



区域性棉铃虫监测

与预警网络构建及其应用

吕昭智 沈佐锐 著

 中国农业出版社

科技部重大国际合作项目“干旱区棉花有害生物生态控制的关键技术及其环境健康”和新疆维吾尔自治区高新技术项目“棉花主要害虫网络化预警关键技术和系统研制”共同资助

区域性棉铃虫监测与 预警网络构建及其应用

吕昭智 沈佐锐 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

区域性棉铃虫监测与预警网络构建及其应用 / 吕昭智, 沈佐锐著. —北京: 中国农业出版社, 2010. 5
ISBN 978-7-109-14502-3

I. ①区… II. ①吕…②沈… III. ①棉铃虫-监测
②棉铃虫-预警系统 IV. ①S435.622

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 061110 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100125)
责任编辑 张洪光

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 7.5

字数: 168 千字 印数: 1~500 册

定价: 30.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

摘 要

棉铃虫在新疆棉区危害逐年加重,为保障我国最大商品棉基地的可持续发展,笔者开展了优质棉基地植保信息工程研究。本文结合新疆植保体系发展和未来新技术的动向,在有害生物数据自动化采集、数据远距离传输、数据库设计和数据库建设、模型处理和 GIS 系统在预测和信息发布上的应用等方面,探索植保信息工程建设中的关键技术,为区域化棉铃虫监测和预警提供技术保障和管理平台。

1. 棉铃虫自动化监测

棉铃虫自动化监测仪器在新疆首次使用,在国内开创了害虫自动化监测的先例,为其他害虫的自动化监测提供了例证研究。一年的测试结果表明,该仪器对棉铃虫种群动态有较好的监测作用,克服了人工监测耗时和误差大等缺点,提高了监测的准确度和可靠性。由于仪器使用和安装简单,容易推广和使用,因此可以增加监测哨的数量和密度。

2. 微环境指标的自动化监测

在新疆石河子地区 2001 年布置 13 个微环境自动化采集样点。结果表明:微环境传感器可以稳定、高效地监测农田微环境指标。在资金保证的情况下,建立了标准的农业自动气象站(主站)和微环境气象站(副站),在利用主站资源(存储、电源、数据传输等)的基础上建立副站,利用副站收集与有害生物密切相关的微环境气象数据。

3. 区域性棉铃虫综合数据库的设计和建设

利用 Microsoft SQL Server 建立了棉铃虫综合数据库,数据库主要包括 14 个与棉铃虫(Cotton bollworm, CBW)相关的生物学和环境数据表。在数据库结构设计的基础上,提出了 5 种数据录入方式:①基于 SQL 数据库软件提供的数据库录入;②基于异构数据库的批处理,如 Foxpro, Access 等数据库软件;③基于 Web 网页表单的数据录入;④基于自行开发的 PC 版棉铃虫数据库管理软件(CBWMIS, CBW management information system);⑤基于 GPRS 或电话调制解调器,将田间环境指标和棉铃虫数量等自动化采集数据实时远程存入服务器端的数据库中。在网络通信费用高的农村基层,设计基于 CBWMIS (Cotton Bollworm Management Information System) 专用软件,确保数据高质量录入和低成本远距离传输。

4. 数据远距离传输

结合农村 GSM(手机)网络覆盖率高和手机短信使用简单特点,采用硬件和软件结合技术,规范短信格式,将田间人工调查数据,发送至远程数据库服务器上的 GSM 调制解调器(或 GPRS 调制解调器),服务器端软件系统处理短信,将棉铃虫信息自动写入到相应的数据库中。本模式适用于人工田间采集数据,数据量小,需要及时处理信息的数据传输。专用设备(单片机或工控机)自动化采集的信息以文件的形式保存在仪器的存储器上,可采取无线 GPRS 调制解调器访问数据,GPRS 流量计费大大降低了通信费用。

5. 棉铃虫区域化预测

基于地理点 (point) 气象数据和棉铃虫物候数据, 建立了棉铃虫发生期预测的 single sine 模型, 利用石河子地区多年数据, 建立不同发育温度条件下越冬代、第一代和第二代棉铃虫羽化的参数库; 提出功能发育起点和功能发育日度的概念并修订模型, 利用石河子地区植保站的数据, 验证模型的可行性。

由于数据缺乏, 采用传统有效积温方法, 建立区域性棉铃虫羽化预测参数, 以此为标准, 建立了基于 GIS 系统区域化预测技术, 利用 GIS 技术可以实时地显示和表达每天温度的变化、日度累积及其离特定物候事件所需日度值, 实现对棉铃虫的发生期预测。

利用 Arc IMS 的 Web GIS 的设计和发布功能, 将预测模型与 Web GIS 密切结合, 将害虫与地理属性数据库有机结合, 建立基于 Internet 和 GIS 棉铃虫区域化监测和预警技术体系, 为害虫实时监测和高效管理提供有力工具和信息技术平台。

关键词: 棉铃虫, 预测预报, 监测, 预警, 信息技术, 新疆

目 录

摘要

第一章 棉铃虫测报研究进展	1
1.1 棉铃虫生物学特性及其危害	1
1.1.1 棉铃虫种类	1
1.1.2 棉铃虫种群地理分布	1
1.1.3 棉铃虫危害	1
1.2 田间害虫监测技术	2
1.2.1 传统监测技术	2
1.2.2 现代技术在害虫种群密度监测中的应用	3
1.3 区域化气象数据获取	5
1.4 病虫害数据传输	6
1.4.1 病虫害预测预报系统的发展和建设	6
1.4.2 病虫害数据传输系统	6
1.5 害虫预测预报	7
1.5.1 经典数学模型	7
1.5.2 人工智能模型	7
1.5.3 生物物候学模型	8
1.6 GIS技术在害虫预测预报中的应用	8
1.6.1 GIS发展趋势	8
1.6.2 Web GIS系统	8
1.6.3 GIS技术在害虫种群生态和害虫管理中的应用	10
1.7 网络技术与害虫管理系统集成	11
1.7.1 20世纪70年代中期以前	11
1.7.2 20世纪70年代中期以后	11
1.7.3 20世纪90年代以后	12
第二章 农田环境因子自动化监测	14
2.1 环境监测仪器及其开发	14
2.1.1 自动化仪器	14

2.1.2	自行研发的农田小气候环境数据采集系统	14
2.2	传统农业气象观测与自动化农业气象观测的比较	16
2.2.1	农业气象观测要素和精确度指标	16
2.2.2	害虫预测预报型农业气象自动观测场特殊要求	16
2.2.3	有害生物预测预报型监测要素	17
2.3	田间应用	17
2.3.1	棉铃虫冬季越冬栖息环境温度和湿度自动化监测	17
2.3.2	区域性环境因素的监测	20
2.3.3	新疆南部棉区新和县监测试验	23
2.4	农业气象自动观测数据传输	23
第三章	田间棉铃虫种群动态自动化监测和评价	24
3.1	害虫自动化监测仪器简介及应用	24
3.1.1	害虫自动化监测仪器的组成和功能	24
3.1.2	自动化仪器监测棉铃虫种群动态	25
3.1.3	自动化仪器的预测功能	27
3.1.4	自动化仪器通信与网络集成	27
3.2	自动监测仪器应用评价	27
第四章	区域性棉铃虫综合数据库系统的设计和数据建设	28
4.1	系统开发的环境	28
4.2	数据库设计目标	28
4.3	区域性棉铃虫监测与预报数据分类	29
4.4	数据库结构设计	29
4.5	数据输入的方式	30
4.6	数据建设	36
4.6.1	人工采集数据	36
4.6.2	模型和模型参数获取	37
4.6.3	自动化采集数据的输入和数据建设	37
4.7	讨论	38
第五章	棉铃虫区域性监测数据无线传输	40
5.1	棉铃虫监测数据传输的背景和问题的提出	40
5.1.1	棉铃虫监测数据的类型	40
5.1.2	农业行业数据传输的特点	41
5.1.3	基础设施对数据传输的影响	41
5.1.4	监测数据的人工采集	42

5.1.5 信息技术发展对数据传输系统的影响	42
5.1.6 数据传输的目标	42
5.2 数据库设计	42
5.3 无线传输——手机短信传输人工采集的田间数据	43
第六章 棉铃虫发生期的物候学预测预报	52
6.1 SSPM 物候模型和日度计算方法	52
6.2 CBWDD 日度模型软件设计和功能	54
6.3 棉铃虫越冬代羽化所需日度	57
6.4 第一代棉铃虫羽化物候所需日度	58
6.5 第二代棉铃虫羽化物候所需日度	58
6.6 展望	59
第七章 棉铃虫发生期预测预报物候模型的改进	60
7.1 最小功能发育起点和相应的日度累积值计算方法	60
7.2 真实累积日度值计算	61
7.3 FALDT、FMLDT 及其对应的 FARDD 和 FMRDD 模型参数	61
7.4 不同发育起点下越冬代棉铃虫羽化初期的日度累积值	62
7.5 模型回验证与比较	63
第八章 棉铃虫种群动态与数量预测	65
8.1 棉铃虫成虫监测技术	65
8.1.1 不同方法诱集效率比较	65
8.1.2 灯光和杨树枝把诱集棉铃虫成虫数量的关系	66
8.2 北疆棉区棉铃虫种群动态	67
8.2.1 石河子地区棉铃虫种群动态	67
8.2.2 奎屯地区棉铃虫种群动态	68
8.2.3 五家渠地区棉铃虫种群动态	68
8.2.4 伊犁地区棉铃虫种群动态	70
8.3 南疆棉区棉铃虫种群动态	70
8.3.1 阿拉尔地区棉铃虫种群动态	70
8.3.2 库尔勒地区棉铃虫种群动态	71
8.3.3 麦盖提地区棉铃虫种群动态	71
8.4 东疆棉区棉铃虫种群动态	73
8.4.1 哈密地区棉铃虫种群动态	73
8.5 棉铃虫种群数量预测	74
8.5.1 代数与代数数量之间的关系	74

8.5.2 棉铃虫数量与作物结构的关系	74
8.5.3 越冬蛹的预测	76
第九章 基于 GIS 的棉铃虫发生期预测	78
9.1 计算方法	78
9.1.1 基于植保站点上有效积温参数计算	78
9.1.2 时空尺度有效积温的计算	78
9.1.3 区域化预测的方法	79
9.1.4 棉铃虫地理信息的 Web 发布	79
9.2 棉铃虫各代羽化预测的标准	79
9.3 不同区域有效积温和棉铃虫发生代数	80
9.4 基于空间尺度发生期的预测	82
9.5 区域性棉铃虫预测 GIS 的 Web 发布	86
9.5.1 Arc GIS 下专题图的编制	86
9.5.2 Arc IMS 的管理和保存	86
9.5.3 Web GIS 的发布	86
第十章 新疆棉铃虫区域化监测和预警体系应用及其前景展望	89
10.1 网络化系统的集成	89
10.2 系统运行基本情况	90
10.3 新疆棉铃虫监测和预警体系运行	93
10.4 系统应用前景	95
参考文献	97
附 棉铃虫测报调查规范	104

第一章 棉铃虫测报研究进展

1.1 棉铃虫生物学特性及其危害

1.1.1 棉铃虫种类

棉铃虫类 (*Helicoverpa* spp.) 是世界性的重要致灾性农业害虫, 可危害多种农作物, 并由一群近似种组成 (卢笋, 1995; Fitt, 1989; Kniling, 1983)。从昆虫分类学角度, 隶属于鳞翅目夜蛾科 *Helicoverpa* 属。其主要危害种有 *H. armigera* (棉铃虫, 分布于亚洲、非洲、大洋洲、欧洲南部)、*H. zea* (美洲棉铃虫, 分布于美洲)、*H. virescens* (烟芽夜蛾, 分布于美洲)、*H. punctigera* (澳洲棉铃虫, 分布于大洋洲)、*H. assulata* (烟青虫, 分布于亚洲、非洲、大洋洲)、*H. virescens* (syn. *H. dipsacae*) (亚欧棉铃虫, 分布于亚洲及欧洲)。在我国, *Helicoverpa* 属害虫主要有 3 种, 即棉铃虫 (*H. armigera*)、烟青虫 (*H. assulata*)、亚欧棉铃虫 (*H. virescens*), 但以棉铃虫分布最广、危害最重。棉铃虫类具有多食性、运动性强、繁殖率高、耐受不良环境能力强、危害重等共同特性。

1.1.2 棉铃虫种群地理分布

棉铃虫具有较为广泛的地理分布特点, 危害区域包括亚洲、非洲、欧洲和大洋洲的广阔的热带、亚热带和温带。吴孔明 (2000 年) 依据棉铃虫光温条件、滞育的特点和抗寒能力, 将我国棉铃虫种群划分为热带型、亚热带型、温带型和新疆型 4 大类, 其中温带型是我国棉铃虫主要类群, 适宜分布区为河南、河北、山东、陕西和山西等省, 该区域棉铃虫种群密度大, 发生频率高, 危害严重 (吴孔明, 2000 年)。

1.1.3 棉铃虫危害

在我国棉铃虫危害棉花、玉米、绿肥、蔬菜等多种作物 (戴小枫, 1994; 夏敬源, 1994)。从其在我国南、北棉区消长规律看, 由于南北方自然生态环境条件的差异, 一般在北方的黄河流域棉区为常发性害虫, 在南方棉区为偶发性害虫。但 20 世纪 90 年代以来, 棉铃虫在我国进入发生高峰期, 不仅黄河流域棉区发生密度数倍于常年, 发育极不整齐, 防治很困难, 而且长江流域棉区、北方的辽河特早熟棉区等也出现同样情况。1992—1993 年棉铃虫大暴发, 其危害性为世界农业害虫发生史上所罕见, 仅 1992 年由于该虫在全国普遍大发生, 发生面积高达 230 余公顷, 造成黄河流域棉区皮棉损失 50%, 全国皮棉损失 30% 以上, 直接经济损失超过 100 亿元, 引起举国震惊 (戴小枫, 1994; 夏敬源, 1994; 郭予元, 1997)。

作为我国优质棉生产基地的新疆, 棉铃虫的发生动态尤为重要。20 世纪 50~70 年代, 棉铃虫曾在新疆严重发生过, 70 年代后期至 80 年代其发生逐渐减轻, 自进入 90 年代后, 棉铃

虫为害势头再起，并有愈演愈烈的趋势（张建华，1998）。

1.2 田间害虫监测技术

1.2.1 传统监测技术

昆虫抽样调查是昆虫生态学理论与应用研究的基础，不仅种群数量动态规律的研究需要通过抽样调查田间昆虫数量，而且田间害虫抽样调查数据的准确性与可靠性是保障害虫预测预报成功的前提。通过抽样调查获取害虫发生的高峰期、数量等生物学参数，是害虫测报工作的重要组成部分，也是决定害虫测报精确性的首要因素。

目前监测手段主要是利用昆虫对特定物质的趋化性及物理学反应两个方面。有关趋化性研究成果，特别是昆虫性信息素用于害虫测报已经取得了丰硕的成果（吕中明，1999；王孝法，1998；陈汉杰，1998；Turchin，1996）。在物理学方面，主要是利用害虫对光、声等的趋性，进行害虫的监测，黑光灯诱蛾被广泛使用（杨秀军，1996；盛承发，2001）。近年来有一些新技术和手段应用到害虫监测中，利用昆虫声学物理学特征，可以分析昆虫发声频率，从而判断昆虫的种类或种群数量（Mankin，1997；Mankin，1996；Hickling，1994；Shuman，1993；Hagstrum，1990），该领域国内研究进展缓慢，只是在水稻害虫褐飞虱上有一定的进展。

昆虫种群数量监测取样技术和方法：大田昆虫计数是十分艰辛和耗时的工作。依据对植物取样部位的不同，将昆虫取样分为两种方法：①植物的某一部分。在木本植物上，往往统计一段树枝上的昆虫数量，作为昆虫数量的相对数值。我国在棉蚜监测标准中规定：取越冬寄主不同部位树枝 15cm，统计其棉蚜数量。②植物的整体。取整体植物，将其盛入到相对应的塑料袋中，再用农药、麻醉剂进行处理，等昆虫死亡和失去活动能力后，统计昆虫的数量（路进，1982；张润志，2000）。依据对害虫取样方法的不同，将昆虫取样分为 5 种方法：①网捕法。②灯诱法。1987—1992 年通过黑光灯诱集高峰期麦长管蚜总量与全区麦长管蚜发生程度的系统分析，结果发现全区麦长管蚜发生程度与黑光灯诱集高峰期麦长管蚜总量关系密切（刘文祥，1997）。③色诱法。蚜虫对不同色彩趋性是不同的，在利用不同颜色的黏性诱板对烟田蚜虫诱集中，柠檬黄色的诱板色面朝上放置诱集效果最好，诱板和黄皿诱集得到的烟田有翅蚜发生动态一致并和田间有翅蚜量消长动态吻合，诱板同黄皿相比，具有安全可靠、减轻工作量、调查方便的特点，适宜在烟蚜测报中推广使用（钱玉梅，2000）。④吸捕器法。英国有 24 个利用吸捕器捕蚜综合性方案，法国有 10 个，荷兰有 3 个，比利时有 2 个，每天在 12.2m 高度处进行昆虫取样，并在洛桑（Rothamsted）实验站对捕获结果进行分析和统计，较早地作出蚜虫预测预报。吸捕器监测大约 30 种蚜虫，最主要是禾谷类作物上的蚜虫，用于监测蚜虫动态的吸虫器和雷达技术相结合的网络系统正在建设中（洪传学，1993）。⑤拍打击落法。我国在小麦红蜘蛛取样中，将盛有水的白色瓷盘置于小麦下，敲打小麦，统计落入瓷盘中蜘蛛的数量，作为蜘蛛种群动态的相对数据。

害虫计数的方法：①受害率分级，在大田将害虫危害情况分为不同的级别，作为害虫田间数据的记录，本方法简单，但信息损失大；②单位面积害虫的数量，直接利用植物单位面积或土地单位面积上害虫的种群数量计数。

1.2.2 现代技术在害虫种群密度监测中的应用

害虫自动化监测技术是建立在害虫生物、生态学的基础上，与传统监测技术有机结合，利用计算机技术发展起来的监测技术群。依据自动化采集原理，将目前昆虫自动计数系统分为5类。

(1) 计算机视觉技术 随着计算机软、硬件技术的发展，计算机视觉技术开始应用在害虫监测和计数中，当监测对象为蚜虫、螨类等微小昆虫时，田间抽样调查劳动量大、效率低，严重影响调查数据的准确性和可靠性，计算机视觉技术为解决这一问题提供了可能。中国农业大学 IPMIST 实验室利用计算机视觉技术对温室白粉虱的自动计数已得到了长足的进展（于新文、沈佐锐，1999）。

计算机视觉技术自动计数的原理是：利用数码相机或其他数字产品，获得田间叶片上蚜虫、红蜘蛛等微小昆虫的图像，将图像输入计算机，利用软件技术和图像处理技术，对图像中害虫进行边缘检测，使其从图形背景中分离出来，对其结果进行统计和分析，得到叶片上害虫种群数量。利用计算机视觉技术自动计数的过程见图 1-1。

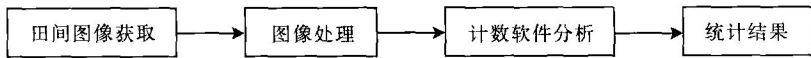


图 1-1 计算机视觉自动计数的过程

中国农业大学 IPMIST 实验室利用计算机视觉技术对昆虫分类和计数取得了令人兴奋的进展，利用自行开发的软件 BUGVISER 对温室白粉虱自动计数，精确率达到 90% 以上。目前，实验室在蚜虫自动计数方面也取得重大的突破，软件系统 APHIDCOUNTER 经田间应用测定，精确度达到 85% 以上，能满足农业害虫监测的要求。另外，专业的图像处理软件 IMAQ (<http://sine.ni.com/apps/we/nioc.vp?cid=1301&lang=US>)，包含对物体自动计数的功能。图 1-2 表示温室蝇类计数过程：

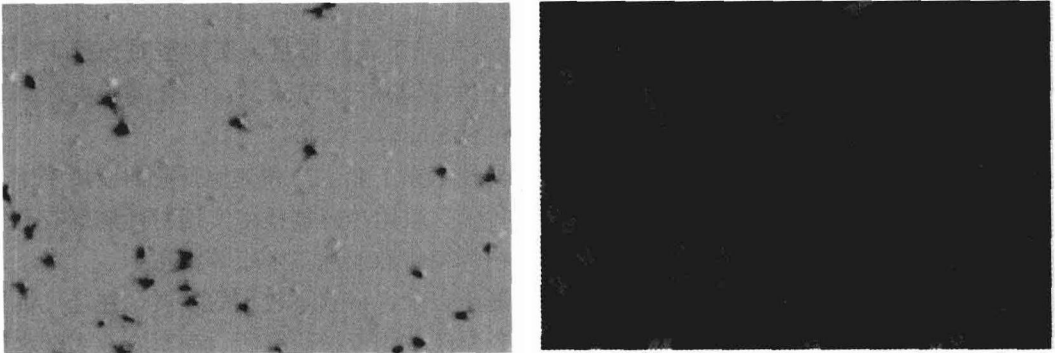


图 1-2 计算机视觉计数在温室蝇类自动化计数中的应用

(2) 声音信号技术 害虫在田间飞行、取食和求偶等过程中，发出不同频率的声音，利用仪器记录声音文件，利用声音分析技术，提取不同昆虫分类音频标准，建立声音特征和种群数

量的函数关系,实现对害虫分类和种群数量的估计和评估。

图 1-3 为美国 Acoustic Emission Consulting 公司的 ADE-2000 害虫监测系统,监测声音的范围为:1kHz~2MHz。仪器主机 ADE-2000 Acoustic Emission Consulting,为 Inc 的产品,原本用于工业领域如气体和石油泄漏、机器健康检测等方面。目前该公司和美国农业部(USDA)合作,开发出仪器的新功能,用于地下害虫、破坏性白蚁、仓储害虫、钻蛀性害虫等的监测。

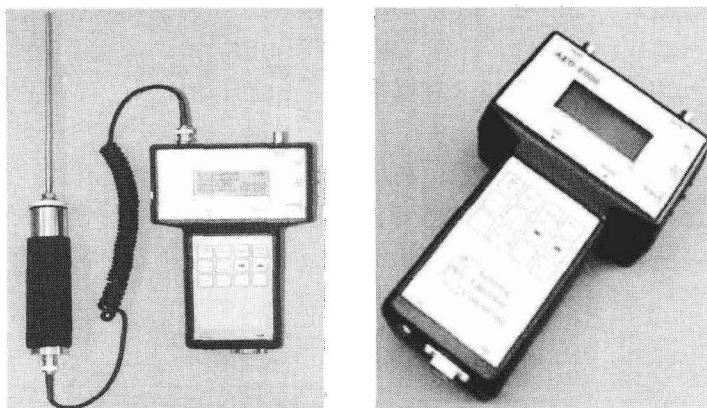


图 1-3 ADE-2000 害虫自动化监测系统

郭敏(2002)利用特制录音机录制储粮害虫杂拟谷盗和锯谷盗声音,用 Matlab 软件对声音文件进行分析和研究,表明两种害虫爬行声音频率差异明显,为两种害虫的自动化分析提供了研究基础。

(3) 传感器技术 美国农业部农业研究中心的科学家开发利用红外传感器技术,对仓储害虫实现自动计数。谷类害虫探测计数系统(Electronic grain probe insect counter, EGPIC)能实时监测仓储害虫。一套电子探测器安置在粮食中,仓储害虫落入表面有小孔的圆柱管中(Cylindrical perforated tube),一个特制的传感器会记录下害虫数量。实验室对仓储害虫计数精确度可以达到 95%以上,在佛罗里达州田间测试的误差率为 31.7%,结合温湿度数据,可以建立仓储害虫预测预报模型(Arbogast, 2000; Shuman, 2001)。

传感器是最具有害虫监测前途的技术。传感器技术在工业生产和其他行业的应用中十分成熟,与农业害虫监测容易结合。基于传统性诱剂技术,采用传感器技术实现对性诱剂有趋性害虫的自动化监测,包括棉红铃虫、梨小食心虫、杨透翅蛾和亚洲玉米螟等害虫。

(4) 雷达技术 昆虫雷达自 20 世纪 60 年代诞生以来,得到了较大的发展,在迁飞性昆虫的监测与预警中发挥了重要的作用,吉林省农业科学院植物保护研究所、南京农业大学和中国农业科学院植物保护研究所利用雷达对草地螟、稻飞虱、棉铃虫和黏虫进行了大量的研究工作。目前,大多用户的雷达工作于 X 波段(3.2cm),适用于监测 1cm 以上的蛾类。近年来发展的毫米波雷达(工作波 8mm 左右)技术,对微小昆虫(蚜虫和稻飞虱)监测提供了有力手段(程登发, 2001)。国外将其应用于草地、森林和水稻等迁飞性害虫的研究中,在分析害虫

的迁飞路线、飞行高度等方面,雷达有其独到之处。

(5) 遥感技术 国外有许多研究表明,短波红外/近红外的比值可用于森林病虫害监测,这与近红外波段对植物叶子细胞结构的微妙变化极为敏感有关(武红敢,1995)。利用低空数字化录像等技术,可以分析大区域害虫暴发的特征,是近年来航空录像及卫星遥感等技术获得广泛关注的原因,国外在舞毒蛾、沙漠蝗虫等方面已有许多成果(Riley,1989)。武红敢采用TM2、TM3、TM4和TM5四个波段数据,对1989年和1992年害虫危害林相数据进行了严密的几何校正和配准,利用图像技术将林相分为4大类,建立不同林相与松毛虫危害针叶损失率级别的关系,但没有建立函数关系(武红敢,1995)。在棉花盲蝽研究中,Jeffrey利用航片3个波段的光谱数据将棉田分为4类,与地面害虫取样数据建立对应关系,同样未得到明确的函数关系(Jeffrey,1999)。Joria曾在美国密歇根进行舞毒蛾引起落叶量的TM及SPOT监测,并借助数字林相图等辅助分析,进行了监督、非监督及马氏距离分类试验,得出了尤以陆地卫星TM非监督分类法(滤波和边界提取)区分重、中及非失叶3级差异效果更好,其判对率高达82%(Joria 1991)。

随着遥感技术的发展,研究方向集中在地面病虫害危害指数与遥感参数函数关系建立上。Kaneyuki采用TM数据评估松林枯萎灾害,发现TM4/TM3与林冠覆被的变化呈明显的负相关(Kaneyuki,1992);Brockhaus曾构建了利用卫星遥感TM及SPOT数据监测加利福尼亚寒温带高山林的落叶率模型(Brockhaus,1992)。

国内的研究主要集中于松毛虫等林业害虫上,用于农业害虫的研究工作开展比较少,农业上的景观区域面积较小和破碎化,阻碍了遥感技术在农业害虫方面的研究进展(Liebhold,1993)。由于森林系统是比较稳定的生态系统,遥感技术在林业病虫害监测和预测中将得到广泛的应用和推广。

1.3 区域化气象数据获取

气象科学是一门发展成熟的科学,这为气象科学本身的发展以及农业和其他科学领域提供了重要的数据基础。美国军方从1890年开始收集和监测气象数据,并且定期出版月气象报表,至1906年,发展成为专业的气象服务部门(Climatological service),1908年定名为气象局(Climatological division),在100多年的时间里为美国的农业、能源和交通等部门提供了重要的数据(Nathaniel,1996)。

韩国地面气象观测网设有83个有人气象站和464个无人自动气象站,自动气象站自动显示15min以前采集的风向、风速、温度等数据,这些数据为1min平均值;降水量可以显示15min、60min、24h、连续几天的累积值(陈洪田,2000)。日本现有四要素自动站840个和自动雨量站476个(其中无线采集的278个),形成站距约17km的自动监测网,其中四要素的监测网也达21km。自动站使用寿命15年,每5年检定一次,自动站通过电话线传输,AMDAS气象数据自动采集系统(Automated Meteorological Data Acquisition System)中心装备采集电话100部(每13个站共享一部电话),全国整个网的采集约用4~5min,采集后传到气象厅,以产品形式分发全国气象台(柯史钊,1998)。

中国初步建成了门类比较齐全,布局基本合理的气象综合探测系统,有遍布高山、海岛、

荒漠及全国各地的 2 600 多个气象台站，组成独具特色的气象台站网。截至 1996 年底，我国已拥有 2 490 个地面气象观测站、124 个高空探测站、231 个不同类型的天气雷达站、156 个气象卫星地面站、98 个太阳辐射观测站、624 个农业气象站、70 个农业气象试验站、143 个基准气候站、88 个酸雨观测站、3 个区域大气本底站。2001 年 9 月，对我国大气监测系统起到革命性变化的大气监测自动化系统得到国务院正式批准，中国气象局借此机遇，全面提升了我国气候观测能力，推进了大气监测自动化系统的建设。

1.4 病虫害数据传输

1.4.1 病虫害预测预报系统的发展和建设

1950 年，全国建立了 50 个病虫测报站，开始建立病虫情报交换制度；1955 年农业部颁布了《农作物病虫害预测预报方案》，确定螟虫、黏虫、飞蝗、棉蚜等为测报对象；1962 年，明确全国测报对象为 26 种，制定了其中 23 种病虫害的测报办法；1978 年，农林部设立农作物病虫害测报总站，13 个省设立省级农作物病虫害测报站，并建设区域性病虫测报站，组建全国范围迁飞性害虫和流行性病害的监测网，80 年代病虫害测报站得到迅速发展，在此期间启动了“全国农作物重大病虫测报网络”建设工程，全国有 400 个区域站陆续投入建设；1992 年，开始重大病虫害长期运动规律及超长期预测研究；1995 年，农业部制定 15 种重要病虫害的测报调查规范，并上报国家技术监督局，批准为国家行业标准，害虫监测标准的出台，为其预测提供了良好的工作前提（胡伯海，1996）。

到目前为止，全国已有 400 个区域性测报站，1800 多个县级病虫测报站，从事测报工作的人员近万人，形成了全国病虫害预测预报网络系统（胡伯海，1996）。害虫测报工作应走信息化管理的道路，这也是提高我国目前预测水平的一个重要方面。遍布全国的害虫测报网为害虫测报信息化管理提供实时的虫情变化资料，Internet 的发展，为将全国分散的针对不同害虫的测报工作进行统一管理提供了技术保障和工作平台。因此，将这些有利的因素结合起来，实现全国联网的害虫信息化管理是必然的发展趋势，也是可以实现的（汪四水，2001）。

1.4.2 病虫害数据传输系统

病虫害预测预报系统工程重要的子系统包括监测数据采集子系统、数据传输子系统、病虫害预测预报系统和系统维护，数据采集子系统是病虫害预测的前端，决定预测系统的可信性、稳定性，数据传输子系统决定预测系统的及时性和有效性。

为加快预报调查数据的传递速度，束炎南（1963）等研制了《全国农业病虫测报电码》，经邮电部（1979）同意，在全国广泛使用，规定电文报头为（BCH）。1980 年采用“模式电报”统一格式，具有良好的效果；为保证棉铃虫预测预报的发布，屈西峰编制了全国棉铃虫的模式电报组建表，经历十几年试行、修改、补充、推广，为及时准确地发布各代棉铃虫发生趋势预测预报发挥了良好的作用，农业部农作物病虫害测报站内设有用户电报机，每天 24 小时可以接收各地的模式电报（屈西峰，1996）。农作物病虫害测报情报汇总

与信息传输,目前多种形式并存,信件、电话、电报等常用于信息传输中,特别是模式电报正在全国大力推广(胡伯海,1996)。随着计算机网络技术的发展和推广,电子邮件在信息传递中得到广泛的应用,基于网络数据库或PC数据库的病虫草害情报传输系统正在探索和实现中(屈西峰,2000)。

1.5 害虫预测预报

1.5.1 经典数学模型

20世纪60年代以来,数学模型在害虫管理中占据了重要的地位,70年代涉及世界各地主要作物和林业害虫,80年代以来,由于系统科学理论的应用和计算机技术的发展,数学模型研究和应用的深度和广度都达到了新的水平(蒲蛰龙,1990)。预测的方法可分为两大类:定性预测和定量预测。定性预测是用文字论述对害虫未来发生作出大发生或轻发生、发生偏重或偏轻趋势等描述性的预报。定量预测是数理统计预测,对害虫未来发生做出定量的预测,数理统计预测方法包括两类技术,即多元分析方法和时间序列方法,多元分析方法包括回归分析法、判别分析法、模糊集判别法、统计判别法、模糊分级统计法、多元模糊回归法、聚类分析法等;时间序列方法是自因分析方法,可提前做出预报,主要是周期分析和平稳时间序列分析,前者包括谐波分析、周期图分析、方差分析、频谱分析,后者包括自回归模型和简化后的“选点法”等(黄登宇,2001)。

以时间为序列的预测预报,依据预测时间分为短期预测、中长期预测和序列预测(张孝羲,1995)。

1.5.2 人工智能模型

人工神经网络(ANN)的研究有近50年的历史,20世纪80年代呈现出发展的新高潮,标志和揭开神经网络计算机研制序幕的是美国物理学家John Hopfield于1982年和1984年发表的两篇文章,提出了仿人脑的神经网络模型Hopfield模型,并将能量函数应用到对称的Hopfield网络中(袁曾任,1999)。

ANN应用较多的模型为BP(Back Propagation)模型,该模型已广泛地应用到植物保护中。利用陕西汉中地区1974—1997年的病情、菌量、品种和气象资料,采用逐步回归法选择影响汉中小麦条锈病流行的主要因子,即春季菌量、秋季菌量、感病品种面积比例、4月份降雨量和4月份平均温度,并将其作为BP神经网络预测模型的输入,用1974—1993年的资料进行网络训练,对小麦条锈病的流行程度作短期预测,结果高度吻合(胡小平,2000);类似的研究是关于稻飞虱的预测预报,选用5个测报站1979—1992年的灯诱和田间实查的飞虱资料及相对应各站、各年份4~6月各旬的平均温度、旬均最低和最高温度、旬总降水量、旬平均相对湿度、旬日照时数等气象资料,将稻飞虱发生程度分为6级,用神经网络BP算法进行分析,并对发生程度试报,效果较好(何树林,1996)。以三化螟(*Scirpophaga incertulas*)相关的气象数据和生物学数据作为输入量,采用神经网络BP模型,经过训练以后进行预测,取得了较好的结果(林高飞,1999)。

1.5.3 生物物候学模型

有效积温模型（生物物候学模型 Phenology Model），在害虫发育历期、发育速率、害虫预测和害虫系统管理中应用比较广泛，涉及的昆虫种类众多（林昌善，1990）。Ro 利用生物物候学模型和 1989—1994 年气象和桃蚜数据，研究桃蚜在第一寄主上卵的孵化、有翅蚜出现以及迁飞高峰与有效积温的关系。结果表明，蚜虫上述不同生物学历期的出现过程中，有效积温变化小而日期变异大；在第二寄主马铃薯上，桃蚜田间出现的时间以及危害高峰期时间变异性较小，而有效积温变异性大，证实了生物物候学模型可以准确地预测桃蚜的生物物候的出现（Ro, T. H, 1998）。Pons 研究了 18 个点 20 年麦蚜迁飞物候学，提出建立本地物候学模型，能提高预测预报的有效性和准确性（Pons, 1993）。结合 Worner 对蚜虫寄主开花物候学的研究和气象资料，对春天蚜虫迁飞日期有很好的预测性（Worner, 1995）。Hochberg 以豆蚜（*Acyrtosiphon pisum*）和苜蓿蚜（*Acyrtosiphon kondoi*）为研究对象，分别采用了 Degree Day 模型、Gauss 模型、Bivariate Linear 模型、Bivariate Quadratic 模型对两种蚜虫发育的拟合，提出 Degree Day 模型在田间有更好的应用价值，其他复杂的模型对数据有较好的拟合，但在田间使用价值小（Hochberg, 1986）。李本珍在恒温条件下研究棉花伏蚜有效积温和生殖频率的年龄分布，计算棉花伏蚜不同龄期发育起点和有效积温的日度值，提出伏蚜成蚜生殖年龄分布规律，试验结果与自然界的一致（李本珍，1986）。

1.6 GIS 技术在害虫预测预报中的应用

1.6.1 GIS 发展趋势

地理信息系统（GIS）是在计算机软件 and 硬件的支持下，运用系统工程和信息科学的理论，科学管理和综合分析具有空间内涵的地理数据，以提供规划、管理、决策和研究所需信息的技术系统。或者简单地说，地理信息系统就是综合处理和分析空间数据的一种技术系统（王正军，2000）。

GIS 发展趋势和发展方向：①GIS 和专家系统 ES 结合，具有自动采集和处理数据，并且能够智能化分析和应用数据，提供科学的决策依据，解决用户可能遇到的各种复杂问题，形成具有人工智能化 GIS 系统；②随着通信技术、空间和计算机软件及硬件技术的发展，GIS、GPS（全球定位系统）、RS（遥感系统）的结合更加密切，例如：遥感空间分辨从 NOAA AVHRR 的 1.1km，LANDSAT MSS 的 80m，MOS-1 的 50m，TM 和 ERS-1 AMI 的 30m，MOMS-01 的 20m，JERS-1 的 18m，SPOT-1、2 的 10m/20m，到原苏联 KFA-1000 以及德国 MOM-02 的 5m，空间技术的发展为 GIS 系统提供的信息量更精确和丰富；③基于 PC 的 GIS 系统向网络化 Web GIS 系统发展（曹瑜，1999；李德仁，1994）。

1.6.2 Web GIS 系统

随着 Internet 技术和应用水平的提高，新的需求不断出现，GIS 技术被引入 Internet 应用中，也正是为了满足空间信息发布与空间信息服务的需求。WWW 应用在实际环境、用户模