

林业有害生物防治岗位（职业技能）培训系列

林业有害生物监测 预报技术

国家林业局森林病虫害防治总站 编著

中国林业出版社

林业有害生物防治岗位(职业技能)培训系列

林业有害生物监测预报技术

国家林业局森林病虫害防治总站 编著

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

林业有害生物监测预报技术 / 国家林业局森林病虫害防治总站编著. - 北京 : 中国林业出版社, 2013. 7

(林业有害生物防治岗位(职业技能)培训系列)

ISBN 978-7-5038-7118-4

I. ①林… II. ①国… III. ①森林植物-病虫害防治-岗位培训-教材 IV. ①S763

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 163957 号

中国林业出版社·自然保护图书出版中心

策划编辑: 刘家玲

责任编辑: 张 锴 李 菁 刘家玲

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: wildlife_cfph@163.com 电话: (010)83225836

网 址: <http://lycb.forestry.gov.cn>

印 刷 沈阳市新友印刷有限公司

版 次 2013年7月第1版

印 次 2013年7月第1次

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 13.5

字 数 350千字

定 价 42.00元

林业有害生物防治岗位(职业技能)培训系列教材

编委会

主任 宋玉双

副主任 李永成

成员 尤德康 闫峻 曲涛 胡学兵 赵铁良
常国彬 郭文辉 聂雪冰 孙玉剑

《林业有害生物监测预报技术》

编委会

主编 王玉玲

副主编 赵铁良 方国飞 于治军 李孟楼

编委 (以姓氏笔画为序)

马建海 方健惠 王平 王瑛 王毅 兰星平 冯世强

冯春莲 吕军 吴金峰 张旭 张军生 张旭东 李涛

李硕 李菊 李红征 杨秀好 肖艳 林强 林育红

罗贤坤 赵丽 郭瑞 梁承丰 菅广林

主审 闫峻

前 言

成就任何事业，人才是基础，科技是保障。林业有害生物防治事业是林业工作中科技含量较高的领域。林业有害生物种类多、分布广、危害大，要认识和掌握其发生、发展规律，进而实现对其有效控制，促进森林健康和人与自然和谐，需要人类在尊重自然、保护自然、改造自然的同时，不断探索自然界生物和森林生态系统的奥秘，不断探究防控林业有害生物的科学方法。实现上述目标的最有效途径就是在加强科学研究的同时，加大人才培养的力度、深度和广度。

为强化林业有害生物防治行业队伍培训，国家林业局森林病虫害防治总站在着眼行业整体发展规划的同时，深入研究和科学制定行业培训规划，探索建立完善的人才培训体系，组织全站技术力量，历时一年多，在不断修改、完善的基础上，编写完成了“林业有害生物防治岗位(职业技能)培训系列”教材。该系列教材共分五册，《林业有害生物监测预报技术》为第二册，共8章，主要内容包括：林业有害生物监测预报概述、林业有害生物监测调查技术、林业有害生物预报技术、森林病害的监测预报、叶部及枝梢森林害虫的监测预报、钻蛀类害虫的危害与调查、主要森林害鼠害兔的危害与调查和林业有害植物的危害与调查等，是行业培训中各级森防管理机构管理岗位培训的重要参考资料，与《林业有害生物防治知识题库》形成了内容全面、规范配套、实用性强的系列培训丛书。

各级林业有害生物防治管理部门和从事培训工作的同志，要以该教材为重要参考资料，紧密结合本地、本部门实际，进一步丰富培训内容，改进培训方式方法，注重培训工作的系统性和规范性，不断提高培训工作质量，提升行业队伍整体素质，为行业发展积蓄力量。

由于时间和人力所限，该教材难免会有一些疏漏和疵误，望予谅解，并多提宝贵意见，以便不断完善、补充和改进。

编委会
2013年3月

目 录

前 言

第一章 林业有害生物监测预报概述	(1)
第一节 林业有害生物监测预报的主要内容	(1)
一、林业有害生物监测预报工作的意义和作用	(1)
二、监测预报的研究方法	(2)
三、常用名词	(3)
四、林业有害生物监测预报的步骤	(3)
五、林业有害生物预测预报的流程	(4)
第二节 国外林业有害生物监测预报概述	(5)
一、国外林业有害生物监测预报历史	(5)
二、国外林业有害生物监测预报现状	(9)
三、国外林业有害生物监测预报展望	(11)
第三节 国内林业有害生物监测预报概述	(12)
一、我国林业有害生物监测预报发展历程	(12)
二、我国林业有害生物监测预报工作展望	(23)
第二章 林业有害生物监测调查技术	(37)
第一节 林业有害生物调查	(37)
一、林业有害生物调查分类	(37)
二、林业有害生物常用调查与取样方法	(40)
第二节 林业有害生物调查技术与数据分析	(56)
一、林业有害生物调查技术	(56)
二、调查资料的统计分析	(69)

第三章 林业有害生物预报技术	(75)	
第一节 林业有害生物预报的种类与内容	(75)	
一、林业有害生物预报的种类	(75)	
二、林业有害生物预报的内容	(76)	
第二节 林业有害生物发生期预测方法	(76)	
一、生物学方法	(76)	
二、物理方法	(80)	
三、化学方法	(83)	
四、物候学方法	(83)	
五、病害发生期预测	(84)	
第三节 林业有害生物发生量预测方法	(87)	
一、有效虫口基数测报法	(87)	
二、生物气候图测报法	(87)	
三、经验指数预测法	(88)	
四、昆虫形态指标预测法	(88)	
五、黑光灯引诱测报	(89)	
六、病害发生量预测	(89)	
第四节 危害程度及发生范围预测	(90)	
一、害虫危害程度及其分级	(90)	
二、发生范围的预测	(91)	
三、马尔可夫链预测	(92)	
第五节 预测结果发布和验证	(94)	
一、预测结果发布	(94)	
二、预测预报质量评定	(95)	
第四章 森林病害的监测预报	(99)	
第一节 针叶树主要病害的监测预报	(99)	
松材线虫病(99)	落叶松枯梢病(100)	马尾松赤枯病(102)
马尾松赤落叶病(103)	杉木叶枯病(103)	红松疱锈病(104)
松针褐斑病(105)	杉木炭疽病(105)	松杉苗立枯病(107)
第二节 阔叶树病害及其他主要病害监测预报	(107)	
杨树溃疡病(107)	杨树烂皮病(109)	桉树青枯病(110)
桉树焦枯病(111)	桉树红叶梢枯病(111)	毛竹枯梢病(112)
猕猴桃细菌性溃疡病(112)	杨树花叶病毒病(113)	冠瘿病(113)
油茶炭疽病(114)	板栗疫病(115)	

第五章 叶部及枝梢森林害虫的监测预报	(117)
第一节 松毛虫类害虫的监测预报	(117)
马尾松毛虫(117)	落叶松毛虫(118) 油松毛虫(120)
赤松毛虫(121)	云南松毛虫(121) 思茅松毛虫(123)
第二节 蚧虫的监测预报	(124)
松突圆蚧(124)	湿地松粉蚧(126) 日本松干蚧(127)
枣大球蚧(128)	扶桑绵粉蚧(129)
第三节 其他鳞翅目叶部害虫的监测预报	(130)
蜀柏毒蛾(130)	侧柏毒蛾(131) 兴安落叶松鞘蛾(133)
美国白蛾(134)	春尺蠖(135) 油桐尺蠖(137)
杨扇舟蛾(138)	杨小舟蛾(139) 杨二尾舟蛾(141)
黄刺蛾(142)	舞毒蛾(142) 黄褐天幕毛虫(144)
银杏大蚕蛾(144)	微红梢斑螟(146)
第四节 膜翅目及其他叶部害虫的监测预报	(147)
松阿扁叶蜂(147)	鞭角华扁叶蜂(148) 刺桐姬小蜂(149)
桉树枝瘿姬小蜂(150)	椰心叶甲(151) 黄脊竹蝗(152)
第六章 钻蛀类害虫的危害与调查	(157)
第一节 天牛类害虫的危害与调查	(157)
光肩星天牛(157)	桑天牛(159) 云斑天牛(160)
栗山天牛(161)	松褐天牛(162) 双条杉天牛(163)
粗鞘双条杉天牛(164)	青杨脊虎天牛(165) 星天牛(166)
第二节 蠹虫类害虫的危害与调查	(167)
红脂大小蠹(167)	纵坑切梢小蠹(169) 华山松大小蠹(171)
落叶松八齿小蠹(172)	双钩异翅长蠹(173)
第三节 象甲类害虫的危害与调查	(174)
云南木蠹象(174)	杨干象(175) 萧氏松茎象(177)
臭椿沟眶象(177)	红棕象甲(178)
第四节 其他钻蛀类害虫的危害与调查	(179)
咖啡豹蠹蛾(179)	沙棘木蠹蛾(180) 蔗扁蛾(181)
白杨透翅蛾(181)	杨干透翅蛾(182) 柳扁蛾(183)
苹果蠹蛾(184)	枣实蝇(185) 栗瘿蜂(186)
第七章 主要森林害鼠害兔的危害与调查	(189)
第一节 害鼠的危害与调查	(189)
中华鼯鼠(189)	东北鼯鼠(190) 大沙鼠(191)
棕背鼯(192)	东方田鼠(193) 根田鼠(194)

第二节 害兔的危害与调查..... (195)

蒙古兔(195)	达乌尔鼠兔(196)	西藏鼠兔(196)
高山鼠兔(197)		

第八章 林业有害植物的危害与调查 (199)

第一节 本土林业有害植物的监测调查..... (199)

油杉寄生(199)	无根藤(200)	金钟藤(201)
葛藤(201)		

第二节 外来林业有害植物的监测调查..... (202)

薇甘菊(202)	加拿大一枝黄花(204)	紫茎泽兰(205)
飞机草(206)	日本菟丝子(207)	

第一章

林业有害生物监测预报概述

林业有害生物是指对森林(林木)有害的任何植物、动物或病原体的种、株(品系)或生物型,包括害虫、病原微生物、害鼠(兔)和有害植物。随着我国生态建设事业的迅速发展,我国森林面积已达 19545.22 万 hm^2 ,但生态环境脆弱,森林质量差,树种单一,人工林比重大是不争的事实,同时也为林业有害生物的滋生和蔓延提供了客观条件。多年来,林业有害生物的发生和危害日趋严重,已成为影响生态建设的重要制约因子之一,被称为“不冒烟的森林火灾”。近年来全国林业有害生物年均发生面积达 1000 多万 hm^2 ,所造成的灾害损失约 1100 多亿元。由于林业有害生物对人类造成的经济损失和生态功能损失越来越严重,对其进行动态监测并及时、准确地预测预报就成为林业有害生物监测预报工作亟待解决的问题。

林业有害生物监测预报的主要任务包括三方面。一是监测调查,即通过线路踏查结合标准地调查,准确掌握林间有害生物发生种类、发生期、发生量、发生范围、危害程度等实时动态信息。二是预测预报,即根据林业有害生物的历史与现实资料、生物学和生态学特性,结合寄主、环境、气象等影响林业有害生物种群数量变动相关因子的变化情况,对调查采集的资料进行综合分析和判断,预测林业有害生物的发生发展趋势,发布预报预警信息。三是防控决策,即根据监测调查和预测预报信息科学制定防治方案,供决策者参考,指导林权所属单位和个人适时开展预防与科学控灾。

做好林业有害生物防控工作,监测预报是基础和关键。监测预报工作是进行林业有害生物综合治理的先决条件,是制定防控预案的基础。只有搞好林业有害生物监测预报工作,及时准确地掌握林业有害生物的发生规律和动态趋势,在其大发生前有针对性地采取措施加以预防并在大发生时及时除治,才能控制林业有害生物的扩散蔓延,有效地保护森林资源和生态建设成果。

第一节 林业有害生物监测预报的主要内容

一、林业有害生物监测预报工作的意义和作用

林业有害生物监测预报是通过对林业有害生物的调查和连续观测,获取其发生情况的

基础数据, 结合其生物学特性以及影响其种群数量变动的林分健康状况、天敌、气象和人为活动等相关因子, 进行综合分析, 对林业有害生物的发生趋势做出预测, 并将预测结果及时发布到当地政府、上级主管部门以及林地所有者等相关单位和个人。

开展林业有害生物监测预报工作, 不仅能够掌握常发性病虫害的发生期、发生量、发生范围和危害程度, 对其发生趋势做出准确的预测, 为开展防治工作提供科学依据, 而且还能够及早发现检疫性、危险性有害生物是否传入, 及时预警, 果断除治, 避免其进一步的扩散和蔓延。有害生物监测预报对减轻林业灾害有着显著的作用, 对促进社会经济与生态环境的可持续发展有积极意义。

林业有害生物监测预报工作, 在整个林业生产的链条中, 发挥着重要的作用。

(1) 林业有害生物监测预报是实现“预防为主, 科学治理, 依法监管, 强化责任”森防工作方针的基础, 也是开展林业有害生物检疫和防治的依据。

贯彻落实森防方针, 首要的问题是必须提早预知林业有害生物在什么时候发生, 将会给林木或林产品造成什么样的经济损失, 或在生态效益、社会效益方面造成多大的影响。只有准确预判, 有关部门才能根据监测预报情报, 组织人员采取必要、合理的防护措施, 将林业有害生物造成的损失降到允许的水平之内。及时、准确的监测预报对于那些危害性大、经常暴发成灾的林业有害生物种类尤为重要。对于没有提前采取预防措施而发生的林业有害生物灾害, 在采取扑灭或治理性措施前, 同样需要尽快预测出该种林业有害生物的发生趋势、可能造成的危害和损失情况。

(2) 及时、准确的监测预报, 可以使防治部门最合理地组织药械、药剂, 药械、药剂, 生产部门也可根据林业有害生物监测预报情报制定生产计划, 组织生产加工与防治对口的药剂和药械。

(3) 监测预报和精确的统计资料是林业部门进行多种规划的依据。例如营林部门、林产工业部门, 以及林产品加工部门等。

(4) 对林业有害生物各个发育阶段的发生期、传播扩散途径等进行预测, 可以为检疫部门确定检疫对象、制定检疫规程和进行区域间的针对性检疫提供依据。

(5) 林业有害生物发生范围及危害程度预测结果是林木、林果及林副产品的质量、数量测定的重要参数, 也是制定加工、购销计划不可或缺的依据。

(6) 林业有害生物监测预报决定着森林保护方面科研工作的方向, 是进行科研选题、立项的重要依据。

(7) 林业有害生物监测预报信息是出版部门制定为森保行业服务的专业书籍、杂志等内容及出版计划的参考。

(8) 教育部门要根据当前和未来林业有害生物的发生、发展程度, 确定森保方面人才的培养计划、教学内容等。

二、监测预报的研究方法

1. 室内研究

通过对林业有害生物室内饲养, 观察其生长发育及数量动态等, 取得实验生态学资料。

2. 林间研究

通过林间设立标准地进行系统观察和取样,掌握其发生的最适生态条件、发生趋势、种群消长规律等动态资料。

3. 统计分析

对历史记载资料、室内研究和林间研究得到的资料进行统计分析,科学地归纳出环境因子与林业有害生物发生之间的关系。

4. 计算机模拟

建立相应的监测和预测预报模型,对林业有害生物的发生趋势进行预测。

三、常用名词

预报量: 预报病虫害发生的主要特征,如发生期、发生量、发生范围和危害程度。

预报因子: 影响林业有害生物发生的因素都是预报因子,如虫源、菌源、天敌、气象因素、人为活动等。

预报要素: 预报量和预报因子的通称。

常数: 常量或参数,指统计时始终不变的数值,一般用 a 、 b 、 m 、 n 等表示。

变数: 变量,随着调查和测定所取样本不同而变化的数值,一般用 X 、 Y 、 Z 等表示。

定性: 观察数据和变量可以定性,也可以定量。定性是属于几种互不相容的类别中的一种,一般是非数字的,如发生趋势、偏轻或偏重等。

定量: 就是用具体数值测量或预报发生期和发生量,一般是数字式的,如越冬代松毛虫成虫羽化高峰期是4月20日,虫口密度是30头/株等。

历史符合率: 通常检验统计测报方法的优劣,如经历史资料验证后符合的百分率。

预报准确率: 用于检验预报的实际效果,通常用实际发生情况与预报发生情况相比较得出。

四、林业有害生物监测预报的步骤

1. 制定方案

制定监测对象调查方案,设计踏查线路图,明确寄主树种与面积,规定调查时间和方法,分片包干,责任到人,准备好调查工具和记录表格。

2. 踏查

按责任地段、设定路线进行,观察是否有林业有害生物发生,填写相应记录表。

3. 样地调查

经踏查发现有病或虫害发生的林地,设样地(临时标准地)进行详查,确定虫情等级或感病指数和发生面积,填写相应记录表。

4. 发生情况汇总

县级森防站汇总各乡镇监测调查结果,填写相应汇总表。根据病虫害发生情况及时发布通报、警报和生产性预报。

5. 发生情况上报及存档

县级森防站将汇总后的发生情况上报到市、省级森防站。将原始记录表及发布的预报

分门别类装入卷、册、盒、袋，建立林业有害生物监测预报档案。省级森防站将本省发生情况汇总，报送至国家林业局森林病虫害预测预报中心。同时根据全年林业有害生物发生情况，结合相关预报因子做出下年发生情况预测。发生情况一律通过“林业有害生物防治管理信息系统”报送。

五、林业有害生物预测预报的流程

要做好林业有害生物预测预报，首先要对监测预报对象建立样地(固定标准地)进行连续的系统观测，至少要积累5年或10年以上的观测数据。然后根据实践经验、专家意见和数理统计相结合的方法选取预测因子，再采取相应的数理统计预报方法进行运算、建立预报方程，及时发布病虫害预报。如发生期、发生量(发生程度)以及短期、中期和长期发生趋势预报，预测到近期某种林业有害生物将要大发生时，还要发布警报，最后对其预报质量进行评定。其预测预报流程如图1-1所示。

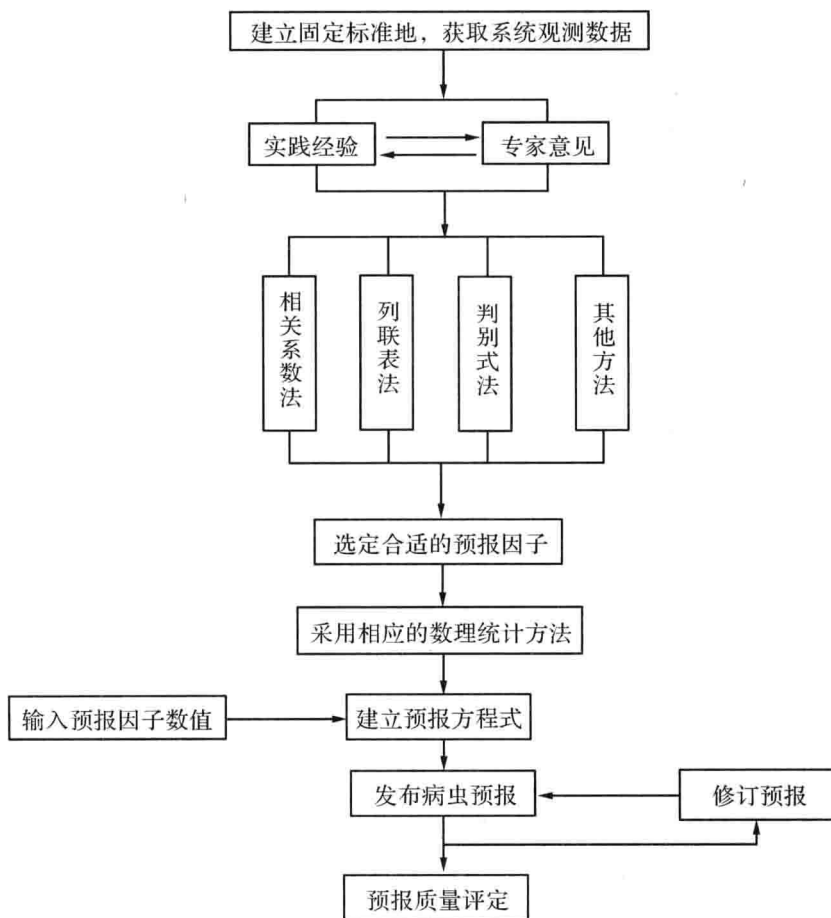


图 1-1 预测预报流程示意图

第二节 国外林业有害生物监测预报概述

林业有害生物监测预报工作始于20世纪30年代,尤其是比较重视森林资源和生态环境保护的欧美发达国家(地区),在林业有害生物监测预报技术的研究和应用方面相对成熟,监测预报体系亦比较完善。

一、国外林业有害生物监测预报历史

从20世纪30年代开始,害虫猖獗问题引起了昆虫生态学家的极大关注,他们对害虫大发生和危害消长的原因,从实验生态学或个体生态学、群落生态学等角度做了大量的分析和研究,大大丰富了人们对于害虫发生规律的认识,进而和预测天气一样,逐步开始监测预报害虫的发生发展趋势。

(一)发展历史

20世纪70年代,欧美国家普遍开始重视林业有害生物监测预报工作,这主要是因为当时盲目使用化学农药而产生的副作用逐渐暴露,有害生物防治的生态学观点、经济学观点和环境保护观点日益为人们所接受,加强监测预报,科学合理用药,预防为主、综合治理的要求日益迫切。70年代以后,随着电子计算机技术的广泛应用,有害生物监测预报工作的发展上了一个新的台阶。20世纪90年代以来,美国在“林业有害生物综合治理”的基础上,进一步提出了森林健康理念和森林保健理论,将林业有害生物的防治管理思想上升到森林保健的高度。经过多年的努力,美国、加拿大等西方发达国家大都建立了以“3S”(即全球定位系统GPS、遥感RS和地理信息系统GIS)为主体的森林健康状况监测预报体系,具有快速、实时或准实时采集、存储、管理、更新、分析与应用地球空间分布有关数据的能力,实现了林业有害生物数据采集、管理、分析的科学化和自动化,有效地提高了林业有害生物监测预报的技术水平和管理水平。

美国是一个林业大国,其林业管理体系分为联邦、州和私人服务公司等几个方面。联邦管理机构分为4个层次:农业部林务局、大林区办公室和林管区管理办公室、营林区办公室。林务局承担着全美森林、草地、水体、野生动物和旅游资源的政策法规的制定和实施,国有林保护、更新及有关项目的资金预算和管理,还承担着私有森林和草地的技术服务支持等任务。大林区隶属于林务局,全美设有10个大林区,每个大林区负责几个州的国有林计划、经费和技术方面的协调工作。林管区在全国共有155个,隶属于各大林区办公室。林管区下设营林区,全美共有600个,每个营林区有10~100名工作人员,负责管理2万~40万 hm^2 林地。林业有害生物监测主要由农业部林务局、森林健康监测中心、州属政府部门、大学涉林系(部)、森林经营部门及林主相结合进行,每年联邦林务局要发布全美林业有害生物年度监测概况,各州和联邦政府联合发布地区林业有害生物监测和发生情况。大区域监测一般采用航空监测手段,同时,以地面人工调查作为航空监测的补充以及发生较早、范围较小的林业有害生物监测手段。美国林业有害生物监测的特点是比较重视监测预报技术的研究和新技术的应用,早在20世纪40年代就应用舞毒蛾 *Lymantria dispar* L. 性信息提取物进行监测预报,80年代应用卫星和航空遥感技术监测森林害虫的发生

与演变规律,应用 X 射线监测南部松小蠹 *Dendroctonus frontalis* Zimmerman 等次生性害虫种类及其种群数量。

日本有害生物监测预报工作的重点是农作物,因此,农业有害生物监测预报工作开展较早。1941 年,日本各道、府、县的农业试验场,就设有监测预报主任,并且数个道、府、县设一个观测所,形成了日本当时的监测预报机构;到了 1951 年,日本将其监测预报工作正式列入《植物防疫法》;至 80 年代初,日本已有监测预报专职和兼职人员 12000 多人,并确定全国性和地区性的监测预报对象共 181 种,定期发布全国和区域有害生物预报。

德国以定点观测为主,在主要林业有害生物常发地一般都设有固定监测点,由基层林业部门负责采集调查数据,按期送到州林业研究院,由研究人员整理分析,若发现其害虫种群数量有增加的趋势,州林业研究院将派人到现场做进一步的详细调查。州林业研究院随时为各林业局提供虫情咨询服务。此外,国家每年召开一次会议,总结交流监测预报工作经验和推广应用新技术。

(二) 研究与应用成效

美国、加拿大、日本、英国、德国、法国等国家从林业有害生物发生机理及其演变趋势出发,探索将先进科学技术在监测预报中加以应用,从而建立了科学的监测预报系统,在林业有害生物监测预报的基础理论和实践应用上取得了较好的成绩,主要体现在下列几个方面。

1. 种群动态监测研究

种群动态研究作为有害生物监测预报基础理论研究之一,国外学者们主要通过研究有害生物自身遗传特性及其与外界森林生态环境影响的规律来进行预测预报。加拿大 Davis (1980) 研究认为,预报云杉卷蛾 *Choristoneura fumiferana* Clem. 种群的危害等级可以依据香脂冷杉 *Abies balsamea* 形成层的电阻值指数,而通过测定松树松脂分泌程度可以预测小眼夜蛾 *Panolis flammea* Denis et Schiffermüller 的发生数量;Royama (1984) 研究认为 200 多年来,云杉卷蛾在新布伦瑞克地区种群大发生,平均 3~5 年为 1 周期,其发生周期在全地区几乎是同步的,不因幅度和虫口数量不同而改变,大波动是 3~6 龄幼虫的内在密度制约因子综合作用所致,而小波动是由于雌蛾迁飞所致;Nef (1989) 应用射线照像术监测云杉八齿小蠹 *Ips typographus* L., 显示寄主树木的小蠹种群数量及其在坑道中发育状况。法国 Alain (1986) 在阿尔卑斯山发现松球果花蝇 *Strobilomyia* spp. 种群变动主要受球果丰富度所制约,当球果产量上升时花蝇种群也相应增加,否则反之。因此,可根据上年坐果量和当年球果收获量预测球果受害情况。罗马尼亚 Dissesca (1988) 研究认为,在栎绿卷蛾 *Tortrix viridana* L. 生活力旺盛的种群中,雌蛹壳重量比雄性重 10%~25%;在种群衰退时雌雄蛹壳重量差异很小,依此可作为种群监测预报的依据。

2. 空间分布型及抽样技术研究

昆虫种群空间分布型与抽样技术研究在理论和实践上都有重要意义。它可以揭示在不同时间种群的空间结构与图式及其演变的特性,为设计精确的抽样方法、制定综合防治方案提供科学依据,因而,对有害生物空间分布型与抽样技术的研究亦成为国外学者们研究的热点。加拿大 Dobesherger (1989) 调查铁杉尺蠖 *Lambdian fiscellaria* Guenée 卵的空间分布

型为负二项分布。采用 Montecarlo 法进行平均抽样数的计算结果表明, Wald 序贯概率比检验法更适合该虫种群数量的预测。日本屋四崎研(1988)研究指出, 鱼鳞松大蚜 *Cinara bagdanowiezoana* Inouye 在幼嫩枝芽上形成虫瘿是高度聚集分布。

在抽样调查方面, Schmid (1982)在调查松皮小卷蛾 *Laspeyresia grunertiana* Ratzeburg 时采用了4种样枝方法: ①每小区样地选1株树, 每株树上取1个样枝(1T-1B); ②每小区样地选3株树, 每株树上取1个样枝(3T-1B); ③每小区样地选3株树, 每株树上取2个样枝(3T-2B); ④每小区样地选6株树, 每株树上取1个样枝(6T-1B)。结果表明, 4种方法差异并不显著, 均能比较正确地反映虫口数量, 其中1T-1B法最为省工, 后两种精度最高。

3. 昆虫信息素监测研究与应用

昆虫信息素(Insect Pheromones)也可称为昆虫外激素, 是昆虫腺体释放的一种化合物或几种化学物质组成的混合物。它具有挥发性, 经空气扩散, 使其他个体嗅到后, 产生行为反应, 是同种昆虫个体之间在求偶、觅食、栖息、产卵、自卫等过程中起通讯联络作用的化学信息物质, 故称信息素。主要有性信息素(Sex Pheromones)、聚集信息素(Aggregation Pheromones)、示踪信息素(Trail Pheromones)、报警信息素(Alarm Pheromones)、疏散信息素(Epideietic Pheromones)、蜂王信息素(Queen Pheromones)、那氏信息素(Nosanov Pheromones)等。在不同种昆虫之间和昆虫与其他生物之间也存在传递信息的化学媒介, 种间信息化学物质主要有利己素(Allomones)、利他素(Kairomones)、协同素(Synomones)等。

国外性信息素研究在20世纪30年代由Collins和Potts开始, 然而利用昆虫之间的化学通讯物质监测害虫的尝试至少可追溯到19世纪末, 如Forbush和Fernald试图用活雌蛾诱捕器控制舞毒蛾。20世纪40年代开始尝试使用雌蛾腹部粗提物捕捉舞毒蛾雄蛾。1959年Butenandt等确定家蚕蛾 *Bombyx mori* L. 性信息素的成分, 昆虫性信息素的研究迅速开展起来。Shore(1988)研究用荧光粉标记, 释放后再捕捉, 通过紫外线辨认, 既能评价聚集信息素诱集黑条木小蠹 *Xyloterus lineatus* Olivier 的效果, 又能预测种群的数量及其扩散范围。美国Maloncki(1988)根据每日温度和性信息素诱捕数量建立了松皮小卷蛾成虫飞行模型, 利用37.5℃和5.5℃的高低温阈值以及诱到第一只蛾子到飞行高峰的总积温575.2日度, 预测该虫幼龄幼虫出现与防治适期。应用性信息素诱测舞毒蛾方面, 当每个诱捕器平均诱捕到20只以上雄蛾时, 就预示着下一代幼虫将会大发生, 需要采取防治措施。

4. 灯诱监测技术研究与应用

利用昆虫的趋光性, 对森林害虫进行监测预报是比较理想的方法。印度Khan(1988)应用灯光诱测方法研究了15种分属于鳞翅目、鞘翅目、半翅目的农林害虫发生季节、种群动态和危害程度。美国Bailey(1988)对鳄梨上卷叶蛾 *Homona magnanima* Diakonoff 进行了3年的黑光灯诱测研究, 发现卷叶蛾每年2~3代, 发生盛期在7~10月。当其数量超过防治指标时, 可在3~4月施放寄生蜂对其进行防治。Simmons(1986)根据灯光诱捕资料, 结合航空调查绘制的幼虫危害林分图, 预测出4~5年后卷叶蛾发生的地点和范围。

5. 航空航天监测技术研究与应用

早在20世纪30年代, 美国、加拿大等国就已经开始探索采用空中监测手段对森林健

康状况进行调查。1919年, Gordon Hewitt 在不列颠哥伦比亚省的蚊子繁殖区上空飞行后提出了使用飞机对森林昆虫进行调查的设想。1930年, 美国昆虫局在黄石国家公园利用一架森林服务飞机对暴发成灾的危害树皮的一种鞘翅目昆虫进行了空中监测。1931年, 波特兰森林昆虫博物馆的 Keen 和华盛顿州消防协会的 Cowan, 在对华盛顿西南部铁杉尺蠖暴发情况勾绘过程中监测记录到了西北部两个州的森林昆虫暴发情况。1947年, 美国农业部昆虫和植物检疫局、华盛顿州和俄勒冈州联合协会、Weyerhaeuser 公司等联合制定了森林害虫年度空中监测系统。资深昆虫学者 Buckhorn 和林务官员 Wear 于 1955 年撰写了《森林昆虫空中监测组织与实施》, 第一次系统介绍了航空勾绘监测技术, 该成果对航空监测技术的发展影响深远。20 世纪 60 年代用航空影像来监测德克萨斯州柚子园的根腐病 *Phytophthora* sp., 并且还用试验光谱仪来研究健康树叶与染病树叶的光谱差异。Ulliman 等(1977) 利用彩色红外(CIR)航空影像来有效检测栎枯萎病 *Ceratocystis fagacearum*(Bretz) Hunt。Appel 等(1984)还利用 CIR 影像来调查橡树的死亡率及确定德州中部栎枯萎病的中心。Eav(1984)应用高空全景彩色红外航空影像监测西部黄松的黑山大小蠹 *Dendroctonus ponderosae* Hopkins, 发现受害死亡松树达 79898 株, 并绘制出 1:24000 比例尺的详细危害图。随后, Appel 等(1987)进一步利用 CIR 影像来分析栎枯萎病的流行病学参数, 以提高对该病害的管理。在芬兰, 由于云杉 *Picea asperata* 林的失叶没有中欧严重, 不能用卫星影像来有效地估算失叶量, 所以 Haara 等(2002)利用 CIR 来评估芬兰云杉林的失叶量。

50 多年来, 航空监测技术一直被认为是大面积森林健康监测中高效、低成本的监测技术。随着计算机和 GPS 技术的发展, 航空电子勾绘监测已经成为航空监测的主导技术。20 世纪 70 年代以来, 随着科学技术的进步, 人造卫星、宇宙飞船和航天飞机相继出现, 航天遥感技术迅猛发展, 特别是 1972 年美国成功发射了第一颗地球资源卫星之后, 开创了卫星遥感监测林业有害生物的应用研究, 各国竞相把航天遥感技术引入林业有害生物的监测预报工作中, 林业有害生物监测预报又有了更先进的技术支持。20 世纪 70 年代美国应用卫星遥感技术监测舞毒蛾危害阔叶林的面积和危害程度, Nelson(1983)利用 Landsat MSS 数据来监测由舞毒蛾引起的森林落叶; Dottavieci(1983)联合航空航天局和宾西法尼亚州林务局利用卫星多光谱扫描资料监测卷蛾危害阔叶林的情况。由于配置了主题成图器所提供的图像(地面辨别率为 30m × 30m), 精确判断出了卷蛾危害的地点。Ciesle(1984)报道利用“登陆号”卫星照片监测舞毒蛾的危害。每张照片扫描地域 6102m², 使用 12.7cm 宽底片判断出马里兰州 1983 年 98.3% 的林地受到舞毒蛾的危害。Royle 等(1997)根据 TM 数据(1984 年 11 月 8 日和 1994 年 11 月 4 日)来检测新泽西高地上的加拿大铁杉 *Tsuga canadensis* 林因虫害而引起的失叶状况, 并在 1267km² 的面积上对失叶量进行了定量分析和制图。Price 等(1998)的研究表明: 在针叶林中, 随着植被的演替, 其光谱反射率沿着光谱亮度—绿度二维空间发生相应变化, 如果在一段时间内, 监测到林地的亮度值增加而绿度值几乎不变, 则该林地很可能感染了虫害。20 世纪 80 年代以来, 中欧的云杉 *Picea asperata*、松树 *Pinus* 和山毛榉 *Fagaceae* 等发现大面积受损, 受害状为失叶, 遥感监测技术开始广泛应用。随后, 瑞典通过遥感监测也发现了挪威云杉 *Picea abies* 与欧洲赤松 *Pinus sylvestris* 的失叶现象。Ekstrand(1990)用 TM 数据和数字立地数据来监测瑞典西南部挪威云杉 *Picea abies* 的失叶量, 所选的 3 景 TM 影像的成像月份不同(7 月和 9 月)。在高纬度的瑞典, 9