

植物保护与农产品安全

中国植物保护学会青年工作委员会 组织编写
植物病虫害生物学国家重点实验室

余向阳 刘永锋 主编

中国农业科学技术出版社

植物保护与农产品安全

中国植物保护学会青年工作委员会 组织编写
植物病虫害生物学国家重点实验室

余向阳 刘永锋 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

植物保护与农产品安全 / 余向阳, 刘永锋主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2016. 12

ISBN 978-7-5116-2830-5

I. ①植… II. ①余…②刘… III. ①植物保护-关系-农产品-食品安全-学术会议-文集 IV. ①S4-53②TS201.6-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 274110 号

责任编辑 姚 欢

责任校对 李向荣 马广洋

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106636(编辑室) (010)82109702(发行部)

(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010) 82106631

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 24.25

字 数 600 千字

版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价 80.00 元

《植物保护与农产品安全》

编委会

中国植物保护学会青年工作委员会
植物病虫害生物学国家重点实验室 组织编写

主 编：余向阳 刘永锋

编 委：王大伟 李云河 刘文德 周忠实

前 言

中国植物保护学会青年工作委员会自成立以来，结合青年植保科技工作者的特色，着眼于农业生产中的植保科学问题，集聚了一大批扎根于生产与科研一线的青年才俊。他们满怀热情，充分发挥自身的优势，不忘植保事业的初心，勇于探索，善于协作，是中国植保事业创新的生力军。经过 20 多年的发展，中国植物保护学会青年工作委员会年会已成为植保青年人才展现科研创新成果、交流学术思想、促进人才培养的重要平台，其中，由其主办的“全国青年植保科技创新学术研讨会”已历经十届，是植保行业学术交流的优秀品牌。

本次会议的主题为“植物保护与农产品安全”；植物保护与农产品安全有着密切的关系，植物保护既关系着农产品的数量安全，也关系着农产品的质量安全。随着科学技术的发展，植物保护技术研究正朝着既保护农业生产安全，又有利于农产品质量安全的方向发展，在农产品安全生产中发挥了重要作用，成为农产品安全的重要技术支撑。近年来，我国青年植保科技工作者在植保学科与农产品安全的基础、应用基础、应用研究领域取得了一系列的创新性成果。2016 年，在“第十一届全国青年植保科技创新学术研讨会”召开之际，经过精心组织策划，出版了《植物保护与农产品安全》论文集，集中展示了青年科技工作者的最新研究成果，论文集包括“新思路与新理论”和“新实践与新进展”两个版块。“新思路与新理论”突出介绍植物保护学科各方向或领域的国际前沿、展望研究动态，阐述学术观点、交流个人见解，展示青年植保科技工作者的活跃思想与卓越思路；“新实践与新进展”重点介绍课题组已发表在有影响力的 SCI 杂志上的系统性创新研究成果，展示青年植保人的创新科研进展。中国植物保护学会青年工作委员会希望通过论文集的出版，促进国内青年植保科技工作者之间的学习交流、协同合作，扎实推进植保科技创新，努力践行植保科技“顶天立地”，为我国现代农业发展贡献力量。

此论文集的征集过程中，得到了广大植保青年科技工作者的大力支持，在此一并表示感谢。由于时间仓促，编辑工作量大，编委会本着文责自负的原则对作者投文未作修改。错误之处，请读者批评指正！

中国植物保护学会青年工作委员会

2016 年 11 月

目 录

新思路与新理论

植物疫病菌无毒效应蛋白的研究进展	张 莹, 董莎萌 (3)
作物病害监测预警技术研究进展	胡小平 (5)
小麦赤霉病菌 DON 毒素合成调控研究进展	陈 云, 马忠华 (7)
小麦-玉米轮作模式下镰刀菌的侵染循环	郝俊杰 (8)
硒调控果实成熟衰老与抗病性研究进展	李 森 (10)
稻绿核菌等麦角菌科真菌有性生殖研究进展	于俊杰, 刘永锋 (13)
棉花黄萎病研究进展概述	王春生, 金巧军, 杨家荣, 等 (22)
大豆灰斑病的研究进展	黄军凯, 刘 俊 (30)
大丽轮枝菌致病机理的研究进展	秦 君, 张 杰 (33)
基于阻断效应分子转运机制的疫霉菌防控新思路	王群青 (39)
水稻抗稻瘟病分子机制研究进展	李智强, 刘文德 (41)
微生物组学研究与经济作物虫传病害的绿色防控	龚雨晴, 姚香梅, 徐 爽, 等 (43)
稻曲病研究的重要进展及存在问题	樊 晶, 王文明 (49)
玉米致死性坏死病生物学特性与防治现状	李耀发, 党志红, 安静杰, 等 (59)
若能一览众山 何必管中窥豹	
——《中国农业害虫绿色防控发展战略》简介	曾 娟, 陆宴辉, 吴孔明 (63)
共生菌在昆虫入侵中的作用	鲁 敏 (65)
鳞翅目昆虫 Bt 毒素受体的互作协同作用机制	肖玉涛 (67)
棉铃虫 Bt 抗性治理研究新进展	肖玉涛 (68)
萜烯挥发物介导棉花诱导防御反应的分子机制	黄欣燕, 井维霞, 寇俊凤, 等 (70)
烟粉虱传播双生病毒的分子机制	王晓伟 (72)
中国农业外来有害昆虫的入侵现状与防治	杨念婉, 万方浩 (74)
介体昆虫对虫传植物病毒致病性的影响	赵 婉, 崔 峰 (75)
苏云金芽孢杆菌杀虫、防病、促生等潜力的发掘利用	黄天培, 关 雄 (77)
昆虫对 <i>Bacillus thuringiensis</i> 杀虫蛋白的防御机制	邱 林, 雷朝亮, 马伟华 (80)
昆虫毒性凝集素的研究进展	饶相君 (82)
共生菌 <i>Hamiltonella defensa</i> 对蚜虫的影响	郭建青, 王振营 (84)
转基因植物的 Bt 杀虫晶体蛋白在土壤中的残留及降解研究进展	姚俊敏 (87)
蚜虫气味受体 Orco 功能研究新进展	范 佳, 陈巨莲 (89)

扶桑绵粉蚧防治研究概况 陈红松, 黄立飞, 王伟兰, 等 (92)

南疆棉区棉蚜与棉长管蚜种间关系的新格局及其驱动因素 姚永生, 韩旭, 任洁, 等 (99)

昆虫长链非编码 RNA 研究进展 朱斌, 梁沛 (102)

叶螨抗药性机制研究进展 徐志峰, 何林 (111)

寄主挥发物介导的植物-植食性昆虫间的互作关系 任洁, 韩旭, 姚永生, 等 (121)

Bt 水稻及玉米在我国可持续应用的害虫抗性管理策略思考 韩兰芝 (124)

Biology, Ecology, and Management of the Diamondback Moth in China Li Zhenyu, Hu Zhendi, Yin Fei, et al. (130)

从农药登记管理角度看农药的减施增效 张宏军, 马凌, 李贤宾 (131)

杂草对草甘膦抗性机制 黄兆峰, 黄红娟, 魏守辉, 等 (132)

农药残留对土壤微生物群落的影响 葛静, 崔凯, 冯发运, 等 (133)

植物对农药的吸收、迁移及其影响因素 程金金, 李勇, 余向阳 (139)

分子对接技术在手性农药立体选择机制研究应用 潘兴鲁, 董丰收, 郑永权 (144)

植物精油对储粮害虫熏蒸作用的分子机制 肖金京, 廖敏, 周丽君, 等 (147)

手性三唑类杀菌剂四氟醚唑、戊唑醇和己唑醇的研究进展 杨莎莎, 段劲生 (149)

农药残留加工因子及其在膳食风险评估中的应用 李敏敏, 孔志强, 范蓓 (154)

农田土壤中 DDT 污染现状、微生物生态效应与微生物修复研究进展 方华, 潘雄, 王慧芳 (156)

三嗪类除草剂微生物降解的代谢途径、基因与酶蛋白功能进化研究进展 王文博, 戴先红, 唐勇峰, 等 (165)

我国创制农药的植物代谢机理研究进展 汪海燕 (180)

杂草种子适应水流传播的机理研究新进展 李儒海 (189)

我国草害问题及对策 强胜 (192)

利用 Bt 抗性鳞翅目评价 Bt 蛋白对天敌安全性的研究进展 田俊策 (193)

水稻转基因漂流 裴新梧, 袁潜华, 胡凝, 等 (196)

我国转基因科普工作的几点思考 谢家建 (200)

新实践与新进展

农作物病虫害绿色防控技术模式集成与应用 杨普云 (203)

81 份春小麦种质资源抗条锈病评价与分析 侯璐, 姚强, 闫佳会 (204)

Bacillus amyloliquefaciens 干悬浮剂对稻瘟病防治及水稻安全性评价 王法国, 张荣胜, 于俊杰, 等 (205)

全国 134 个小麦生产品种条锈病抗性鉴定与抗性基因的分子检测 黄亮, 刘太国, 罗培高, 等 (206)

苎麻根褐腐病病原初步研究 余永廷, 高春生, 陈佳, 等 (208)

第二信使 c-di-GMP 在细菌次级代谢产物合成中的研究进展与未来展望 钱国良, 徐高歌, 刘凤权 (209)

不同品种对大豆孢囊线虫的抗性评价 占丽平, 黄文坤, 彭焕, 等 (216)

基于全基因组分析枯草芽孢杆菌 PTS-394 的生防、促生相关基因	乔俊卿, 梁雪杰, 刘永锋, 等 (218)
稻曲病菌 <i>UvUth1</i> 基因功能研究	俞咪娜, 于俊杰, 宋天巧, 等 (219)
稻瘟病菌不同致病力菌株转录组分析	齐中强, 杜 艳, 余振仙, 等 (220)
辣椒疫病病原菌的分离、鉴定及其生防效果	谈泰猛, 薛召东, 严 准, 等 (221)
生防菌解淀粉芽孢杆菌 Jt84 干悬浮剂喷雾干燥工艺研究 ...	张荣胜, 王法国, 刘永锋 (222)
梨黑星病菌对啞菌酯敏感基线建立及与不同杀菌剂的交互抗性	赵建江, 王文桥, 路 粉, 等 (223)
水稻不同花器官对稻曲球形成的影响	樊 晶, 徐培洲, 龚稚游, 等 (224)
甘薯细菌性软腐病病原鉴定	高 波, 王容燕, 马 娟, 等 (225)
稻曲病菌分泌蛋白 Uv2169 的功能研究	樊 晶, 黎 良, 王宇秋, 等 (226)
<i>ywbB</i> 基因对枯草芽孢杆菌 NCD-2 菌株菌落形态和芽孢形成的调控	郭庆港, 王培培, 李社增, 等 (227)
大麦黄条点花叶病毒寄主范围研究初报	张爱红, 杨 菲, 孟凡思, 等 (228)
小麦茎基腐病原菌生物学特性	周 颖, 张 娜, 杨文香, 等 (230)
玉米弯孢菌侵染过程中活性氧代谢相关酶系的变化	冯 晶, 陈 捷, 高增贵 (231)
Propiconazole Resistance in Field Isolates of <i>Ustilaginoidea virens</i> on Rice in Jiangsu Province of East China	Zhou Yuxin, Li Huanhuan, Yu Junjie, et al. (238)
Unconventionally Secreted Effectors of two Filamentous Pathogens Target Plant Salicylate Biosynthesis	Liu Tingli, Song Tianqiao, Zhang Xiong, et al. (239)
Ryanodine Receptor Genes of the Rice Stem Borer, <i>Chilo suppressalis</i> : Molecular Cloning, Alternative Splicing and Expression Profiling	Peng Yingchuan, Sheng Chengwang, Zhao Chunqing, et al. (240)
<i>Xanthomonas oryzae</i> iTALEs Overcome <i>Xa1</i> - Mediated Resistance in Rice	Ji Zhiyuan, Ji Chonghui, Liu Bo, et al. (241)
A Class - II Myosin Required for Growth, Conidiation, Cell Wall Integrity and Pathogenicity of <i>Magnaporthe oryzae</i> ...	郭 敏 (Guo Min), 谭乐勇 (Tan Leyong), 聂 翔 (Nie Xiang) (243)
Screening and Analysis of Effector Proteins from <i>Puccinia triticina</i> by Transcriptome Sequencing	Li Jianyuan, Zhe Weijie, Yuan Anying, et al. (244)
二化螟和甜菜夜蛾中肠 Bt 毒素结合蛋白的鉴定	邱 林, 陈利珍, 雷朝亮, 等 (245)
杆状病毒 Ac110 是一个口服感染因子	刘建涛, 朱乐园, 张 珊, 等 (246)
褐飞虱核受体 nuclear receptors 基因的克隆和功能分析	徐 鹿, 韩召军, 李永丰, 等 (247)
昆虫神经多肽在农业害虫防治的应用讨论	于 娜, 刘译文 (248)
绿盲蝽体内 GST 基因克隆及其不同温度下的表达	安静杰, 刘 佳, 高占林, 等 (249)
棉铃虫保幼激素受体及转录因子的功能分析	张万娜, 肖海军, 梁革梅 (250)
内共生菌 <i>Wolbachia</i> 和蝇蛹数量对丽蝇蛹集金小蜂生殖适合度的影响	邱仕祺, 徐 衡, 叶保华, 等 (251)
抗黏虫玉米品种的筛选	张 帅, 刘乙良, 尹 姣, 等 (252)

设施蔬菜有机生产中的保护型生物防治应用	王 甦, 李 姝, 郭晓军, 等 (254)
水稻害虫非化学农药控制技术	吕仲贤, 徐红星, 郑许松, 等 (255)
转基因棉花的不同种植模式对棉田主要害虫和天敌的影响	张博宇, 李祥瑞, 刘小侠, 等 (256)
苏云金芽孢杆菌菌种库的挖掘利用	黄天培, 关 雄 (257)
甜菜夜蛾核多角体病毒潜伏感染昆虫细胞研究	翁庆北, 方 正, 邵 景, 等 (258)
温度对褐飞虱抗毒死蜱适合度代价的影响	杨保军, 刘美玲, 张懿熙, 等 (260)
温和温度降低二化螟越冬幼虫的存活率和滞育后繁殖力	肖海军, 陈俊晖, 付道猛, 等 (261)
小菜蛾 <i>innexin</i> 基因家族鉴定及其 <i>innexin 2</i> 的功能研究	黄宇萍, 林喜建, 蔡立君, 等 (262)
植物挥发物与性信息素组配物对稻纵卷叶螟诱集效果研究	朱 均, 程建军, 郭德帆, 等 (263)
寄主对扶桑绵粉蚧雌成虫能源物质含量的影响	胡 雍, 陈红松, 黄立飞, 等 (264)
梨小食心虫在保定桃园的种群动态变化	冉红凡, 马爱红, 路子云, 等 (265)
不同蜂虫比中对中红侧沟茧蜂繁育效果的影响	马爱红, 路子云, 李建成 (266)
一种二点委夜蛾人工接虫方法的建立和种衣剂防治效果评价	张海剑, 郭 宁, 石 洁 (268)
春尺蠖作为资源昆虫开发价值分析	庞竞公, 尚北晨, 王鹏军, 等 (269)
不同小麦品系的抗蚜性鉴定	李祥瑞, 张方梅, 程登发, 等 (270)
基于转录组的香梨优斑螟微卫星分析	杨明禄, 何稳稳, 尚北晨, 等 (272)
橘小实蝇神经肽 F 的生理功能研究	蒋红波 (273)
微生物挥发物在昆虫定位寄主中的作用	张晓芳, 张 涛 (275)
小菜蛾保幼激素相关基因的鉴定、表达动态及对外源调节因子的反应	段 丹, 魏 辉, 顾晓军 (276)
天然源骆驼宁碱的杀蚜活性研究	刘映前 (277)
强稳定性棉铃虫核型多角体病毒 G4 突变株的构建	刘双清, 黄国华 (279)
小菜蛾普通气味结合蛋白 GOBP1 和 GOBP2 的同源建模与结合位点预测	程小娟, 覃江梅, 蔡立君, 等 (284)
苏云金芽孢杆菌辅助蛋白 ORF1 对 <i>cry8E</i> 基因表达的影响	杜立新, 曹伟平, 宋 健 (294)
作物空间多样性相比物种多样性更能促进节肢动物的物种丰富度和多样性	门兴元, 卢增斌, 李丽莉 (297)
景观多样性提升螟黄赤眼蜂对棉铃虫卵的寄生作用	刘 冰, 杨 龙, 杨 帆, 等 (299)
捕食性天敌对绿盲蝽的控制作用评估: 分子检测与罩笼试验	李金花, 杨 帆, 王 倩, 等 (300)
区域性小菜蛾综合治理技术研究	李振宇, 冯 夏 (301)
亚洲玉米螟 <i>Cry1Ab</i> 抗性相关 <i>microRNAs</i> 的分离及鉴定	徐丽娜, 何康来, 周子燕, 等 (303)

烟粉虱和 TYLCV 诱导的番茄防御信号途径对 CO ₂ 升高的响应	谭晓玲, 陈巨莲, 戈 峰 (305)
蚜虫识别报警信息素的分子机制	王 冰, 张睿彬, 王桂荣 (308)
超高效合相色谱四极杆飞行时间质谱法测定水果中手性农药三唑酮对映体残留	张新忠, 赵悦臣, 罗逢健, 等 (309)
超高效液相色谱—串联四级杆质谱快速测定葡萄和土壤中三乙磷酸铝	余革中, 贾春虹, 赵尔成, 等 (310)
超高效液相色谱串联质谱法同时检测动物源食品中氟硅唑、氟虫腈及其 3 个代谢物的 残留	冯程程, 刘新刚, 吴小虎, 等 (311)
脞菌酯和戊唑醇在小麦植株和土壤中的残留动态	李梦玲, 贾春虹, 赵尔成, 等 (312)
运用表面活性剂增强乳化的液相微萃取技术分析饮用水和蜂蜜中有机磷农药残留	熊亚兵, 赵 越, 杨中华 (313)
金银花种植、干制和冲泡过程中噻虫嗪残留的消解动态和膳食风险评估研究	方庆奎, 乔 琳, 施艳红, 等 (314)
UPLC-MS/MS 法同时测定蜂粮中多种农药残留	童 舟, 施艳红, 蒋兴川, 等 (318)
新烟碱类杀虫剂特异增效剂 IPPA08 的增效机制	鲍海波, 张懿熙, 邵旭升, 等 (320)
小菜蛾对氟苯虫酰胺抗性研究	薛超彬, 李广阅, 赵小龙 (321)
不同温度下褐飞虱对环氧虫啉敏感性研究	毛凯凯, 金若珩, 万 虎, 等 (323)
溴氰虫酰胺纳米缓释剂的制备及表征研究 ...	高云昊, Amir Esmat Kaziem, 何 顺, 等 (324)
酶响应氯虫苯甲酰胺纳米控释剂的制备及表征研究	高云昊, Amir Esmat Kaziem, 何 顺, 等 (325)
超高效液相色谱—串联质谱法检测韭菜中二甲戊灵和扑草净残留	宋 丹, 贺 敏, 李传仁, 等 (326)
高效氯氟氰菊酯在工厂化双孢蘑菇栽培中的残留动态	张其才, 董茂锋, 宋卫国 (334)
噻呋酰胺在水稻及稻田环境中的残留及消解动态研究	段劲生, 高同春 (339)
新疆寄生性种子植物列当的种类、分布及其种子萌发机制研究	姚兆群, 赵思峰 (341)
抗炔草酯的棒头草开花调控基因研究	周凤艳, 张 勇 (343)
不同水稻栽培方式田间杂草种子库组成特征的比较	陈国奇, 刘庆虎, 张玉华, 等 (345)
稻田常见稗草对水稻产量和品质的影响	张自常, 谷 涛, 杨 霞, 等 (346)
基于蛋白质组学技术的多抗性稗草生态适合度代价研究	杨 霞, 李永丰, 张自常, 等 (347)
抗吡嘧磺隆耳叶水苋对直播水稻的竞争与危害特性	朱金文, 郑贵平, 刘 蕊, 等 (348)
转录组技术探索牛筋草对草甘膦的抗药性	陈景超 (349)
假臭草水浸提液对几种作物的化感作用	马永林, 马跃峰, 郭成林, 等 (350)
Environmental Factors Affecting Seed Germination and Early Seedling Emergence of Large Crabgrass (<i>Digitaria sanguinalis</i>) ...	Wang Yanhui, Ma Yonglin, Feng Guojun, et al. (351)
197 位脯氨酸突变导致鳢肠对 ALS 抑制剂产生交互抗性	李 丹, 李香菊, 于惠林, 等 (352)
EP-1 对雄性中华姬鼠和黑线姬鼠的不育效果	陈晓宁, 陈雅娟, 张 博, 等 (353)

不同比例复合不育剂对小白鼠睾丸内性激素、受体和芳香化酶的影响 苏欠欠, 陈 毅, 王胜男, 等 (354)

黑线仓鼠种群动态与气候因子的相关性研究 张福顺, 王利清, 杨玉平, 等 (355)

白酒及其有效成分对野生褐家鼠吸引力的研究 罗 婵, 刘晓辉, 丛 林, 等 (356)

不同年龄雄性布氏田鼠对种群增长的繁殖贡献 陈 燕, 王大伟, 李 宁, 等 (357)

布氏田鼠 *Dio2* 基因的分子克隆及表达特征分析 刘 岚, 王大伟, 李 宁, 等 (358)

褐家鼠对抗凝血类灭鼠剂产生抗药性的遗传基础 宋 英, 马晓慧, 王大伟, 等 (359)

Effects of Weevil - infestation on Seed Dispersal of *Quercus aliena* Handled by Rodents in
Experimental and Field Conditions Zhang Bo, Shi Zijun, Chen Xiaoning, et al. (361)

7S 非功能插入片段在我国转基因棉花中的检测分析 王 叶, 谢家建, 彭于发 (362)

二化螟 Bt 敏感和耐受种群中肠氨肽酶 - N 基因的缺失突变检测及其与 Bt 抗性的关系 ...
..... 陈 耕, 韩兰芝, 谢家建, 等 (364)

二化螟 Cry1Ca 耐受种群在 Bt 水稻上的适合度及其与 Cry1Ca 蛋白的结合能力研究
..... 唐 辉, 陈法军, 韩兰芝, 等 (365)

我国 Bt 水稻和 Bt 玉米研发及其对靶标害虫抗性 刘清松, 彭于发, 李云河 (366)

转 Bt 基因抗虫水稻对青翅蚁形隐翅甲的安全性评价 ... 但佳梁, 孟嘉蓉, 赵 景, 等 (368)

转 cry1C 基因抗虫水稻对稻飞虱捕食性天敌草间钻头蛛的环境安全性评价
..... 王文君, 韩 宇, 赵 景, 等 (369)

转基因抗虫水稻 T1Ab - 6 转化体特异性定性和定量检测方法的建立
..... 黄春蒙, 谢家建, 彭于发 (370)

转基因抗虫作物对白符跳的生态安全性研究 杨 艳, 彭于发, 李云河 (372)

新思路与新理论

植物疫病菌无毒效应蛋白的研究进展

The Latest Research Progress of the Plant *Phytophthora* Pathogen Avr Effectors

张莹, 董莎萌*

(南京农业大学, 江苏南京 210095)

植物疫病菌是一类重要的植物真核病原菌, 隶属于茸鞭生物界卵菌门疫霉属, 对农业生产和生态环境具有毁灭性破坏作用。植物疫病菌包括引起马铃薯晚疫病的致病疫霉和引发大豆根腐病的大豆疫霉, 前者曾经造成爱尔兰饥谨具有广泛的历史和社会影响。在植物与病原物的长期斗争过程中, 疫病菌通过分泌效应因子 (effectors) 到寄主细胞的不同部位来破坏或干扰寄主的防卫反应, 无毒基因 (AVR) 编码的无毒效应蛋白能够被寄主植物的抗病蛋白识别引发强烈的抗病反应, 疫霉菌无毒基因与寄主的抗病基因之间的相互作用决定着植物疫病病害的发生, 因此是一类重要的效应因子基因, 也是国际学术界研究的热点领域。

目前, 疫病菌中已克隆到的无毒基因主要由以下几种: ①利用遗传作图克隆到的 *PsAvr1a*, *PsAvr1b-1*, *PsAvr1k*, *PiAvr2*; ②利用生物信息学结合 RXLR 基因预测和转录特征克隆到的 *PsAvr1d*, *PsAvr3a*, *Avr3b*, *Avr3c*, *PsAvr4/6*, *PiAvrblb1*, *PiAvrblb2*, *PiAvr3a*; ③结合 AFLP 标记和 cDNA-AFLP 标记并筛选 BAC 文库克隆到的 *PiAvr4*。这些无毒基因都由氨基端分泌信号肽、RXLR (精氨酸-任意氨基酸-赖氨酸-精氨酸) 保守积蓄以及羧基端功能域三部分组成, 并且它们都属于 RXLR 家族。

病原物分泌的无毒效应因子进入到寄主细胞中改变寄主植物抑制其防卫反应, 从而促进病原物对寄主植物的侵染, 该功能为该无毒基因的毒性功能。研究发现 *PsAvr1b* 可以抑制哺乳动物程序化细胞死亡的关键因子 BAX 在植物上引发的类似抗性基因介导的过敏性细胞死亡, 利用农杆菌植物瞬时表达系统以及基因枪瞬时表达技术在植物中表达无毒基因 *PsAvr1b*, 发现该基因可以抑制 BAX 引发的细胞死亡; 在烟草叶片中瞬时表达 *PsAvr3b* 可以减少植物中 ROS 的积累及细胞坏死从而增强疫霉菌对烟草的致病力, *PsAvr3b* 含有 1 个 Nudix 水解酶蛋白活性功能域 (*PsAvr3b*²⁰⁶⁻²²⁸), 并且测定出其具有 ADP-ribose/NADH 焦磷酸化酶活性, 突变体实验表明 *PsAvr3b* 正是依赖于 Nudix 水解酶的活性从而来减少植物 ROS 积累的; 致病疫霉效应因子 *PiAvr3a*^{KI} 能够被抗病基因 R3a 识别, 抑制 INFL 引起的 PCD, 研究发现 *PiAvr3a*^{KI} 的第 147 位氨基酸缺失或替换后完全丧失抑制 INFL 激发的细胞坏死。*PiAvr3a*^{KI} 能够与寄主的 E3 泛素连接酶 CMPG1 互作并稳定该酶从而来调控植物免疫系统; 半胱氨酸蛋白酶 C14 是番茄和马铃薯基础抗病性中的重要组成部分, 而植病疫霉菌 *PiAvrblb2* 在寄主细胞内阻碍了 C14 蛋白酶的分泌从而破坏了植物免疫反应。

* 通信作者: 董莎萌; E-mail: smdong@njau.edu.cn

从疫病菌无毒基因的克隆入手,探索无毒基因的起源和进化,明确其在病菌致病过程中的功能,了解无毒基因和抗病基因之间的协同进化机理,对于进一步认识和防治该类病害具有重要意义。

参考文献

- Dong S M, Yin W X, Kong G H, et al., *Phytophthora sojae* Avirulence Effector Avr3b is a Secreted NADH and ADP - ribose Pyrophosphorylase that Modulates Plant Immunity [J]. *Plos Pathogens*, 2011, 7 (11): e1002353 - e1002353.
- Dong S, Qutob D, Tedman - Jones J, et al., The *Phytophthora sojae* Avirulence Locus Avr3c Encodes a Multi - Copy RXLR Effector with Sequence Polymorphisms among Pathogen Strains [J]. *Plos One*, 2009, 4 (5): e5556.
- Dou D, Kale S, Wang X, et al., Conserved C - terminal motifs required for avirulence and suppression of ceH death by *Phytophthora sojae* effector Avr1b [J]. *Plant Cell*. 2008, 20: 1118 - 1133.
- Dou D, Kale S, Liu T, et al., Different domains of *Phytophthora sojae* effector Avr4/6 are recognized by soybean resistance genes Rps4 and Rps6 [J]. *Mol Plant Microbe Interact*. 2010, 23 (4).
- Gilroy E, Breen S, Whisson S, et al., Presence/absence, differential expression and sequence polymorphisms between PiAVR2 and PiAVR2 - like in *Phytophthora infestans* determine virulence on R2 plants [J]. *NewPhytol*. 2011, 191 (3): 763 - 776.
- Jones J D, Dangl J L. The plant immune system [J]. *Nature*. 2006, 16; 444 (7117): 323 - 329.
- Kamoun S. A catalogue of the effector secretome of plant pathogenic oomycetes [J]. *Annual review of phytopathology*. 2006, 44: 41 - 60.
- Oh S, Young C, Lee M, et al., In planta expression screens of *Phytophthora infestans* RXLR effectors reveal diverse phenotypes, including activation of the *Solanum bulbocastanum* disease resistance protein Rpi - blb2 [J]. *Plant Cell*. 2009, 21 (9): 2928 - 2947.
- Qutob D, Tedman - Jones J, Dong S, et al., Copy number variation and transcriptional polymorphisms of *Phytophthora sojae* RXLR effector genes Avr1a and Avr3a [J]. *PLoS One*. 2009, 4 (4).
- Shan W, Cao M, Leung D, et al., The Avr1b locus of *Phytophthora sojae* encodes an elicitor and a regulator required for avirulence on soybean plants carrying resistance gene Rps1b [J]. *Mol Plant Microbe Interact*. 2004, 17: 394 - 403.
- Song T, Kale S, Arredondo F, et al., Two RxLR avirulence genes in *Phytophthora sojae* determinesoybean Rps1k - mediated disease resistance [J]. *Mol Plant Microbe Interact*. 2013, 26 (7): 711 - 720.
- Vleeshouwers V G, Rietman H, Krenek P, et al., Effector genomics accelerates discovery and functional profiling of potato disease resistance and *phytophthora infestans* avirulence genes [J]. *PLoS One*. 2008, 6: 3 (8).
- van Poppel P M, Guo J, van de Vondervoort P J, et al., The *Phytophthora infestans* avirulence gene Avr4 encodes an RXLR - dEER effector [J]. *Mol Plant Microbe Interact*. 2008, 21 (11): 1460 - 1470.
- Yin W, Dong S, Zhai L, et al., The *Phytophthora sojae* Avr1d gene encodes an RxLR - dEER effector with presence and absence polymorphisms among pathogen strains [J]. *Mol Plant Microbe Interact*, 2013, 26 (8): 958 - 68.

作物病害监测预警技术研究进展

胡小平*

(西北农林科技大学, 陕西杨凌 712100)

作物病虫害的监测与预警是植物保护的中心工作任务之一。在过去的 60 余年中, 我国作物病虫害预测预报工作已取得了长足的进步和发展, 在测报网络机构的建设, 预测预报的标准化、信息化、网络化、规范化等方面成效显著, 特别是近年来实现了全国重点测报区域站点基础数据的收集、处理、存储等功能, 提出了作物病虫害测报结果的五位(电视、广播、手机、网络、明白纸)一体发布新模式。但与发达国家相比较, 在高新技术和设备的建设与应用、预测预报技术研究、基层专业测报人员队伍的人员数量及其稳定性等方面尚存在一定差距(Hu et al., 2015; 张跃进等, 2013; 刘万才等, 2010, 2015)。

病害监测设备的开发与应用可以追溯到 1882 年, Ward 用载玻片模拟咖啡叶片固定在树干上捕捉咖啡锈菌 *Hemileia vastatrix*。1952 年, 英国的 Burkard 科学仪器制造公司与几所大学合作, 在 Hirst 装置(Bartlett and Bainbridge, 1978)的基础上研制出了一款 7d 孢子容量测定收集器(Burkard 7-day volumetric spore sampler), 并不断优化成田间用气旋采样器(Cyclone sampler for field operation), 真菌孢子可以被收集到 1.5 mL 的小离心管中, 然后通过显微观察、免疫学或者分子生物学技术进行鉴定和测量, 这也是目前世界最顶尖的孢子捕捉器, 被认定为业界标准孢子捕捉器(Burkard, 2001)。1957 年, Perkins 开发出世界首台高速旋转式自动孢子捕捉器-Rotorod Sampler, 用于小麦秆锈病菌 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* 夏孢子传播规律的研究(Asai, 1960)。1975 年, 我国浙江金华地区农科所研制出了一台定时自控电动孢子捕捉器, 用于捕捉赤霉病菌的子囊孢子(金华地区农科所, 1976)。1983 年, 英国科学家依据作物病害与其生长环境的温度、湿度、叶片湿润情况、降雨和风速等因子的关系, 研制出了世界首台作物病害预报装置, 定名为“作物致病外因监视器(Crop Disease External Monitor, CDEM)”, 用于马铃薯晚疫病、云纹病、斑枯病、大麦叶锈病、苹果黑星病和蛇麻霜霉病等病害的早期预报(杨世基, 1984)。1986 年, 比利时 HAINAUT 省农业应用研究中开始马铃薯晚疫病预警研究, 并进行了不断的改进和完善, 建立了基于自动微型气象站的马铃薯晚疫病远程实时预警系统, 在我国各马铃薯主要栽培区进行测试和推广, 实现了晚疫病的远程实时监测和预警, 很好的指导着晚疫病的防治工作(谢开云等, 2001; 龙玲等, 2013)。随着近年来物联网技术、传感器及电子技术、通讯技术的飞速发展, 作物病虫害测报事业也迎来了新的发展机遇。

近年来, 农业部种植业管理司和全国农业技术推广服务中心高度重视农作物病虫害预测预报工作, 与相关企业和植保机构联合研发了一批农作物病虫害监测工具, 并进行了示范和推广, 初步实现了病虫害测报工作的自动化、信息化, 为建设现代植物保护体系奠定

* 通信作者: 胡小平; E-mail: xphu@nwsuaf.edu.cn

了基础。如自动虫情测报灯（刘万才等，2001；王贵生等，2006）、田间小气候仪、害虫性诱捕器、孢子捕捉仪、农用透视仪、马铃薯晚疫病实时监测预警系统（龙玲等，2013；唐建锋等，2014）、小麦赤霉病自动监测预警系统（张平平，2015；袁冬贞等，2016；崔章静，2016）、农作物重大病虫害数字化监测预警系统、害虫远程实时监测系统、田间病虫害数据采集系统、小虫体自动计数系统等（刘万才等，2015）。但现阶段面临的主要问题有：①多年积累的数据需要进一步挖掘利用，并建立切实可行的病虫害预测预报模型；②基于物联网的病虫害测报工具的开发与推广应用。

尽快研发基于物联网的作物主要病害自动监测预警设备和平台系统。实现病害的实时监测、分析处理、预测结果的实时远程传输和发布，提高对病害预测的准确度和及时性，有利于农户、农业技术人员及政府部门进行病害的防治决策和科学防控。

参考文献

- 张跃进，吴立峰，刘万才，等，2013. 加快现代化植保技术体系建设的对策研究 [J]. 植物保护，39 (5): 1-8.
- 刘万才，刘杰，钟天润，2015. 新型测报工具研发应用进展与发展建议 [J]. 中国植保导刊，35 (8): 40-42.
- 刘万才，武向文，任宝珍，等，2010. 美国的农作物病虫害数字化监测预警建设 [J]. 中国植保导刊，30 (8): 51-54.
- 王贵生，薛玉，高军，等，2006. 佳多虫情测报灯与黑光灯诱测数据对比转化关系初探 [J]. 中国植保导刊，26 (10): 32-34.
- 龙玲，刘红梅，李丹，等，2013. 比利时马铃薯晚疫病监测预警模型在贵州省威宁县的应用 [J]. 中国马铃薯，27 (1): 48-52.
- 刘万才，张跃进，马重富，等，2001. 佳多自动虫情测报灯的研制与应用研究初报 [J]. 植保技术与推广，21 (11): 18-20.
- 金华地区农科所，1976. 电动孢子捕捉器简介 [J]. 今日科技，17: 23-24.
- 唐建锋，苏跃，焦明姚，等，2014. 贵州省马铃薯晚疫病数字化监测预警系统建设与应用 [J]. 耕作与栽培，5: 47-48.
- 杨世基，1984. 英国农业科技新闻：作物病害预报装置 [J]. 世界农业，1: 54-55.
- 谢开云，车兴壁，Christian Ducatillon，等，2001. 比利时马铃薯晚疫病预警系统及其在我国的应用 [J]. 中国马铃薯，2: 67-72.
- 张平平，2015. 关中地区小麦赤霉病预测系统 [D]. 杨凌：西北农林科技大学硕士研究生论文.
- 袁冬贞，崔章静，杨桦，等，2016. 基于物联网的小麦赤霉病自动监测预警系统应用效果 [J]. 中国植保导刊.
- 崔章静，2016. 关中小麦赤霉病的监测与预警 [D]. 陕西杨凌：西北农林科技大学硕士研究生论文.
- Bartlett J T, Bainbridge, A, 1978. Volumetric sampling of microorganisms in the atmosphere [M]. Plant Disease Epidemiology edited by P. R. Scott and A. Bainbridge, Blackwell, Oxford: 23-30.
- Burkard Manufacturing Co. Ltd, 2001. <http://www.burkard.co.uk/index.htm>. Ricksmanworth, Hertfordshire, United Kingdom.
- Hu X P, Madden L V, Edwards S, et al., 2015. Combining models is more likely to give better predictions than single models [J]. Phytopathology, 105: 1174-1182.