



辽宁科协资助

LIAONING KEXIE ZIZHU

辽宁省优秀自然科学著作

● 孙立德 孙虹雨 著

农业病虫害气象学

Agricultural Plant Disease and Pest Meteorology



辽宁科学技术出版社

LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE



辽宁省优秀自然科学著作

农业病虫害气象学

孙立德 孙虹雨 著



辽宁科学技术出版社

沈阳

© 2015 孙立德 孙虹雨

图书在版编目(CIP)数据

农业病虫害气象学 / 孙立德, 孙虹雨著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2015.8
(辽宁省优秀自然科学著作)
ISBN 978-7-5381-9310-7

I. ①农… II. ①孙… ②孙… III. ①病虫害—关系—气象—研究 IV. ①S165

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第144907号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)

印刷者: 辽宁省印刷技术研究所

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm

印 张: 16

字 数: 350千字

印 数: 1~3000

出版时间: 2015年8月第1版

印刷时间: 2015年8月第1次印刷

责任编辑: 李伟民

特邀编辑: 王奉安

封面设计: 嵘 嵘

责任校对: 周 文

书 号: ISBN 978-7-5381-9310-7

定 价: 50.00元

联系电话: 024-23284526

邮购电话: 024-23284502

<http://www.lnkj.com.cn>

前 言

病虫害和气象灾害在为害农业生产的众多自然灾害中占有相当大的比例。为了减灾、夺取农业生产的丰产丰收,人们采取多种措施以趋利避害。生产实践的需要,促进了相关科学技术的进步。过去几十年来,尤其是改革开放的30多年来,许多科技人员为农业病虫害气象灾害的原理、预报和科学防御做了大量工作,至今已形成许多有用的成果,并用于防灾减灾,也形成许多可称为文献的有学术价值和(或)有应用效果的文章。这对农业病虫害气象问题的研究进展和进一步应用,无疑是一件大好事。但是,全面总结这些成果,作为一个分支学科加以论述,似乎尚需努力。作为农业病虫害气象研讨者中的一员,在此欲以书的形式略述自己的初步想法,以便与同行乃至有关行业科技人员展开交流。

本书分为3篇10章,分别从原理解析、预报求索和防御控制方面加以论述。

随着生产的发展,随着有关科学的进展和新技术的应用,农业病虫害气象学会沿着正确的航行方向迅速向前。相信,再过若干年,会有更多的同类书籍问世。

本书在编辑出版过程中,承蒙辽宁省气象科学研究所于系民研究员审阅修改文稿,辽宁科学技术出版社李伟民、王奉安编审编辑加工,我国著名植保专家赵季秋研究员作序,谨在此一并表示谢意。

由于作者知识水平、能力有限,书中缺点、错误在所难免,敬请广大读者随时批评指正。

作 者

2015年4月20日

序

本书第一作者孙立德研究员从事气象工作35年来,始终坚持以农业病虫害气象学的实验研究与服务应用为主攻目标。瞄准这一目标,脚踏实地地深入农田、温室,一面观察病情、虫情、苗情,一面观云测天,利用包括天气图、模式输出图在内的现代气象信息源,用定性定量相结合的若干新方法探索病虫害与天气气候潜在关系的奥秘。他坚守岗位,坚定信心,矢志不渝,组织项目组成员共同努力,所以取得了突出业绩,发表很多论文,获得多项奖励,到现在,做出系统且全面的总结,将其在不同年代分别取得的各项有关成果加以概括,从而将其研究提升到一个分支学科这一新的境界,可谓时机业已到来,也可以说应是瓜熟蒂落、水到渠成的时候了。这正是:一志金可镂,躬行道不穷,博采众家长,独到见解生,厚积卅余载,力作终铸成。

粗读绪论,我就被吸引住了。于是,便顺其自然地把全文初稿通读了一遍。刚一看毕,“读后感”便萌生于心中,以致催我用文字恰当地表述之,遂欣然命笔,一气呵成。

该书的确与众不同,它是一部颇有特色的专著。其特色可概括为4个字:新、信、广、用。

说它“新”,是因为首先映入读者眼帘的是已成熟的两门学科——植物保护学(以植物病理学与昆虫学为基础)和应用气象学(以大气科学为基础)的有效交叉。著名数学家、控制论创始人维纳曾经说过:“在科学发展上可以得到最大收获的领域是各种已经建立起来的部门之间的被忽略的无人区。”孙立德等这一学术著作,可以比作在两个成形学科之间被人忽略的荒芜之地上新建的一座拔地而起的楼房,它的建筑材料是新的,许多组成部分

(比如关于病虫害天气学设计)亦具有新意。

说它“信”，是因为书中所论观点，有充分的实践和理论基础，资料翔实确切，不少内容源于作者亲历，上升为理性认识后又经实践检验。

说它“广”，是因为书中涉及的基础应用学科是十分广泛的，也借助了多方面高新技术成果。

说它“用”，是因为既可为有关学科研究者、师生阅读，用之于学术创新；又可为农业生产者、气象科技人员和管理者用于农田、温室植保、气象服务运筹和广泛的减灾实践之中。

总之，该书是难得的既有理论价值又有实用意义的一部优秀自然科学专著。我相信，它的出版将会激起更多的研究、教学和技术工作者对病虫害气象学的浓厚兴趣，促进该学科的进一步发展和更广泛应用。

赵季秋

2014年5月1日

目 录

绪 论	001
第一篇 原理解析	009
第一章 病虫害气象资料信息源	011
第一节 由常规平行观测 (含观察、调查) 获取的通用资料信息	011
第二节 由专门设计的实验观察所获取的资料信息	013
第三节 由模式识别技术获取的昆虫气象并行监测资料信息	018
第四节 雷达气象与雷达昆虫的并行监测资料信息	022
第五节 卫星对昆虫和天气的并行监测	024
第二章 病虫害与气象要素的关系	026
第一节 虫害与气象要素	026
第二节 病害与气象要素	035
第三章 病虫害天气学: 基本原理	043
第一节 问题的提出	043
第二节 基本概念、术语及信息源	047
第三节 信息汇集与图上显示——填图格式	059
第四节 病虫害天气图的初步分析	061
第五节 病虫害依天气形势关系的研究	064
第六节 携虫 (菌) 天气系统	070
第四章 病虫害气候学	078
第一节 昆虫与气候关系: 定量模型方法	079
第二节 病虫害气候风险: 分析与评价的一般问题	080
第三节 病害气候地域: 分析与区划	085
第四节 信息技术条件下的病害气候区划	087
第五节 虫害气候区划	091
第六节 气候变暖对病虫害的影响	094

第二篇 预报求索	103
第五章 病虫害气象预报：基础、方法论及研讨厅	105
第一节 病虫害气象预报的生态动力学基础	105
第二节 病虫害气象预报方法论	110
第三节 综合集成研讨厅及病虫害气象预报的大成智慧工程	119
第六章 病虫害天气学：预报应用	125
第一节 半经验半理论的外推：从天气形势出发的应用	125
第二节 半经验半理论的外推：从生物运动出发的应用	132
第三节 天气系统与天气现象的动力效应——病虫害突变问题	137
第四节 害虫迁飞、降落的天气动力形势及预报应用	144
第五节 虫情（成虫密度）与天气形势关系的统计模式识别系统	155
第七章 数理统计等数学方法在病虫害气象预报中的应用	158
第一节 回归以及判别分析在病虫害气象预报中的应用	158
第二节 非参数统计检验在病虫害气象预报中的应用	162
第三节 病虫害气象统计预报方法的4个发展阶段	175
第四节 模糊数学、灰色系统在病虫害气象预报中的应用	178
第三篇 防御控制	183
第八章 长远性防御与天气气候适应	185
第一节 品种对病虫害的抗性与适宜气候落区：一般模型	185
第二节 品种对病虫害的抗性与适宜气候落区：灾变模型	193
第三节 天敌培养与利用的气象生态模型	199
第九章 应急防御（治）与携虫大气的人工影响	205
第一节 天气气候指标引导下的病害防治	205
第二节 药物防治与气象环境的一般关系	208
第三节 蔬菜病虫害防治与微气象环境调节	214
第四节 携虫（菌）大气的人工影响	219
第十章 病虫害气象调控的对策与决策模型	228
第一节 病虫害气象控制的博弈模型	228
第二节 按病虫害气象风险优选作物类型的决策方案	234
第三节 依干旱概率决策抗虫作物种植的类型	241
参考文献	245

绪 论

作为本书的开头,我们将分别论述病虫害气象学的学科形成过程、主攻目标和基本内容框架、在整个科学技术领域中的位置和主要特点以及前景展望这4个问题。

一、学科形成过程

气象是生物的一种重要的资源兼环境条件。绝大多数生物生活于大气环境之中,即使长时间生活于水中或土壤中的生物,也离不开空气,更不用说常年生活在大气环境中的农作物了。农作物本身与大气密切相关,这形成了众所周知的农业气象学。为害农作物的病害和虫害,也与气象条件息息相关。农业生产实践者在千百年的生产实践中,在与各种自然灾害做斗争的努力中,取得过丰收年景,积累了大量的成功经验;也经受过自然灾害的破坏,遭受过灾害减产歉收乃至绝收给予的打击,从中吸取了惨痛的教训。在农业灾害中归并起来主要不外乎气象灾害和病虫害这两个大类。社会的需要,尤其是农业防灾减灾,战天斗地的实际需要,鞭策多学科的研究者探索农业灾害的奥秘,以期在认识灾害的若干规律的基础上提出减轻灾害的有力措施建议,供生产管理者 and 实践者借鉴应用。在以往千百年的研究探索中,研究者之间有分有合,有合有分。随着科学的发展,科学分工越来越细,产生的科学分支便越来越多。一些人专门研究关系到气象灾害本源的天气、气候的问题,研究大气动力和热力机制,他们就是近代、现代科学中的气象学家。像在国际上久负盛名的挪威气象学派创始人皮叶克尼斯,挪威的佩特森,著名美籍瑞典气象学家罗斯贝,我国当代著名气象学家竺可桢、赵九章、叶笃正等。也有人专门研究农业害虫,像当代著名的昆虫学家陈世骧、邱式邦、马世骏、林昌善、李光博等。也有人专门研究农业植物病害,像当代著名植物病理学家沈其益、裘维蕃、曾士迈等。在分支越来越细的同时,各个学科之间的相互联系也变得越来越密切。这就使得一些研究者注意到了包括植保与气象等学科在内的有关学科间的相互渗透,病虫气象可谓这种渗透的范例之一。

我国关于病虫气象的早期的现代研究工作大约始于20世纪50年代。从理论研究来说,从事昆虫生态的一些研究者,首先注重气象生态在病虫害研究中的应用。在国外学习过的一些生态研究者,注意到早期成果的引进。比如,早在1931年英国的乌瓦罗夫发表了专著《昆虫与气候》,该书强调了昆虫大发生与气候之间的关系。1954年澳大利亚安德烈华斯和波斯发表的著作中,强调了气候在昆虫种群波动中的作用。1954年马世骏在《气象学报》上发表昆虫与气象关系的论文。1957年马世骏著《昆虫动态与气象》一书的出版,实际为我国现代病虫气象研究拉开了序幕。在我国,植物病害与气象

结合研究,始于20世纪50年代末至60年代初。1962年曾世迈发表《小麦条锈病春季流行规律的数理分析》一文,标志着我国病害与气象关系定量研究的起点。

促进病虫气象研究和业务发展的一种重要原动力是我国基层县和乡镇级业务单位,主要包括农业推广部门的技术人员和活跃于县、乡两级的气象人员以及在市(地)、省、中央级研究部门工作而热心于深入基层农村,渴望学习感性农业气象知识的相关专业技术人员。在深入基层为农业生产服务的思想指引下,科技人员急农民之所急,想农民之所想,干农民之所需。由于他们耳闻目睹亲身经历病虫害给农业生产(包括科技人员试验田)带来的严重损失,而这些损失又与温度、湿度等气象要素密切相关,以致植物保护和气象工作者中,一部分人侧重于病虫发生与气象关系的探索,这实际上是病虫生态研究的一个重要组成部分,即气象生态研究。也恰在那个时候,即50年代末,全国绝大多数县都成立了气象(候)站,自然有正式的气象记录,可供包括病虫气象为主攻方向的技术人员无偿使用。到60年代初,大多数基层农业技术推广部门(主要是其中的植保部门)能够把病虫测报、防治等自觉地同气候资料、县域通用天气预报结合起来。县植物保护部门人员利用本县气象资料者是绝大多数,随时利用本地通用天气预报作为病虫预测依据之一的,是大多数。为了减轻农业自然灾害,开展观测预报和共同为研讨病虫气象而努力的业务实践,使气象工作者和植物保护工作者在全国各县普遍地自然而然地协同起来,协同时间长了,气象与植物保护部门的参与人员也就成了业务工作上的共同协作者和共同探索者。这样的协作和探索,在我国开展得较多,并日益进步,有其特有的背景。我国在1959年前后是基层气象事业迅速发展的初期。如上所述,也就是在那个年代,我国基本上实现了每个县都有气象站。当时有一些县(不发报的)叫气候站。1965年桂林会议后,全叫气象站。在基层气象台站,农业气象服务是一直被重点加强的工作,其中有些单位,专门有以农业气象病虫为主要任务的技术人员,这正是我国气象业务部门中侧重于病虫害气象的专职人员的形成基础,有些乡(镇)有既从事气象又从事植保的技术人员,这势必让他们既学气象,又学植保,于是当然地赋予他们以气象与病虫害这样的双重的知识结构,也不乏融二者于一身者出现,这在客观上,为日后该交叉学科的发展从人力上奠定了基层单位不可或缺的实践、理论和能力基础。

在60—70年代,我国在病虫气象方面的业务工作是开展得很广泛的,但当时多重实践多重感性认识却有忽略理性总结提高的倾向,以致从事这方面工作人员没有能很好地总结经验,很少有人涉猎国际动态,更没有发表文章的场合,一些本来很可能有价值的见解只存留于当事人心中,没有得到很好的交流;当事人转行或退休,这些有用的经验和见解便随之付诸东流。

自70年代末至80年代中期,由于在科技部门学习全国科学大会精神,引导科技人员学习基础理论、提倡总结经验、开展学术交流并鼓励科技人员发表文章,使病虫气象从单纯业务实践和普及走向理论与实践恰当结合的正确道路,促进了在感性认识基础上理性认识的提高。一些基层工作人员和重视深入基础的上级专业研究部门的人员,对积累的经验作科学总结,并跟踪国际动态,经过进一步研究,写出有一定水平的文章,或

在会议上交流或在学术刊物上发表。那段时间及直到80年代末,可以说是病虫气象迅速发展时期,它使我国病虫气象业务研究也能走出国门,走向国际,这可以说是病虫气象学框架酝酿形成的一个基础阶段。

90年代初至今这20多年时间,是该学科正式形成的重要阶段。其主要标志是数学建模方法在其中的应用,高新技术在其中的应用并得以辐射、广泛推广。这些使该学科雏形接近突显,属于小荷初露尖尖角初期。此时写出较多文字对农业病虫气象予以系统讲述,随着可持续发展应运而生的该学科的主旨大体轮廓初见,对其加以总结可以说是适宜的时机到来了。

二、主攻目标和基本内容框架

农业病虫气象,顾名思义,它是关系到农业技术、病虫灾害和气象科学3门学科的一种多学科交叉的边缘分支学科。从农业科学整体角度讲,它属于农业基础科学中的农业气象学的一个分支,也属于植物保护学科中涉及生态问题的一个分支。从气象科学角度来讲,它属于应用气象学中的农业气象学。因为该学科相对于农业生产是起到基础作用,是为作物栽培育种药物防治病虫害直接服务的学科,所以它不可能像遗传育种学科那样,育出一个新品种,也不可能像农业昆虫分类学那样,去发现一个新的昆虫物种。其主攻方向是:利用昆虫学、植物病理学和气象学的基础资料与基本原理,通过各种试验(实验室、田间、数值模拟实验等)用定性、定量乃至从定性到定量的综合集成方法,较全面地分析和概括总结出由我国几代研究者和实践者为之付出心血的病虫气象业务、科学研究和专业教学的内容要点,同时参考国内外相应资料,跟踪发展动态,利用高新技术设备,沿着该学科不同阶段确定其各自的具体主攻方向,使其日益完善。本学科的总体主攻方向应是病虫害与气象之间的关系,因为只有在一定程度上理解上述关系,才能使研究沿着正确途径健康发展。该学科在其总体主攻方向的全局性目标指引下,大体上由3个方面构成其基本骨架,即基本框架。这里所说的3个方面就是病虫气象基本原理、病虫气象预报方法、病虫气象防御控制。以这3个方面作为本书的3个组成部分,作者将各分若干章节加以论述。因为本书题目是“农业病虫害气象学”,所论全部内容当然都针对农业。(为论述简便起见,此后不提农业只提“病虫害气象”)

为使本学科主旨目标得以分阶段地实现,将以既得实验、观测、探测、监测数据资料和实时信息为基础,通过定性、定量分析,尤其注重用数学分析、数学物理方程、概率论、特殊函数等方法,结合有关病虫源、气象要素、天气形势、气候资源等因素加以分析研究,再经由综合研究,形成有一定学术价值的或实用价值的或两者兼有的若干结论。这样的研究是针对生物对象(病虫)和气象环境,并行推进的。在研究过程中,尤其注意现代3S技术等手段,以实现模式化、定量化和自动化为目标。阶段性结果随时试用于病虫害气象评估、预报与防控之中。经由试用后,发现问题,再进行理性认识的分析。如此反复,在知行合一的原则下,大量的工作将会促成该学科在进展中产生若干次质的飞跃。

三、在整个科学技术领域中的位置和主要特点

(一) 位置

在整个科学技术领域中,病虫害气象学当然只不过是一个细微的分支学科,它建筑在若干基础学科知识之上,并作为多种应用学科与实用技术向前发展的哺育者。与它的形成直接有关的,是作为它的三大支柱的学科——植物病理学、昆虫学和气象学。这三大支柱学科可借喻为病虫害气象学的哺育者的发展,必然为病虫气象学提供必要的血液,而植病、昆虫和气象,无疑是建立在更为概括的基础的学科——地球科学和生物科学的基础之上。而地球科学和生物科学又离不开数学、物理学、化学和天文学,可将数理化视为一块基石,也可视为各学科的心脏。当然,基础学科总是在哲学基础上创建的。这些认识符合钱学森早年发表的论基础科学那篇文章所界定的概念。这样一来,病虫害气象学,可以说是建立在基础科学主要分支这个大动脉之上的一只微血管。当然,这一学科发展并不是均匀地依赖于基础学科的若干分支。要使其发展,研究者须注意从若干基础学科中直接或间接地汲取新鲜血液。比如,数学中出现的许多新方法,像20世纪20年代出现的积分回归,30年代出现的柯尔莫果洛夫检验,40年代出现的蒙特卡罗方法,50—60年代出现的逐步回归方法、模糊数学,70年代出现的改进车贝雪夫多项式、均匀设计,80年代出现的灰色控制系统、马氏决策规划、可拓逻辑,90年代出现的联系数学等,都被一些病虫害气象研究者较快地掌握,并在一定期间内以病虫气象为目标,有的放矢地运用于其中。在奠基石和三大支柱之上建造并成长起来的病虫害气象学可以被直接确认为是如下3个学科各自的细微分支学科,这3个学科即:农业气象学,在分类上既属于农业基础学科,又属于气象学中的应用气象学,按新公布的中图法分类,分别为S16和P49;生物气象学,是生物科学(按中图法为Q类)中的一门基础学科;植物保护学,属于农业科学中的一个分支。

由于农业病虫害气象学在整个农业科学中的基础地位,在它的成长和发展过程中,随时都为多门农业应用科学“输血”,可喻之为农业中多种实用技术学科的哺育者或输血者之一,它本身为农业技术源源不断地提供必要的技术支撑。就以作物学而论,查阅百部作物栽培学教材或有关专著(如玉米栽培学、蔬菜栽培学、高粱学等),书中全都讲到病虫害,在讲病虫害时,都涉及气象要素指标的论述,这说明作物栽培等农业技术是离不开病虫气象研究成果的(图0-1)。

(二) 学科特点概要

本学科的主要特点,可概括为学科并行性、交叉复杂性和系统开放性。

1. 学科并行性

农业病虫害气象学的本质既然是研究为害农作物的病虫害与气象学两者之间的关系,它的产生和成长乃至在一定阶段的相对成熟,都离不开构成它的支柱学科的发展;当我们按照今日人们常把病虫害视为一个整体,则可视现代的病虫气象系基于植物病理学、昆虫学和气象学各自的发展而向前迈进的。确切地说,植物病理学、昆虫学和气象

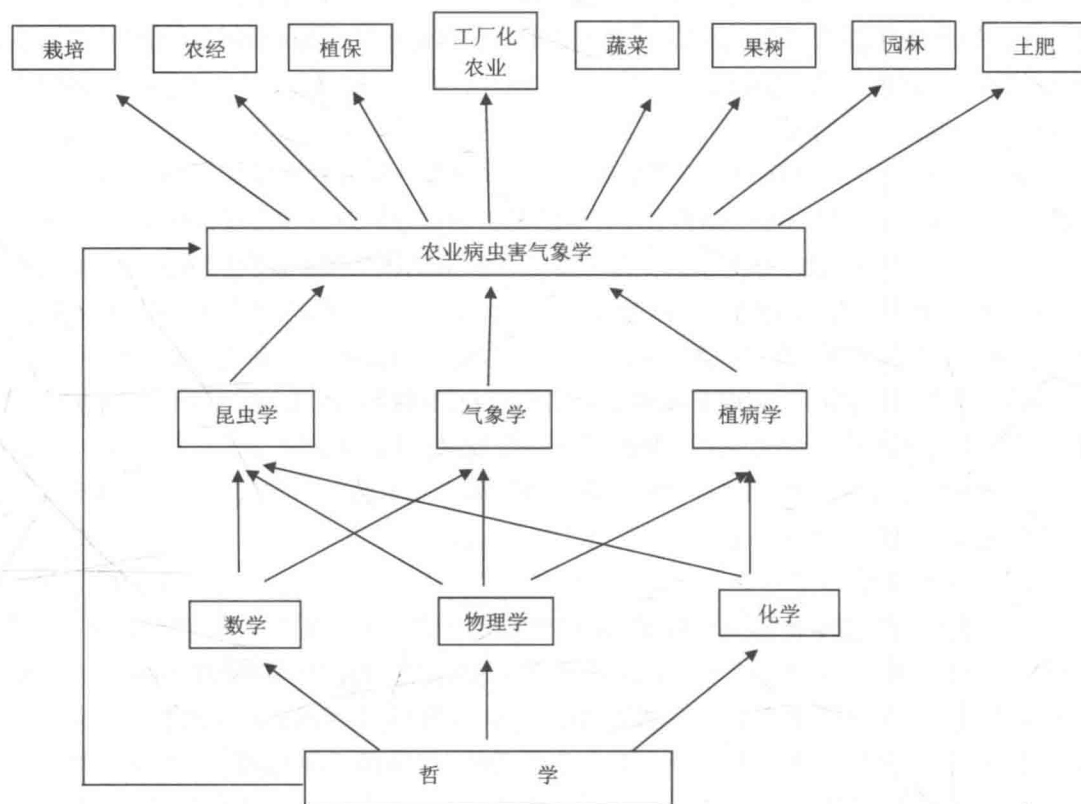


图 0-1 农业病虫害气象学在科学技术中的位置

学各自学科的发展，其中必然存在与本学科（指病虫害气象学）相关的内容，都对本学科发展有促进作用。而自觉地跟踪植物病理学、昆虫学和气象学，并将三者有机联系起来，则是提升农业病虫害气象学这一学科水平的必由之路。

自从有了近代气象学，比如 1851 年，英国人格莱舍在英国皇家博览会上，展示了世界上第一张用电报收集各地地面天气资料而绘制成的天气图以来，气象学进入了用天气图作预报的初试阶段。但由于天气图在当时并未普及，植物病害研究者更未重视它，尽管当时植病流行研究先驱者已充分注意到环境影响，但真正重视天气的植保研究，大概在 20 世纪中期，因为当时已经出现了天气学原理和方法。如高曼 1946 年在《植物病害》一书中在流行病发生的环境条件方面，将有适宜病原形成、发展的天气条件放在重要位置。但由于植物病理学、昆虫学与气象学三者各自学科发展中，并非“相互照应”或曰“相互等待”，所以它们间相对滞后的现象是必然的，以致 3 个学科之间不很协调；产生这种情形的另一原因，是专门的有意识的协调三学科关系的人，毕竟是少数。在初期阶段，基层的协作（在县或乡）关系，主要是互通资料，互通结果。一般是植保人员（可视为植物病理学、昆虫学两学科的应用人员）去当地气象站抄气象资料，结合植病和虫情加以分析；另外将气象站通用的自身预报工具做出的预报结论作为病虫预报依据之一。这种做法虽然是并行，但并未相互渗透。做了几年以后，植保人员照样不懂

天气图,气象人员依旧不懂病虫害情。但是,一些有先见的研究者早在20世纪50—60年代,把气象与病虫害结合起来,如马世骏、丁岩钦等对东亚飞蝗的研究,林昌善等对黏虫的研究,均可认为是这种做法之范例。在国外,70—80年代,罗蒂姆关于气候和天气对于病害影响的论文促进了植物流行病学的发展。

我国在20世纪80年代初,一些基层气象人员兼作植保工作者,最早引用500 hPa天气图(当时基层单位得不到850 hPa以下等压面图的信息,只能考虑对500 hPa和地面天气之间关系,再行外推)作为虫害预报依据之一,可被认为是天气图与虫情并行的一步进展。20多年后,在21世纪初有研究和实践者利用天气图和数值预报产品,如MM5产品,开展病虫害预报,是并行发展的又一例。在病害与气候结合研究上,2005年我国马占鸿在第九次植病国际会议上发表了中国小麦条锈病越冬越夏GIS和地理统计学气候区划研究的学术报告,标志病害气候研究中高新技术应用的成绩。

注意到3个学科发展的并行性,注意协调、减少三者的时间滞后差,则有利于实践业务的进展和研究学术水平的提高。

2. 交叉复杂性

有关现代自然科学史和自然辩证法的许多研究成果指出:近五六十年以来,科学发展的的事实表明,我们正处于科学史上的一个大转折的时代,处在从经典的机械论科学向新兴学科转变的时代,也就是普里高津耗散结构理论创始人所说的,从简单性科学向复杂性科学转变的时代。就我们所论病虫害气象学这样一个细微分支而言,它的每一点认识的进展,无不伴有复杂性的认识。初涉该领域的研究者,一开始或期盼着能像经典牛顿力学那样精确地给出一组微分方程并求出其解析解,这样病虫气象预报控制中的许多问题就迎刃而解了。但这样的期盼目标,在现阶段是几乎无法实现的。因为所论具体问题相互交织,有内在外在联系,所以用类似牛顿力学思路,面对复杂问题,当然是不能迎刃而解的。不用说找出解析解,即使求数值解也很难。因为如果要求像动力气象学那样,在流体动力学和热力学的基础上,给出比较客观的合理可用的天气方程组,对于病虫害气象问题,也是办不到的。从哲学的运动形式来说,后者涉及生物运动,理应是比只考虑地球大气的物理运动,要高两级的运动形式,以物理运动定律处理生物运动问题,就是将复杂问题看得简单了,违反了“把复杂问题当作复杂问题来看”的哲理原则。在处理复杂问题方面,病虫害气象研究已有成功之例。比如对农业害虫的认识,20世纪初以来,在相当长一段时期内,忽略了对迁飞的影响。客观上,我国在1949年以前,还没有高空天气图(我国第一张500 hPa高空天气图,是叶笃正于1950年绘出的),尽管有些在当时从国外回来不久的昆虫研究者注意到气流与昆虫动态的关系,但也无法获得必要的气象信息资料。在当时,像对待黏虫预报和控制这样的问题,一度连续几年,立足于简单性思维,防虫者一般只能立足于当地,比如东北某地的植保工作者,只考虑当地的虫源、气象等条件,并未考虑黏虫是否可能自山海关内向东北迁飞的问题。著名科学家爱因斯坦曾说:“提出问题比解决问题更重要。因为要想解决问题,必须得先看出问题,才能提出问题。”如果只停留在人们印象中“黏虫可能不迁飞”(因

为它们与蝗虫不一样,蝗虫迁飞是一般人看得见的,甚至可以说是听得到的)简单性思维这种方式面对复杂问题,未看出其复杂性,而误以简单性思维来考虑问题,那么至今许多人也不会知道黏虫自关内飞向东北这一事实。在客观上,张宗炳早年(1959年)提出迁飞的想法,后被科学界认定为“张宗炳假说”,经由多人努力,放飞试验证实了黏虫迁飞(比如从华北飞至东北)的事实,并结合气象中的天气学作了证明,一些气象专家与昆虫专家精诚合作揭开黏虫迁飞之谜,这正是昆虫学家与气象工作者联手取得的处理病虫害气象这一类复杂性问题的范例。这种复杂性,在病虫害气象中还可以举出许多例子,它们主要源于病虫害(植保)与气象学科的交叉。由于这些并行学科,主体上分属于生物科学和地球科学,而它们之间虽有联系,同时也有很大的不同,正因为它们分属生物运动和物理运动,使交叉复杂化。认识到复杂性后,今后宜加强有关学科内在联系性的探讨,无论在基层或上级研究部门,学科渗透都是很重要的。

3. 系统开放性

病虫害与气象交叉所构成的系统,具有明显的开放性。病虫害—气象系统的复杂程度与系统开放性息息相关。一方面,全球大气环流系统以及它与海洋环境之间的相互作用从地学系统认识,本来就是开放的,在对流层天气系统的移动和影响下,在几天之内的时间尺度上即能明显变动之特征。而属于生物运动的导致作物病害的真菌、病毒、细菌等微生物的运动,从微小尺度到大尺度具有开放性,导致虫害的虫源广泛传播。成虫迁飞,也是开放的,一般没有显示空间界限。这样由大气环境和虫害虫源、致病微生物共同运动所促成的病虫害—气象系统就易于理解了。事实上,有许多病虫最初往往起源于某个地方,源于近地面层大气之中,导致其生成的虫源或病源物随着气流的传输或其寄主植物的人为易地,在许多地方,许多国家都可能发生、蔓延、扩散乃至流行。

系统科学的理论指出,系统开放的方式和程度,系统与外界环境的相互作用,都直观规定着系统的复杂性。普里高津等强调开放性是组织产生和维持的必要条件。对于简单系统,可以用控制参数的变化来描述,比如,工厂化农业的封闭环境下霜霉病同湿度的关系,可以用几个变量说明;但对于大片农田以及农林牧交错地带生存的生物体,在变化中的外界天气作用下而形成的复杂系统,就不能用几个简单变量加以客观描述了。

系统开放性为病虫害气象研究带来许多麻烦。为了减少这些麻烦,须探索气象、海洋、农田、森林、草原牧场等系统相互作用和遥相关关系,用处理开放问题的方法加以评估。系统开放性的现实,激励着不同学科研究者,在学科渗透中从必然走向自由,而避免以往各学科之间“领域不犯”的封闭研究的某些做法。

四、前景展望

在农业生产可持续发展的时代,农业生产的“两高一优”(高产、高效、优质)的水平不断提高,精准农业技术不断发展必将促使减灾技术的发展。如前所述,在农业灾害中,气象灾害、病虫害所占的比例是很大的,为减轻上述两大类灾害,生产者和管理者必不可少地向病虫害气象研究者提出这样或那样的问题。其中,许多问题既要求人们

给出长远的答案,又需要给出现实的回应。社会生产的需要是病虫害气象研究的一种推动力。与此同时,许多应用学科,像大田作物栽培育种、果树、蔬菜以及生态农业基本建设等也都需要病虫害气象实践者为其提供服务,但病虫害气象学现阶段的发展水平,却不能满足实际工作者的需要。比如,在作物生长的不同阶段,生产者需要关于虫情、致病微生物方面的准确的预报,但现有的预报工具显然还不能满足他们的要求,预报失误是常有的。为解决这样的难题,病虫害气象学方法的进一步研究是必须加强的。又如在防御方面,需要研究者提出治本和治标的建议,而现有模式也是不能满足这一需求的,所以必须发展涉及防御方面的问题的病虫害气象研究。今后的研究目标,不仅需要预报,也需要提出决策或对策的办法,这事实上是系统工程在病虫害气象中应用的课题。病虫害气象的发展需要有一定的人力基础。这方面的研究者,主要是植保和气象部门的从业人员。再深一步,尤其是涉及理论问题的,有昆虫学(主要是昆虫生态学)、植物病理学(以流行病害和气传病害为主)以及系统工程领域的研究者。

从科学史上的一些事实可见,以前病虫害气象学虽然没有被列为专门学科,相应书籍也是寥若晨星。但事实上,却有一些研究者早已涉足该领域,尽管可能是不自觉地默默奉献于该学科。现在作为一个相对独立的分支学科被明确地提出来,相信会有更多的科技人员全力或部分地投入时间和精力步入该领域,为构建病虫害气象学这座科学上的全新建筑物而奋力工作。在前几十年,由于气象部门、植保部门人员有限,人员资历和学业基础有限,专门致力于该学科人员相对较少。从近年来的一些刊物和在学术会议上发表的文章来看,热心于该学科的气象、植保人员越来越多。相信,再经过若干年不同学科人员的齐心协力,该学科的创新发展和实用效果,前景可观。期望有朝一日,内容更丰富、水平更高、学术和应用价值更大的另一本病虫害气象学著作能摆上科技图书的新书架上。

如前所述,为了论述的方便,本书分为原理解析、预报求索和防御控制3篇,每一篇再分若干章。作为一个学科整体中的内部,3篇是有机联系的,是密不可分的。

第一篇 原理解析
