



2012-2013

*Report on Advances in
Plant Protection*

中国科学技术协会 主编
中国植物保护学会 编著

植物保护学
科技发展报告

中国科学技术出版社



2012—2013

植物保护学 学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN PLANT PROTECTION

中国科学技术协会 主编

中国植物保护学会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2012—2013 植物保护学学科发展报告 / 中国科学技术协会主编;
中国植物保护学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2014.2
(中国科协学科发展研究系列报告)
ISBN 978-7-5046-6541-6
I. ①2… II. ①中… ②中… III. ①植物保护—学科发展—研究
报告—中国—2012—2013 IV. ①S4-12
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 006337 号

策划编辑	吕建华 赵 晖
责任编辑	高立波
责任校对	孟华英
责任印制	王 沛
装帧设计	中文天地

出 版	中国科学技术出版社
发 行	科学普及出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编	100081
发行电话	010-62103354
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	310 千字
印 张	13.25
版 次	2014 年 4 月第 1 版
印 次	2014 年 4 月第 1 次印刷
印 刷	北京市凯鑫彩色印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-6541-6/S · 570
定 价	49.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

2012—2013

植物保护学学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN
PLANT PROTECTION

首席科学家 郭予元

专 家 组

组 长 吴孔明

副组长 陈万权 倪汉祥

成 员 (按姓氏笔画排序)

万方浩 朱有勇 闫凤鸣 杨怀文 何霞红

邱德文 张 杰 张永军 张桂芬 陈巨莲

陈剑平 周益林 周雪平 程登发

学术秘书 文丽萍

序

科技自主创新不仅是我国经济社会发展的核心支撑，也是实现中国梦的动力源泉。要在科技自主创新中赢得先机，科学选择科技发展的重点领域和方向、夯实科学发展的学科基础至关重要。

中国科协立足科学共同体自身优势，动员组织所属全国学会持续开展学科发展研究，自2006年至2012年，共有104个全国学会开展了188次学科发展研究，编辑出版系列学科发展报告155卷，力图集成全国科技界的智慧，通过把握我国相关学科在研究规模、发展态势、学术影响、代表性成果、国际合作等方面的最新进展和发展趋势，为有关决策部门正确安排科技创新战略布局、制定科技创新路线图提供参考。同时因涉及学科众多、内容丰富、信息权威，系列学科发展报告不仅得到我国科技界的关注，得到有关政府部门的重视，也逐步被世界科学界和主要研究机构所关注，显现出持久的学术影响力。

2012年，中国科协组织30个全国学会，分别就本学科或研究领域的发展状况进行系统研究，编写了30卷系列学科发展报告（2012—2013）以及1卷学科发展报告综合卷。从本次出版的学科发展报告可以看出，当前的学科发展更加重视基础理论研究进展和高新技术、创新技术在产业中的应用，更加关注科研体制创新、管理方式创新以及学科人才队伍建设、基础条件建设。学科发展对于提升自主创新能力、营造科技创新环境、激发科技创新活力正在发挥出越来越重要的作用。

此次学科发展研究顺利完成，得益于有关全国学会的高度重视和精心组织，得益于首席科学家的潜心谋划、亲力亲为，得益于各学科研究团队的认真研究、群策群力。在此次学科发展报告付梓之际，我谨向所有参与工作的专家学者表示衷心感谢，对他们严谨的科学态度和甘于奉献的敬业精神致以崇高的敬意！

是为序。

A stylized, cursive handwritten signature in black ink, likely belonging to Chen Ming, positioned above the date.

2014年2月5日

前言

2012—2013 年是我国科技、经济和社会发展的战略机遇期，也是落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020）》的关键时期。两年来，我国农作物病虫害面临严峻的发生态势，多种病虫害暴发成灾。广大植物保护科技工作者在国家科技计划的支持下，根据“自主创新，重点跨越，支撑发展，引领未来”的指导方针，通过协作攻关，在植物保护学科基础和应用基础研究、高新技术研发、关键防御技术开发等方面，取得了一系列研究新进展、新成果、新观点、新方法和新技术，在农业防灾减灾中发挥了重要作用，为保障粮食生产实现“十连增”做出了突出贡献，有力地促进了植物保护学科的发展。

本学科发展报告是在《2010—2011 植物保护学学科发展报告》的基础上，选择近两年取得明显进展和重大成果的植物病毒学、植物抗病虫功能基因组学、昆虫化学生态学、生物防治学、入侵生物学、植物病虫害监测预警学、农业生物多样性控制病虫害技术等分支学科为研究重点，由中国工程院院士、中国农业科学院植物保护研究所郭予元研究员为首席科学家，中国工程院院士、中国植物保护学会理事长、中国农业科学院副院长吴孔明研究员为研究课题组组长，在中国植物保护学会主持下，组织 50 多位专家编写。研究报告分两部分，第一部分是综合报告——植物保护学科发展研究，全面反映我国植物保护学科主要研究领域的发展现状，分析国内外研究和发展动态，提出未来 5 年的发展趋势及发展策略。第二部分是专题报告，由 7 个专题研究报告组成。研究内容主要包括分支学科的研究现状，与国内外研究相比较，今后的发展趋势与对策。通过总结和研究植物保护学科发展研究成果和发展趋势，旨在掌握植物保护学科最新发展动态，科学把握学科发展趋势，促进植物保护学科各分支学科之间的交叉融合与协调发展，提升原始创新能力；拓展学会工作领域，树立学会在植物保护学科发展研究中的导向性和权威性。

“2012—2013 植物保护学学科发展研究”项目于 2012 年 8 月 16 日召开第一次课题组会议，研究落实编写计划和任务，并于 2013 年 3 月 29 日召开课题组第二次会议，检查编写进度，筹备召开学科发展研讨会和课题组第三次会议。2013 年 7 月 22—23 日在北京召开了“2012—2013 植物保护学学科发展研讨会”征求与会专家意见和确定修改计划。本报告在撰写过程中，得到了有关科研院所、高等院校专家的热忱支持，并提供成果资料及对文稿提出修改建议，在此一并表示衷心感谢！

由于受篇幅和时间所限，本报告难以全面反映植物保护学科近两年的研究动态，报告中编写的 7 个分支学科取得的研究进展和成果，也不够全面，而且研究报告的深度也有待进一步提高，望广大读者不吝赐教。

中国植物保护学会
2013 年 10 月 28 日

目 录

序	韩启德
前言	中国植物保护学会

综合报告

植物保护学学科发展研究	3
一、引言	3
二、植物保护学学科近年的最新研究进展	6
三、植物保护学学科国内外研究进展比较	24
四、植物保护学学科发展趋势及展望	28
参考文献	32

专题报告

植物病毒学学科发展研究	39
植物抗病虫功能基因组学学科发展研究	57
昆虫化学生态学学科发展研究	84
生物防治学学科发展研究	106
入侵生物学学科发展研究	132
植物病虫害监测预警学学科发展研究	148
农业生物多样性控制病虫害发展研究	160

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Advances in Plant Protection	187
------------------------------------	-----

Reports on Special Topics

Advances in the Plant Virology	189
Advances in the Plant Functional Genomics for Disease and Pest Resistance	191
Advances in the Insect Chemical Ecology	191
Advances in the Biological Control	193
Advances in the Invasive Biology	194
Advances in the Monitoring and Forecasting of Plant Diseases and Insect Pests	195
Advances in the Sustainable Pests Control by Agro-biodiversity	197
索引	199

综合报告

植物保护学学科发展研究

一、引言

2012—2013 年是我国“十二五”规划的关键时期。植物保护学科在国家“十二五”科技计划的支持下,取得了显著的研究进展。基础理论研究、高新技术和关键技术研发取得重大突破和重要成果,对建设现代农业、确保国家粮食安全及农产品有效供给提供了有力的科技支撑;同时促进了植物保护科技创新体系、病虫害防控体系和植物保护知识体系的形成和发展。

近两年来,我国农作物病虫害灾变规律发生新的变化,一些大区域迁飞、流行性重大病虫害暴发频率增加,突发性病虫害发生频繁,一些地域性和偶发性病虫害发生范围不断扩大、危害程度加重,严重威胁着我国粮食的持续丰收。如 2012 年,多种病虫害暴发成灾,全国农作物有害生物发生面积达到 4 亿多公顷(次)。其中,稻飞虱在西南、南方、长江中下游、华南、江南稻区偏重至大发生,全国发生 3000 万公顷,分别较 2011 年和常年增加 20.7% 和 27.2%;小麦赤霉病在湖北江汉平原、安徽和江苏沿淮及其以南麦区、河南中南部大发生,江苏沿江、沿海和里下河地区特大发生,是 1990 年以来发生最重的一年,全国发生面积为 920 多万公顷。小麦蚜虫是 2001 年以来第二重发生年,在河北、山东、山西等省大发生,发生面积为 1700 多万公顷。三代黏虫 8 月上旬在东北、华北等地玉米田大暴发,发生面积 800 万公顷,是近年来发生面积最大、危害最重的一年。马铃薯晚疫病、油菜菌核病发生面积、危害程度均超过近 5 年。面对严峻的防控形势,通过充分发挥病虫害防控体系的作用,提高防控能力,取得了显著的防效。据不完全统计,近年来,植物保护防灾减灾年均挽回粮食达到 800 亿千克以上,为保障国家粮食生产实现“十连增”做出了突出贡献。同时进一步推动了植物保护学科的发展。主要反映在以下方面:

一是基础研究提升了植物保护学科的原始创新能力。基础研究是技术进步和经济发展的先锋,是新技术、新工艺、新流程、新产品研发的基础,是国家综合国力竞争的重要前沿。加强基础研究对于提升原始创新能力和长远发展能力具有重要意义。近年来,我国植物保护学科基础研究瞄准国际前沿,取得了重要进展,推动了本学科的创新。如植物病毒学研究明确了双生病毒、水稻矮缩病毒致病与传毒机制,为植物抗病毒提供了新理论

和新策略。植物抗病虫功能基因组学,在抗病虫重要基因的克隆和植物抗病虫机理研究方面获得了重要的原创性成果。同时利用基因组学,获得了一批重要的致病病原物和重要作

物害虫的基因组数据,为进一步发掘致病基因奠定了基础。

二是应用技术研究提高了农作物病虫害的综合防控能力。瞄准国家经济和社会发展的重大需求,针对农作物病虫害多发、重发、频发的态势,以国家相关科技计划为依托,采取科研教学推广、试验示范应用、研究开发产业相结合,开展病虫害灾变规律、监测预警与综合防控技术协作攻关,取得一批研究成果,通过推广应用,在防灾减灾中发挥了重要作用。如应用“3S”技术、生态环境建模分析和计算机网络信息交换技术,提高了多种重大病虫害监测预警和防控决策能力。

三是促进了本学科各分支学科的发展。随着生物技术、信息技术等高新技术的快速发展,推动了本学科各二级学科之间的综合交叉融合,同时涌现出一批新兴的二、三级学科,丰富了研究方向,形成了较完整的植物保护学科体系。据不完全统计,目前植物保护学科,包含了植物病理学、植物病毒学、植物免疫学、分子植物病理学、农业昆虫学、昆虫生理与生化、昆虫生态学、农药学、杂草学、植物检疫学、植物病虫害测报学、生物防治学、入侵生物学、转基因生物安全学、鼠害防治学、有害生物综合防治学、生物化学与分子生物学、植物化感作用学、农业生态健康学、抗病虫害育种、植保资源利用、农药毒理学、植物源农药、病虫害生物多样性控制等分支学科和研究方向。教育部在1997年对植保学科设置作了调整,在同年修订的《授予博士、硕士学位和培养研究生的学科、专业目录》中,植物保护学科被列为一级学科,设植物病理学、农业昆虫与害虫防治、农药学3个二级学科。近年来,逐渐增加了杂草学、入侵生物学、转基因生物安全学、生物防治学、生物化学与分子生物学等二级学科和研究方向,发展成为以农作物病虫草鼠等有害生物发生规律和控制为主要研究内容的、比较完整的研究生培养体系。

四是促进了研究平台和创新人才队伍的长足发展。在国家“十一五”、“十二五”计划的推动下,植物保护学科研究平台建设进一步发展,人才队伍不断成长。

(一) 研究平台建设

在植物保护科技创新体系建设方面,以“国家农业生物安全科学中心”为研究中心,以植物病虫害生物学、农业虫害鼠害综合治理等7个国家重点实验室和农业部重点开放实验室为科技创新基地。2011年农业部启动了重点实验室的分类管理体系,将众多相关学科实验室和试验站统一归口管理,建成了依托在中国农业科学院植物保护研究所的“农业部作物有害生物综合治理重点实验室”,下设农业昆虫学、植保生物技术、植物病理学和东北、华北北部、华北南部、华中、华东、闽台、华南、热带、西南、云贵高原、西北黄土高原、西北荒漠绿洲作物共15个有害生物综合治理重点实验室,并在全国设置了29个作物有害生物科学观测实验站。形成了较完整的植物保护学科群,极大地促进了植物保护学科的协同创新发展。省部共建国家重点实验室培育基地建设体系也为学科发展提供了平

台提升的机会。同时,以全国著名的科研院所和高等院校为研究阵地和集聚、培养高层次植保科技人才和促进国际交流与合作的重要平台,以现代农业产业技术体系功能研究室和野外科学观测试验站为有害生物监测和防控试验示范基地。通过研究中心、科技创新基地、人才培养场所和试验示范基地形成了较系统的植物保护学科研究平台。

(二) 研究创新团队及人才队伍建设

通过“973”、“863”、科技支撑计划、国家自然科学基金、科技基础条件平台建设和政策引导类科技计划及专项、农业部公益性行业科研专项等对植物保护学科的大力支持,凝聚和培养了一批优秀人才,形成了一批研究创新团队。

近两年在研和新立项的重大基础研究(“973”)创新团队有:中国农业科学院植物保护研究所万方浩研究员“重要外来物种入侵的生态影响机制与监控基础研究”团队、华东理工大学钱旭红院士“分子靶标导向的绿色化学农药创新研究”团队、浙江大学娄永根教授“稻飞虱灾变机理及可持续治理的基础研究”团队、云南农业大学朱有勇院士“作物多样性对病虫害生态调控和土壤地力的影响研究”团队、中国科学院上海植物生理生态研究所何祖华研究员“植物免疫机制与作物抗病分子设计的重大基础理论研究”团队、中国农业大学彭友良教授“主要粮食作物重大病害控制的基础研究”团队、中国科学院动物所康乐院士“害虫暴发成灾的遗传与行为机理”团队、浙江大学陈学新教授“天敌昆虫控制害虫机制及可持续利用研究”团队、云南大学张克勤教授“农作物重要病原线虫生物防控的基础研究”团队、西北农林科技大学黄丽丽教授“小麦重要病原真菌毒性变异的生物学基础研究”团队。

入选2013年国家自然科学基金委创新研究群体有:中国农业科学院植物保护研究所吴孔明院士“棉花—害虫—天敌的互作机制研究”团队。

入选2013年国家自然科学基金重大项目研究团队有:中国农业科学院植物保护研究所周雪平教授主持的“作物双生病毒致病的分子机理”研究团队。

“863”计划研究团队有:南京农业大学刘凤权教授“农林有害生物调控与分子检测技术研究”团队、中国农业科学院植物保护研究所何晨阳研究员“农林有害生物分子免疫调控技术研究”团队、南京农业大学郑小波教授“重要农林有害生物高通量分子检测技术研究”、中国农业大学高希武教授“农作物重要病虫抗药性早期快速分子诊断技术”团队、中国农业科学院植物保护研究所邱德文研究员“微生物杀菌剂研究与产品创制”团队、华东理工大学徐玉芳教授“基于靶标的新型化学农药设计合成、优化与产品创制研究”团队、华中农业大学孙明教授“细菌类生物杀虫剂研究和产品创制研究”团队、浙江大学冯明光教授“真菌病毒类生物杀虫剂研究与产品创制研究”团队、湖北省生物农药工程研究中心杨自文研究员“生物农药新剂型研究与产品创制研究”团队。

国家科技支撑计划研究团队:中国农业科学院植物保护研究所陈万权研究员“农林生物灾害防控关键技术研究”团队、中化化工科学技术研究总院李钟华研究员

“绿色生态农药的研发与产业化研究”团队。

科技部基础性工作专项研究团队有：中国农业科学院植物保护研究所张朝贤研究员“主要农作物有害生物及其天敌资源调查研究”团队。

同时还有获得农业部、教育部批准的研究创新团队，如浙江省农业科学院陈剑平院士团队获批国家重点领域创新团队以及农业部“植物病毒与病害防控生物技术”创新团队、浙江大学周雪平教授获批教育部“水稻重要病害的成灾机理和持续控制”长江学者创新团队和农业部“作物病害成灾与控制”创新团队、中国农业科学院周常勇研究员获批建设教育部“柑橘主要病虫害持续控制基础研究”创新团队和农业部“重要柑橘病害防控基础研究”创新团队；湖南省农业科学院刘勇研究员获批建设农业部“园艺作物病虫害防控技术”创新团队。

上述研究计划的实施，加速培育了植物保护领域近万名中青年学科带头人和科技骨干，特别是对研究团队与领军人物的培养发挥了更为重要的作用，提高了我国植物保护领域的整体学术水平。

二、植物保护学学科近年的最新研究进展

（一）基础研究水平显著提高

基础研究在“973”、“863”和国家自然科学基金等计划的支持下，立足国际科学发展前沿，解决我国生物灾害防控和植物保护科技自身发展中的重大科学问题，整体研究水平有了显著提升，带动了植物保护学科基础科学的发展，有的分支学科在国际上已占有了重要的一席之地。

1. 植物病毒学

（1）植物病毒分子生物学研究

明确病毒基因组序列及其遗传变异特点，是深入开展基础研究和应用研究的必需工作，也为病毒的分子检测提供支撑。以往已对主要植物病毒的基因组序列及其变异特点有了较明确的理解，近年来，我国科研人员在水稻突发病害——南方水稻黑条矮缩病的病原确定上取得重要进展。南方水稻黑条矮缩病在2008—2010年间突然大暴发，但当时对于其病原并不清楚。浙江省农业科学院陈剑平院士课题组与华南农业大学周国辉教授课题组合作首次完成了南方水稻黑条矮缩病毒中国分离物（SRBSDV）全基因组序列；同时与越南农业科学院植保所合作对越南分离物进行了系统的鉴定，研究结果表明SRBSDV的10条dsRNA基因组片段，可编码13个开放阅读框（ORF），这些编码蛋白与同属病毒对应的蛋白质在序列上有不同程度的同源性，根据病毒RdRp和CP所做的进化树分析结果支持SRBSDV是斐济病毒属的一个新成员的结论。这为后续开展病害检测、防治提供了重要的理论依据。

(2) 植物病毒基因功能研究

病毒只编码有限的几个或十几个蛋白质,解析这些编码蛋白基因的功能是了解病毒如何在植物体内复制、扩散进而致病的手段之一。在水稻病毒基因功能研究方面,北京大学李毅教授课题组研究了水稻矮缩病毒(Rice dwarf virus, RDV) Pns10 蛋白抑制系统性 RNA 沉默的机制。发现 Pns10 能够抑制由正链 mRNA 所诱导的局部和系统性的 RNA 沉默,增强病毒在侵染叶片中的复制或者其 RNA 稳定性,加速病毒的系统性侵染,能使病毒进入茎尖分生组织。福建农林大学魏太云教授课题组研究了水稻齿叶矮缩病毒(Rice ragged stunt virus, RRSV)在其介体白背飞虱体内的侵染循环周期,明确 RRSV 编码的非结构蛋白 Pns10 病毒在介体内侵染过程中负责形成 viroplasm 的基质的最小病毒组分,是病毒的复制关键因子。在土传小麦病毒基因功能研究方面,浙江省农业科学院陈剑平院士课题组利用免疫荧光技术结合共聚焦电子显微技术分析了小麦花叶病毒(Chinese wheat mosaic virus, CWMV)从根进入韧皮部、木质部经筛管、导管进行快速长距离运输,并验证了 37K 蛋白通过跨膜结构域与果胶甲基酯化酶(pectin methylesterases, PME)存在直接的相互作用,证明了 37K 蛋白是一个运动蛋白,研究结果发表于 *Molecular Plant Pathology* 和 *Virology*。

(3) 植物病毒致病机制研究

浙江大学周雪平教授课题组发现双生病毒 TYLCCNV 卫星 DNA 编码的 β C1 通过与甲基循环中的关键酶 S-腺苷高半胱氨酸水解酶(SAHH)互作来降低 SAHH 的活性,从而达到抑制甲基化和 TGS 的目的。中国科学院微生物研究所郭惠珊研究员课题组与中国科学院遗传与发育生物学研究所谢旗研究员课题组合作,发现甜菜曲顶卷叶病毒(BSCTV)的沉默抑制子 C2 蛋白,与 S-腺苷甲硫氨酸脱羧酶 1(SAMDC1)互作,催化 SAM 脱羧成 dcSAM,减少甲基化供体而干扰 DNA 甲基化介导的基因沉默。该研究对诠释作物抵御双生病毒侵染及双生病毒逃避作物防御的分子机制具有重要意义,并为植物抗病毒提供了新理论和新策略,研究结果分别发表于 *PLoS Pathogens* 和 *The Plant Cell*。

(4) 病毒—介体—寄主互作研究

针对水稻矮缩病毒(Rice dwarf virus, RDV)在其传毒介体叶蝉细胞内的侵染循环过程,福建农林大学魏太云教授课题组揭示了 RDV 随介体叶蝉口针、食道到达滤室腔道,通过识别滤室上皮细胞专化性受体后以内吞作用进入细胞,并在非结构蛋白 Pns6、Pns11 和 Pns12 聚集形成的病毒基质内复制、装配,然后通过由非结构蛋白 Pns10 装配形成管状结构扩散到邻近细胞以及前肠、中肠、后肠等器官的过程,阐明了 RDV 在介体叶蝉体内扩散的机制,结果发表于 *PLoS Pathogens*。周雪平教授课题组发现双生病毒 TYLCCNV 伴随的卫星 TYLCCNB 是双生病毒与介体烟粉虱建立互惠互作关系所必须的,进一步发现 TYLCCNB 所编码的 β C1 蛋白是影响植物防御途径变化从而使得介体昆虫和病毒建立互惠关系的关键因子,揭示了植物防御信号途径介导的介体昆虫和病毒建立互惠关系的重要机制,结果发表于 *Molecular Ecology*。郭惠珊研究员课题组研究发现黄瓜花叶病毒 2b 蛋白的核仁定位是体内 2b-AGO 互作所必需,进一步研究发现,CMV-2b 蛋白通过结合 dsRNA,而不是 AGO 蛋白,来实现其体内的抑制子活性,证明了体内抑制 RNA 沉默和

DNA 甲基化都不依赖于 2b-AGO 的相互作用, 研究结果发表于 *The Plant Cell*。该研究为 CMV-2b 和 RNA 沉默途径的关键效应 AGO 蛋白的互作生物学意义提出了新的思考和研究思路。

(5) 植物抗病毒机制研究

Rubisco 小亚基是叶绿体重要组分, 清华大学刘玉乐教授课题组发现 Rubisco 小亚基是一个新的与 ToMV 运动蛋白互作的蛋白, 参与烟草花叶病毒组病毒的运动、植物对病毒侵染的敏感性, 并涉及 Tm-2² 介导的极端病毒抗性, 这是第一个报道的 Tm-2² 抗病毒信号途径中的信号分子。第一次发现病毒抗性基因 Tm-2² 这一典型的极端抗病基因在转基因植物中也能产生典型的伴随超敏反应的抗病性, 并发现两种不同的抗病类型(典型的抗病性与极端抗病)本质上仅由于基因表达水平不同引起。以伴随有卫星 DNA 的中国番茄黄曲叶病毒(TYLCCNV)为研究对象, 周雪平教授课题组利用 TYLCCNV 的致病蛋白 β C1 为诱饵, 采用酵母双杂交技术从番茄 cDNA 文库中筛选到与 β C1 蛋白互作的寄主因子 SlSnRK1; 通过转基因过量表达及反义表达发现, SlSnRK1 参与了病毒的防卫反应; β C1 蛋白能被 SlSnRK1 蛋白磷酸化, 并且磷酸化的主要位点为 33 位的丝氨酸和 78 位的苏氨酸; 33 位和 78 位磷酸化位点突变后的 β C1 突变体侵染植物后发病延迟, 症状减弱, 并且在植物体内病毒 DNA 的积累量明显下降。该研究表明, 番茄 SlSnRK1 蛋白通过与 TYLCCNV 的致病蛋白 β C1 的互作并磷酸化 β C1 而减弱病毒对植物的危害。研究结果发表于 *Plant*。

2. 植物抗病虫功能基因组学

近年来, 我国科学家在植物抗病虫功能基因组学方面取得了重要进展。特别是在抗病虫重要基因的克隆和植物抗病虫机理研究方面获得了重要的原创性结果。同时利用基因组学, 获得了一批重要的致病病原物和重要作物害虫的基因组数据, 为下一步致病基因的发掘奠定了基础。

(1) 植物抗病虫相关基因的发掘

1) 植物激素与抗病性的相互关系研究。中国科学院上海植物生理生态研究所何祖华课题组与美国密歇根州立大学合作研究, 首次发现参与调控植物免疫(抗病)反应的茉莉酸(JA)可以使赤霉素(GA)信号的关键抑制子 DELLA 蛋白 SLR1 累积, 造成植株矮化; 当茉莉酸信号减弱时, SLR1 蛋白快速降解, 因此植株快速生长。研究成果对于抗病及高产协调的农作物设计育种提供了思路。IAA(吲哚乙酸)可以导致细胞壁松弛, 从而使水稻更易遭受病原物的侵染。华中农业大学王石平课题组研究发现在水稻中, 植物的抗病基因 GH3-2 能够催化形成具有抑制细胞壁松弛蛋白表达功能的 IAA-氨基酸连接物, 使病原物诱导产生的 IAA 钝化, 从而抑制病原诱导的 IAA 积累使得水稻产生基础抗性。此类基因将可以在培育广谱抗性的水稻中得以广泛应用。

2) 泛素化途径相关蛋白对稻瘟病的广谱抗病性的调节研究。浙江大学宋凤鸣课题组和中国科学院上海植物生理生态研究所何祖华课题组合作, 通过对稻瘟病和其他防卫激素诱导得到水稻基因进行表达谱分析, 分离获得一个受稻瘟病和防卫激素诱导的锌指蛋白