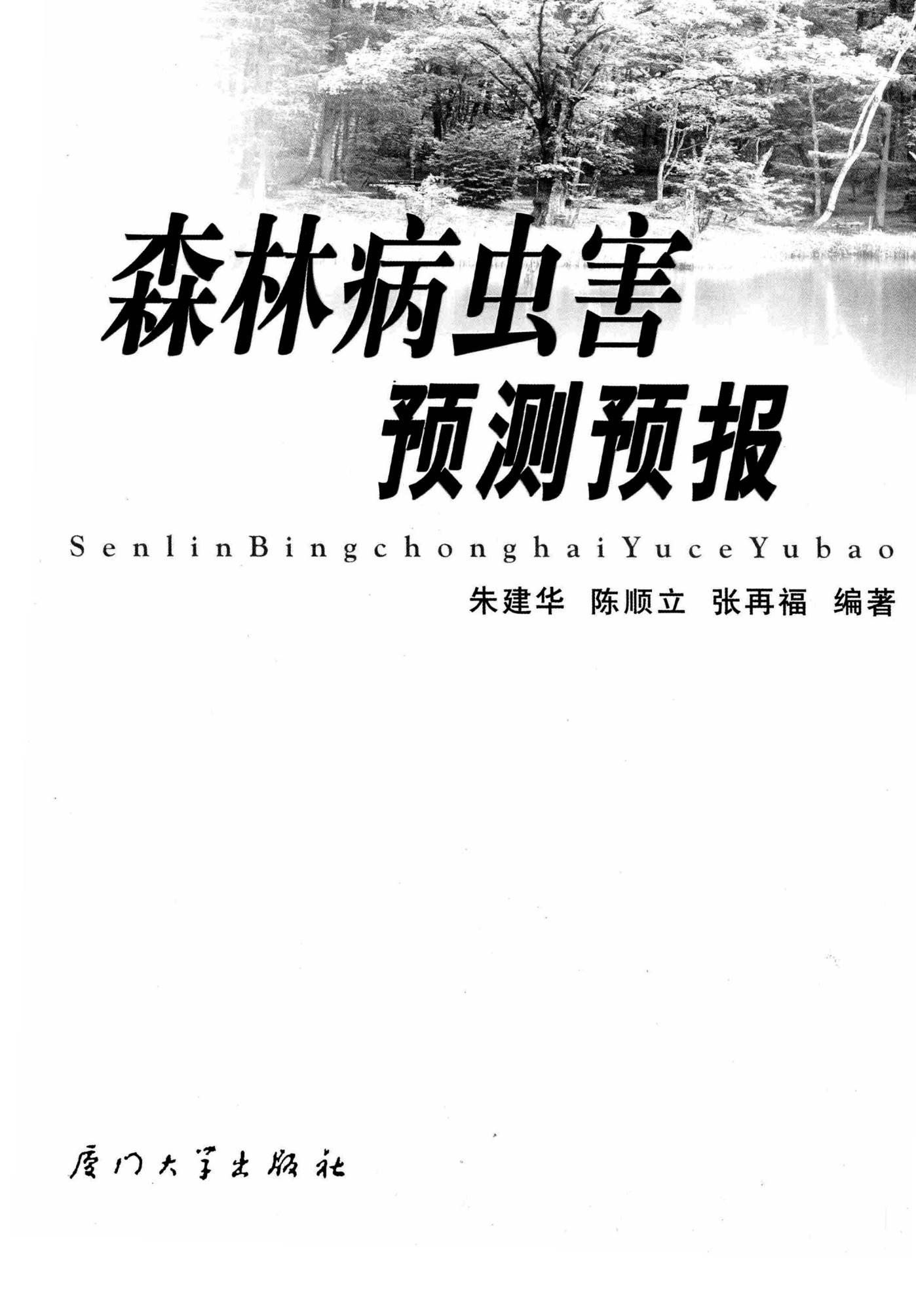


森林病虫害 预测预报

朱建华 陈顺立 张再福 编著

厦门大学出版社



森林病虫害 预测预报

S e n l i n B i n g c h o n g h a i Y u c e Y u b a o

朱建华 陈顺立 张再福 编著

厦门大学出版社

森林病虫害预测预报

朱建华 陈顺豆 张再福 编著

厦门大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

森林病虫害预测预报/朱建华,陈顺立,张再福编著. —厦门:厦门大学出版社,2002.8
ISBN 7-5615-1952-4

I. 森… II. ①朱…②陈…③张… III. 森林-病虫害-预测 IV. S763

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 070987 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

福州市鼓楼印刷精装厂印刷

2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:21.5 插页:2

字数:550 千字 印数:1-2 000 册

定价:45.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

前 言

森林病虫害预测预报是森林病虫害综合防治工作的基础,是森林病虫害系统管理中极其重要的组成部分,是一项监测森林病虫害未来种群变动趋势的重要工作。常年预测预报是运用辩证唯物主义的观点和方法,通过对森林病虫害情的连续观测、调查,并将调查的现时资料、历史资料与森林病虫害自身的生物学、生态学特性和影响种群变动的相关因子的变化情况(如林分生长发育状况、经营水平、天敌状况及气象条件等)进行综合分析、判断,从而对森林病虫害种群未来趋势作出正确的估测,并向各级政府、林业主管部门和基层生产单位提供森林病虫害信息和咨询服务的一门应用技术。

近十几年来,由于我国天然林锐减,人工林面积大幅度上升,森林生态系统十分脆弱,加上近年来世界气候变暖,气候异常引起某些森林病虫害暴发成灾,还有某些危险性病虫害的人为传播、大量滥用农药、不能适地适树、病虫害的“危机管理”等,使得多种森林病虫害的发生日趋严重。因此,搞好森林病虫害预测预报是正确贯彻森林病虫害“预防为主,综合治理”方针的前提,也是制订森林病虫害综合防治方案并付诸实施的先决条件,这对于巩固绿化成果、保护森林资源、促进生态环境建设和林业的可持续发展具有重要的意义。

我国森林病虫害预测预报工作起步较晚,还处于发展之中,体系尚未成型。目前的趋势正由定性测报向定量测报的方向发展,由静态的阶段性疾病虫害调查向动态的连续性种群监测方向发展,由一般的常规测报向综合的系统测报方向发展,由单纯的森林病虫害测报向整个森林生态系统的系统分析方向发展。有鉴于此,笔者草成此书,旨在抛砖引玉,希望能对森林病虫害的测报工作有所助益,并供林业教学、科研和专业技术人员参考。

全书共分八章,其中第二、三、六、八章由朱建华高级工程师编写,第一、四、五章由陈顺立教授编写,第七章由陈顺立、朱建华、张再福、傅瑞树、吴晖、王玲萍共同编写。全书由陈顺立教授负责统稿。

本书编写过程中,承蒙一些专家、教授及同仁的大力支持和帮助,并惠赠宝贵资料;研究生梁光红同志协助打印了部分初稿,王丽贞同志协助校对了部分稿件,在此深表谢意。

森林病虫害预测预报内容涉及面广,本书不能一一详述。部分森林病虫害种类的系统调查、预测预报方法等资料有限,着笔不多。限于时间和水平,缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2002年2月

目 录

第一章 绪 论.....	(1)
第一节 森林病虫害预测预报的目的和意义.....	(1)
第二节 森林病虫害预测预报工作的发展概况.....	(1)
一、国外森林病虫害预测预报简况.....	(1)
二、国内森林病虫害预测预报进展.....	(2)
第三节 森林病虫害预测预报的类别.....	(3)
一、按森林病虫害预测的内容分.....	(3)
二、按森林病虫害预测时间的长短分.....	(3)
第四节 森林病虫害预测预报的基本做法.....	(4)
第二章 森林害虫预测预报的方法.....	(6)
第一节 与测报有关的昆虫知识.....	(6)
一、昆虫的生物学特性.....	(6)
二、昆虫的生态学特性	(10)
第二节 森林害虫发生期预测	(16)
一、发育进度预测法	(16)
二、期距预测法	(17)
三、有效积温预测法	(18)
四、物候预测法	(18)
五、经验性温度指标预测法	(18)
六、一元回归分析预测法	(19)
第三节 森林害虫发生量预测	(19)
一、有效基数预测法	(20)
二、气候图预测法	(20)
三、经验指数预测法	(22)
四、形态指标预测法	(24)
五、黑光灯预测法	(25)
六、矩阵模型预测法	(25)
七、生命表预测法	(26)
八、数理统计预测法	(26)
九、其他方法	(29)
第四节 森林害虫危害程度预测及损失估计	(29)
一、蛀食性害虫造成的损失估计	(30)
二、食叶性害虫造成的损失估计	(31)

三、刺吸性害虫造成的损失估计	(32)
第五节 森林害虫发生区预测	(33)
一、扩散迁移的预测	(33)
二、害虫发生地点与范围的预测	(33)
第六节 林分危险性预测	(34)
第七节 森林害虫的种群监测	(34)
一、灯光引诱和性信息引诱监测	(35)
二、收集森林害虫落粪进行监测	(35)
三、遥感技术监测	(36)
第三章 森林病害预测预报的方法	(38)
第一节 与测报有关的病害知识	(39)
一、植物病害和类别	(39)
二、侵染性病害发生发展的基本规律	(40)
第二节 森林病害发生期预测	(42)
一、物候预示法	(42)
二、苗床观测法	(42)
三、人工培养法	(43)
第三节 森林病害发生量预测	(43)
一、预测指标及调查方法	(43)
二、预测的主要方法和类型	(44)
三、预测模型的类型及其研制	(48)
第四节 森林病害危害程度预测及损失估计	(51)
一、损失的生理学	(52)
二、损失估计模型	(53)
第五节 森林病害发生区预测	(58)
一、孢子捕捉法	(58)
二、病源地预测法	(58)
三、线路调查法	(59)
第四章 森林病虫害调查方法和资料统计分析	(60)
第一节 森林病虫害的取样调查	(60)
一、总体与样本	(60)
二、常用的抽样方法和抽样单位	(60)
第二节 森林昆虫种群空间格局	(63)
一、森林昆虫种群空间图式	(63)
二、昆虫种群空间格局的测定方法	(64)
三、最适抽样数的确定	(70)
四、高树上几种虫口密度估计法	(72)
第三节 调查和实验数据的性质及整理	(78)
一、调查和实验数据的表示法	(78)
二、调查和实验数据的统计代换	(79)

第四节 样本的几个重要特征数及其计算方法	(80)
一、平均数的代表性和特性	(80)
二、几种常用的平均数	(80)
三、众数 (M_0)	(82)
四、极差 (全距)	(83)
五、标准差 (S)	(83)
六、变异系数 (CV)	(85)
七、可靠性程度 (t 测验)	(86)
八、置信度的计算	(87)
九、预定取样数量的确定	(87)
十、方差分析	(88)
第五章 新技术在森林病虫害测报中的应用	(92)
第一节 计算机在森林病虫害测报中的应用	(92)
一、计算机在测报资料管理及测报中的应用	(92)
二、遥感图像的计算机处理及虫情测报图的绘制	(93)
三、森林害虫测报专家系统的应用	(93)
四、计算机在森林害虫种群动态研究中的应用	(93)
第二节 昆虫信息素在森林害虫测报中的应用	(94)
一、用于森林害虫测报的昆虫信息素种类	(94)
二、昆虫信息素在森林害虫监测中的应用	(96)
第三节 数理统计方法在森林病虫害测报中的应用	(104)
一、一元回归分析测报法	(104)
二、二元回归分析测报法	(104)
三、逐步回归分析测报法	(105)
四、判别分析测报法	(105)
五、马尔可夫链分析测报法	(106)
第四节 3S 技术等森林病虫害测报中的应用	(107)
第六章 森林病虫害预测预报的组织与管理	(109)
第一节 森林病虫害预测预报的组织	(109)
一、森林病虫害预测预报机构的组织层次与职责	(109)
二、森林病虫害预测预报机构的人员配备	(110)
三、森林病虫害预测预报机构的装备	(112)
第二节 森林病虫害预测预报管理的概念及主要内容	(113)
一、管理的基本概念	(113)
二、森林病虫害预测预报管理的概念	(114)
三、森林病虫害预测预报管理的主要内容	(114)
四、森林病虫害预测预报管理与森林病虫害防治管理的关系	(115)
第三节 森林病虫害预测预报管理的原则与任务	(116)
一、森林病虫害预测预报管理的基本原则	(116)
二、森林病虫害预测预报管理的任务	(118)

第四节 森林病虫害预测预报管理的要素与程序.....	(121)
一、森林病虫害预测预报管理的要素.....	(121)
二、森林病虫害预测预报的基本程序.....	(124)
第五节 森林病虫害调查管理.....	(125)
一、森林病虫害调查的任务及内容.....	(125)
二、森林病虫害调查的管理制度.....	(127)
第六节 森林受害程度分析.....	(148)
一、森林受害程度分析的意义和基本原则.....	(148)
二、森林受害程度分析的一般手段和基本方法.....	(149)
三、森林受害程度分析的基本步骤.....	(150)
四、森林受害程度的表示方式.....	(151)
第七节 森林病虫害预测预报的质量评定.....	(152)
一、森林病虫害预测预报质量评定的目的.....	(152)
二、森林病虫害预测预报质量评定的方法.....	(152)
第八节 森林病虫害预测预报的资金管理.....	(154)
一、森林病虫害预测预报资金管理的意义.....	(154)
二、森林病虫害预测预报资金管理的基本原则.....	(155)
三、森林病虫害预测预报资金预算的编制、申报和审批.....	(155)
四、森林病虫害预测预报资金的使用管理.....	(157)
第七章 主要森林害虫的预测预报.....	(159)
马尾松毛虫(159) 云南松毛虫(172) 波纹杂毛虫(174) 松茸毒蛾(177)	
焦艺夜蛾(183) 微红梢斑螟(186) 浙江黑松叶蜂(188) 鞭角华扁叶蜂(193)	
脊纹异丽金龟(198) 松墨天牛(200) 松突圆蚧(202) 杉木球果麦蛾(207)	
杉木花翅小卷蛾(221) 杉木扁长蜡(225) 皱鞘双条杉天牛(228) 黑翅土白蚁(232)	
竹笋禾夜蛾(234) 大竹笋象(238) 刚竹毒蛾(239) 竹篦舟蛾(244)	
竹篦舟蛾(247) 竹织叶野螟(250) 黄脊竹蝗(252) 青脊竹蝗(258)	
异歧蔗蝗(258) 毛竹黑叶蜂(260) 竹广肩小蜂(262) 木毒蛾(266)	
多纹豹蠹蛾(268) 皮暗斑螟(274) 星天牛(277) 栗红蚧(278)	
珊毒蛾(278) 栗瘿蜂(283) 木兰突细蛾(286) 长脊冠网蝽(289)	
角菱背网蝽(293) 南京裂爪螨(296) 竹缺爪螨(298)	
第八章 主要森林病害的预测预报.....	(304)
松材线虫病(304) 马尾松赤枯病(308) 松针褐斑病(310) 杉木缩顶病(314)	
杉木炭疽病(315) 杉木叶枯病(320) 杉木半穿刺线虫病(321) 桉树焦枯病(323)	
毛竹枯梢病(325) 毛竹叶斑枯病(328) 板栗疫病(330)	

第一章 绪 论

第一节 森林病虫害预测预报的目的和意义

森林病虫害作为一种频发性生物灾害,是林业生产发展的一个重要制约因素。我国是世界上森林病虫害发生较为严重的国家之一。经常造成危害的森林病虫害有 200 多种,其中危害特别严重的有松毛虫、松材线虫、松突圆蚧、美国白蛾、刚竹毒蛾、松墨天牛、黄斑星天牛等十几种。随着人工造林面积的持续增长,我国森林病虫害总的发生将呈上升趋势,因此,只有准确、及时、连续、系统地掌握森林生态系统中森林病虫害种群数量变化的规律,对病虫害未来的发生状况和增长趋势作出预测预报,在森林尚未造成损失之前采取综合措施,才能实现森林病虫害的可持续控制。

森林病虫害预测预报是指森林保护技术人员根据森林病虫害的发生发展规律、近期病虫害及其天敌的发生特点、森林植物的物候、气象预报等资料进行综合分析和判断,估计病虫害未来发生发展趋势,并提前向有关领导、森林保护部门报告,使之能依照测报信息,科学地做好病虫害防治工作。

第二节 森林病虫害预测预报工作的发展概况

一、国外森林病虫害预测预报简况

国外病虫害测报从 20 世纪 30 年代开始,以专业机构测报为主,特别重视先进科学技术的应用以及测报资料的系统调查与积累,同时,也十分重视森林病虫害测报理论的基础研究。20 世纪 40 年代末、50 年代初,英国、加拿大、美国等就应用生命表研制方法研究森林病虫害种群变动与增长因素的机理。近十多年来这些国家又特别注重系统工程理论的研究,建立了美国黄杉毒蛾、云杉卷叶蛾、舞毒蛾、欧洲山松小蠹、日本赤松毛虫等森林害虫测报与综合管理模型。同时,在虫情调查研究方面做了大量工作:澳大利亚应用无线电操纵的捕虫风筝,其上悬挂大直径的捕虫网,在 50~500 m 的空间范围内昼夜收集昆虫;加拿大应用遥控飞机,在机身前上方安装捕虫网,通过地面控制无线电遥感器,指挥飞机在空中捕虫。

新技术在预测预报中得到了广泛的应用,电脑已应用于监测森林害虫的发生状况。日本直接通过电脑自动监测柑橘矢尖蚧、柑橘粉虱等害虫的种群数量以及分析现场观测的气象资料,能准确预测出半个月后它们的消长趋势。美国加利福尼亚大学应用航空雷达与无线电系统,监测南方松小蠹的迁移扩散范围。还有很多国家应用卫星多波段遥感技术以及航空摄影

方法进行森林病虫害的监测；应用示踪元素标志森林害虫，通过检测仪来监测它们的活动规律。在美国德克萨斯州，应用示踪元素监测出果蝇的飞翔范围在 150~250 m 之间。

在森林病虫害测报技术的研究方面，美国、德国等广泛利用性信息素测报。例如美国在 0.3 km² 森林内，设置舞毒蛾性信息素诱捕器 32 个。当每个诱捕器平均诱到 20 只以上的雄蛾时，则预测下一代幼虫将会大发生，应及时采取措施来控制。在德国巴伐利亚州进行模拟毒蛾性信息素测报，每年 8 月间，在每 100 hm² 林地内悬挂 1 个性信息素诱捕器，连续观察 7 d。如果每个诱捕器在一夜间平均诱到 100 只以上的雄蛾，就说明需要防治。

二、国内森林病虫害预测预报进展

我国是世界上开展病虫害测报工作较早的国家。早在 20 世纪 50 年代初期就开展了东亚飞蝗的群众性虫情侦察工作。1956 年农业部颁布《农作物病虫害预测预报方案》，对测报对象的确定、办法的制订、加强测报科研以及建立测报组织机构等作了明确的规定，并在全国内开始建立病虫害预测预报站。我国森林病虫害测报工作正式列入森防工作的重要内容之一，始于 1980 年 10 月林业部森保司在江西弋阳召开的全国松毛虫测报工作座谈会，会议明确规定各级森林病虫害防治部门都必须开展森林病虫害测报业务。1986 年林业部林政保护司在辽宁省兴城县召开了森林病虫害测报工作会议，正式成立了林业部森林病虫害预测预报中心，负责全国这方面业务工作的组织与指导，并制订了《森林病虫害预测预报管理办法》(草案)。1987 年 11 月 3 日，林业部正式颁发了《森林病虫害预测预报管理办法》，这是保证我国森林病虫害预测预报工作制度化的法规文件，它使我国森林病虫害测报工作得到了进一步的加强和提高。

我国森林病虫害测报工作大约经历了四个阶段：20 世纪 50 年代通过森林病虫害发生地的数量调查，确定是否需要防治；60 年代通过林地路线踏查进行虫情调查，开展有效虫口基数等方法的测报；70 年代通过林地标准地的取样调查，开展数理统计等方法的测报；80 年代通过林地定位观察的系统调查，开展生命表研制、灯诱、性诱等综合测报，对森林病虫害未来种群的消长趋势作出判断。

近 20 年来，我国森林病虫害测报技术发展极为迅速，成为森林保护学科中最为活跃的领域之一。在全国森林病虫害普查和区系研究的基础上，正确掌握我国主要森林病虫害的分布范围、生活习性、为害状况、发生规律等资料，为森林病虫害预测预报提供科学依据。福建省于 1981 年开展了全省森林病虫害普查工作，摸清了福建省主要森林病虫害的分布、寄主、生活习性和发生规律；1987 年和 1999 年又开展了森林植物检疫对象疫情普查，为福建省主要森林病虫害的预测预报奠定了基础。

近代科学技术的发展，尤其是地理信息系统、卫星定位系统、遥感技术在森林病虫害预测预报中的应用，极大地推动了我国森林病虫害测报技术向着现代化方向的发展。

第三节 森林病虫害预测预报的类别

一、按森林病虫害预测的内容分

(一) 发生期预测

森林害虫的发生期预测就是预测某种害虫的某虫态或虫龄的出现期或为害期；对具有迁飞扩散习性的害虫，预测其迁出或迁入本地的时期。也就是从害虫生活史、物候学角度，研究预测其发生期，以此作为确定适期防治的依据。而森林病害的发生期预测就是预测某种病害的侵入期、潜育期、发病期及休眠期的具体出现日期。

(二) 发生量预测

发生量预测就是预测害虫的发生数量或林间虫口密度，主要是估计害虫未来的虫口数量是否有大发生的趋势和是否会达到防治指标。这是从害虫猖獗理论及林业技术经济学观点出发来研究害虫数量的消长，以此作为中、长期预报的依据。森林病害发生量预测是预测林木病害的病情轻重，发病率和感病指数是其主要指标。发生量预测需坚持多年，积累有关资料，预测结果才较可靠。

(三) 迁飞害虫预测

迁飞预测是根据害虫发生虫源或发生基地内的迁飞害虫的发生动态、数量，及其生物、生态、生理学特性，以及各迁出迁入地区的植物生育期和与季节相互衔接的规律性变化，结合气象预测资料，来预测迁飞时期、迁飞数量和虫害发生区域等。

(四) 发生范围预测

发生范围预测也称发生区预测，即预测森林病虫害发生地点和发生面积，以便确定防治范围。

(五) 危害程度预测

危害程度预测是在发生量预测的基础上预测森林病虫害可能造成的危害程度，以轻、中、重表示，并根据森林生态效益、经济效益和社会效益，确定有无防治的必要。若需防治，则确定防治次数，并选择合适的防治方法，以争取防治的主动权。

二、按森林病虫害预测时间的长短分

(一) 短期预测

短期预测通常根据害虫前一二个虫态的发生时期和数量预测后一二个虫态的发生期和数

量，根据病害一个病程内的某个发生时期和数量预测后一二个发生期和数量。它的预测期限较短，仅在一个世代、一个病程或半年以内。病害发生期为数日或一旬左右。

（二）中期预测

中期预测通常根据上一个世代、上一个病程的发生情况，预测下一个世代、下一个病程的发生情况。预测期限随虫种而异，1年发生1代的虫种为1年，1年发生几代的则为1个月或1个季度；单循环病害为1年，多循环病害则为数旬内。

（三）长期预测

长期预测通常于年末或年初预测下一年或全年发生动态的危害程度。一般根据过冬后或年初测报对象的越冬虫口基数、病原基数及气象预报等资料进行预测。病害为数月或至下一个生长季节内。

第四节 森林病虫害预测预报的基本做法

关于森林病虫害预测的方法很多，按其基本做法可大致分为三类。

（一）统计法

根据多年观察积累的资料，探讨某种因素如气候因素、物候现象等与森林害虫某一虫态的发生期、发生量的关系，或害虫种群本身前、后不同的发生期、发生量之间的相关关系，进行回归分析或数理统计计算，组建各种预测式。

（二）实验法

应用实验生物学方法，主要求出森林害虫各虫态的发育速率和有效积温，然后应用当地气象资料预测其发生期。另一方面，用实验方法探讨营养、气候、天敌等因素对害虫生存、繁殖能力的影响，提供发生量预测的依据。

（三）林间观察法

直接观察自然条件下害虫的发生与植物物候变化，明确害虫的虫口密度、生活史及与林木生育期的关系，应用物候观察、发育进度、虫口密度和虫态历期等观察资料进行预测。

参考文献

1. 张旭等. 马尾松毛虫落粪及有关因子与种群密度的关系. 林业科学, 1986, 22(3): 252~259
2. 梁其伟等. 几种数学方法在马尾松毛虫预测预报上的应用研究. 林业科学, 1986, 22

(4): 360~367

3. 侯陶谦. 中国松毛虫. 北京: 科学出版社, 1987

4. 王友玉等. 运用黑光灯测报马尾松毛虫的发生期和发生量. 江苏林业科技, 1988(4): 34~35

5. 薛贤清. 森林害虫预测预报. 北京: 中国林业出版社, 1992

6. 萧刚柔主编. 中国森林昆虫. 北京: 中国林业出版社, 1992

7. 陈顺立, 戴沿海. 福建主要树种害虫及防治. 厦门: 厦门大学出版社, 1997

第二章 森林害虫预测预报的方法

第一节 与测报有关的昆虫知识

一、昆虫的生物学特性

(一) 昆虫的生长发育

昆虫的生长发育状况是害虫测报中的一个重要指标，显示未来害虫种群的发生迟早、数量的多少。昆虫的生长主要表现在体长、体宽、体重等方面的增长；昆虫的发育，就是指昆虫从卵孵化起至成虫性成熟为止，在形态上所发生的变化，这种现象也称为“变态”。

昆虫从卵孵化为幼虫，幼虫不断生长而后转变为蛹，蛹羽化为成虫，以至成虫性成熟的整个发育过程中，须经过一系列外部形态和内部器官的变化。

1. 卵期

昆虫的胚胎发育，指由卵受精开始至胚胎形成幼虫。未孵化前的卵内发育过程称为卵期，是昆虫个体生长发育的第一阶段。

昆虫卵期是一个不活动的虫态。整个胚胎发育过程中卵壳外部颜色不断变化，这一特点可作为测报卵孵化进度的指标。

2. 幼虫期

当胚胎发育完成时，幼虫即已形成，并在适当条件下用口器或其他方法突破坚硬的卵壳外出，这个过程叫孵化。昆虫由卵孵化为幼虫后，就取食危害并进行生长。昆虫幼虫期的特点之一是具有惊人的生长速率。幼虫生长的另一特点是具有脱皮现象，根据脱皮次数，幼虫期可划分为若干龄期。卵孵化后至第一次脱皮前的幼虫称为第一龄，以后每脱一次即增加一龄。昆虫两次脱皮之间的时间，称为龄期。因此计算虫龄是脱皮次数加一。害虫龄期的划分在虫情调查、害虫测报以及生命表的观察和研制中是十分重要的；另外，昆虫在同一龄内头壳几乎不变动，因此，可以用幼虫头壳值的生长比例来确定昆虫龄数。

3. 蛹期

蛹期是完全变态类昆虫所特有的发育阶段。末龄幼虫在变蛹前，首先停止取食，并吐丝作茧或作蛹室，缩短身体，变得不活动，以准备化蛹，这种化蛹前的停止时期称为预蛹期或前蛹期。在这个时期，幼虫的表皮已部分脱离，成虫的翅和附肢等已翻出来但仍被末龄幼虫的体壁所掩盖，须待幼虫脱皮后才变为蛹。蛹是不活动阶段，化蛹场所固定，便于观察统计，并且在蛹期已能分辨雌雄。因此，在害虫测报中，常用蛹期的发生期来预测成虫羽化期。根据蛹的重量以及雌雄性比，来预测下一代产卵量以及种群数量的消长趋势。

4. 成虫期

成虫期是昆虫生命的最后一个阶段，其主要任务是交配产卵、繁衍后代，这也是昆虫迁移扩散的主要虫态。确定昆虫扩散范围是发生区测报的主要任务。

(1) 羽化 成虫从它的前一虫态脱皮而出的过程称为羽化。完全变态类昆虫脱去蛹壳，即羽化为成虫；不完全变态类昆虫以稚虫（若虫）经最后一次蜕皮，即直接羽化为成虫。

(2) 补充营养 一些昆虫到达成虫期时，其生殖腺已成熟，能交配产卵，这类昆虫往往口器不发达，不取食，例如舞毒蛾、天幕毛虫等。但大多数昆虫羽化为成虫时，其生殖腺尚未成熟，还要取食，为卵的发育积累所需的营养。这种成虫期的取食称为补充营养，这些昆虫不但在幼虫期为害，而且成虫期也为害，例如直翅目的竹蝗、半翅目的蝽蟊、同翅目的叶蝉，以及一些鞘翅目的天牛、小蠹、叶甲、象鼻虫等，因此在生产实践中可设置诱捕器作为害虫预测预报的办法。例如利用糖醋诱捕地老虎，又如利用人尿诱捕竹蝗、杉梢小卷蛾等。

(3) 性二型 昆虫的雌雄两性，除直接产生性细胞的性腺和实行交配、产卵等活动的外生殖器构造截然不同外，雌雄的区别也常表现在个体的大小、体型的差异、颜色的变化等方面。例如同翅目的松干蚧、槐花球蚧，鳞翅目的袋蛾、尺蠖等，昆虫雄成虫有翅，雌成虫无翅。有的蛾类表现在触角的不同，例如马尾松毛虫雌蛾是栉齿状，雄蛾是羽毛状；有的表现在复眼的不同，例如蝇类雄虫的复眼近接，雌虫的则远离；有的表现在口器的不同，例如鞘翅目中有些锹甲雄虫上颚特别发达，雌虫的上颚较小；有的表现在发音器官的有无，例如直翅目的蟋蟀和同翅目中的蝉，雄虫具有发音器，雌虫则无；又如犀金龟科的雄虫头部和前胸背板上常有巨大的角状突起，身体也比雌的大得多，故有“独角仙”之称。因此，可利用这些简易的特征，作为害虫测报中确定雌雄性比的依据。

(二) 昆虫的生殖方式

在害虫测报中常需预测某种害虫的发生以及未来种群数量的消长趋势，它们都是由于害虫本身的生物学特性和外界环境条件间相互联系、相互制约的结果，而昆虫的繁殖特性就是一个重要的内在因素。

一种昆虫在一定时间和地点内的发生数量，可用下式表示：

$$\text{发生量} = \text{虫口基数} \times \text{繁殖力} \times (1 - \text{死亡率}) \times (1 - \text{迁移率})$$

假如某一害虫种群的基数为100个以上，其中雌雄各半，每个雌虫能产生后代100个，那么，即使产卵前的死亡率高达98%，下一代还能维持原有的种群数量。如果其他条件不变，生殖力再大一些，种群数量就会上升；生殖力小一些，种群数量则会下降。

1. 两性生殖（卵生）

大多数昆虫行两性生殖，雌雄成虫性成熟再进行交配，由雌成虫体内产生受精卵来繁殖后代，如马尾松毛虫、青杨天牛、竹蝗等。

2. 单性生殖（孤雌生殖）

单性生殖是一种无性生殖方法，雌成虫不经交配或卵不经受精即能繁殖个体，例如膜翅目的叶蜂，同翅目的介壳虫、粉虱等。

3. 幼体生殖

有些昆虫（如瘿蚊科）能在幼虫期生殖，即幼虫体内的生殖细胞提前发育形成后代，当若干个新幼体从母体内孵化后将母体食尽。但经过若干世代后，幼体生殖停止，幼虫化蛹，羽化为两性个体，再另行两性生殖。

4. 多胚生殖

在一些营寄生生活的膜翅目昆虫中，如小蜂科、小茧科和姬蜂科等，能以一种特殊的无性方式进行繁殖，即一个卵在发育过程中分裂成许多个体进行胚胎生殖。

（三）昆虫的休眠与滞育

昆虫在不良的季节性气候或食物条件下，常表现生长发育停止、新陈代谢速度显著下降的现象，并常潜伏在一定的保护环境中，借以度过不良时期，这种现象常统称为“越冬”或“越夏”。这是昆虫对环境条件适应性的一种表现，但不是所有的个体都能安全度过不良时期。昆虫经过越冬、越夏后还能存活多少以及何时开始恢复活动都关系到未来种群的发生基数和发育进度，也是害虫测报中的重要指标。

休眠是昆虫在个体发育过程中对不良外界条件的一种适应性。当不良条件（主要是气候条件）一旦消除，并能满足其生长发育的要求时，昆虫便可立即停止休眠，而继续正常地生长发育。例如马尾松毛虫当平均气温低于 10℃ 时，即下树爬入树皮裂缝内休眠越冬，以度过恶劣的气候，待翌春温度回升后，即消除休眠状态继续生长发育。越冬虫态则因虫种不同而不同。马尾松毛虫以幼虫越冬，小蠹虫主要以成虫越冬，但也能以幼虫或蛹越冬。

滞育是昆虫在系统发育过程中本身的生活方式与外界生存因素间不断矛盾统一的结果，是一种遗传性表现，常常是在一定季节和一定时期必然发生的一种现象。例如大地老虎 (*Agrotis stokionis*) 在全国各地均以老熟幼虫在夏初季节进行滞育，即使给予适宜的温度或食物条件，也不能阻止其滞育的发生。

（四）昆虫的习性

昆虫的习性包括昆虫的活动和行为，是其生物学特性的重要组成部分。某一类昆虫习性是相近的。例如夜蛾类的昆虫多具有夜间活动的习性，根据这一特性就可以用黑光灯诱测。昆虫的习性是昆虫本身对环境条件的刺激所引起的反应运动。这种反应一方面是通过感受器接受外界环境刺激，另一方面是由于内部生理机能所激发，但必须通过神经系统才能起作用。

1. 食性

昆虫按食物的性质可分为植食性的（多为森林害虫）、肉食性的（多为有益的天敌）、腐食性等几个主要类型。而按食物范围的广狭，又可进一步分为多食性的、寡食性的和单食性的（后者多是暴发性的森林害虫）。

2. 趋性

趋性就是昆虫对某种刺激进行趋向或背向的定向活动，所以趋性也就有正趋性和负趋性（即背向）之分。

（1）趋光性 昆虫通过视觉器官对光的刺激产生向着光源方向活动的反应。与之相反的就是背光性。大多数夜间活动的昆虫（如鳞翅目的蛾类），对于日光来说是负的趋性，但对于灯光常表现为正的趋性。因此，可以利用害虫的趋光性，应用灯光测报。

（2）趋化性 昆虫通过嗅觉器官对于化学物质的刺激所产生的反应。昆虫在觅食、求偶、避敌以及寻找适当产卵场所等方面都有明显的趋化性。一些蛾类（如小地老虎）害虫对糖、醋、酒混合液以及竹蝗、杉梢小卷蛾等对人尿有正趋向性，因此可利用这些害虫的趋化性，通过食物诱测害虫的虫口密度及其消长趋势。

（3）昆虫的信息素 一些昆虫分泌的外激素（信息素）可控制同种间的信息传递。信息素依其引起的行为反应可分为性信息素、追踪信息素、报警信息素和聚集信息素等，这些都