

大豆土传病害抗性资源筛选

于 维¹, 栾 奕¹, 李明姝², 颜秀娟^{2*}

(1. 吉林省种子管理总站, 长春 130062; 2. 吉林省农业科学院大豆研究所, 长春 130033)

摘 要:大豆根腐病、疫霉病和胞囊线虫病是生产上极难防治的土传病害, 目前有效的防治措施就是种植抗病品种, 抗病种质的筛选鉴定是抗病育种的基础。本研究针对这3种病害进行抗病性鉴定, 为抗病育种提供良好的单抗和多抗资源。用人工接种鉴定的方法, 对76份大豆材料分别接种大豆尖孢镰刀菌、大豆疫霉菌1号生理小种和胞囊线虫3号生理小种, 进行单一病害鉴定, 按各病害的抗性评价标准对每份大豆种质资源进行抗性评价。共计筛选出抗根腐病材料11份, 抗疫霉病材料13份, 中抗大豆胞囊线虫材料9份。中抗及抗两种病害的品种(系)有6份, 占鉴定总数的7.9%; 同时对3种病害表现中抗以上的材料只有1份, 占鉴定总数的1.3%。研究结果将为新品种培育和抗病基因挖掘提供理论依据。

关键词:大豆; 土传病害; 抗性资源

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2020)03-0012-04

Evaluation of Soybean Cultivars (Lines) for Resistance to Soil Borne

YU Wei¹, LUAN Yi¹, LI Mingshu², YAN Xiujuan^{2*}

(1. Seed Management Station of Jilin Province, Changchun 130062; 2. Soybean Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Soybean root rot, Phytophthora and cyst nematode are the major soil-borne diseases that are extremely difficult to control. Planting resistant varieties are effective measures, and screening of resistant germplasm is the basis of breeding resistant varieties. 76 soybean materials were inoculated with *Fusarium oxysporum*, race 1 of *Phytophthora sojae* and race 3 of cyst nematode respectively. The resistance of each soybean germplasm was evaluated according to the resistance evaluation standard of each disease. A total of 11 anti-root rot materials, 13 anti-*Phytophthora* materials, and 9 materials with moderately resistant soybean cyst nematode were screened out. 6 varieties (lines) were resistant to two diseases, accounting for 7.9%. Only 1 material was resistant to the above three diseases, accounting for 1.3%. The results will provide a theoretical basis for the cultivation of new varieties and Identification of disease resistance genes.

Key words: Soybean; Soil-borne; Resistant germplasm

大豆根腐病、疫霉病和胞囊线虫病是生产上普遍发生且极难防治的土传病害, 李沐慧等对东北地区大豆田病害种类和发病程度进行调查, 发现危害最严重的是大豆根腐病和大豆胞囊线虫病^[1]。

自Crommell于1917年报道美国发现大豆镰刀菌根腐病以来, 中国、印度、日本及菲律宾等国也先后发现有该病害的发生^[2]。该病害成为严重

影响我国东北和黄淮海地区大豆生产的重要病害, 在黑龙江省三江平原尤为严重^[3]。

1948年, 大豆疫霉病首次在美国被发现^[4], 随后又在澳大利亚、加拿大、北朝鲜和中国等20多个国家被发现^[5-7]。该病害在世界大豆种植区广泛发生, 对全球大豆产业造成很大威胁。在美国, 该病害成为仅次于大豆胞囊线虫病的第二大病害^[8], 我国已有16个省发生该病害。早在1899年, 在我国东北地区就发现大豆胞囊线虫(SCN), 至今已有110多年^[9]。目前, 美国、加拿大、巴西、俄罗斯、朝鲜、韩国、日本等多个国家和地区都有大豆胞囊线虫的发生^[10-13], 每年给世界大豆造成的产量损失达900万吨以上, 约占中国大豆总产量的60%。中国是大豆的起源国, 也是受大豆胞

收稿日期: 2019-01-20

基金项目: 吉林省科技厅市县科技进步推进项目
(20160412011XH)

作者简介: 于 维(1980-), 女, 副研究员, 硕士, 主要从事农作物品种管理研究。

通讯作者: 颜秀娟, 女, 博士, 副研究员, E-mail: yanxiujuan2000@126.com

囊线虫病危害相当严重的国家,在我国东北、黄淮海及长江中下游三大大豆主产区均普遍发生且危害严重。截止2015年,我国共有23个省(市/自治区)发现大豆胞囊线虫的存在:黑龙江省、吉林省、辽宁省、北京市、河北省、河南省、山东省、山西省、陕西省、贵州省、江西省、广西省、甘肃省、四川省、云南省、宁夏回族自治区、内蒙古自治区、江苏省、安徽省、浙江省、湖北省、新疆维吾尔自治区及上海市^[14-17]。

这三种病害在大豆生产中防治及其困难,尤其高毒农药的禁用,使这些病害的化学药剂防治成为不可能,最经济有效的防治措施就是种植抗病品种。筛选抗病品种(系)是选育抗病大豆新品种的基础,本文对76份大豆种质资源进行单一病害的抗性鉴定,旨在筛选出单抗和多抗品种(系),可直接种植于病害发生区,同时储备多抗性基因,丰富抗性基因库。因此,开展对大豆这3种病害抗病资源的鉴定和筛选工作具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试大豆品种(系):近3年内,吉林省区试供试品种(系)共计76份、合丰25、Lee74。

供试菌种:尖孢镰刀菌,大豆疫霉菌1号生理小种,大豆胞囊线虫3号生理小种。

1.2 鉴定方法

1.2.1 镰刀菌鉴定方法

1.2.1.1 接种方法:试验采用高粱粒接种法,在直径10 cm的培养钵中加入灭菌蛭石,每钵接入10粒带菌高粱粒,覆上约1.5 cm无菌蛭石后播种供试材料,每钵播种10粒种子,在种子表面覆盖2 cm的无菌干蛭石,营养钵放入不锈钢托盘中,以不接种病原菌作对照,合丰25作为镰刀菌致病力测定品种,每处理3次重复,试验重复2次。不锈钢托盘底部浇足水,放在温室培养。温室温度保持25℃、光暗(12 h/12 h)交替,10 d后调查病情,并计算病情指数。

1.2.1.2 鉴定标准:根据根系腐烂程度将尖镰孢引起的大豆根腐病病情严重度划分为5个级别^[18]。

0级:植株正常生长;1级:主根未发病或轻微变成褐色,须根生长点发病,植株正常生长;3级:主根发病变黑,能继续生长,须根根尖变黑,植株正常生长;5级:主根严重变黑,不能继续生长,须根少或不长,植株生长不良;7级:根部腐烂,植株

不能继续生长甚至死亡。

调查发病情况,并计算病情指数。

病情指数计算公式:

$$\text{病情指数} = \frac{\sum \text{各级别病株数} \times \text{各级代表值}}{\text{调查总株数} \times \text{最高级别代表值}} \times 100$$

评价标准参照肖彩霞等^[19]方法,病指指数<30为抗病(R),≥30为感病(S)。

1.2.2 大豆疫霉菌鉴定方法

1.2.2.1 接种方法:采用下胚轴创伤接种法,以未接种病原菌作对照,每处理3次重复,试验重复2次。将供试材料播种于以蛭石为基质、直径10 cm的营养钵中,每钵保留10株长势一致的健康植株,待第一对真叶完全展开时,用刀片在子叶下约1 cm处划开一伤口。在伤口处嵌入3 mm²左右的菌块,菌丝面接触伤口,用脱脂棉沾无菌水保湿48 h,外层用保鲜膜和锡箔纸包裹。接种5~6 d后进行病情调查。

1.2.2.2 鉴定标准:参照朱振东等的抗性评价标准^[20],植株死亡≥70%为感病(S),<30%为抗病(R),在30%~70%之间为中间类型(intermediate, I)。

1.2.3 大豆胞囊线虫鉴定方法

1.2.3.1 接种方法:在底部打孔的注塑杯(杯底直径6.4 cm,杯高17 cm)内加入灭菌的土壤和沙子(1:3)混合物。将供试材料表面消毒后置于萌发滤纸上催芽,黑暗条件培养48 h后选择长势一致的大豆幼苗,种植于预先浇透水的注塑杯内,每杯种植1株,豆苗移栽3 d后接种卵悬液,在根附近的土壤扎一个深约3 cm的小孔,注入2 mL卵悬液(浓度为1×10⁶个/L卵或2龄幼虫)。将注塑杯摆放于塑料盒内,置于温室内,控制温度27~29℃,每天浇水一次,正常管理。Lee74为感病对照,每个处理重复5次。接种后30~35 d,待Lee 74根部出现大量白色胞囊时,洗根,计数胞囊。

1.2.3.2 鉴定标准:按Schmitt和Shannon提出的胞

表1 抗性分级标准表

雌虫指数(FI)	0~10	10.1~30	30.1~60	>60
抗性级别	R	MR	MS	S

囊指数法进行分级^[21](表1)。

$$\text{雌虫指数(FI)} = \frac{\text{单株平均着生胞囊数目}}{\text{Lee74单株平均着生胞囊数目}} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 抗单一病害鉴定结果

2.1.1 根腐病抗病鉴定结果

2.1.1.1 镰刀菌致病力测定

0<DI≤30 为弱致病力; 30<DI≤60 为中等致

病力;DI>60 为强致病力。经检测,合丰 25 的 DI=47.36,因此,本试验所用的尖孢镰刀菌为中等致病力菌株。

2.1.1.2 大豆品种(系)抗病性评价

参照肖彩霞评价标准,本试验中抗病材料 11 份(表 2),占鉴定总数的 14.5%,其余 65 份为感病

表 2 参试大豆品种(系)对三种病害的抗性反应

品种(系)	大豆胞囊线虫		大豆镰刀菌根		大豆疫霉根腐		品种(系)	大豆胞囊线虫		大豆镰刀菌根		大豆疫霉根腐	
	病		腐病		病			病		腐病		病	
	雌虫 指数	抗性 级别	病情 指数	抗性 级别	死亡 率	抗性 级别		雌虫 指数	抗性 级别	病情 指数	抗性 级别	死亡率	抗性 级别
	FI		DI					FI		DI			
利民 2010-32	57.9	MS	36.9	S	37.8	I	吉利豆 7	74.6	S	52.8	S	44.5	I
公野 0906-19	53.9	MS	44.8	S	30.2	I	长农 54	68.4	S	49.6	S	49.6	I
长交 0336-10	55.5	MS	46.2	S	22.5	R	吉育 441	41.6	MS	69.2	S	64.7	I
黑农 71	140.6	S	55.4	S	41.8	I	长农 38	66.9	S	76.8	S	39.5	I
吉利豆 5 号	147.8	S	26.9	R	51	I	长农 48	33.6	S	29.6	R	55.5	I
吉育 406	140.6	S	63.5	S	45.1	I	晋豆 19	53.2	MS	51.2	S	30	R
辽豆 32	123.5	S	53.2	S	65.5	I	辽豆 58	42.8	MS	48	S	63	I
长农 23	133.1	S	27.6	R	39.4	I	汾豆 99	38.8	MS	40.8	S	73.1	S
公交 0616-5	115.1	S	54.8	S	69.3	I	辽豆 50	22.8	MR	72.6	S	8.33	R
铁豆 43	115.6	S	33.6	S	66.3	I	辽豆 56	25.2	MR	56.8	S	81.5	S
吉育 509	113.5	S	54	S	71.8	S	铁豆 86	42	MS	35.6	S	75.5	S
吉农 46	37.2	MS	26.5	R	73.5	S	铁豆 31	50	MS	68.4	S	88.7	S
吉农 47	134.2	S	41.5	S	89.9	S	铁豆 67	17.2	MR	35.8	S	28.38	R
吉农 48	180.8	S	43.5	S	72.6	S	铁豆 81	30.4	MS	48.2	S	20.9	R
长农 31	75.7	S	31.5	S	84.2	S	铁豆 82	81.2	S	64.6	S	82.4	S
吉育 72	111.7	S	42.3	S	46.2	I	辽豆 49	61.09	S	77.4	S	46.2	I
K 丰 76-3	75	S	43.3	S	50.8	I	吉农 49	140.5	S	20.4	R	73.1	S
辽 05151-6-2	27.5	MR	60.9	S	55	I	长农 33	164.7	S	14.4	R	42.6	I
辽 04Q088-1	37	MS	67.5	S	30.1	I	宾豆 8 号	89.6	S	34.2	S	28.3	R
铁 04131-15	83.6	S	40.1	S	19.3	R	吉农 81	106.3	S	81.4	S	53.3	I
农大豆 2 号	72.7	S	19.1	R	61.8	I	吉育 291	116	S	78.6	S	79.3	S
铁豆 68	66.9	S	81.1	S	37.6	I	吉大豆 6 号	20.1	MR	56.1	S	27.8	R
晋豆 19	57.3	MS	65.9	S	81.5	S	通农 25	62.8	S	76.2	S	88.6	S
铁丰 31	47.6	MS	84.5	S	80	S	九农 NE2	155.4	S	81.4	S	46.7	I
铁豆 80	20.2	MR	53.6	S	20.9	R	吉育 635	189.2	S	44.2	S	85.9	S
德黄 10	26	MR	64.3	S	54.6	I	吉利豆 10	43.8	MS	32.1	S	50	I
吉育 552	78.4	S	41.2	S	89.9	S	吉育 619	14.2	MR	27.6	R	77.8	S
吉农 82	67.6	S	70.3	S	73.1	S	九农 43A1	45.6	MS	66.5	S	83.3	S
汾豆 93	61.6	S	48.8	S	20.9	R	京通绥 1 号	169.2	S	42.9	S	39.2	I
吉农 84	60.8	S	48.8	S	47.1	I	吉育 633	105.2	S	69.6	S	56.1	I
辽豆 48	64	S	63.6	S	54.6	I	黑农 71	66.4	S	65.7	S	86.7	S
吉育 456	39.6	MS	40.8	S	45.4	I	吉育 663	177.4	S	61.4	S	80	S
吉农 65	47.6	MS	39.2	S	21.8	R	合丰 55	48.9	MS	59.7	S	78.9	S
吉大 J101	33.2	MS	47.2	S	57.1	I	吉育 754	80.2	S	51.2	S	61.1	I
吉农 50	31.6	MS	75.6	S	36.1	I	黑农 207	92.1	S	49.1	S	45.8	I

续表 2

品种(系)	雌虫 指数 FI	抗性 级别	病情 指数 DI	抗性 级别	死亡 率	抗性 级别	品种(系)	雌虫 指数 FI	抗性 级别	病情 指数 DI	抗性 级别	死亡率	抗性 级别
铁豆 97	57.3	MS	50.2	S	43.4	I	鸿豆 2 号	53.6	MS	27	R	53.3	I
长农 39	48.4	MS	94.4	S	18.4	R	宾豆 12	43.8	MS	24.4	R	77.8	S
吉农 89	20.4	MR	21.7	R	22.7	R	克山 1 号	118.2	S	32.3	S	80.8	S

品种(系),占鉴定总数的 85.5%,说明抗根腐病材料比较稀缺,且在此次鉴定中,抗病材料的 DI 值只有长农 33 和农大豆 2 号在 20 以内,其余材料 DI 值都在 20~30 之间,没有明显的抗病优势。

2.1.2 疫霉病抗病鉴定结果

参照朱振东等的抗性评价标准,本试验中抗病材料 13 份,占鉴定总数的 17.1%;中间类型 38 份,占鉴定总数的 50%;其余为感病品种(系),占鉴定总数的 32.9%。抗病材料中以辽豆 50 的抗病性最好,死亡率 8.33%。

2.1.3 大豆胞囊线虫病抗病鉴定结果

76 份鉴定材料中未见抗病品种(系),只有 9 份中抗材料(表 2),占鉴定总数的 11.8%。中抗材料中只有铁豆 67 和吉育 619 的雌虫指数在 20 以下,其余均在 20~30 之间。

2.2 大豆新品种(系)对 3 种病害的综合抗性

从表 2 中可以看出,吉农 89、吉育 619 对大豆胞囊线虫表现中抗,且抗大豆根腐病;铁豆 80、吉农 89、辽豆 50、铁豆 67、吉大豆 6 号四份品种(系)对大豆胞囊线虫表现中抗,且抗大豆疫霉病;只有吉农 89 对大豆根腐病和大豆疫霉病均表现抗病;同时也只有吉农 89 对 3 种病原菌均表现出中抗以上水平。

3 结论与讨论

随着我国种植业结构调整政策的实施,我国大豆产业迎来了新机遇,同时也面临着挑战。作为大豆主产区的吉林省,在大豆面积逐渐上升的过程中,大豆新品种(系)是否能够抵御土传病害的侵袭。笔者通过对近 3 年来吉林省区域试验参试品种(系)进行 3 种土传病害病原菌接种鉴定,共计筛选出抗根腐病材料 11 份,抗疫霉病材料 13 份,中抗大豆胞囊线虫材料 9 份。中抗及抗两种病害的品种(系)有 6 份,占鉴定总数的 7.9%;同时对 3 种病害表现中抗以上的材料只有 1 份,占鉴定总数的 1.3%。

迄今为止,国内外记载的大豆根腐致病镰刀

菌至少有 19 种^[1],其中尖孢镰刀菌是发生最普遍的一种。我国对于大豆镰孢菌抗源筛选方面做了大量的研究工作,李宝英等、李长松等、肖彩霞等都筛选到大量抗 *F.oxysporum* 的资源^[22-24],表明我国存在丰富的抗源,为抗病品种的选育提供基础素材。

一般认为,大豆抗疫霉病基因的使用寿命为 8~15 年,所以需要不断的挖掘新的抗病基因来抵御疫霉菌的侵染^[25-26]。目前,我国已经筛选出多个抗(耐)病品种,如高度耐病品种临 338、鲁豆 6 号等,耐病品种鲁豆 4 号、早熟 18、豫豆 29 等,以及具有明显抗性的品种(系),如冀豆 17、东农 3 号、嫩丰 13 等^[27]。本文筛选了 13 份抗大豆疫霉病品种(系),为新品种培育和抗病基因挖掘提供理论依据。

从鉴定结果看,未见有抗大豆胞囊线虫的大豆新品种(系),仅有 9 个品种(系)表现为中抗水平。从 FI 指数来看,除铁豆 67 和吉育 619 外,其他品种(系)也没有明显的优势。表明我国在大豆胞囊线虫育种方面还没有给予明显的重视。尽管我国已经相继选育 100 余份抗线虫大豆品种^[28],但大部分品种未追溯到抗源,其育种目标并非选育抗病品种,抗病性也是个别年份田间鉴定结果,其鉴定结果的准确性有待进一步验证,抗 SCN 育种仍然是我国各大豆育种单位急需攻克的一个难题。

由于大豆土传病害常混合发生,本文筛选的综合抗性较好的大豆新品种(系)吉农 89 是否对混合病菌也有较好的抗性,结果需进一步验证。因此今后努力的方向是应用混合菌种接种进行抗病鉴定。

参考文献:

[1] 李沐慧,王媛媛,陈井生,等.2015 年东北地区大豆田病害种类及危害程度调查研究[J].大豆科学,2016,35(4):643-648,671.
[2] 刘义才,郭庆才.大豆根腐病的发生规律及防治研究[J].植物保护,1982(5):33.
[3] 王春玲,耿肖兵,黄铭慧,等.一种引起大豆根腐病的尖镰

- [7] 赵 鹏,何建国,熊淑萍,等.氮素形态对专用小麦旗叶酶活性及籽粒蛋白质和产量的影响[J].中国农业大学学报,2010,15(3):29-34.
- [8] 张志良,瞿伟菁.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003:41-43.
- [9] 张浩政.不同灌溉方式下氮肥施用量对寒地梗稻氮代谢及产质量的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2014.
- [10] 杨 亮,赵宏伟,宋瑾同,等.氮肥用量对芸豆叶绿素含量和籽粒营养品质影响的研究[J].作物杂志,2013(1):81-87.
- [11] 鲍士旦.土壤化学分析[M].北京:中国农业出版社,2008:30-34.
- [12] 刘子会,王晓明,柳斌辉,等.不同生育期杂交谷子叶片氮代谢相关酶活性的杂种优势[J].西北农业学报,2013,22(10):75-79.
- [13] 张 弦,苏豫梅,高文伟,等.不同施氮水平对小麦旗叶氮素代谢相关酶活性的影响[J].新疆农业大学学报,2014,37(4):317-320.
- [14] 刘 娜,闫志山,范有君,等.不同氮素水平对甜菜氮代谢酶和可溶性蛋白含量的影响[J].中国农学通报,2015,31(30):149-154.
- [15] 刘东军,张宏纪,孙 岩,等.氮肥对小麦氮积累和分配及氮肥利用率影响的研究进展[J].黑龙江农业科学,2017(11):93-100.
- [16] 周 超,马宝新,刘海燕,等.增密减氮对嫩单18产量和氮素利用率的影响[J].东北农业科学,2019,44(2):7-12.
- [17] 谷 岩,胡文河,徐百军,等.氮素营养水平对膜下滴灌玉米穗位叶光合及氮代谢酶活性的影响[J].生态学报,2013,33(23):7399-7407.
- [18] 蔺世召,葛 伟,熊淑萍,等.施氮水平对不同小麦品种氮代谢相关指标及产量的影响[J].河南农业大学学报,2011,45(5):514-518.
- [19] 李 晶,吉 彪,商文楠,等.密度和氮素水平对小黑麦氮代谢相关酶活性和籽粒营养品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(5):1063-1068.
- (责任编辑:刘洪霞)

孢致病性苗期鉴定方法[J].吉林农业科学,2014,39(5):69-72.

- [4] 朱振东,王化波,王晓鸣,等.中国大豆疫霉菌分布及毒力多样性研究[J].中国农业科学,2003,36(7):793-799.

(下转第21页)

(上接第15页)

- [5] Schmitthenner A F. Problems and progress in control phytophthora root rot of soybean [J]. Plant Disease, 1985, 69: 362-368.
- [6] Jee H, Kim W, Cho W. Occurance of phytophthora root rot on soybean (Glycine max) and indentification of the causal fungus [J]. RAD Journal of Crop Protection, 1998, 40: 16-22.
- [7] 沈崇尧,苏彦纯.中国大豆疫病的发现及初步研究[J].植物病理学报,1991(21):298.
- [8] Wrather J A, Stienstra W C, Koenning S R. Soybean disease loss estimates for United States from 1996-1998[J]. Canadian Journal of Plant Pathology. 2001, 23: 122-131.
- [9] 于柏双.黑龙江省主要大豆抗源对胞囊线虫的抗病特性及线虫防治体系研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2009.
- [10] Winstead N N, Skotland C B, Sasser J N. Soybean cyst nematode in North Carolina [J]. Plant Disease Report, 1955, 39: 9-11.
- [11] Riggs R D. Worldwide distribution of soybean-cyst nematode and its economic importance [J]. Journal of Nematology, 1977, 9(1): 34-39.
- [12] Lordello AILS, Lordello RRA, Quaggio J A. Occurrence of *Heterodera glycines* on soybean in Brazil[J]. Revista de Agricultura (Piracicaba), 1992, 67(3): 223-225.
- [13] Mendes M L, Dickson D W. Detection of *Heterodera glycines* on soybean in Brazil [J]. Plant Disease, 1993, 77(5): 499-500.
- [14] Peng D L, Peng H, Wu D Q, et al. First report of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) on soybean from Gansu and Ningxia China [J]. Plant Disease, 2016, 100(1): 229.
- [15] Liu X H, Li J Q, Zhang D S. History and status of soybean cyst nematode in China [J]. International Journal of Nematology, 1997, 7: 18-25.
- [16] Hung Y. A preliminary report on the plant-parasitic nematodes of soybean crop of the Pingtung district, Taiwan, China[J]. Agricultural Pest News, 1958, 5: 1-5.
- [17] 刘维志,洪权春,段玉玺,等.应用生物间遗传学原理对小黑豆类型品种进行抗性基因归类[J].大豆科学,1994(1):1-4.
- [18] 张 丽.黑龙江省大豆尖镰孢抗源筛选、致病机理及遗传多样性分析[D].哈尔滨:东北农业大学,2014.
- [19] 肖彩霞,关雪松,王晓艳,等.东北三省大豆品种(系)对大豆根腐病镰孢菌的抗性分析[J].中国油料作物学报,2013,35(2):201-206.
- [20] 朱振东,王晓鸣,常汝镇,等.黑龙江省大豆疫霉菌生理小种鉴定及大豆种质的抗性评价[J].中国农业科学,2000,33(1):62-67.
- [21] Schmitt D P, Shannon G. Differentiating soybean responses to *Heterodera glycines* races[J]. Crop Science, 1992, 32(1): 275-277.
- [22] 李宝英,马淑梅.大豆根腐病原菌种类及抗原筛选[J].植物保护学报,2000,27(4):74-82.
- [23] 李长松,赵玖华,杨崇良,等.大豆根腐病菌致病力分化的初步研究[J].植物病理学报,1997,27(2):1-7.
- [24] 肖彩霞,关雪松,王晓艳,等.东北三省大豆品种(系)对大豆根腐病镰孢菌的抗性分析[J].中国油料作物学报,2013,35(2):201-206.
- [25] 刘世名,李 魏,戴良英.大豆疫霉根腐病抗性研究进展[J].大豆科学,2016,35(2):320-329.
- [26] 张金花,王博文,丁 岩,等.转基因大豆种质资源对大豆疫霉根腐病的抗性评价[J].东北农业科学,2019,44(4):43-45,49.
- [27] 成 璐,董 铮,李 魏,等.大豆根腐病研究进展[J].中国