



Study on Occurrence and Control of Main Crops
Diseases and Pests Forecasting Weather



农作物主要病虫发生气象规律及 预测防治研究

孙立德 孙虹雨 著

 辽宁科学技术出版社
LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

农作物主要病虫发生气象规律及 预测防治研究

孙立德 孙虹雨 著



辽宁科学技术出版社

沈阳

8425080

© 2014 孙立德 孙虹雨

图书在版编目 (CIP) 数据

农作物主要病虫发生气象规律及预测防治研究 / 孙立德, 孙虹雨著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2014.6

ISBN 978-7-5381-8588-1

I. ①农… II. ①孙… ②孙… III. ①气候影响—作物—病虫害防治—研究 IV. ①S435 ②S16

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第081446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: 沈阳新华印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 9.25

字 数: 195千字

印 数: 1~4000

出版时间: 2014年6月第1版

印刷时间: 2014年6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: 李 霞

书 号: ISBN 978-7-5381-8588-1

定 价: 30.00元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

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

内容简介

本书是在作者试验、调查及现场平行观测所获一系列第一手资料和多项专门课题研究成果基础上的进一步研究与广泛应用实践的总结。总论中提出了农业两大类自然灾害——病虫害与气象灾害的内容、研究方法和意义,继后6章依次论述了黏虫、高粱蚜虫与丝黑穗病、棉铃虫、棉蚜虫、草地螟、土蝗、果树食心虫、蔬菜霜霉病等与气象关系的分析、评价、预测与防治。分析与综合的重点是多种数学方法、天气学方法在病虫气象建模中的作用、病虫气象经济效益、气候变暖对朝阳地区主要农作物病虫害影响及其防御对策,尤其论述了气候变暖对日光温室有关病虫害影响的若干具体问题。本书主要供病虫气象专业研究者及植保、气象部门有关科技人员参考,也可以作为相关学科师生的教学参考书。

目 录

总 论	001
第一节 农业生产的两大类重大自然灾害——病虫害与气象灾害	002
第二节 减灾科技进展：持续性、阶段性和知识更新的适应性	005
第三节 关于病虫气象中的试验问题	007
第四节 关于现代数学方法在病虫气象中的应用	009
第五节 关于跟踪基础气象业务若干进展的问题	017
第六节 关于病虫气象中综合集成方法论问题	021
第一章 黏虫的气象研究及其发生预测	028
第一节 迁飞降落与天气系统关系的初探	028
第二节 二代黏虫发生与气象条件的关系及预测基本模式	031
第三节 用逐步回归法预测喀左县三代黏虫发生程度	034
第四节 用主成分分析法预测喀左县二代黏虫发生程度	037
第五节 光照强度与喀左县三代黏虫发生的关系	040
第二章 高粱蚜虫和丝黑穗病的气象防治研究	045
第一节 高粱蚜虫发生状况的田间调查及其与气象关系的定量解析	045
第二节 高粱蚜虫发生的气象预测	051
第三节 考虑旱涝关系等气象因素的高粱蚜虫和丝黑穗病防治技术	054
第三章 棉铃虫、棉蚜虫的气象研究及其分析、预测与防治	056
第一节 分析与评价	056
第二节 一代棉铃虫蛾峰降落与天气系统的关系	058
第三节 二代棉铃虫发生程度与气象条件关系的灰色关联优势分析	059
第四节 二代棉铃虫卵高峰期灰色灾变预测兼论回归预测应用	063

第五节	喀左县棉花蚜虫第一次高峰期的灰色灾变预测	066
第六节	棉铃虫监测防治气象实用技术综述	069
第七节	FZX 农药增效剂防治棉铃虫效果对比试验	070
第八节	二代棉铃虫药剂防治效果的模糊综合评判	072
第九节	应用高压汞灯防治棉铃虫效果试验	075
第四章	土蝗的气象研究	078
第一节	笨蝗生长与温湿度关系及长期预测	078
第二节	笨蝗发生程度与气象因子关系的灰色关联分析	080
第三节	亚洲小车蝗发生与气象条件关系初探	082
第五章	园艺作物病虫害的气象研究	085
第一节	桃小食心虫发生期气候条件的灰色关联分析	085
第二节	用岭回归方法预测苹果小食心虫发生程度	089
第三节	秋白菜霜霉病发生与气象等环境条件关系及灰色预测防治	092
第四节	垄鑫防治日光温室土传病害及效果	098
第六章	病虫气象的若干综合研究	101
第一节	基本思路来源于方法论	101
第二节	天气学方法在病虫气象中的应用——以黏虫与草地螟为例	102
第三节	用蒙特卡罗方法评价主要害虫	114
第四节	病虫气象经济效益	117
第五节	气候变暖对朝阳地区农作物主要病虫发生规律的影响 及其防御对策	127
第六节	冬季气候变暖对日光温室大棚病虫害发生的影响及防御对策	135
后 记	139
参考文献	140

总论

农作物病虫害是农业生产的重要生物灾害，是影响农业生产持续稳定发展的一大制约因素；它具有种类多、影响大，并时常暴发成灾的特点。农作物病虫除受其自身的生物学特性影响外，还受各种外界环境条件的影响。这里所说的生物学特性是指致病微生物和有害昆虫的基因，可以认为是病虫发生、蔓延和为害的内因。而环境条件可总体上被认为是病虫发生、蔓延的外因。即使从一般的自然辩证法原理出发，我们也可以有充足的理由认为：病虫生物特性本身是病虫害的内因，是其变化的根据，而各种环境因子则是外因，是其变化的条件。外因总是通过内因而起作用，在某些内因条件下，外因的作用是重要的，有时甚至起决定性作用。众所周知，作为生物重要外因（即生态环境）的气象因素在外因中占有重要地位。这是因为，一方面气象本身（温度、湿度、光照、风、雨等气象要素及地面、近地空气、距地面1 000 m左右大气中气流等大气运动形势、天气形势）可直接作用于病虫，如气传病害流行与风关系密切；昆虫动态，如草地螟虫量多少、飞行方向如何依赖于气流等。另一方面，与病虫关系密切的非气象类生态环境，农作物品种、耕作栽培制度、施肥与灌水的制约因素，也受气象条件的较大影响。外界天气气候条件与病虫的发生消长有着密切的关系，它直接影响病虫的生长、发育、生存、繁殖，从而造成病虫的发生期、发生量和为害程度不同。因此，国内外都非常重视该项研究。许多科技人员研究病虫发生、消长与气象条件的关系，为提高预测、预报准确率和防治效果提供科学的依据，从而提高农民的经济效益。

截至目前，关于病虫害与气象条件关系的研究，人们已做过许多工作。从研究的方法来说，是从定性走向定量，以便能客观地认识、评价病虫害与气象的关系，进而为较准确地预测病虫害、科学地防治病虫害提供定量依据。但由于种种条件的限制，理想的定量研究，还远未完善。

第一节 农业生产的两大类重大自然灾害 ——病虫害与气象灾害

一、客观实在性

农作物病害和虫害，因为都是生物类灾害，而且常常共同影响同一类乃至多种农作物，所以被人们通称为病虫害。像黏虫、蝗虫、蚜虫、螟虫等虫害，像稻瘟病、锈病（条、叶、秆）、霜霉病等病害，可以为害多种粮、棉、油、果蔬、花卉等作物，为广大农民群众及城市园林工人所常见。即使不专门从事农业生产活动，凡与农业、农村有所接触的广大城乡群众，对这些病虫害也从常识的角度出发，有所了解；有些居民虽不多接触农村，但从农作物产品上，也会对农业病虫害有所了解，如在某些果实内见到食心虫或受虫害的迹象等。至于研究农村、农业和农民的社会科学与自然科学技术人员，则常思考病虫害问题。农业经济统计部门也总是在农业灾害中，把病虫害给农业造成的直接经济损失乃至对整个国民经济的影响作为一类重要内容。而从农业技术方面来说，植保部门（一般是农业技术推广部门的一个组成部分）则常年从事病虫害的研讨、分析、预测与防治的技术指导工作。这类工作已遍及全国，从中央到乡镇，各级都有专门的机构，有固定的人员，如果加上虽不专门从事植保，但在通常的农业技术工作中，也有不少农业技术人员把病虫害作为其业务的一项重要内容。其实，除植保外的农业技术业务，比如育种、栽培、耕作、土肥、农业经济等专业技术人员，也总是离不开植保。育种者在其制种田的作物中发现某种病虫害，是很重视的。历史上，20世纪50年初广泛种植的冬小麦良种（如碧玛1号），后来因为抗锈病能力差，不得不退出小麦良种的历史舞台。

农业生产中另一大类灾害——气象灾害，不但是农民群众、农业技术人员和农村干部对其了如指掌，即使一般城镇居民也是很关心的。风调雨顺是人民群众所期望的，历史上风调雨顺的年份是不不少的。但另一方面，旱、涝、风、雹、低温等给农业带来损失，甚至导致局地颗粒不收的局面，从历史年份来说，也是屡见不鲜的。气象干旱使大片农田作物受旱灾的严重影响。一场大暴雨导致水涝可冲毁农田或使某些作物被淹；一场大风给果树造成影响或使某些禾本科作物因风灾倒伏；冰雹过后，作物被毁；低温致霜冻、冻害及冷害，也会使某些作物大面积减产。在我国被称为五灾俱全的地方还是不少的，尽管各种灾害程度有所不同。为应对气象灾

害,气象台站在国家统一规划下,从无到有,从小到大,气象人员培养得很多,并且水平逐渐提高。

对农业生产的其他灾害,比如泥石流、滑坡等地质灾害、鼠害、鸟害等非昆虫纲动物致害等,也是有的。但总体来说,在农业灾害中,重大且涉及全局的,面广且影响较大的可归并为上述两大类——农业病虫害和农业气象灾害。

二、相对独立性

上述的对农业生产有重要影响乃至构成重大威胁的两类灾害,有其相对独立性。即有些灾害是相对独立发生的,是按自身规律发展蔓延的。在气象灾害较少的风调雨顺的年份,可能是病虫害多发年份;在气象灾害严重的年份,可能不是病虫害多发年份两大类灾害。这种各自独立性的存在,使人们可以从不同学科各自分工的角度来研讨各自面临的自然灾害特征,而并不一定总是对植保和气象这两门学科并行地加以研究。比如说,一些气候研究者或是纯气象的预报研究者,可以只研究气象干旱,而从未涉及病虫害;也有一些病虫害研究者,尤其是涉及病虫生态较少的若干分支学科,可能从遗传学、分类学方面专门研讨某种昆虫、某种病害,而不去考虑其与农业气象灾害的关系。

虽然有上述两种灾害的独立性,但这种独立性是相对的,即在一定时期、一定研究方法、一定认识水平的条件下,没有注意到两种灾害的内在联系,但不等于其没有联系,更不能说是完全独立的。在生态学未被引起广泛重视的年代,很少有人注意引起病虫害的若干致病微生物、有害昆虫的基因与气象环境尤其是作为生态环境的小气候之间的互作关系。20世纪70年代,美国著名农业气象学家罗森伯格在其名著《小气候——生物环境》中并非只论述小气候与作物病虫害问题。比如关于气候变暖,已越来越引起各界的重视,包括病虫害研究者,所以有关于历史上气候变暖对病虫害影响的回顾,也有关于未来气候变暖可能导致某些病虫害发生的展望。这说明:气象灾害与病虫害之间虽有一定的独立性,但实际上,这种独立性是相对的,而它们之间的非独立性却是绝对的。

三、必然联系性

无论是在气象部门的技术人员,或者不在气象部门的技术人员,对关于病虫害与气象灾害的必然联系的认识,最早可以说是起源于防御两大类灾害的实践。农民为了农业生产的丰产丰收,用药物防治作物病害和虫害的活动,可以说是由来已久,但是在没有植保站和气象站的年代,农民的防治活动往往是自发的、凭经验

的。当然，农民也了解一些病虫害与干旱、湿度、温度等气象条件的关系。随着农业技术的发展，从建立了气象站和植保站的时代开始，事实上人们已经把气象灾害与病虫害初步地联系起来。根据农业技术的要求，植保人员面临着发布病情、虫情预报的任务，所以他们必须找科学上的依据，尤其是数据上的依据，这就是最早的气象与植保联系的活动，即植保人员去气象站抄资料，抄了以后，再对照病虫害实况进行分析。进一步的活动是植保人员对于气象预报需求，将其视为作为其病虫害预报的依据之一。植保人员一面分析病虫害指标、一面考虑未来天气趋势，并在两者结合的基础上制作病虫害预报。从观测数据上的联系到预报上的联系，这是该两个领域必然联系性的初级阶段。在这个阶段中，气象部门的一些农业气象人员则把相当多的力量投入到病虫害气象分析与预报业务之中。在基层单位（主要是县级）促成了这一必然联系，在这一客观形势出现的促进下，地（市）级、省级和中央级的相应工作，也必然地联系起来，其方式大体上是气象部门热心于植保的人员与农业部门热心于气象人员的必然联系。此期间，为了促进这一联系，一些地方将学过植保的毕业生派往气象部门工作，全国不乏此例。省以上气象与植保部门以及高校有关学者，虽不能像县级科技人员那样直接接触基层气象业务和经常亲眼看到作物受气象灾害与病虫害的实况，但他们一般借有利机会深入农村，并侧重于全局性的研究，总结面上成功的经验和失误的教训，以致取得相应成果，指导基层工作。可见这种必然联系，促进了气象灾害与病虫害的科技发展，并为业务和减灾实践提供了科学依据。20世纪50年代末，北京大学林昌善教授骑着自行车在辽宁南部农村调查并分析天气图，就是一个值得后人效仿的范例。又如原西北农学院吕锡祥教授于1970年深入全国劳模张秋香所在的渭南县双王公社，住队观察病虫害并与气象台预报人员共同研讨病虫害预测。

这种联系可以归结为以下几个方面：第一，社会需要的必然联系。在生产者和管理者看来，涉及农业减灾问题的决策都需要科技部门为之提供服务，这使得灾害对农业影响的共性对于气象植保两类专业技术人员来说，是不可分割的。第二，科学方法上的必然联系。许多基础学科同为上述两学科的基础，基础牢固，不同学科都可在其上发展，用于甲学科的方法，也可用于乙学科。在初期的认识是：病虫害侧重于生物运动，所以，植保人员在化学、基础生物学、物理方面要求较高，以致在20世纪50—60年代植保系高校本科教学，基本上不把高等数学列入必修课。与此同时，对于农业气象学科，在数学、物理学方面要求较高，在化学、生物学方面要求较少。但后来的发展证实，许多基础学科，对于植保人员和气象人员是共同的需求。比如，今天人们普遍认识到：数学中的许多应用学科，像概率统计、微分方

程、模糊数学等被植保人员和气象人员共用，这充分体现了随着科学的发展，两学科之间的必然联系更加突显。第三，从业人员联系的必然性。对多年的实践加以总结，可以说，无论在气象部门或者在植保部门，都培养出一些将气象灾害与病虫害联系起来的专门人员，他们是两学科从业人员必然联系的结果，是两种知识结构融于某些科技人员之一身的成效。不专门从事病虫害气象，但在其工作中注重两者联系的人员，这是两类从业人员必然联系的另一个方面。比如，一个小麦育种专家对小麦病害有深刻认识，一个干旱气候评价专家对于干旱给病虫害带来的后果有全面认识，都是很必要的。

第二节 减灾科技进展： 持续性、阶段性和知识更新的适应性

科学技术是第一生产力。这一基本原理在上述两大类农业灾害的研究和减灾实践中，有着充分的体现。在自然辩证法原则指导下，探索农业气象灾害与农业病虫害规律联合研究与发展的道路，经历了长期持续发展的漫长过程。在科学技术总体水平很低的古代，农民眼看着旱涝风雹害、病害、虫害毁坏庄稼，但因不知其规律性，以致无法及时应对，或束手无策，甚至束手待毙；更甚者，还有求助于“老天爷”的封建迷信举动，比如旱天求老天爷降雨、涝天拜龙王等神仙上帝等。随着许多基础学科的发展，农民们逐渐认识到科学看天治病虫的意义。在20世纪50年代，就有学者研讨昆虫动态与气象关系的规律。这在我国，可以说是最早研究病虫害与气象关系的尝试。随后的一系列发展，直到今天，可以说人们已经掌握了一整套有关知识，并随时广泛用之于实际防治之中。就作者的经历和浅见，按发展的阶段性可以概述如下。

第一阶段，初识两者关系，以定性解析为主。在气象类、植保类各自学科进展的基础上，探索两者关系，是现代病虫害与气象关系研讨的首要步骤。从单纯观测、预测天气，单纯观察病虫害、预测病虫，到两者联合行动，是用科学方法研究、应用病虫天气、气候关系的开启活动。研讨需有资料数据，但是在不自觉地、自发地进行群防群测的初级阶段，无论是系统的病虫害调查资料，或者是系统的气候资料都是短缺的。直到1959年，我国实现了全国性的县县有气象（候）站，这无疑为病虫气象工作提供了有用的气象数据。与此同时，病虫害调查也纳入有规范的、统一标准的记录阶段。即使在有系统观测资料的农业气象试验站和有作物物候

观测任务的一般气象（候）站，也都积累有所观测记录的病虫害资料，并且是全国统一标准的。这些资料至今仍存于各级气象档案馆（资料室），这为气象部门的病虫害气象工作提供了方便。从研究方法上，这一阶段主要是从生物物理意义上加以阐述，阐述的方法基本以定性为主。例如，关于霜霉病与湿度的关系，人们从生物意义上早已认识到湿度大，易发生该病害，所以设法使保护地湿度不宜过大。在应用上，依据这个关系，推测出未来雨后田间湿度，则可根据此作出未来霜霉病严重程度的预测。这一阶段的另一个表征，是用气象观测值结合病虫害调查状况，加以评估，一般不能定量，也未用数学工具。

第二阶段，对较系统的两大类资料积累并结合必要的田间调查资料，进行统计分析。这是因为资料的量较大，以致允许人们运用数理统计工具作简单的统计检验如费希尔 F 检验、学生氏 t 检验以及柯尔莫果罗夫检验、相关分析和线性回归分析。所用资料仍以气象要素和病虫害调查数据为主。是从定性迈向定量的一个有力的步骤。此阶段用求相关系数和回归方程的方法较多。回归分析目前仍在应用，这与当时的一些研究者的捷足先登是分不开的。

第三阶段，是一个由表及里的研究阶段。在社会上，一提起气象，提起病虫害与气象关系，植保人员起初往往只注意通过常规的观测得出的温度、湿度、风、雨量等数据以及雾、沙尘暴、霾、雪等天气现象加以分析。因为在当时的条件下，植保人员对于气象学知识的掌握比较有限；即使在气象部门，由于受行业细微分工及学科间“领域不犯”思想的误导，搞昆虫病害的气象人员对于那些近在咫尺的天气图形势，也往往敬而远之，或望而却步，尽管他们具有一定的天气学知识。一些研究者依据哲学上的辩证法原理，尤其是对立统一规律，从思路上考虑到由表及里的路径，认识到气象要素和天气现象只是大气运动的外表体现，而本质上则依据的是大气运动规律的天气形势，也是气象人员常说的环流背景，而天气形势则是由天气学中的一些特征体现出来的。另一促成机制，是一些研究和业务人员，在一定范围内既作过通用天气预报，又作过病虫害预报，业务实践促进其结合。所以，此阶段有人将黏虫、蚜虫等虫害同锋面、气旋、切变线（含地面和高空）等有机联系起来，使原有的方法进一步深化，并注入由表及里的活力。此阶段的另一特点是开展了必要的田间试验和小气候观测，这使研究者拥有田间虫害、病情的第一手微观资料，也拥有小气候的第一手数据再与宏观的天气图形势结合，使由表及里的病虫害气象灾害研究上了一个新的台阶。

第四阶段，现代数学方法、计算机及有关高新技术的广泛应用，为病虫害气象领域的持续发展奠定了必要基础。上述几个方面在病虫害气象分析、预测和防御中的

应用是相互联系、相互制约的。但为了叙述的方便，本书将分别略述作者运用它们的点滴经验和体会，也对运用它们的某些现状作些概括，进而对其各自的未来发展予以展望。

第五阶段，是综合集成方法论阶段。因为完全用数学方法的处理，在目前及以后相当长的时间内，尚不能完善。而集中各方智慧，用定性与定量相结合的处理复杂巨系统问题的综合集成方法论，研究病虫气象预测、防治并逐渐走向业务化，是有现实意义和应用前景的举措。

第三节 关于病虫气象中的试验问题

一、从常规走向田间，从宏观走向微观

与其他试验学科一样，病虫气象研究是离不开试验的。因为只有通过试验才能得到研究所必需的专用资料信息，使病虫气象研究从感性认识逐渐走向理性认识。在早期的病虫气象业务中，虽然没有专门的平行试验资料，但植保工作者对于气象资料在病虫测报、防治中的认识，还是明确的。这源于即使在20世纪中期，在农业院校专门学植保的学生都有一门必修的气象学与农业气象学课程。而专门从事植保工作人员，尤其是基层工作人员，往往去气象局（站）抄资料，并拿这些资料同当地的病虫调查资料加以对比，作为病虫预测预报的主要依据之一。这样的工作，实际是宏观上的气象与病虫的平行观测信息的获取业务，可以认为是一种初级试验过程。

随着病虫气象测报业务的发展，植保和气象人员，不约而同地感到：只有常规的大范围的宏观信息，对于病虫测报和防治来说是不够的，因为病虫在一个县内各乡村有异，甚至大相径庭，而病虫所在环境的气候条件，实际上是一个小气候环境，只靠全县一处的气候数据还不能说明各乡村实际。于是，从数量上，在县内不同乡村设有的一些气象哨和观测点，可反映本乡本土的实况，另一方面，乡村级的调查补充了县植保部门单一调查的不足。这样的行动，实际上是一个加密行动，但仍然只能被认为是宏观的试验，其方式方法仍是乡村模仿县级的行为。

真正的微观专门试验，始于农村某种病虫多发区的专门对比试验，这样的工作大约开始于20世纪80年代初，试验的特点是事先有计划、有安排和设计，并在观察当地虫情（病情）的同时，进行邻近农田的小气候观测，这样的试验，得出的病情、虫情、小气候与寄主作物的实况更有代表性，更接近客观，更便于进行分析、综合。

二、试验设计的改进

初始的试验，事实上也有简单的设计，如试验对象的选择、试验地的选择、参与协作的观测调查人员的选用、试验记录格式的设计等。因为这样的微观试验，是自主的，是具有探索性的，所以不受常规规范的限制，但要注意可与常规试验接轨，并自觉接受像《农业气象观测规范》、《病虫害测报规范》等国家试用规范的指导。

随着数学上试验设计原理的更新，一些古老的理论设计方法又焕发了“青春”，在现实意义上受到广泛重视，在科学研究和减灾实践中被推广。如华罗庚院士生前倡导的优选法（在国外叫菲波纳契方法）在过去被宣传和应用，华先生在生前出版的最后一部专著《优选学》在试验设计中被充分应用。由于优选法的设计思想的本质是抓主要矛盾，而在一定气候条件、药物等制剂运用，也须抓主要矛盾。作者虽然无缘在1975年华先生来辽宁时听他讲座，但通过阅读资料学习了其中的抛物线优选法，并于近年用于喀左县气候条件下秋白菜稀土拌种试验在产量形成中的作用的研究，构建出适宜当地的模式。其公式为： $\hat{y}=(-0.07)X^2+0.89X+3.795$ ，结果给出“以每千克白菜种子拌稀土12.8 g为最佳用量”的结论（详见喀左县气象局《农业气象服务手册》，辽宁科学技术出版社2012年版）。

在数学界，专门研究试验设计的专家是不少的，近几十年来，日本田口玄一和我国王元、方开泰等有不少新的试验设计研究成果，其方向都是以最少的试验次数取得最佳效果为目标。像本书作者在《温室气象与作物保护研究》（辽宁科学技术出版社2012年版）一书中所介绍的可用于温室气象的均匀设计法，完全可用于病虫气象研究之中。

试验设计得好则事半功倍，反之则事倍功半。所以，今后的试验尚需跟踪新的设计方法。

三、试验设备的同步更新

“工欲善其事，必先利其器”。在涉及植保和气象两学科设备的情形下，充分利用二者各自的设备，并注意其结合，是很重要的。

在植保方面，仅举杨树枝把及高压汞灯诱蛾技术一例。喀左县1993年设杨树枝把的棉田，平均百株卵量44.9粒，幼虫5.4头；未设杨树枝把的棉田平均百株卵量95.4粒，幼虫27.4头。设杨树枝把的棉田平均少用药1.5次。1994年以后还推广高压汞灯诱蛾技术，大面积棉区有灯区平均百株卵量为33粒，无灯区平均百株卵量为90

粒,百株卵量显著降低。

气象方面的试验设备,是小气候资料从试验中获取的设备。喀左县气象局在配合病虫气象的小气候观测中,所用仪器不断更新。从2001年开始,积累保护地内温、光、湿等大量的可用于病虫研究的小气候资料。后来,又通过气象站获取相应资料。2008年9月,开始在小河湾温室内安装北京华云公司的小气候观测仪,成为辽宁第一家大棚自动观测系统。2009年安装锦州阳光公司TRM-ZS3型小气候仪器,对10个要素作对比观察。2010年9月增设12要素自动观测设备,并对全县5个片分别观测。

除了地面仪器观测之外,我国开展的昆虫雷达观测,也是病虫气象研究的主要手段。将昆虫雷达和气象雷达并行使用,是一种仪器(或探测设施)为两学科共同运用的发展方向。当然,现在的昆虫雷达资料主要用于研究,一般是获取部门存档。作者希望有朝一日,能使这些回波资料以回波图素描形式及时公布于社会。

第四节 关于现代数学方法在病虫气象中的应用

一、发展历程

回顾近代、现代各门类学科发展的历史不难看出,关于数学在数学之外的各个学科中的应用特征,可以概括地表述如下:范围从小到大,领域范围从窄到宽,应用力度从弱到强,渗透程度从浅到深。认识水平从感性到理性,学习过程从单纯模仿到结合自己调查,经由试验所获的大量数据被用于科学计算。从算盘、笔算再到用计算器手算,发展到用计算机程序。输入有关数值和NWP(数值天气预报)模式等自建模型。决策乃是寻求有最佳效益的防治病虫害具体措施。随着信息论、控制论知识在病虫气象中应用研究与实践的进展,几乎所有关于生态控制的方法都不同程度地用于病虫害气象之中。像菲波纳契(优选)法,蒙特卡罗方法及近年提出的综合集成方法论等用于病虫气象控制与优化之中。

二、针对病虫害气象问题的建模方法和步骤

与一般的数学建模方法相同的是,病虫害气象问题的建模包括以机理分析和测试分析为基础的建模。机理分析是根据对病虫害、气象环境及其关系的这类客观事物的认识,找出反映其内部机理的数量或形状的规律,这样建立起来的模型常有较

为明确的生物物理意义。例如,害虫在空中迁飞,涉及迁飞害虫的生物学特性,有些害虫迁飞高度较高,有些较低,这是因为大气中一般情形(非逆温)下,温度总是随高度降低的,所以,不耐低温的害虫不可能飞得很高。昆虫迁飞中所经历的风力、风向是重要的动力因素,而风力、风向可以从天气图查出。这样的昆虫—气象关系模型生物物理意义是明确的,可用于预测,含远距离预测。但是,有些规律,病虫气象研究者很难用机理数学模型表达。这主要是因为众多气象因子错综复杂地作用于千变万化的病虫动态,而气象因子本身变动性也相当大,如锋面移向、移速及其对病虫影响很难用解析法加以说明。而此时,通过大量试验,依统计学方法,可以建立适当的经验公式。比如较早应用并现仍广泛应用的回归分析、调查和实验,是测试的主要手段。针对昆虫气象问题,20世纪70年代以来,作者亲自作过多项试验,比如涉及黏虫、霜霉病的试验,针对日光温室内病虫与小气候的试验等。对这些试验结果多用不同数学方法加以处理,使模型及时被建成,并用于预测和防治决策之中。

建模一般可以分为以下6个步骤,现就作者亲历略加阐述。

(1) 准备阶段。该阶段包括立题意义和调查。建立一个针对病虫气象的数学模型,实质上就是立一个研究课题。为什么立题?怎样立题?这需要根据科研立题的一般原则再结合具体问题加以决策。一般原则是:“社会需要是根本,少有人为多关心,仪器设备能支撑,我就能做即投身。”在上述4个条件的每一个都有一定基础的前提下,针对某一问题开始投入,进行建模。初步考虑应解决什么问题,用什么数学方法去解决那些问题。比如说,在一个地方,黏虫是主要的,可针对其预报要求来作尽量合理的研究。在20世纪70年代以前,黏虫气象预报主要靠经验,那时只能利用已有的通用天气预报做简单外推,到后来才考虑用回归模型,因为这是在积累了一定量的虫情数据的必然结果。在80年代,虽有回归,却缺少必要的数值模型,所以还无法用数值预报产品输出结果,作MOS(模式输出统计)预报,作者在1984年开始考虑利用MOS预报黏虫,作知识和设备的准备,为以后有了数值产品后,作MOS预报打下基础。至2000年,结合MM4,MM5实用于业务。在立题同时,注意收集第一手资料。

(2) 假设阶段。“大胆地假设,小心地求证”,“既要实事求是,又要异想天开,这是科学工作者特有的风格”。为了在病虫气象领域有所创新,就要敢于在实施某项目之前,作一定假设,敢于对已有的某些专业见解中存在的问题加以分析,找出关键改进之处。比如,某些害虫是否可以从关内迁入东北,某些害虫迁飞与850 hPa等层次气流是否有关等,都是在假设前提下验证出来的。又比如草地螟从华北到东

北，远距离飞行，为什么离放飞点远的地方先收到，而较近处却后收到，检验是通过查看天气形势才解释出来的。假设是尚未验证的设想，是否正确须经检验，经小心地求证，才能得出正确的结论。

(3) 模型构成。数学是一门很广泛的学科，它内部包含的那些方法可视为“宝库”，方法原则上都可用于解决病虫气象问题，研究者可从“宝库”取出宝（方法）来用，这才能使原有未用或少用的方法被用于我们的问题。比如模糊数学、灰色系统中的一些方法，在病虫气象中应用，是从无到有、从少到多、从粗到精的。

(4) 模型求解。为了对模型求解，需要充分从有关基础学科研究者那里先学会必需的有关知识，再找到求解方法。近些年运用计算机求解，这有许多研究者是熟悉的。他们尽量使用现有软件程序，比如Excel、SPAS等。但也有不少当事者把许多力量用于自编程序，结果却很难完成，甚至半途而废。

(5) 分析与检验。涉及病虫气象的模式，尤其是预测模式，需要验证。这是因为建模时资料数据有限，不得不作些必要简化，但简化掉的又可能是有用的。比如涉及的回归等模式，实际上建立的是一种实验式。随着实验资料丰富，必须加以调整，也就是说一劳永逸的实验式是不存在的。

(6) 实际应用。建模是一个长远的工作，需要多方努力，长期接力。一般得出模式就可以在病虫气象预报中应用。常有的情形是：模型建起后，回代不错，但实用时可能效果不好。对此，建模者需要有思想准备。“胜败乃兵家常事”，预测问题尤其如此。正确的做法是及时总结应用中的经验教训，把“胜”、“败”原因总结出来，文字总结很必要。这样，不仅可以供当时预测者应用，也可供更多后来人应用。“胜不骄，败不馁”，这是对待建模应用问题的科学态度。

病虫气象数学模型具有逼真性和可行性。病虫气象模型同其他数学模型一样，建模者总是希望所建模型尽可能逼近研究对象。因为我们的研究对象是包括两大类运动的客体：一方面关系到生物运动的动物（主要是害虫，一般属于昆虫纲）、微生物（主要是真菌、细菌、病毒等致病微生物）和植物（受害作物和其他寄主植物），另一方面关系到处于机械运动和物理运动之中的大气（从近地面层、边界层乃至整个对流层中，对生物运动有影响的大气层）。并且要求将上述生物运动与机械物理运动有机地联系起来。作者建成的模型的逼真性应当是符合生物物理规律的一种客观模型。比如说，迁飞性昆虫在空中动态，如何受气流影响等，最好用放飞试验。但放飞所耗设备、人力、资源很多，故不可能做得很多，于是只能抓重点，做一定次的试验，而用数学建模更能得出定量结果。模型逼真性，首先取决于数据资料的可靠性，一般性的田间调查、饲养实验、实验室等获得的数据，总是比依据社会资料