

◆ 专论:大虫大病防治(特约稿) ◆

# 中国大豆疫病的发生与防治

叶文武<sup>1</sup>, 陈冉冉<sup>2</sup>, 马振川<sup>1</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:**从病害发生情况、危害症状、病原侵染循环、流行因素和防控技术等方面对我国大豆疫病发生与防控的研究进展进行总结、分析和展望, 以为大豆重大病害监测与防控技术的深入研究提供参考。

**关键词:**大豆疫病; 大豆疫霉; 病害综合防治; 杀菌剂; 抗病品种

中图分类号: S 432 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2023.06.001

## Occurrence and Control of Soybean *Phytophthora* Root Rot in China

YE Wenwu<sup>1</sup>, CHEN Ranran<sup>2</sup>, MA Zhenchuan<sup>1</sup>, WANG Yuanchao<sup>1\*</sup>

(1. College of Plant Protection, Key Laboratory of Soybean Disease and Pest Control of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. National Agricultural Technology Extension Service, Beijing 100125, China)

**Abstract:** This paper summarized, analyzed, and prospected the research progress on the occurrence and control of soybean *Phytophthora* root rot in China from the aspects of disease occurrence, disease symptoms, pathogen infection cycle, epidemic factors and disease control technologies, with a view to providing reference for further research on monitoring and control technologies of major soybean diseases.

**Key words:** soybean *Phytophthora* root rot; *Phytophthora sojae*; integrated control; fungicide; disease resistant cultivar

大豆疫病, 也称大豆疫霉根腐病或大豆疫霉病, 是由大豆疫霉(*Phytophthora sojae*) 侵染引起的、主要危害大豆根部及茎基部的一种毁灭性病害<sup>[1]</sup>, 是全世界大豆生产中的重大病害之一, 也是当前制约中国大豆产能提升的关键问题之一。本文从病害发生情况、危害症状、病害防控技术等方面进行综述, 为我国大豆疫病发生与防治提供参考。

### 1 病害发生情况

大豆疫病最早于1948年在美国东北部的印第安那州被发现, 1951年在俄亥俄州首次报道<sup>[2-3]</sup>, 随后很快上升为北美大豆仅次于大豆胞囊线虫病的重要病害。目前该病已在澳大利亚、加拿大、阿根廷、匈牙利、日本和韩国等20多个国家被发现<sup>[4]</sup>。仅在美国中北部地区, 该病每年给大豆生产造成约2亿美元的损失; 在全世界大豆生产中, 每年大豆疫病导致的损失达几十亿美元<sup>[5-6]</sup>。

大豆疫霉作为一种危害严重的外来生物, 自1986年起一直被列为我国进境植物检疫的A1类危险性有害生物, 同时也是内检对象之一。沈崇尧等<sup>[7]</sup>于1989年首次在我国黑龙江省分离到大豆疫霉, 随后10多年间在吉林、内蒙古、北京等北方地区陆续发现该病菌<sup>[8]</sup>; 其中以黑龙江省发生范围扩大最迅速且危害最严重, 1998年该省34个县和5个农场分局共30万hm<sup>2</sup>大豆田发生大豆疫病<sup>[9]</sup>。20世纪90年代后期, 福建南部的菜用大豆产区也发现了大豆疫霉

大豆疫霉作为一种危害严重的外来生物, 自1986年起一直被列为我国进境植物检疫的A1类危险性有害生物, 同时也是内检对象之一。沈崇尧等<sup>[7]</sup>于1989年首次在我国黑龙江省分离到大豆疫霉, 随后10多年间在吉林、内蒙古、北京等北方地区陆续发现该病菌<sup>[8]</sup>; 其中以黑龙江省发生范围扩大最迅速且危害最严重, 1998年该省34个县和5个农场分局共30万hm<sup>2</sup>大豆田发生大豆疫病<sup>[9]</sup>。20世纪90年代后期, 福建南部的菜用大豆产区也发现了大豆疫霉

收稿日期: 2023-01-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(32172374, 31721004); 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-004)

作者简介: 叶文武(1984—), 男, 福建厦门人, 博士, 教授, 主要从事大豆卵菌与真菌病害研究。E-mail: yeww@njau.edu.cn

通信作者: 王源超(1968—), 男, 山东荣成人, 博士, 教授, 主要从事大豆卵菌与真菌病害研究。E-mail: wangyc@njau.edu.cn

的传入,在发病条件适宜年份造成的大豆产量损失高达50%以上<sup>[10]</sup>。此外,黄淮海地区的山东、安徽、河南、江苏等省也曾报道分离到大豆疫霉<sup>[11]</sup>菌株。21世纪以来,我国大豆疫病转为局部零星发生,但2020年以来在东北地区再次暴发并呈逐年上升趋势。2022年7月农业农村部办公厅印发的《全国农业植物检疫性有害生物分布行政区名录》中,大豆疫霉分布于6个省(区)的48个县(市、区、旗),发生地点为近10年来最多,其中黑龙江省占39个,内蒙古、新疆、安徽、河南和福建等省(自治区)也有分布。

## 2 病害危害症状

大豆疫病在大豆各个生育期均可发生<sup>[12]</sup>,尤其以苗期最严重。种子在萌发期被侵染后,下胚轴和根部出现水渍状病斑,子叶不展开,严重时腐烂。幼苗茎部受侵染后,在茎节处出现水渍状褐色病斑,向上、下部扩散,最后变为黑褐色,病健交界处明显,叶片逐步萎蔫、下垂,顶梢低头下弯,最终整株

枯死,但叶片不脱落。成株期大豆被侵染后,植株生长缓慢,矮化明显,茎基部病斑呈黑褐色,并可向上扩展至10~11节位,茎的皮层及髓变褐,中空易折断,根腐烂,根系少,严重时整株叶片从下部开始向上部出现萎蔫,叶柄缓慢下垂,与茎秆呈“八”字形,顶端生长点低垂下弯,最终整株枯死(图1(a)~(d));未死亡病株荚数明显减少,空荚、瘪荚较多,籽粒皱缩。幼嫩豆荚被侵染后,变枯呈黄褐色,荚皮出现水渍状向下凹陷的褐斑,并且逐步扩展成不规则的病斑,病健交界处明显,籽粒发育不良,最后形成瘪荚和瘪粒<sup>[13-14]</sup>。

大豆疫病发病田块除经常大范围死苗外,局部发病导致的缺苗断垄对有效株数及产量也有很大的影响(图1(c)~(d)),低洼受涝田块大豆疫病尤为严重(图1(e))。大豆疫霉造成的大豆产量损失一般在15%~30%,重病田块发病率超过70%,损失超过60%,甚至绝收。此外,未成熟的豆粒受害后,种子的蛋白质含量显著降低,品质和质量受到严重影响<sup>[15]</sup>。



图1 大豆疫病田间危害状

## 3 病原侵染循环

大豆疫霉过去称作大雄疫霉大豆专化型<sup>[12]</sup>,属于茸鞭生物界(Stramenopila)或藻物界(Chromista)的卵菌门(Oomycete)、霜霉目(Peronosporale)、腐霉科(Pythiaceae)、疫霉属(*Phytophthora*)。该菌寄主专化性较强,主要侵害大豆,也可侵染羽扁豆、菜豆、豌豆等豆科植物<sup>[3,12]</sup>。有性生殖为同宗配合;球状、厚

壁的卵孢子单生于藏卵器中,雄器侧生,与雄器交配后,藏卵器内产生单个卵孢子,如图2中A所示;卵孢子萌发形成芽管,发育成菌丝或游动孢子囊,如图2中B所示。孢囊梗分化不明显,顶生单个卵形无色的孢子囊,孢子囊无乳突,释放多个薄壁的游动孢子,也可直接萌发产生芽管,或形成厚垣孢子。游动孢子具有2根鞭毛(茸鞭朝前,尾鞭长度为茸鞭的4~5倍),可在水中游动寻找寄主,并对大豆异

黄酮等分泌物具有趋化性,如图2中C所示。游动孢子接触寄主后退去鞭毛,形成厚壁的休止孢后侵染寄主,萌发产生芽管和侵染菌丝,如图2中D所示。

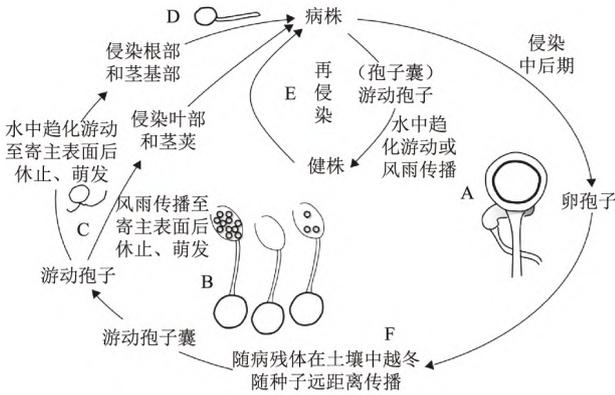


图2 大豆疫霉的侵染循环

发病过程可产生大量孢子囊和游动孢子,尤其是高湿、多雨气候及黏重土壤,有利于孢子囊和游动孢子的形成、游动扩散和再侵染,导致病害加剧和蔓延;此外,游动孢子还能够随风雨飘散或飞溅至植株地上部组织进行侵染,如图2中E所示。发病后期在寄主组织中形成大量卵孢子,卵孢子壁厚,抗逆性和适生性较强,能够随病残体在土壤中越冬并存活多年,是病害次年发生的初侵染源;卵孢子主要通过直接黏附在种子表面或者混杂在种子表面的土壤颗粒和病残体中进行远距离传播,也可定殖在种子中传播<sup>[19]</sup>,如图2中F所示。卵孢子在逆境下休眠,当条件适宜时再度萌发进行侵染。

## 4 病害流行因素

### 4.1 寄主抗病性

品种感病是大豆疫病发生的根本原因。大豆对大豆疫病的抗性在遗传上符合“基因对基因”学说,即大豆抗病基因和大豆疫霉无毒基因的编码产物可对应“识别”,进而引起非亲和互作<sup>[9]</sup>;这种抗性也称小种专业化型抗性,品种间有明显的抗感差异。Lohnes等<sup>[17-18]</sup>利用10个大豆疫霉生理小种对引自我国中部和南部的大豆种质资源进行了抗性评价,发现这些大豆种质资源普遍对部分大豆疫霉生理小种产生抗性,其中以安徽、江苏、浙江、山东和河南等省的抗性资源更为丰富。王晓鸣等<sup>[19-20]</sup>鉴定了我国1000多份大豆种质资源对大豆疫病的抗性,发现不同生态区的大豆种质资源存在抗性差异,其中以长江流域的抗性资源最丰富,其次是黄淮流域,东北

地区的抗性资源最少。总体上,我国大豆种质中存在丰富的抗大豆疫病资源,这些资源有待进一步统筹挖掘和利用<sup>[21]</sup>,尤其要解决当前东北大豆疫病再度暴发的问题。

### 4.2 病原菌毒力变异

大豆疫霉的毒力具有高度变异性,长期使用含有特定抗病基因的抗病品种给病原菌造成了选择压力,导致新的生理小种产生,原有的抗病品种抗性则会逐渐减弱甚至丧失。美国1964年推广抗病品种Harsoy63,1965年便开始在育种圃发现能侵染该品种的2号生理小种,之后陆续发现能侵染其他抗病品种的3号(1972年)、4号(1974年)、5号和6号(1976年)及7~9号生理小种(1978年),导致大豆疫病多次大流行<sup>[13]</sup>。我国的大豆疫霉菌的毒力多样性丰富,其中以长江流域的毒力组成最复杂,其次是黄淮流域,而东北地区的毒力组成相对简单<sup>[11]</sup>。目前已知多个抗大豆疫病基因已被我国田间病原菌克服,而*Rps1a*、*Rps1c*和*Rps1k*等仍有较好的利用潜力<sup>[22]</sup>。大豆疫霉新生理小种的产生,其本质是无毒基因通过缺失、沉默、位点突变及表观调控等机制发生了变异,逃避了相应抗病基因的识别<sup>[21]</sup>,因此,持续监测病原群体的毒力组成具有重要意义。值得注意的是,大豆根部经常遭受大豆疫霉与其他病原菌的复合侵染,如弱致病力的镰孢菌(*Fusarium spp.*)可以帮助弱致病力的大豆疫霉成功侵染抗病寄主<sup>[23-24]</sup>。因此,除了监测主要致病菌(大豆疫霉)群体的毒力,还需要对该致病菌与其他微生物相互作用介导的复合侵染加以系统调查及治理。

### 4.3 环境条件及栽培方式

大豆疫霉卵孢子在黑龙江省5~15 cm深度的土壤中越冬存活率高达82%~96%<sup>[16]</sup>。25℃土壤温度和30%土壤含水量最适合卵孢子萌动;黑土较适宜卵孢子萌动,盐碱土不利于卵孢子萌动;大豆连作田和玉米连作田土壤适宜卵孢子萌动,小麦连作田土壤不利于卵孢子萌动<sup>[25]</sup>。对大豆疫霉卵孢子进行60℃湿热处理20 min或80℃干热处理20 min,其死亡率可达100%<sup>[26]</sup>。

孢子囊产生及游动孢子释放与游动需要在潮湿有水膜的条件下完成<sup>[27]</sup>,因此降水量大或频繁灌水田块(尤其是低洼潮湿地)土壤含水量大时,会加剧大豆疫霉菌传播;加之受淹大豆长势弱,抗病能力下降,导致大豆疫病发生严重。此外,黏重和通透性差的土壤发病重;久旱后连续降雨,大豆幼苗迅速生长,根部表皮易纵裂形成伤口,也有利于病害

的发生;冷凉(土壤温度15℃以下)条件下大豆根系受害更为严重<sup>[14]</sup>。

在栽培方式上,垄作栽培比平作栽培的大豆发病轻,大垄栽培比小垄栽培的大豆发病轻,其原因是垄作栽培可以进行中耕培土,使土壤疏松,通透性好,土壤含水量低,而平作栽培易发生涝害,土壤板结,使土壤含水量高,有利于病原菌繁殖扩散,加之大豆生长不良,抗病性弱,导致发病较重<sup>[27-28]</sup>。大豆疫霉等根腐病菌可在土壤中存活多年,在适宜条件下繁殖迅速,因此大豆连作发病重<sup>[27]</sup>,而多年轮作(3 a以上)可以减轻病害发生<sup>[29]</sup>。此外,播种过深会导致出苗慢,幼苗生长势弱,组织柔嫩,易受病原菌侵染,使病情加重。

#### 4.4 病原菌对杀菌剂的抗性风险

病原菌对杀菌剂的抗性风险也是造成大豆疫病流行的潜在因素。20世纪80年代以来,甲霜灵一直用作防治大豆疫病的主要杀菌剂。目前我国登记的防治大豆疫病的药剂也主要是含有精甲霜灵(甲霜灵的高效异构体)有效成分的悬浮种衣剂。甲霜灵具有活性高、内吸性强、持效期长等特点,由于其在生产中的大面积推广和频繁使用,已在致病疫霉(*Phytophthora infestans*)<sup>[30]</sup>、烟草疫霉(*Phytophthora parasitica*)<sup>[31]</sup>和辣椒疫霉(*Phytophthora capsici*)<sup>[32]</sup>等多种疫霉菌中产生了抗药性。目前还没有大豆疫霉对甲霜灵产生抗药性的报道<sup>[33]</sup>,这可能是由于甲霜灵主要用于大豆拌种,且每个生长季一般只用1次,对大豆疫霉菌的选择压力相对较小<sup>[34]</sup>。但是,根据其对于甲霜灵的高敏感性及无性繁殖后代稳定遗传等特点<sup>[35]</sup>,在连续单一用药的选择压力下,大豆疫霉菌存在演化出抗药性群体并导致甲霜灵防效降低的风险。

## 5 病害防控技术

### 5.1 总体原则

大豆疫病发生后会对大豆造成不可逆转的毁灭性危害,施药挽救的效果并不显著,应按照“预防为主,综合防治”的理念,重点采取以“提高作物抗性、阻断病原菌传播、抑制病原菌侵染”为目标的防治措施。

### 5.2 检疫检测

严格执行检疫制度,严禁从疫区引种,禁止在重病区繁种。对可能携带大豆疫霉菌的大豆种子、包装材料、运载工具等实施检疫,避免病菌远距离传播。在大豆生长发育阶段,严格按产地

检疫规程进行田间检查。大豆生长期病株与产后种子中携带大豆疫霉的检测与鉴定方法可参照相关报道<sup>[23,36-37]</sup>以及NY/T 2114—2012《大豆疫霉菌检测与鉴定方法》和NY/T 2115—2012《大豆疫霉菌监测技术规范》等标准。

### 5.3 抗病品种

尽管大豆疫霉生理小种很多,新生理小种出现较快,但在监测的基础上合理使用和布局抗病品种仍然是防治大豆疫病最为经济有效的措施。原则上应使用对当地优势病原生理小种具有抗性的品种,并针对优势小种的变化情况及时调整抗病品种名录。大豆对大豆疫病的抗性鉴定方法及结果可参照相关报道<sup>[22,38-39]</sup>。此外,根据当地病原生理小种的群体结构,布局多个抗病基因聚合的抗病品种,既可以实现大豆在田间的有效抗病,也可以延长抗病品种的使用寿命。近年对我国大豆疫霉菌群的毒力监测发现,*Rps1a*、*Rps1c*和*Rps1k*等大豆抗疫霉根腐病基因仍有较好的抗性<sup>[22,40]</sup>,而东农60、合农72、合丰55、黑农71、皖豆28、冀豆12、郑196、荷豆19和毛豆75-3等大豆品种中均含有上述一个或多个抗病基因<sup>[41]</sup>,有较好的抗病应用潜力。

### 5.4 药剂防控

应选用高效、低毒和低残留的卵菌杀菌剂防控大豆疫病。此外,镰孢菌等真菌与大豆疫霉的复合侵染情况普遍<sup>[23]</sup>,且主要是加剧大豆疫霉侵染,因此同时选用真菌杀菌剂对防控卵菌引起的大豆疫病很有必要。播种前使用种衣剂拌种是简单、有效、经济的药剂防控方法。在带菌种子检测(疫)筛查及精选与精选的基础上,每100 kg种子可用400 mL的6.25%精甲霜灵·咯菌腈悬浮种衣剂进行拌种<sup>[42]</sup>。大豆种子易吸水皱皮,尤其是搅拌后易破皮,推荐使用干式拌种法,药剂无需加水,大豆种子施药量为4~8 mL/kg,同时拌种时间不超过1 min,避免对种子造成物理损伤,影响存储性和出芽安全<sup>[43]</sup>。

生长期做好病情监测,在病害始见期或发病初期及时采取药剂防治,可用50%烯酰吗啉可湿性粉剂1 000倍液、25%精甲霜灵可湿性粉剂800倍液、72%霜脲·锰锌可湿性粉剂700倍液、69%烯酰·锰锌可湿性粉剂900倍液、58%甲霜·锰锌可湿性粉剂800倍液进行喷雾或浇灌<sup>[43-45]</sup>,喷雾时尽可能(选择在封垄前)将药剂喷施到茎基部,每7~10 d施药一次,连续防治2~3次,提倡将上述不同作用机理的内吸药剂交替使用。此外,生长期可适当喷施叶面肥或调控剂,以维持植株长势,提高抗病能力。

## 5.5 农业防治

大豆应避免种植在低洼、排水不良或重黏土壤田块;并加强耕作,合理密植,防止土壤板结,降低土壤湿度。合理轮作,与非寄主作物瓜类、玉米和谷子等进行2~3年轮作,避免连作。选择适宜的播种深度,高垄栽培,在保证土壤墒情的条件下,播种深度通常为3~4 cm,避免因出苗障碍导致苗弱。冷凉地区适当推迟播种时间,在土壤温度持续稳定并保持在8℃以上时进行播种,适当增施磷肥和钾肥,促进幼苗强健。新发田块注意及时清理田间发病植株。

## 6 展望

大豆疫病是全世界大豆生产中的一种毁灭性病害,在我国是一种检疫性重大农业病害,继20世纪90年代在我国第一次暴发之后,2020年以来进入第二次暴发的上升期。大豆疫病的流行危害与种子带菌远距离传播、品种抗病性丧失、农药不合理使用及抗性风险、气候与栽培条件演变等因素密切相关。未来我国在大豆疫病研究中值得考虑的关键问题包括:①大豆生产中病虫害检疫与防患意识比较薄弱,防治方法粗放,加之大豆登记的农药品种存在种类少、同质化和老化等问题,“(种子未经药剂等处理)白籽下地”仍然普遍,既要加快研究和示范推广大豆种子处理(包括药剂处理、带菌种子筛查、品种抗性筛选等)及全程绿色防控技术,同时也要加快大豆植保产品的研发与更新换代;②完善病菌快速检测技术,尤其是基层调查中易于掌握且稳定的实用检测技术,同时建设健全各级检测检疫机构,以便准确掌握大豆疫病菌的地理分布和传播轨迹,为采取有效的预防和治理措施奠定基础;③建立大豆品种对大豆疫病的抗性评价机制,监测掌握病菌群体的毒力(生理小种)现状及变异趋势,及时预警主栽品种对主流病原菌的抗性丧失风险,通过科学布局品种提高对病害大流行的防患能力。

大豆疫病只是大豆根腐病的一种,除了疫霉属(*Phytophthora*)的大豆疫霉,腐霉属(*Pythium*)、镰孢属(*Fusarium*)、拟茎点霉属(*Phomopsis*)及丝核菌属(*Rhizoctonia*)的多种病菌也会侵染大豆根部及茎基部引起根腐病。大豆根腐病在我国大豆生产中分布更加广泛<sup>[46]</sup>,发生规律更为复杂,累计造成的损失也更为严重,2023年被农业农村部列入《一类农作物病虫害名录》。因此,在对大豆疫病监测与防治的过程中,应避免单病(菌)单作,需在对不同地区(包括近年在全国推广的大豆-玉米带状复合种植等)和

不同种植条件下大豆根腐病菌组成及发生规律进行系统调查研究的基础上,以切实降低包括大豆疫病的根腐病所造成的大豆产量损失为目标进行整体有效治理。

### 参考文献

- [1] SCHMITT A F. Problems and progress in control of *Phytophthora* root-rot of soybean[J]. *Plant Disease*, 1985, 69(4): 362-368.
- [2] KAUFMANN M J, GERDEMANN J W. Root and stem rot of soybeans caused by *Phytophthora sojae* n. sp[J]. *Phytopathology*, 1958, 48: 201-208.
- [3] HILDEBRAND A A. A root and stalk rot of soybeans caused by *Phytophthora megasperma* Drechsler var. *sojae* var. nov. [J]. *Canadian Journal of Botany*, 1959, 37(5): 927-957.
- [4] FORSTER H, TYLER B M, COFFEY M D. *Phytophthora sojae* races have arisen by clonal evolution and by rare outcrosses [J]. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 1994, 7(6): 780-791.
- [5] TYLER B M. *Phytophthora sojae*: root rot pathogen of soybean and model oomycete[J]. *Molecular Plant Pathology*, 2007, 8(1): 1-8.
- [6] DOUPNIK B. Soybean production and disease loss estimates for north central United States from 1989 to 1991[J]. *Plant Disease*, 1993, 77(11): 1170-1181.
- [7] 沈崇尧, 苏彦纯. 中国大豆疫霉病菌的发现及初步研究[J]. *植物病理学报*, 1991, 21(4): 298.
- [8] 苏彦纯, 沈崇尧. 大豆疫霉病菌在中国的发现及其生物学特性的研究[J]. *植物病理学报*, 1993, 23(4): 55-61.
- [9] 许修宏, 曲娟娟, 张喜萍, 等. 大豆疫霉根腐病研究进展[J]. *东北农业大学学报*, 2003, 34(4): 474-477.
- [10] 王宏毅, 陈勇. 大豆疫病在福建省南部发生的可能性[J]. *植物检疫*, 1998, 12(4): 240-243.
- [11] 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.
- [12] ERWIN D C, RIBEIRO O K. *Phytophthora* diseases worldwide[M]. Saint Paul: Amer Phytopathological Society, 1996.
- [13] 朱振东. 大豆疫霉根腐病的发生和防治研究进展[J]. *植保技术与推广*, 2002, 22(7): 41-43.
- [14] 张国栋. 大豆疫霉根腐病[J]. *植物病理学报*, 1998, 28(3): 2-9.
- [15] 马淑梅, 李宝英. 大豆疫霉根腐病菌生理小种鉴定结果初报[J]. *大豆科学*, 1999, 18(2): 58-60.
- [16] 陈秋明, 肖彩霞, 孙欠欠, 等. 大豆疫霉 *Phytophthora sojae* 卵孢子在黑龙省土壤中的越冬存活率[J]. *植物保护学报*, 2015, 42(1): 72-78.
- [17] LOHNES D G, NICKELL C D, SCHMITTHENNER A F. Origin of soybean alleles for *Phytophthora* resistance in China[J]. *Crop Science*, 1996, 36(6): 1689-1692.
- [18] KYLE D E, NICKELL C D, NELSON R L, et al. Response of soybean accessions from provinces in southern China to *Phytophthora sojae*[J]. *Plant Disease*, 1998, 82(5): 555-559.
- [19] 王晓鸣, 朱振东, 王化波, 等. 大豆种质对疫霉根腐病抗性特点研

- 究[J]. 植物遗传资源科学, 2001, 2(2): 22-26.
- [20] 王晓鸣, 朱振东, 王化波, 等. 中国大豆疫霉根腐病和大豆种质抗病性研究[J]. 植物病理学报, 2001, 31(4): 324-329.
- [21] 叶文武, 郑小波, 王源超. 大豆根腐病监测与防控关键技术研究进展[J]. 大豆科学, 2020, 39(5): 804-809.
- [22] 唐庆华, 崔林开, 李德龙, 等. 黄淮地区大豆种质资源对疫霉根腐病的抗病性评价[J]. 中国农业科学, 2010, 43(11): 2246-2252.
- [23] YE W W, ZENG D D, XU M, et al. A LAMP-assay-based specific microbiota analysis reveals community dynamics and potential interactions of 13 major soybean root pathogens[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2020, 19(8): 2056-2063.
- [24] WANG S C, ZHANG X Y, ZHANG Z C, et al. *Fusarium* produced vitamin B<sub>6</sub> promotes the evasion of soybean resistance by *Phytophthora sojae*[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2023, 65(9): 2204-2217.
- [25] 所冰, 崔人方, 田苗, 等. 土壤环境对大豆疫霉*Phytophthora sojae* 卵孢子萌动的影响[J]. 植物保护学报, 2015, 42(3): 370-375.
- [26] 王良华, 丁国云, 吴翠萍, 等. 大豆疫霉卵孢子致死温度的测定[J]. 植物检疫, 2008, 22(6): 351-353.
- [27] 李宝英, 马淑梅, 丁俊杰. 大豆疫霉病发生危害及影响其发生因素的探讨[J]. 植物保护, 1999, 25(5): 11-14.
- [28] 赵海红, 王士强, 于铭, 等. 高垄栽培对大豆根腐病防控效果的研究[J]. 作物杂志, 2015(5): 150-153.
- [29] 李长松, 赵玖华, 杨崇良, 等. 我国大豆根腐病研究概况及存在的问题[J]. 中国油料, 1997, 19(3): 82-84.
- [30] 张大为, 惠娜娜, 王立, 等. 甘肃省马铃薯致病疫霉交配型组成及其对甲霜灵的抗药性[J]. 西北农业学报, 2014, 23(6): 184-188.
- [31] 袁宗胜, 张广民, 刘延荣, 等. 烟草黑胫病菌对甲霜灵的敏感性测定[J]. 中国烟草科学, 2001(4): 9-12.
- [32] 戚仁德, 丁建成, 高智谋, 等. 安徽省辣椒疫霉对甲霜灵的抗药性监测[J]. 植物保护学报, 2008, 35(3): 245-250.
- [33] 郭梁, 李本金, 刘裴清, 等. 福建省大豆疫霉菌对甲霜灵和啮菌酯的敏感性测定[J]. 农药, 2016, 55(2): 130-133.
- [34] MALVICK D K, GRUNDEN E. Traits of soybean-infecting *Phytophthora* populations from Illinois agricultural fields[J]. Plant Disease, 2004, 88(10): 1139-1145.
- [35] 崔林开, 李井干, 陆静, 等. 大豆疫霉菌对甲霜灵抗性风险的研究[J]. 南京农业大学学报, 2013, 36(1): 47-51.
- [36] 曾丹丹, 张海峰, 田擎, 等. 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[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(6): 947-953.
- [37] 袁咏天, 叶文武, 曾丹丹, 等. 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[J]. 大豆科学, 2017, 36(4): 592-597.
- [38] 杨瑾, 汪孝瑞, 叶文武, 等. 黄淮海地区大豆种质资源对疫霉根腐病的抗性鉴定[J]. 大豆科学, 2020, 39(1): 12-22.
- [39] YANG J, YE W, WANG X, et al. An improved method for the identification of soybean resistance to *Phytophthora sojae* applied to germplasm resources from the Huanghuaihai and Dongbei regions of China[J]. Plant Disease, 2020, 104(2): 408-413.
- [40] YANG J, WANG X, GUO B, et al. Polymorphism in natural alleles of the avirulence gene *Avr1c* is associated with the host adaptation of *Phytophthora sojae*[J]. Phytopathology Research, 2019, 1(1): 28.
- [41] YANG J, ZHENG S, WANG X, et al. Identification of resistance genes to *Phytophthora sojae* in domestic soybean cultivars from China using particle bombardment[J]. Plant Disease, 2020, 104(7): 1888-1893.
- [42] 高宇, 崔娟, 毕锐, 等. 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[J]. 大豆科技, 2021(3): 15-17.
- [43] 杨晓贺, 张瑜, 顾鑫, 等. 大豆疫霉根腐病的综合防治[J]. 大豆科学, 2014, 33(4): 554-558.
- [44] 金娜, 杨成武, 马淑梅. 大豆疫霉菌对四种杀菌剂的敏感性测定[J]. 大豆科学, 2010, 29(5): 826-829.
- [45] 兰成忠, 陈庆河, 赵健, 等. 大豆疫霉菌部分生物学特性及其药剂筛选研究[J]. 植物保护, 2007, 33(4): 92-96.
- [46] 叶文武, 刘万才, 王源超. 中国大豆病虫害发生现状 & 全程绿色防控关键技术研究进展[J]. 植物保护学报, 2023, 50(2): 265-273.

(责任编辑: 金兰)

## 农业农村部农药检定所举办化学新农药创制技术交流活动

为鼓励我国新农药创制, 提高新农药申请人对现行《农药管理条例》《农药登记资料要求》及相关评价标准的全面正确理解, 2024年1月12日下午, 农业农村部农药检定所举办化学新农药创制技术交流活动。农业农村部法规司二级巡视员刘兆光、农药管理司二级巡视员李文星, 农药检定所所长黄修柱、党委书记吴国强及所领导班子成员参加了交流。农药检定所单炜力副所长主持交流活动。

农药检定所有关技术专家分别解读了新农药产品登记时产品化学、药效、残留、毒理学、环境影响评价等关键要求和技术要点, 分析了申请人申报资料中涉及的常见共性问题。

参与交流的10家化学新农药创制研发企业高度肯定了本次交流活动, 一致认为, 涵盖化学新农药创制全链条各环节的专家解读内容全面、重点突出、案例鲜活, 切实感受到农业农村部对化学新农药创制的高度重视, 面对面为企业答疑解惑, 倾听企业诉求, 不仅是优化服务的方式, 更是对新农药创制的极大支持。

参会企业对化学新农药登记面临的主要问题进行了充分交流, 提出建立新农药登记前沟通机制, 增加新农药登记评审会召开频次, 加大交流培训力度等意见、建议。

(来源: 中国农药信息网)