

野生大豆与栽培大豆虽然在抗 SMV 各主要活性酶的变化上存在细微差别,但抗病的生理生化机制基本一致,说明野生大豆可以成为抗 SMV 育种的可靠种质资源。下一步需要对野生大豆抗花叶病毒的分子机理进行研究,以明确抗病途径,更有效的利用野生大豆资源,培育出新的抗病大豆品种。

#### 参考文献:

- [1] 李福山. 中国野生大豆资源的地理分布及生态分化研究[J]. 中国农业科学, 1993, 26(2): 47-55. (Li F S. Studies on the ecological and geographical distribution of the Chinese resources of wild soybean (*G. soja*) [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1993, 26(2): 47-55.)
- [2] 徐豹. 中国野生大豆 (*G. soja*) 研究十年[J]. 吉林农业科学, 1989, (1): 5-13. (Xu B. A decade of wild soybean (*G. soja*) research in China[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1989 (1): 5-13.)
- [3] 胡吉成, 谢淑仪. 野生大豆病毒病的初步鉴定[J]. 植物病理学报, 1984, 14(2): 122-123. (Hu J C, Xie S Y. Preliminary identification of wild soybean (*Glycine Soja*) virus diseases[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 1984, 14(2): 122-123.)
- [4] 孙永吉, 刘玉芝, 胡吉成, 等. 野生大豆抗花叶病毒病研究[J]. 大豆科学, 1991, 10(3): 212-216. (Sun Y J, Liu Y Z, Hu J C, et al. A study on resistance of the wild soybeans to soybean mosaic virus (SMV) [J]. Soybean Science, 1991, 10(3): 212-216.)
- [5] Ingeborg T, Christiane L, Alok K S. Cyclopentenone Isoprostanes induced by reactive oxygen species trigger defense gene activation and phytoalexin accumulation in plants [J]. The Plant Journal, 2003, 34(3): 363-368.
- [6] Fridovich L. The biology of oxygen radicals. The superoxide is an agent of oxygen toxicity; superoxide dismutase provide an important defense [J]. Science, 1978, 201: 875-880.
- [7] Dangl J. Plants just say NO to pathogens [J]. Nature, 1998, 394: 525-527.
- [8] Luca P, Odette R, Bernard F, et al. Phenylalanine ammonia-lyase in tobacco, molecular cloning and gene expression during the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus and the response to a fungal elicitor [J]. Plant Physiology, 1994, 106: 877-886.
- [9] Mona C M. Active oxygen species in plant defense against pathogens [J]. Plant Physiology, 1994, 105: 467-472.
- [10] Przemyslaw W. Oxidative burst: an early plant response to pathogen infection [J]. Biochemistry, 1997, 322: 681-692.
- [11] 龚国强, 于梁, 周山涛. 低温对黄瓜果实超氧化物歧化酶 (SOD) 的影响 [J]. 园艺学报, 1996, 23(1): 97-98. (Gong G Q, Yu L, Zhou S T. Effect of low temperature on superoxide dismutase (SOD) in cucumber fruit [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1996, 23(1): 97-98.)
- [12] Romeis T, Piedras P, Zhang S Q, et al. Rapid Avr9- and Cf-9-dependent activation of MAP kinases in tobacco cell cultures and leaves: Convergence of resistance gene, elicitor, wound, and salicylate responses [J]. Plant Cell, 1999, 11: 273-287.
- [13] Scheel D. Resistance response physiology and signal transduction [J]. Current Opinion Plant Biology, 1998, 1: 305-310.
- [14] Zhang S, Klessig D F. Resistance gene N-mediated de novo synthesis and activation of a tobacco mitogen-activated protein kinase by tobacco mosaic virus infection [J]. Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America, 1998, 95: 7433-7438.
- [10] 张俊立, 彭德良, 克强. 河北省大豆胞囊线虫分子鉴定及其分布 [J]. 植物保护, 2005, 31(1): 40-43. (Zhang J L, Peng D L, Ke Q. Molecular identification and distribution of *Heterodera glycines* in Hebei [J]. Plant Protection, 2005, 31(1): 40-43.)
- [11] Miller D R, Chen S Y. The effect of soil pH on soybean cyst nematode reproduction [J]. Phytopathology (Abstract), 2002, 92(6): S56.
- [12] Anand S C. Effect of soil temperature and pH on resistance of soybean to *Heterodera glycines* [J]. Journal of Nematology, 1995, 27(4): 478-482.
- [13] 计钟程, 许文芝. 重茬大豆减产与土壤环境变化 [J]. 大豆科学, 1995, 14(4): 321-328. (Ji Z C, Xu W Z. The decrease of continuous cropping soybean and the change of soil environment [J]. Soybean Science, 1995, 14(4): 321-328.)
- [14] 许艳丽, 陈伊里, 司兆胜, 等. 不同茬口条件下的作物根渗出物对大豆胞囊线 (*Heterodera glycines*) 卵孵化影响 [J]. 植物病理学报, 2004, 34(6): 481-486. (The effects of the root diffusate of different rotation systems on the egg hatch of soybean cyst nematode *Heterodera glycines* [J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2004, 34(6): 481-486.)
- [15] 司兆胜, 许艳丽, 李兆林, 等. 不同茬口种植的大豆品种根渗出物对大豆胞囊线虫卵孵化的影响 [J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(3): 62-66. (Si Z S, Xu Y L, Li Z L, et al. Hatch of soybean cyst nematode *Heterodera glycines* egg in root diffusate from resistant and susceptible soybean cultivars on different rotation systems [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2004, 26(3): 62-66.)

(上接第 253 页)