

# 中国大豆病虫害发生现状及全程绿色防控技术研究进展



叶文武<sup>1</sup> 刘万才<sup>2</sup> 王源超<sup>1\*</sup>

(1. 南京农业大学植物保护学院, 农业农村部大豆病虫害防控重点实验室, 南京 210095;

2. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125)

**摘要:** 病虫害频发是制约大豆高产稳产的重要因素之一。中国大豆生产中已知病虫害近500种, 产生重大危害的有50余种, 造成的大豆产量损失一般为15%~30%, 严重时甚至大面积绝收。该文综述了中国大豆生产中主要病虫害的种类、大豆主要产区病虫害的发生现状和全程绿色防控技术的相关研究进展, 探讨了当前大豆病虫害防控中存在的问题, 并对未来发展方向进行展望, 以期为后续开展大豆病虫害监测与绿色防控关键技术的研究与应用提供借鉴。

**关键词:** 大豆; 病虫害; 植物保护; 绿色防控技术

## Occurrence status and whole-process green control technologies for soybean diseases and pests in China

Ye Wenwu<sup>1</sup> Liu Wancai<sup>2</sup> Wang Yuanchao<sup>1\*</sup>

(1. Key Laboratory of Soybean Disease and Pest Control of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China;

2. National Agricultural Technology Extension Service Center, Beijing 100125, China)

**Abstract:** Frequent occurrence of diseases and pests is one of the important factors restricting high and stable yield of soybean. There have been approximately 500 known diseases and pest insects of soybean in China, more than 50 of which are the most serious, resulting in a yield loss of 15%–30%, and even a large-area crop failure in serious cases. This review summarized the research advances in the main epidemic soybean diseases and pest insects, their occurrence status in main production areas, and the whole-process green control technologies in China, discussed the existing problems in the control of soybean diseases and pest insects, and predicted the future development direction, with a view to providing a reference for further research and application of key technologies for monitoring and green control of soybean diseases and pest insects.

**Key words:** soybean; disease and pest; plant protection; green control technology

大豆是重要的粮油作物, 既是饲用和食用蛋白的重要来源, 也是植物油脂的重要原料(韩天富等, 2021)。中国大豆的年需求量超过1.1亿t, 位居全球第一, 然而国内每年的总产量不足2 000万t, 总需求的85%依赖于进口; 受国际政治经济形势变化和新冠疫情等因素影响, 国内所需大豆的稳定供应面临着严峻挑战(张玉梅等, 2021; 赵川和宋艳, 2021)。

2019年以来, “中央一号文件”多次强调要发展大豆生产, 提高大豆自给率。

中国大豆产能不足, 既有人多地少、种植规模有限的原因, 也有单产水平偏低的原因。2020年, 中国大豆播种面积为988.2万hm<sup>2</sup>, 平均每公顷产量约为1 950 kg, 仅为美国和巴西等国家大豆单产水平的60%左右(司伟和韩天富, 2021)。其中, 复种指数

基金项目: 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系(CARS-004)

\* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: wangyc@njau.edu.cn

收稿日期: 2022-12-30

高、重茬连作普遍,导致大豆生产中病虫害频发,这是限制大豆产量和品质提升的一个关键因素(许艳丽等,2008)。病虫害所造成的大豆产量损失一般为15%~30%,严重时甚至会绝收(李琼和张晓明,2018)。中国大豆生产中的已知病虫害有近500种,造成大豆产量损失较大的有50余种,既有多年来普遍发生的根腐病、胞囊线虫病、病毒病、灰斑病、炭疽病、蛴螬、大豆食心虫 *Leguminivora glycinivorella*、豆荚螟 *Etiella zinckenella*、大豆高隆象甲 *Ergania doriae yunnanensis*、大豆蚜 *Aphis glycines*、烟粉虱 *Bemisia tabaci*、点蜂缘蝽 *Riptortus pedestris* 和斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 等(陈品三,1995;农业农村部,2022a),也有近年来频繁暴发或日趋严重的“症青”(高宇和史树森,2019;王大刚等,2021)、锈病(单志慧和周新安,2007)、拟茎点种腐(茎秆枯)病(Zhao et al., 2022)和甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*(王文瑞和范东军,2019)等。

本文将从中国大豆生产中主要病虫害的种类、大豆主要产区病虫害的发生现状、全程绿色防控技术以及病虫害防控中存在的问题与未来展望4个方面进行阐述。

## 1 中国大豆生产中主要病虫害的种类

### 1.1 主要病害

中国大豆上记载的病原生物有200多种,引起的病害超过50种,本文整理总结了国内各大豆产区常发的24种病害(表1)。根据病原生物的种类可分为卵菌病害(疫霉根腐病、猝倒病和霜霉病等)、真菌病害(镰孢根腐病、拟茎点种腐病、锈病和炭疽病等)、病毒病害(花叶病毒病等)、线虫病害(主要是胞囊线虫病)和细菌病害(主要是细菌性斑点病和斑疹病等);而根据主要的危害部位可分为根部与茎基部病害或地下部病害(疫霉根腐病、镰孢根腐病、立枯病、猝倒病、白绢病、拟茎点种腐病、胞囊线虫病和红冠腐病等)和茎、叶和荚部病害或地上部病害(炭疽病、菌核病、灰斑病、霜霉病、拟茎点茎秆枯病、细菌性斑点病、病毒病、锈病、褐斑病、白粉病和叶枯病等)。

根据病害发生特点,疫霉根腐病、镰孢根腐病、猝倒病和立枯病等导致大豆根部和茎基部腐烂的病害一般统称大豆根腐病(李宝英和马淑梅,2000;叶文武等,2020);由于目前中国大豆生产中引起拟茎点种腐病和拟茎点茎秆枯病的主要致病菌均为大豆拟茎点种腐病菌 *Phomopsis longicolla* (Zhao et al.,

2022),这2类病害一般统称为大豆拟茎点种腐病;与美洲大豆锈病相比,由豆薯层锈菌 *Phakopsora pachyrhizi* 引起的亚洲大豆锈病在全世界范围内发生更广、危害更严重(许艳丽等,2005),一般简称为大豆锈病。

### 1.2 主要虫害

中国大豆上记载的害虫种类已逾400种,96%以上属于昆虫纲,包括鳞翅目、鞘翅目、半翅目、直翅目、双翅目和缨翅目,其余为弹尾纲、蛛形纲和软体动物(Gao et al., 2018)。国内各大豆产区常发的35种害虫如表2所示。根据为害方式主要分为地下害虫(蛴螬、地老虎、蝼蛄和金针虫等)、食叶类害虫(斜纹夜蛾等蝶蛾类的幼虫,以及叶甲、蝗虫和蜗牛等,多为鳞翅目、鞘翅目和直翅目害虫)、刺吸类害虫(蚜虫、粉虱、蓟马、叶蝉、蝽和红蜘蛛等,多为半翅目害虫)和钻蛀类害虫(包括蛀根的豆根蛇潜蝇 *Ophiomyia shibatsuji*、蛀叶的豆叶东潜蝇 *Japanagromyza tristella*、蛀茎的豆秆黑潜蝇 *Melanagromyza sojae*,以及蛀茎的大豆食心虫、豆荚螟和大豆高隆象甲等)(许艳丽等,2009;高宇等,2022a)。

## 2 中国大豆主要产区病虫害发生现状

### 2.1 北方春大豆产区

根腐病和胞囊线虫病是北方尤其是东北春大豆产区最严重的2种病害(李沐慧等,2016)。大豆疫霉根腐病也称为大豆疫病,是由大豆疫霉 *Phytophthora sojae* 侵染引起的一种根腐病,于1989年首次在中国东北地区被发现(沈崇尧和苏彦纯,1991),此后不断蔓延,1998年该病害在黑龙江省34个县、5个农场分局约30万hm<sup>2</sup>大豆田均有发生(许修宏等,2003),随后10余年零星发生,但2020年以来再次暴发并呈现逐年上升趋势;该病害除了导致大豆田大面积死苗外,局部发生时导致的缺苗断垄对大豆有效株数及产量有很大影响,染病田块大豆产量损失一般为15%~30%,重病田块发病率超过70%,产量损失超过60%甚至绝收(马淑梅和李宝英,1999)。大豆胞囊线虫病于1899年在东北地区被发现,目前仍在北方春大豆产区频繁发生,尤其是在重迎茬田块,以及干旱、风沙和盐碱地区危害更严重;染病田块常见成片大豆植株变黄萎缩,病株根系不发达,细根增多,一般减产10%~30%,严重地块减产可达70%~90%,甚至绝产(吴海燕等,2001;安咏梅等,2014)。此外,灰斑病、菌核病和霜霉病等也是该大豆产区的主要病害(李沐慧等,2016)。

表1 中国大豆生产中的主要病害  
Table 1 Main epidemic soybean diseases in China

序号 No.	病害名称 Disease name	主要病原物及其分类 Main pathogens and classification	主要危害时期 Major occurrence period	主要危害部位 Main infected organ
1	拟茎点种腐病 <i>Phomopsis</i> seed decay	真菌:大豆拟茎点种腐病菌 Fungi: <i>Phomopsis longicolla</i>	存储期、苗期 Storage and seedling stages	种子、根 Seed and root
2	疫霉根腐病 <i>Phytophthora</i> (stem and) root rot	卵菌:大豆疫霉 Oomycete: <i>Phytophthora sojae</i>	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	根、茎基部 Root and stem base
3	镰孢根腐病 <i>Fusarium</i> root rot	真菌:镰孢菌 Fungi: <i>Fusarium</i> spp.	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	根、茎基部 Root and stem base
4	胞囊线虫病 Cyst nematode	线虫:大豆胞囊线虫 Nematode: <i>Heterodera glycines</i>	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	根 Root
5	立枯病 <i>Rhizoctonia</i> root rot	真菌:立枯丝核菌 Fungi: <i>Rhizoctonia solani</i>	苗期 Seedling stage	根 Root
6	猝倒病 Damping off	卵菌:腐霉 Oomycete: <i>Pythium</i> spp.	苗期 Seedling stage	根 Root
7	白绢病 <i>Sclerotium</i> blight	真菌:齐整小核菌 Fungi: <i>Sclerotium rolfsii</i>	苗期 Seedling stage	根 Root
8	大豆锈病 Asian soybean rust	真菌:豆薯层锈菌 Fungi: <i>Phakopsora pachyrhizi</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
9	花叶病毒病 Mosaic virus disease	病毒:大豆花叶病毒 Virus: <i>Soybean mosaic virus</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
10	灰斑病 Frog-eye leaf spot	真菌:大豆灰斑病菌 Fungi: <i>Cercospora sojina</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
11	细菌性斑点病 Bacterial blight	细菌:丁香假单胞菌大豆致病变种 Bacteria: <i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>glycinea</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
12	细菌性斑疹病 Bacterial pustule	细菌:野油菜黄单胞菌大豆病原变种 Bacteria: <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>glycines</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
13	霜霉病 Downy mildew	卵菌:东北霜霉 Oomycete: <i>Peronospora manshurica</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
14	白粉病 Powdery mildew	真菌:大豆白粉病菌 Fungi: <i>Microsphaera diffusa</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
15	靶斑病 Target spot	真菌:山扁豆生棒孢菌 Fungi: <i>Corynespora cassiicola</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
16	黑斑病 <i>Alternaria</i> leaf spot	真菌:链格孢菌 Fungi: <i>Alternaria</i> spp.	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
17	褐斑病 <i>Septoria</i> leaf spot (brown spot)	真菌:大豆壳针孢菌 Fungi: <i>Septoria glycines</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
18	菌核病 <i>Sclerotinia</i> stem rot (white mold)	真菌:大豆菌核病菌 Fungi: <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	中后期 Later middle stage	茎、荚 Stem and pod
19	炭疽病 Anthracnose	真菌:炭疽菌 Fungi: <i>Colletotrichum</i> spp.	中后期 Later middle stage	茎、荚 Stem and pod
20	拟茎点茎荚枯病 <i>Phomopsis</i> pod and stem blight	真菌:大豆拟茎点种腐病菌 Fungi: <i>Phomopsis longicolla</i>	中后期 Later middle stage	茎、荚 Stem and pod
21	炭腐病 Charcoal rot	真菌:菜豆壳球孢菌 Fungi: <i>Macrophomina phaseolina</i>	中后期 Later middle stage	根、茎 Root and stem
22	红冠腐病 Red crown rot	真菌:冬青丽赤壳菌 Fungi: <i>Calonectria illicicola</i>	中后期 Later middle stage	根 Root
23	叶枯病 <i>Cercospora</i> leaf blight	真菌:菊池尾孢菌 Fungi: <i>Cercospora kikuchii</i>	中后期 Later middle stage	叶 Leaf
24	紫斑病 Purple seed stain	真菌:菊池尾孢菌 Fungi: <i>Cercospora kikuchii</i>	后期 Later stage	种子 Seed

由于环境温度偏低,大面积连片种植,栽培模式和农田生态比较简单,北方春大豆产区的常发性害虫种类相对较少。地下害虫以蛴螬、金针虫和地

老虎为主,可引起缺苗断垄,但总体发生较轻;食叶类害虫主要有苜蓿夜蛾 *Heliothis viriplaca*、黑条麦蚜叶甲(也称二条叶甲) *Medythia nigrolineata*、双

斑长跗萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica* 和蒙古灰象甲 *Xylinophorus mongolicus* 等,造成叶片受损,分布范围相对较广;刺吸类害虫主要是蚜虫、蓟马、红蜘蛛和蝽等,主要为害症状为卷叶、植株矮小、秕粒以

及落英等,尤其是在高温、干旱条件下为害加重;蛀茎类害虫以大豆食心虫为主,蛀根类害虫主要是豆根蛇潜蝇(刘健和赵奎军,2010;史树森,2013;高宇等,2022a)。

表2 中国大豆生产中的主要虫害

Table 2 Main epidemic soybean pests in China

序号 No.	害虫名称 Pest name	害虫分类(目、科) Pest classification (order, family)	主要为害时期 Major occurrence period	害虫类型 Pest type
1	蛴螬 <i>Scarabaeoids</i>	鞘翅目金龟子总科 Coleoptera, Scarabaeoidea	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	地下害虫 Underground pest
2	金针虫 <i>Elaterids</i>	鞘翅目叩甲科 Coleoptera, Elateridae	苗期 Seedling stage	地下害虫 Underground pest
3	蝼蛄 <i>Gryllotalpa</i> spp.	直翅目蝼蛄科 Orthoptera, Gryllotalpidae	苗期 Seedling stage	地下害虫 Underground pest
4	地老虎 <i>Noctuids</i>	鳞翅目夜蛾科 Lepidoptera, Noctuidae	苗期 Seedling stage	地下害虫 Underground pest
5	大豆蚜 <i>Aphis glycines</i>	半翅目蚜科 Hemiptera, Aphidoidea	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	刺吸类害虫 Sucking pest
6	烟粉虱 <i>Bemisia tabaci</i>	半翅目粉虱科 Hemiptera, Aleyrodidae	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	刺吸类害虫 Sucking pest
7	黑毛蓟马 <i>Thrips nigropilosus</i>	缨翅目蓟马科 Thysanoptera, Thripidae	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	刺吸类害虫 Sucking pest
8	黄蓟马 <i>Thrips flavus</i>	缨翅目蓟马科 Thysanoptera, Thripidae	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	刺吸类害虫 Sucking pest
9	小绿叶蝉 <i>Empoasca flavesrens</i>	半翅目叶蝉科 Hemiptera, Cicadellidae	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	刺吸类害虫 Sucking pest
10	豆叶螨(红蜘蛛) <i>Tetranychus phaselus</i>	蜱螨目叶螨科 Acarina, Tetranychidae	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	刺吸类害虫 Sucking pest
11	点蜂缘蝽 <i>Riptortus pedestris</i>	半翅目缘蝽科 Hemiptera, Coreidae	中后期 Later middle stage	刺吸类害虫 Sucking pest
12	筛豆龟蝽 <i>Megacopta cribraria</i>	半翅目龟蝽科 Hemiptera, Plataspidae	中后期 Later middle stage	刺吸类害虫 Sucking pest
13	稻绿蝽 <i>Nezara viridula</i>	半翅目蝽科 Hemiptera, Pentatomidae	中后期 Later middle stage	刺吸类害虫 Sucking pest
14	斑须蝽 <i>Dolycoris baccarum</i>	半翅目蝽科 Hemiptera, Pentatomidae	中后期 Later middle stage	刺吸类害虫 Sucking pest
15	斑鞘豆肖叶甲 <i>Colposcelis signata</i>	鞘翅目肖叶甲科 Coleoptera, Eumolpidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
16	黑条麦萤叶甲 <i>Medythia nigrobilineata</i>	鞘翅目叶甲科 Coleoptera, Chrysomelidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
17	蒙古灰象甲 <i>Xylinophorus mongolicus</i>	鞘翅目象甲科 Coleoptera, Curculionidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
18	双斑长跗萤叶甲 <i>Monolepta hieroglyphica</i>	鞘翅目叶甲科 Coleoptera, Chrysomelidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
19	苜蓿夜蛾 <i>Heliothis viriplaca</i>	鳞翅目夜蛾科 Lepidoptera, Noctuidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
20	斜纹夜蛾 <i>Spodoptera litura</i>	鳞翅目夜蛾科 Lepidoptera, Noctuidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
21	甜菜夜蛾 <i>Spodoptera exigua</i>	鳞翅目夜蛾科 Lepidoptera, Noctuidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
22	豆卷叶螟 <i>Omiodes indicata</i>	鳞翅目螟蛾科 Lepidoptera, Pyralidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
23	大造桥虫 <i>Ascotis selenaria</i>	鳞翅目尺蛾科 Lepidoptera, Geometridae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
24	豆天蛾 <i>Clanis bilineata tingtauica</i>	鳞翅目天蛾科 Lepidoptera, Sphingidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest

续表2 Continued

序号 No.	害虫名称 Pest name	害虫分类(目、科) Pest classification (order, family)	主要为害时期 Major occurrence period	害虫类型 Pest type
25	草地螟 <i>Loxostege sticticalis</i>	鳞翅目螟蛾科 Lepidoptera, Pyralidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
26	皋氏豆芫菁 <i>Epicauta gorhami</i>	鳞翅目芫菁科 Lepidoptera, Meloidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
27	豆粉蝶 <i>Colias hyale</i>	鳞翅目粉蝶科 Lepidoptera, Pieridae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
28	负蝗 <i>Atractomorpha</i> spp.	直翅目锥头蝗科 Orthoptera, Pyrgomorphidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
29	蜗牛 Fruticicolids	软体动物门蜗牛科 Mollusca, Fruticicolidae	中后期 Later middle stage	食叶类害虫 Leaf-fed pest
30	豆根蛇潜蝇(根蛆) <i>Ophiomyia shibatsui</i>	双翅目潜蝇科 Diptera, Agromyzidae	苗期 Seedling stage	钻蛀(根)类害虫 Root-boring pest
31	豆秆黑潜蝇 <i>Melanagromyza sojae</i>	双翅目潜蝇科 Diptera, Agromyzidae	苗期、中后期 Seedling and later middle stages	钻蛀(茎)类害虫 Stem-boring pest
32	豆叶东潜蝇 <i>Japanagromyza tristella</i>	双翅目潜蝇科 Diptera, Agromyzidae	中后期 Later middle stage	钻蛀(叶)类害虫 Leaf-boring pest
33	大豆食心虫 <i>Leguminivora glycinvorella</i>	鳞翅目小卷叶蛾科 Lepidoptera, Olethreutidae	后期 Later stage	钻蛀(莢)类害虫 Pod-boring pest
34	豆荚螟 <i>Etiella zinckenella</i>	鳞翅目螟蛾科 Lepidoptera, Pyralidae	后期 Later stage	钻蛀(莢)类害虫 Pod-boring pest
35	大豆高隆象甲 <i>Ergania doriae yunnanensis</i>	鞘翅目象甲科 Coleoptera, Curculionidae	后期 Later stage	钻蛀(莢)类害虫 Pod-boring pest

## 2.2 黄淮海夏大豆产区

根腐病、拟茎点种腐病和“症青”是黄淮海大豆产区的三大主要病害。该产区大豆根腐病的特点是病原种类复杂,已知有超过50种,多种病原卵菌(疫霉及腐霉等)和真菌(镰孢菌及丝核菌等)的高度复合侵染给抗病品种和防控药剂的筛选和利用增加了难度(Feng et al., 2020; Ye et al., 2020)。拟茎点种腐病的突出问题是中后期造成的茎枯和荚枯,这种症状也俗称为“黑秆”,一般造成约10%~30%的产量损失,严重田块病株率高达90%,甚至绝收;造成该病害发生日趋严重的主要原因是大豆种子带菌率高,且部分品种(系)具有较强的感病性(张建成等,2005;曾丹丹等,2016; Zhao et al., 2022)。“症青(stay-green)”俗称“贪青”或“倒青”,是指大豆理应正常成熟时,植株或部分分枝仍然持绿,有荚但无籽或籽粒瘪烂的现象;这种现象最早可追溯到20世纪80年代(汪家祥等,1982),主要在黄淮海地区零星分布,然而近年来该病症在黄淮海夏大豆产区频繁、严重发生,造成大豆大幅度减产,重发时较多地块甚至颗粒无收,严重影响农民种植大豆的积极性(Li et al., 2019; 徐彩龙等, 2019; Cheng et al., 2022)。此外,该产区常发的病害还有炭疽病、病毒病、霜霉病和细菌性叶斑病等(农业农村部,2022a)。

由于环境温度较高,农田环境较为复杂,黄淮海夏大豆产区的常发害虫种类较多,发生情况多变。

蛴螬、地老虎和蝼蛄等地下害虫发生普遍,与北方春大豆产区不同的是,蛴螬在黄淮海产区的为害高峰出现在夏大豆的鼓粒期,其啃食须根甚至主根表皮层;斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、大造桥虫 *Ascotis selenaria*、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、豆天蛾 *Clanis bilineata tingtauica*、豆卷叶螟 *Omiodes indicata* 和黑条麦蚜叶甲等食叶类害虫经常密集发生,大豆产量损失严重;烟粉虱、蝽(点蜂缘蝽和筛豆龟蝽 *Megacopta cribraria* 等)、蚜虫和叶蝉等刺吸类害虫造成大豆瘪荚、落英,烟粉虱和蚜虫等密集发生时分泌的蜜露还会引起煤污病,同时也是病毒病(可能包括“症青”)的重要传播媒介;大豆食心虫和豆荚螟等蛀莢类害虫以及以豆秆黑潜蝇为主的蛀秆害虫也都普遍发生(王大刚等,2011; 史树森,2013; 高宇等,2022a)。

## 2.3 南方多作大豆产区

南方多作大豆产区根腐病发生非常普遍,发病率高达70%以上,该病害主要由多种镰孢菌引起,也有腐霉菌和丝核菌等(Chang et al., 2020; 许艳丽和魏巍,2020)。同时,大豆锈病经常大面积发生,也是该产区需要关注的重要病害;一般导致大豆减产10%~30%,严重发生田块减产高达50%以上,若在大豆生长季早期发病甚至会造成绝收(单志慧和周新安,2007; 莫贱友等,2008)。近年来,随着西南地区大豆种植面积的快速增加,大豆锈病在四川、贵州和广西等省区的发生呈现加重趋势。此外,炭疽病

和病毒病等病害在南方多作大豆产区也经常发生,尤其是在菜用大豆(鲜食毛豆)产区,炭疽病是大豆生长中后期影响其产量和外观品质的重要因素(韩群营等,2015)。

南方农田生态背景复杂,耕作制度多样,害虫发生种类较多,且受小生境条件影响较大。斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、蝗虫、象甲、芫菁和叶甲等食叶类害虫可在局部猖獗为害,大量取食叶片;稻绿蝽 *Nezara viridula* 盲蝽、烟粉虱、蚜虫、叶蝉和点蜂缘蝽等刺吸类害虫可影响植株长势和结荚鼓粒,烟粉虱和蚜虫等可传播病毒病;大豆高隆象甲、大豆食心虫和豆荚螟等多种蛀荚类害虫是大豆生长中后期的重点防控对象;豆秆黑潜蝇在南方多作大豆产区也普遍发生,一些田块的植株受害率可达100%;因为该产区土壤湿度相对较大,所以地下害虫总体发生较轻(史树森,2013;高宇等,2022a)。

#### 2.4 盐碱地与干旱半干旱地区

积极挖掘潜力增加耕地,开发盐碱地、干旱半干旱地区种大豆,是农业农村部《“十四五”全国种植业发展规划》中提出的多措并举保粮油供给的重要举措,然而目前对这些地区大豆病虫草害发生规律的了解相对较少。值得注意的是,干旱、盐碱条件有利于大豆胞囊线虫病发生,该病长期以来在黑龙江省西部的干旱地、盐碱地和沙土地等地带危害较重,近年来在安徽、河南、山东和山西等省也有发生(郭启华等,2000);干旱半干旱地区尤其是高温地区更有利于各类害虫的发生,包括蛴螬和地老虎等地下害虫,豆荚螟和大豆食心虫等蛀荚类害虫,斜纹夜蛾和甜菜夜蛾等食叶类害虫,以及烟粉虱和蚜虫等刺吸类害虫,这些刺吸类害虫的大发生经常还伴随着病毒病的大范围传播与危害(史树森,2013;高宇等,2022a)。因此,在盐碱地与干旱半干旱地区种植大豆时,应加强对病虫害发生及流行规律的调查监测。

### 3 大豆病虫害全程绿色防控技术

#### 3.1 总体策略

大豆生产中的主要病虫害,尤其是病害,一般可防而不好治,应遵循“预防为主,综合防治”的植保方针,以选用综合抗性较好的良种和健身栽培为基础,以农业防治、物理防治和生物防治为重点,辅以必要的化学防治,切实提高对病虫害的防治效率,达到绿色、高产、稳产的目标(王大刚等,2011;农业农村部,2022a)。大豆全程生产中应在及时监测掌握病虫害种类和发生动态的基础上,围绕“前防苗弱,中控长势,后保荚果”的目标进行全程绿色防控。

#### 3.2 播种期

大豆播种期防控的重点是种子健康。针对重大病虫害合理选用抗(耐)性品种,避免单一品种连续使用多年(唐庆华等,2010)。在清选、精选的基础上,做好种子携带病原菌的检测,尤其是大豆疫霉等检疫性有害生物,谨慎使用病害发生地区收获的带菌种子;同时,晒种可以降低苗期病虫害的发生率,播种前进行种子出芽率测试也有助于预判病虫害发生风险(魏思楠等,2014;曾丹丹等,2016;袁咏天等,2017)。选用复合种衣剂包衣或拌种是预防大豆种传病害、土传病害和地下及苗期害虫的关键措施,注意对症选择有效成分,如在防治根腐病和拟茎点种腐病等病害时可选择精甲·咯菌腈等杀卵菌和杀真菌的复配成分(叶文武等,2020;高宇等,2022b);在防治蛴螬和金针虫等地下害虫以及蚜虫、叶甲和象甲等苗期害虫时可选择噻虫嗪、吡虫啉、溴氰虫酰胺和氯虫苯甲酰胺等杀虫成分(王大刚等,2011;高宇等,2021);在防治胞囊线虫病时可选择甲氨基阿维菌素(甲维盐)等有效成分,或结合使用生物种衣剂SN101等(周园园等,2014)。

#### 3.3 生长期(苗期至分枝期)

大豆生长前期也就是苗期至分枝期,应注意监测病害和控制害虫密度。大面积连片大豆田可采用杀虫灯结合性诱剂和食诱剂,监测及诱杀金龟子(蛴螬成虫)、棉铃虫和斜纹夜蛾等害虫的成虫,可结合选用苏云金芽孢杆菌 *Bacillus thuringiensis* 和球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 等生物制剂喷施防治;同时要注意保护和利用瓢虫、食蚜蝇、草蛉和赤眼蜂等天敌,这将有助于控制蚜虫等害虫的密度。当蚜虫、烟粉虱、豆秆黑潜蝇和斜纹夜蛾等害虫发生密度较大时,可于幼虫发生初期选用氯虫苯甲酰胺、甲维盐、氰戊菊酯和噻虫·高氯氟等杀虫剂喷雾防治。在防治蜗牛等软体类害虫时可撒施四聚乙醛颗粒剂。另外,根据茎枯病、炭疽病和叶斑病等大豆茎叶部病害发生情况,选用吡唑醚菌酯和苯醚·嘧菌酯等杀菌剂喷雾防治。此外,喷施氨基寡糖素·链蛋白等免疫激活剂可能有助于提高大豆植株对病毒病等病害及虫害的免疫力(柳听海,2017;农业农村部,2022a)。

#### 3.4 生长期中后期(花荚期)

大豆生长中后期也就是花荚期,应加强病虫害的监测,及时做好“一喷多防”。在前期防控的基础上,根据大豆病虫发生情况,可喷施嘧菌酯、苯甲·丙环唑和唑醚·氟环唑等杀菌剂防治锈病等真菌性叶部病害及拟茎点茎荚枯病和炭疽病等茎荚部病害。烟粉虱和蚜虫等刺吸类害虫是病毒病传播的主要介

体,因此防治此类害虫是控制病毒病蔓延的根本,可选用氯虫苯甲酰胺和噻虫嗪等杀虫剂喷施防治。在大豆食心虫和豆荚螟等成虫盛发期,可采用条带法喷洒生物食诱剂诱杀其成虫;在成虫产卵盛期可释放赤眼蜂等卵寄生蜂寄生或杀灭害虫卵(温玄烨等,2015);也可选用苏云金芽孢杆菌、溴氰菊酯和高效氯氟氰菊酯等杀虫剂防治成虫和初孵幼虫;在老熟幼虫脱荚入土前,可选用白僵菌粉剂均匀撒施于地表,减少化蛹幼虫的数量。建议结合大豆生长状况,兼施叶面肥、生长调节剂或免疫诱抗剂以控制植株长势,增强或保持大豆植株对病虫害的抵抗力,包括预防根腐病引起的早衰(王大刚等,2011;农业农村部,2022a)。

### 3.5 注意事项

**种子处理:**选用在大豆上取得农药登记的种衣剂(高宇等,2022b),采用干式拌种法进行拌种,即拌种药剂不再另外加水,防止种子吸水皱皮,按照药剂说明书的比例直接拌种。复合使用多种药剂拌种时,每公斤种子使用的药剂总量不超过8 mL;拌种后阴干,可直接播种。

**“症青”防控:**目前,造成该现象的原因尚未有定论(Li et al., 2019; 徐彩龙等, 2019; Cheng et al., 2022),但加强对点蜂缘蝽及烟粉虱等刺吸类害虫的监测和统防统治,是目前防止大豆“症青”发生最有效的措施(农业农村部,2022b)。

**田间管理:**重茬连作、土壤排水性差、植株间通透性低、除草剂和调节剂使用不当等因素均可能加重大豆根腐病和拟茎点种腐病等病害的发生,提倡起垄种植,注意及时排涝,采用合理轮作、适期播种、合理密植和及时清洁机具等综合措施;注意病残体及时离田处理,避免菌源积累和扩散。

## 4 问题与展望

近年来,在气候条件变化、种植模式变革、品种更新与布局、农药不合理使用以及外来生物入侵等多重因素的影响下,大豆病虫害的种类与危害程度发生着明显的变化,重大病虫害蔓延加重或再猖獗(如北方春大豆产区的疫霉根腐病、黄淮海夏大豆产区的拟茎点种腐病和烟粉虱、南方多作大豆产区的锈病等)、次要病虫害上升为害(点蜂缘蝽、甜菜夜蛾和细菌性叶部病害等)以及新发重大病虫害“元凶”尚待完全破解(“症青”等)等问题突出,给大豆病虫害防控带来了新的挑战。

由于中国对大豆病虫害发生规律与防控技术的研究长期重视不够、投入不足,导致研究队伍严重缺

乏,研究基础比较薄弱,生产中急需解决的大豆病虫害防控的关键问题主要有:(1)绝大多数大豆病虫害的发生规律、监测预警和防控技术等研究都不够深入,甚至空缺,严重限制了大豆防控技术方案的制订;(2)品种感病是病虫害暴发的根本原因,然而大豆资源对许多重大病虫害的抗性情况仍然缺乏系统有效的鉴定和持续的监测,抗性品种的布局与利用尚缺乏科学的整体规划;(3)大豆植保产品严重匮乏,正式登记的杀菌剂和杀虫剂品种非常有限(仅为水稻上同类登记产品的2%;<http://www.chinapesticide.org.cn>),现有产品存在严重的同质化和配方老化等问题,大豆病虫害防控技术方案设计与推广中经常出现“无药可施”的困境。

综上所述,完善和强化大豆植保研究队伍的建设,摸清大豆病虫害的发生规律和品种资源的抗性,创建与良种配套的全程绿色防控技术体系,是提高中国大豆病虫害防控技术水平、保障中国大豆高产稳产的重要基础。

## 参 考 文 献 (References)

- An YM, Wang JJ, Li JR, Yu BS. 2014. Occurrence and control of soybean cyst nematode in Heilongjiang Province. Heilongjiang Agricultural Sciences, (8): 143–144 (in Chinese) [安咏梅, 王家军, 李进荣, 于佰双. 2014. 黑龙江省大豆胞囊线虫病发生与防治. 黑龙江农业科学, (8): 143–144]
- Chang XL, Li HJ, Naeem M, Wu XL, Yong TW, Song C, Liu TG, Chen WQ, Yang WY. 2020. Diversity of the seedborne fungi and pathogenicity of *Fusarium* species associated with intercropped soybean. Pathogens, 9(7): 531
- Chen PS. 1995. Research progress on occurrence and control of main soybean diseases and insect pests in China. Soybean Bulletin, (1): 11–15 (in Chinese) [陈品三. 1995. 我国大豆主要病虫害发生及其防治研究进展. 大豆通报, (1): 11–15]
- Cheng RX, Mei RX, Yan R, Chen HY, Miao D, Cai LN, Fan JY, Li GR, Xu R, Lu WG, et al. 2022. A new distinct geminivirus causes soybean stay-green disease. Molecular Plant, 15(6): 927–930
- Feng H, Chen JJ, Yu Z, Li K, Li Z, Li YX, Sun Z, Wang YC, Ye WW, Zheng XB. 2020. Pathogenicity and fungicide sensitivity of *Pythium* and *Phytophthora* spp. associated with soybean in the Huang-Huai region of China. Plant Pathology, 69(6): 1083–1092
- Gao Y, Cui J, Bi R, Tian J, Shi SS. 2021. Effects of seed mixing treatments with different agents on the control of main diseases and insect pests in northeast spring soybean seedling stage. Soybean Science & Technology, (3): 15–17 (in Chinese) [高宇, 崔娟, 毕锐, 田径, 史树森. 2021. 不同药剂拌种处理对东北春大豆苗期主要病虫害防治效果. 大豆科技, (3): 15–17]
- Gao Y, Shi SS. 2019. The relationship between staygreen syndrome in soybean and stink bugs and preventive strategy. Soybean Science, 38(4): 650–655 (in Chinese) [高宇, 史树森. 2019. 大豆“荚而不实”型“症青”与蝽类害虫为害的相关性及防控策略.

- 大豆科学, 38(4): 650–655]
- Gao Y, Shi SS, Xu ML, Cui J. 2018. Current research on soybean pest management in China. *Oil Crop Science*, 3(4): 215–227
- Gao Y, Sun CQ, Luo Y, Shi SS. 2022b. Research and application development of soybean seed treatment agent in China. *Soybean Science*, 41(5): 617–623 (in Chinese) [高宇, 孙晨祺, 罗英, 史树森. 2022b. 中国大豆种子处理剂应用现状及研究进展. 大豆科学, 41(5): 617–623]
- Gao Y, Zhu SY, Tian J, Bi R, Cui J, Shi SS. 2022a. Research progress on prevention and control technology of main soybean pests. *Soybean Science & Technology*, (3): 18–25 (in Chinese) [高宇, 朱诗禹, 田径, 毕锐, 崔娟, 史树森. 2022a. 大豆主要害虫防控技术研究进展. 大豆科技, (3): 18–25]
- Guo QH, Wang DG, Zhu HB. 2000. Causes and countermeasures of low yield of soybean in saline-alkali arid area in the western Songnen Plain. *Soybean Bulletin*, (6): 5 (in Chinese) [郭启华, 王德刚, 朱海波. 2000. 松嫩平原西部盐碱干旱地区大豆低产原因及对策. 大豆通报, (6): 5]
- Han QY, Li MD, Yao LJ, Li SR, Cai WJ, Hu G. 2015. Main pests and diseases of fresh edamame and green control techniques. *Journal of Changjiang Vegetables*, (3): 53–55 (in Chinese) [韩群营, 李满娣, 姚莉菊, 李守荣, 蔡文杰, 胡刚. 2015. 鲜食毛豆主要病虫害种类及绿色防控技术. 长江蔬菜, (3): 53–55]
- Han TF, Zhou XA, Guan RX, Sun S, Tian SY, Wang SM, Yang ZL. 2021. Past, now and future of soybean seed industry. *China Animal Industry*, (12): 29–34 (in Chinese) [韩天富, 周新安, 关荣霞, 孙石, 田世艳, 王曙明, 杨中路. 2021. 大豆种业的昨天、今天和明天. 中国畜牧业, (12): 29–34]
- Li BY, Ma SM. 2000. Pathogens of soybean root rot and screening of resistant sources. *Journal of Plant Protection*, 27(1): 91–92 (in Chinese) [李宝英, 马淑梅. 2000. 大豆根腐病病原菌种类及抗原筛选. 植物保护学报, 27(1): 91–92]
- Li K, Zhang XX, Guo JQ, Penn H, Wu TT, Li L, Jiang H, Chang LD, Wu CX, Han TF. 2019. Feeding of *Riptortus pedestris* on soybean plants, the primary cause of soybean staygreen syndrome in the Huang-Huai-Hai River Basin. *Crop Journal*, 7(3): 360–367
- Li MH, Wang YY, Chen JS, Yan XJ, Liu XY, Duan YX, Zhu XF, Chen LJ. 2016. Incidence and disease index of soybean diseases in the northeast of China in 2015. *Soybean Science*, 35(4): 643–648, 671 (in Chinese) [李沐慧, 王媛媛, 陈井生, 颜秀娟, 刘晓宇, 段玉玺, 朱晓峰, 陈立杰. 2016. 2015年东北地区大豆田病害种类与危害程度调查研究. 大豆科学, 35(4): 643–648, 671]
- Li Q, Zhang XM. 2018. Effect of diseases and insect pests on soybean yield in the top five soybean producing countries: a review. *Journal of Agriculture*, 8(4): 23–27 (in Chinese) [李琼, 张晓明. 2018. 病虫害对5个大豆主产国大豆产量影响的概述. 农学学报, 8(4): 23–27]
- Liu J, Zhao KJ. 2012. Distribution characteristics and spatial distribution pattern of leaf-feeding pest species in soybean in Northeast China. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 34(1): 69–73 (in Chinese) [刘健, 赵奎军. 2012. 中国东北地区大豆主要食叶害虫空间动态分析. 中国油料作物学报, 34(1): 69–73]
- Liu TH. 2017. Green control technology of soybean diseases and insect pests. *Modern Agricultural Science and Technology*, (10): 119–120 (in Chinese) [柳听海. 2017. 大豆病虫害绿色防控技术. 现代农业科技, (10): 119–120]
- Ma SM, Li BY. 1999. A preliminary report on the identification of the physiological races of *Phytophthora megasperma*. *Soybean Science*, 18(2): 151–153 (in Chinese) [马淑梅, 李宝英. 1999. 大豆疫霉根腐病菌生理小种鉴定结果初报. 大豆科学, 18(2): 151–153]
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs. 2022a. Technical scheme for prevention and control of main soybean diseases and insect pests in 2022. *China Plant Protection*, 42(2): 92 (in Chinese) [农业农村部. 2022a. 2022年大豆主要病虫害防控技术方案. 中国植保导刊, 42(2): 92]
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs. 2022b. The Ministry of Agriculture and Rural Affairs held a field meeting on the control of soybean staygreen disease. *China Agricultural Technology Extension*, 38(8): 87 (in Chinese) [农业农村部. 2022b. 农业农村部召开大豆“症青”防控现场会. 中国农技推广, 38(8): 87]
- Mo JY, Guo TX, He XY. 2008. Investigation of soybean rust in kudzu (*Pueraria lobata* Ohwi). *Guangxi Agricultural Sciences*, 39(5): 607–609 (in Chinese) [莫贱友, 郭堂勋, 何禧严. 2008. 大豆锈病在广西粉葛上发生情况调查. 广西农业科学, 39(5): 607–609]
- Shan ZH, Zhou XA. 2007. The status of soybean rust research. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 29(1): 96–100 (in Chinese) [单志慧, 周新安. 2007. 大豆锈病研究进展. 中国油料作物学报, 29(1): 96–100]
- Shen CY, Su YC. 1991. Discovery and preliminary studies of *Phytophthora megasperma* on soybean in China. *Acta Phytopathologica Sinica*, 21(4): 298 (in Chinese) [沈崇尧, 苏彦纯. 1991. 中国大豆疫霉病菌的发现及初步研究. 植物病理学报, 21(4): 298]
- Shi SS. 2013. Theory and technology of integrated pest control in soybean. Changchun: Jilin Publishing Group Co., Ltd. (in Chinese) [史树森. 2013. 大豆害虫综合防控理论与技术. 长春: 吉林出版集团有限责任公司]
- Si W, Han TF. 2021. China's soybean yield increase potential and realization path during the “14th Five-Year Plan” period. *Issues in Agricultural Economy*, 42(7): 17–24 (in Chinese) [司伟, 韩天富. 2021. “十四五”时期中国大豆增产潜力与实现路径. 农业经济问题, 42(7): 17–24]
- Tang QH, Cui LK, Li DL, Dai TT, Yin WX, Dong SM, Xing H, Zheng XB, Wang YC. 2010. Resistance evaluation of soybean germplasm from Huanghuai valley to *Phytophthora* root rot. *Scientia Agricultura Sinica*, 43(11): 2246–2252 (in Chinese) [唐庆华, 崔林开, 李德龙, 戴婷婷, 阴伟晓, 董莎萌, 邢邯, 郑小波, 王源超. 2010. 黄淮地区大豆种质资源对疫霉根腐病的抗病性评价. 中国农业科学, 43(11): 2246–2252]
- Wang DG, Yu GY, Chen SN, Li JK, Wu Q, Hu GY, Huang ZP. 2021. Research progress on comprehensive hazard factors of soybean staygreen syndrome. *Soybean Science*, 40(5): 708–714 (in Chinese) [王大刚, 于国宜, 陈圣男, 李杰坤, 吴倩, 胡国玉, 黄志平. 2021. 大豆症青综合危害因子的研究进展. 大豆科学, 40(5): 708–714]
- Wang DG, Zhi HJ, Huang ZP, Hu C, Zhang L. 2011. Insect pests and diseases and their control in southern soybean production region of Huang-Huai-Hai. *Soybean Science & Technology*, (5): 23–26 (in Chinese) [王大刚, 智海剑, 黄志平, 胡晨, 张磊. 2011. 黄淮海

- 南部地区大豆主要病虫害种类及防控措施. 大豆科技, (5): 23–26]
- Wang JX, Yang MX, Deng DS. 1982. Causes and preventive measures of soybean greedy for green pods. Journal of Henan Agricultural Sciences, 11(9): 20 (in Chinese) [汪家祥, 杨明星, 邓道生. 1982. 大豆贪青秕荚成因及预防措施. 河南农林科技, 11(9): 20]
- Wang WR, Fan DJ. 2019. Green control techniques of summer soybean beet armyworm in Yucheng City. Modern Agricultural Science and Technology, (11): 121–122 (in Chinese) [王文瑞, 范东军. 2019. 禹城市夏大豆甜菜夜蛾绿色防控技术. 现代农业科技, (11): 121–122]
- Wei SN, Zhu XF, Chen LJ, Wang YY, Duan YX. 2014. Seed-borne fungi detection in different soybean cultivars. Soybean Science, 33(6): 890–895 (in Chinese) [魏思楠, 朱晓峰, 陈立杰, 王媛媛, 段玉玺. 2014. 我国不同地区大豆主栽品种种子携带真菌研究. 大豆科学, 33(6): 890–895]
- Wen XY, Song LW, Xu J, Zang LS, Ruan CC, Shi SS. 2015. Parasitic activity of three indigenous *Trichogramma* species to different density eggs of *Leguminivora glycinivorella* and their intraspecific interferences on parasitism. Journal of Plant Protection, 42(4): 626–631 (in Chinese) [温玄烨, 宋丽威, 许晶, 阚连生, 阮长春, 史树森. 2015. 三种赤眼蜂对不同密度大豆食心虫卵的寄生反应及其自身密度的干扰效应. 植物保护学报, 42(4): 626–631]
- Wu HY, Yuan F, Chen LJ, Duan YX. 2001. Study on soybean cyst nematode disease and soybean cyst nematode resistance mechanism. Soybean Science, 20(4): 285–289 (in Chinese) [吴海燕, 远方, 陈立杰, 段玉玺. 2001. 大豆胞囊线虫病与大豆抗胞囊线虫机制的研究. 大豆科学, 20(4): 285–289]
- Xu CL, Han TF, Wu CX. 2019. Discussion on the causes of staygreen syndrome for summer soybean and its preventive methods in the Huang-Huai-Hai region. Soybean Science & Technology, (3): 22–28 (in Chinese) [徐彩龙, 韩天富, 吴存祥. 2019. 黄淮海夏大豆症青发生原因探讨与防治技术. 大豆科技, (3): 22–28]
- Xu XH, Qu JJ, Zhang XP, Yang QK. 2003. Progress of research on *Phytophthora* root rot. Journal of Northeast Agricultural University, 34(4): 474–477 (in Chinese) [许修宏, 曲娟娟, 张喜萍, 杨庆凯. 2003. 大豆疫霉根腐病研究进展. 东北农业大学学报, 34(4): 474–477]
- Xu YL, Li CJ, Liu JB, Sun YQ, Zhang HJ, Meng QJ, Chen GH, Chen HS. 2008. Effect of alternate-year and continuous-cropping on diseases and pests of soybean. Soybean Science, 27(3): 471–474, 486 (in Chinese) [许艳丽, 李春杰, 刘金波, 孙玉秋, 张红骥, 孟庆杰, 陈桂华, 陈海山. 2008. 东北黑土区重迎茬对大豆病虫害发生的影响. 大豆科学, 27(3): 471–474, 486]
- Xu YL, Li CJ, Pan FJ, Liu XM, Zhao D. 2005. General situation of research on main diseases and insect pests of soybean II: soybean rust. Soybean Bulletin, (2): 2–3 (in Chinese) [许艳丽, 李春杰, 潘凤娟, 刘喜梅, 赵丹. 2005. 大豆主要病虫害研究概况II: 大豆锈病. 大豆通报, (2): 2–3]
- Xu YL, Wang LF, Li CJ, Liu ZH, Gu Y. 2009. Occurrence characteristics and integrated control of soybean pests. Soybean Science & Technology, (3): 12–14 (in Chinese) [许艳丽, 王丽芳, 李春杰, 刘振华, 谷云岫子. 2009. 大豆田害虫发生特点与综合防治. 大豆科技, (3): 12–14]
- Xu YL, Wei W. 2020. Research progress of *Fusarium* species and soybean root rot. Journal of Northeast Agricultural University, 51(3): 87–96 (in Chinese) [许艳丽, 魏巍. 2020. 碱孢菌与大豆根腐病研究进展. 东北农业大学学报, 51(3): 87–96]
- Ye WW, Zeng DD, Xu M, Yang J, Ma JX, Wang YC, Zheng XB. 2020. A LAMP-assay-based specific microbiota analysis reveals community dynamics and potential interactions of 13 major soybean root pathogens. Journal of Integrative Agriculture, 19(8): 2056–2063
- Ye WW, Zheng XB, Wang YC. 2020. Research progress on key technologies for monitoring and control of soybean root rot. Soybean Science, 39(5): 804–809 (in Chinese) [叶文武, 郑小波, 王源超. 2020. 大豆根腐病监测与防控关键技术研究进展. 大豆科学, 39(5): 804–809]
- Yuan YT, Ye WW, Zeng DD, Wang XL, Wang YC, Zheng XB. 2017. Detection of soybean seed-borne pathogens in Northeast China using loop-mediated isothermal amplification assays. Soybean Science, 36(4): 592–597, 638 (in Chinese) [袁咏天, 叶文武, 曾丹丹, 王晓莉, 王源超, 郑小波. 2017. 基于环介导等温扩增技术检测东北地区大豆主要品种(系)种子携带的病原菌. 大豆科学, 36(4): 592–597, 638]
- Zeng DD, Zhang HF, Tian Q, Xu M, Wang YC, Zheng XB. 2016. Detection of soybean seed-borne pathogens in Huang-Huai area using LAMP assays. Journal of Nanjing Agricultural University, 39(6): 947–953 (in Chinese) [曾丹丹, 张海峰, 田擎, 许苗, 王源超, 郑小波. 2016. 基于环介导等温扩增技术检测黄淮地区大豆主栽品种种子携带的病原菌. 南京农业大学学报, 39(6): 947–953]
- Zhang JC, Gu JF, Xu Y, Yang LY. 2005. Research progress and quarantine significance of soybean stem spot rot disease. Plant Quarantine, 19(3): 163–167 (in Chinese) [张建成, 顾建锋, 徐瑛, 杨兰英. 2005. 大豆拟茎点种腐病的研究进展及其检疫意义. 植物检疫, 19(3): 163–167]
- Zhang YM, Sheng FF, Chen ZG, Ji H. 2021. Potential impacts of Sino-US trade agreements on the world soybean: based on global agricultural partial equilibrium model with bilateral trade module. Journal of Agrotechnical Economics, (4): 4–16 (in Chinese) [张玉梅, 盛芳芳, 陈志钢, 计晗. 2021. 中美经贸协议对世界大豆产业的潜在影响分析: 基于双边贸易模块的全球农产品局部均衡模型. 农业技术经济, (4): 4–16]
- Zhao C, Song Y. 2021. The impact of COVID-19 on China's grain prices and its countermeasures: taking soybeans as an example. Prices Monthly, (3): 8–14 (in Chinese) [赵川, 宋艳. 2021. 新冠肺炎疫情对中国粮食价格的冲击及应对策略: 以大豆为例. 价格月刊, (3): 8–14]
- Zhao XL, Li KN, Zheng SJ, Yang J, Chen CJ, Zheng XB, Wang YC, Ye WW. 2022. *Diaporthe* diversity and pathogenicity revealed from a broad survey of soybean stem blight in China. Plant Disease, 106(11): 2892–2903
- Zhou YY, Wang YY, Zhu XF, Chen LJ, Chen JS, Duan YX. 2014. Development of a biological seed-coating preparation and its efficiency in prevention of *Heterodera glycines*. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 36(4): 513–518 (in Chinese) [周园园, 王媛媛, 朱晓峰, 陈立杰, 陈井生, 段玉玺. 2014. 生物种衣剂SN101的研制及其对大豆胞囊线虫病的防效. 中国油料作物学报, 36(4): 513–518]

(责任编辑:李美娟)