

中国主要森林病虫害防治研究进展

RESENT ADVANCES IN THE RESEARCH OF MAIN
FOREST DISEASES AND PESTS MANAGEMENT IN CHINA

陈昌洁 沈瑞祥 潘允中 吴坚 何力春等 编著



中国林业出版社



PDG

内 容 简 介

本书是国家“八五”科技攻关森林病虫害防治研究课题论文的主体部分。研究对象涉及松毛虫、杨树天牛等 10 多种森林病虫害。收入论文共计 65 篇。内容包括各种监测手段,如航天及航空遥感技术的应用以及 GIS 支持下种群动态模拟,杀虫微生物生产工艺的改进、剂型的研制以及复合微生物的应用,多树种造林以及适宜的抚育措施与控制害虫种群的关系,引进国外天敌成功控制松突圆蚧,引诱物质用于害虫的监测及控制等等。本书完全以论文的形式出现,其中不仅有丰富的参考文献、结论性的成果,而且提出了各种有针对性的试验方法,这无疑对今后的工作有重要的参考价值。遥感监测技术,营林技术措施控灾技术,引诱剂应用技术等均较过去的工作有很大提高。特别是引进花角蚜小蜂控制松突圆蚧种群取得了突破性进展。

本书对从事林业、森林经营、森林生态,特别是森林保护领域的教学、科研及生产第一线的工作人员具有重要参考价值。

主 编	陈昌洁		
副主编	沈瑞祥	潘允中	
	吴 坚	何力春	
编 委	陈昌洁	沈瑞祥	潘允中
	吴 坚	何力春	李天生
	黄竞方	朱正昌	周嘉熹
	李丽莎	石 进	高步衡
	潘务跃	徐天森	奚福生

前 言

我国地域广阔,自然类型多样,树木种类丰富,危害树木的病虫种类繁多。全国范围内大量发生的森林病虫害有 200 多种,经常造成灾害和损失的有 100 多种。长期以来,我国造林成就巨大,但一方面由于森林经营管理粗放,林相屡遭破坏,形成很多低价值残次林分;另一方面,在造林绿化时树种单一,基因窄化,形成大面积同龄纯林,林区生态环境脆弱,森林生态系统不稳定,为森林病虫害的发生发展提供了条件。加之,近年来对外交往增多,检疫把关不严,境外危险性病虫频频传入,扩散蔓延,因此全国森林病虫害灾害日趋加剧,年发生面积达 800×10^4 公顷,减少林木生长量 1 700 多万立方米,经济损失 50 亿元。仅 1998 年,因病虫为害致死树木 4 亿株,相当于人工造林面积的 6%,这对我国林业向保护天然林、营造生态林方向的战略转移是一个极大的威胁,严重制约了造林绿化和生态环境建设的进程。为了提高我国森林病虫害防治的技术水平,原国家科委和林业部在“八五”期间组织了几十个单位的数百名科技人员立项开展攻关研究。经过 5 年努力,达到了预期的目标,取得了明显的进展和成果。为了总结研究的成果供今后防治实践和教学、科研参考应用,由攻关课题负责人组织有关人员编写了“森林病虫害防治研究进展”一书,共 65 篇文章。本书的每篇文章都浸注了作者们辛勤的劳动汗水,他们从社会需求和学科发展出发,在以往研究积累的基础上,凝炼五年的创新探索,编著成文,反映了我国森林病虫害防治研究最新前沿,在理论和实践上都具有重要价值。

进入 90 年代初的我国森林病虫害防治技术,虽然在主要病虫的生物学、生态学和防治技术上有一些成果应用于生产,也收到较好的效果,但从总体上来看,与生产的需要还不适应也与国际先进水平有一定差距。为此,“八五”攻关课题设置了 14 个专题,在虫情监测,微生物杀虫剂,天牛及小蠹蛀干害虫,重大传入性病虫害及种实害虫几大方面开展研究。本书的 65 篇文章分别就这些方面的具体研究结果作了科学的阐述。

病虫害的早期发现是控制病虫的重要前提,航天及航空遥感技术具有覆盖面大,能及时发现灾害点的优点,是国际上用于灾害监测的重要手段。通过研究表明,利用 TM 图像可目视准确判别出由松毛虫危害造成松针损失 30% 的被害区。高新技术在虫情监测上的应用成功大大提高了病虫测报技术的水平。

利用微生物杀虫剂防治森林病虫害能最大限度地防止在防治过程中的环境污染,有利于森林生态系统的稳定。本书有关这方面的几篇研究,总结了 Bt 固体发酵的新工艺,研制的新剂型;探明了白僵菌菌株毒力退化原因及规律,提出了控制退化的有效方法;筛选出 Bt 的高毒菌株,对天牛有效的绿僵菌菌株和对油松毛虫高毒的粉拟青霉菌株;首次提出了在使用杀虫微生物过程中,将控制害虫种群数量和种群质量结合起来,重视使用过程中对生物多样性的保护。微生物杀虫剂新品种、新剂型的研制及在森林病虫害防治上的推广应用,是实施森林病虫害可持续控制战略的重要保证。我国的研究有良好的基础,应该发挥优势,深入探索,在今后取得更大成效。

天牛及其它蛀干害虫的防治技术研究是进入 90 年代以来受到各方面愈来愈大关注的重要课题。光肩星天牛、黄斑星天牛造成了占三北新植防护林带 77% 的杨树损害;松墨天牛是松

材线虫病的重要传媒昆虫。“八五”期间,研究人员在抗天牛防护林结构研究、杨树天牛种群监测研究及杨树天牛综合防治技术研究上开展工作,提出了抗性树种序列,从林分结构调整入手,合理配置引诱树和驱避树,辅以化学防治达到控制天牛的目的,取得一定成效,为进一步研究奠定了基础。引进花角蚜小蜂防治松突圆蚧的研究是从害虫原产地寻找和输引有效天敌并使其定居,恢复林间生态平衡,实现稳定的“自然控制”。研究思路科学,也是当今各国开展生物防治的主要方向之一。该项研究和推广应用取得了成功,鼓舞人们在这一领域作进一步探索。

在重大病害研究方面,涉及到松材线虫病,落叶松枯梢病,泡桐丛枝病,竹基腐病以及杨树溃疡病等。这些病害在整个森林病虫害灾害中占有重要地位。“八五”期间,研究者们抓住不同病害发生的各自的关键因子,找出薄弱环节,采取防治措施,收到很好的效果。竹基腐病的研究就是一个范例,它主要是在搞清病原侵染循环的前提下,针对降雨这个发病诱因,做出准确预报,适时喷药,解决了生产上的问题。泡桐丛枝病的防治研究,从脱毒技术入手,找到组培苗茎尖脱毒的温度区间,辅以 PCR 技术检测,有效地在大田移植无毒苗,大幅度降低了丛枝病的发病率,在生产上有很好的实用性。

应该指出,森林病虫害防治技术研究是一项长期、持久的课题。随着人工林面积的不断扩大,森林病虫害的种类和发生面积都会增加。在森林生态系统和农林复合生态系统中,森林昆虫、微生物的种类,种群结构和数量都会随着系统的演变而变化。森林病虫害防治技术研究在指导思想上应有系统的观点,发展的观点,可持续控制的观点。在森林生态系统和农林复合生态系统的不同发展阶段,森林病虫害防治的对象和防治战略是不一样的,防治技术手段的研究需要不断深化并且与经济条件的客观条件有关。所有这些都说明,我们只有在不断地探索和创新中开拓前进,才能达到理想的彼岸。希望本书的出版能给明天的研究以启迪,给今天的防治实践以科学的依据,推动森林病虫害防治工作不断向前。



1999 年 12 月

目 录

前 言

马尾松毛虫害的航天遥感监测研究	(1)
应用航空录像技术监测松毛虫灾害点的研究	(5)
马尾松毛虫短中期虫情测报图形系统研究	(10)
GIS 支持下的松毛虫种群动态模拟	(15)
马尾松毛虫二、三代分化的预测研究	(22)
应用 GIS 技术建立松毛虫综合管理信息系统	(28)
马尾松林天敌昆虫群落对马尾松毛虫控制作用的研究	(31)
松毛虫综合防治效益分析	(37)
白僵菌生产工艺规范化研究	(41)
白僵菌油剂的研制	(53)
绿僵菌干菌丝粉的制备及应用	(61)
应用粉拟青霉防治松毛虫	(70)
苏云金杆菌立体、浅层、固体发酵工艺研究	(78)
DCPV-Bt 复合微生物杀虫剂研究中 Bt 高毒力菌株的筛选	(86)
苏云金杆菌杀虫剂产品稳定性的简易测定方法	(91)
DCPV-Bt 复合微生物杀虫剂复配比例的研究	(96)
CPV-Bt 对 2~3 代区马尾松毛虫优化配比研究	(101)
苏云金杆菌杀虫剂保存制剂的研究	(107)
CPV-Bt 复合制剂林间防治马尾松毛虫应用研究	(112)
CPV-Bt 复合用于林间松毛虫防治的试验	(117)
Bt-CPV 最适复配比例的测定初报	(121)
Bt-CPV 复合微生物杀虫剂应用技术的初步研究	(125)
松毛虫 CPV 病毒对舞毒蛾交叉感染的初步研究	(129)
OB 类物质对昆虫病毒增效的初步研究	(134)
春尺蠖核型多角体病毒林间增殖研究	(140)
春尺蠖核型多角体病毒与化学杀虫剂复合试验的初步研究	(145)
光肩星天牛自然种群的研究(一)——生命表的构建	(150)
光肩星天牛自然种群的研究(二)——死亡因子和种间竞争因子探讨	(164)
复叶槭挥发性物质的提取和对光肩星天牛有引诱作用成分的化学筛选	(174)
复叶槭挥发性物质对光肩星天牛引诱作用的初步研究	(182)
杨树光肩星天牛林业生态防治技术研究	(191)
杨树天牛种群监测技术研究	(198)
持续无天牛虫害生态经济型防护林研究	(204)

桑天牛综合治理的研究.....	(211)
云斑天牛的研究.....	(215)
云斑天牛侵入孔及产卵刻槽在杨树上垂直分布规律的研究.....	(221)
复配型农药的开发与应用研究——防治云斑天牛药剂研制及应用之一.....	(225)
云斑天牛成虫在杨树林带中发生及扩散特性的研究.....	(238)
除虫脲对云斑天牛的不育作用及机理.....	(244)
树干喷雾器研制报告.....	(248)
祥云新松叶蜂危害对云南松生长的影响研究.....	(252)
祥云新松叶蜂发生和危害分布与寄主植物特征的关系.....	(257)
祥云新松叶蜂种群密度简易估计方法及防治研究.....	(266)
祥云新松叶蜂发生环境分析.....	(273)
祥云新松叶蜂种群测报模型分析.....	(279)
纵坑切梢小蠹成虫发生量预测预报研究.....	(284)
纵坑切梢小蠹防治指标、经济阈值及空间分布型的研究.....	(294)
纵坑切梢小蠹预测预报研究.....	(300)
纵坑切梢小蠹聚集化合物的诱虫效果研究.....	(314)
纵坑切梢小蠹化防试验研究.....	(320)
引进花角蚜小蜂防治松突圆蚧的研究报告.....	(325)
一字竹笋象综合防治技术研究.....	(339)
日本落叶松球果生命表的研究.....	(350)
蚊蝇净防火安全杀虫烟剂的研制.....	(355)
白僵菌防治球果花蝇的研究.....	(361)
火炬松雌孢子叶球生长发育特性及其生命表的研究.....	(370)
虫害对火炬松种子生产的影响及其监测.....	(378)
火炬松母树林种实害虫防治技术的研究.....	(386)
桉树白蚁发生危害规律及防治技术的研究.....	(394)
毛竹基腐病的研究Ⅰ.病原.....	(399)
毛竹基腐病的研究Ⅱ.发病规律和测报技术.....	(406)
毛竹基腐病的研究Ⅲ.杀菌剂筛选.....	(414)
毛竹基腐病的研究Ⅳ.综合防治技术.....	(419)
泡桐丛枝病脱毒和病原MLO检测技术的研究.....	(424)
雷公藤提取物治疗泡桐丛枝病组培苗研究初报.....	(433)

马尾松毛虫害的航天遥感监测研究

武红敢 陈林洪 乔彦友 崔恒建 严小君 黄建文^①

摘要 本文探讨了利用陆地卫星 TM 数据监测和评估马尾松毛虫害的可行性,从纯马尾松林训练样地的统计分析来看, TM5/4 及 TM4/3 与松毛虫害有极为密切的关系,运用单时相数据时应分别采用 TM5/4、TM4/3 来区分针叶损失 3~4 级的灾害。通过多时相 TM 数据的分析表明,利用健康年份和灾害年份的比值差 ($\Delta TM5/4$, $\Delta TM4/3$),不仅可以监测出 3~4 级的灾害差异,而且具有方法简便和可操作性强的优势。

关键词 松毛虫, TM 数据, 遥感监测, 训练样地

Monitoring of Forest Damage Caused by the Pine Caterpillars with Landsat TM Data

Wu Honggan Chen Linhong Qiao Yanyou Cui Hengjian Yan Xiaojun Huang Jianwen^②

Abstract This paper deals with the feasibility of assessment and detection of forest diseases and insects with Landsat TM data. Based on 381 one hectare field plots, Linear relation of defoliation with TM5/4 or TM4/3 and nonlinear relation of defoliation with TM5/4 are built. Band ratios TM5/4 and TM4/3 are found to be strongly correlated with field measurement of forest defoliation and can be used to discriminate pine samples of four grades of damage (0%~30%~50%~70%~100%). It is shown that it is necessary to stratify the forest vegetation and build relevant monitoring parameters respectively. According to statistical analysis of multi-temporal TM data, differencing TM5/4 and differencing TM4/3 not only can be used to distinguish at least three grades of damage, but also have the characteristics of simplicity and less prerequisite. The author concluded that probation of spectral contribution of multi-forest stand and community green biomass should be the break-through to quantitatively study the mechanism and method in the satellite

① 武红敢, 乔彦友, 黄建文 (中国林科院资源信息研究所); 陈林洪, 严小君 (浙江省江山市森防站); 崔恒建 (北京师范大学数学系)

② Wu Honggan, Qiao Yanyou, Huang Jianwen (The Research Institute of Forest Resources Information Technique, CAF); Chen Linhong, Yan Xiaojun (Forest Protection Station of Jiangshan City, Zhejiang Province); Cui Hengjian (The Department of Mathematics, Beijing Normal University, Beijing).

remote sensing monitoring and assessment of forest damage. Although the damage symptoms caused by different agents may vary, analysis of the damage caused by bordered (dendrolimus punctatus Walker) can provide insight into other types of forest damage that result in needle loss.

Key words damage by Pine Caterpillars, TM data, remote sensing monitoring and assessment, training plot

我国南方广大的马尾松分布区常有马尾松毛虫 (*Dendrolimus punctatus* Walker) 发生危害, 成为我国最为严重的森林害虫^[1]。由于松毛虫具有突发性强的特点, 使人们难以依靠传统监测手段及时采取防范措施, 控制其蔓延和扩展。航天遥感具有快速大面积获取地表信息优势, 同时对森林植被又有较好的反映能力, 因而, 为森林病虫害的实时监测提供了技术保障和可能。

1 研究地概况和资料

本项目选择位于浙江、福建、江西交界处的浙江省江山市作为研究试验区, 1992 年 8~9 月间, 第二代马尾松毛虫猖獗, 其危害面积达 123km², 成为多年不遇的灾害暴发年份。而 1989 年和 1994 年则虫口密度较低, 基本无灾害现象。于是, 我们收集了 1989 年 11 月 29 日和 1992 年 11 月 21 日及 1994 年 10 月 26 日和 1992 年 10 月 20 日 2 组共 4 个时相的 TM 数据资料, 用于探讨森林病虫害信息的图像增强处理技术和方法。同时还获取了 1986 年 12 月 7 日、1988 年 4 月 8 日、1988 年 12 月 12 日、1990 年 10 月 15 日、1991 年 11 月 19 日和 1994 年 4 月 19 日等 TM 数据, 以进行验证和灾害空间扩散规律的研究。并收集了 1:10000 地形图, 1:25000 林相图^[2], 1989 年二类清查数据等辅助分析资料。

2 研究方法和结果分析

1993 年初准同步地进行了地面训练样地的调查^[3]; 对获取的多时相 TM 数据作了辐射水准的规一化、几何精校正和配准等前处理^[4-6]; 根据训练样地 TM 数据的分析^[7], 总结出不同物候期灾害信息的提取与分类方法, 认为比值植被指数在该区松毛虫害监测中有着非常好的效果。

2.1 单时相灾害信息的增强处理

2.1.1 植物缓慢生长期灾害信息提取^[8] 运用 1992 年 11 月 21 日的 TM 数据, 在分析比较各种变换 (K-T、K-L、IHS) 和组合后筛选, 认为 TM5/TM4 是描述灾害的最佳参数。并用非参数核回归的方法建立了相应的监测模型^[9]:

$$Y = -\frac{1}{R} \log \left[\frac{M}{mx (X - X_0)} - \frac{1}{m} \right]$$

2.1.2 植物旺盛生长期松毛虫灾害信息提取^[7] 为了深入探讨林下植被对森林灾害光谱辐射差异的影响, 作者利用 1992 年 10 月 20 日的 TM 影像, 按林下灌木盖度差异进行分层。结果表明: 对于疏灌林分来说, 仍以 TM5/4 的比值用于评估灾害效果更好; 而就密灌林分来看, 则需选用 TM4/3 来监测灾害。

2.2 利用多时相遥感数据监测松毛虫灾害^[10]

2.2.1 植物缓慢生长期的灾害监测 鉴于 11 月下旬当地的阔叶或草本等林下植被大都已落叶或枯黄。因此，可以认定 1989 年 11 月 29 日和 1992 年 11 月 21 日的数据林下植被的影响较小，以至可忽略不计。在分析比较各种变换和组合后得出：通过 2 年度间 TM5/4 的差值分析表明， $\Delta TM5/4$ （2 年度间 TM5/4 的差值）值可用于评估针叶损失率的 4 级灾害。

2.2.2 植物旺盛生长期的灾害监测 由于 10 月份时当地林下植被仍然非常茂盛，致使随着上层林冠叶片的减少，林下植被的光谱贡献率逐步增加，从而导致了遥感监测森林病虫害能力的减弱。根据 2 年度的 $\Delta TM4/3$ 仍能监测出三级针叶损失率。

如何剔除或削弱林下植被的干扰，建立有效的灾害监测模型，仍是急待解决的关键技术之一。

3 松毛虫害的遥感监测方法

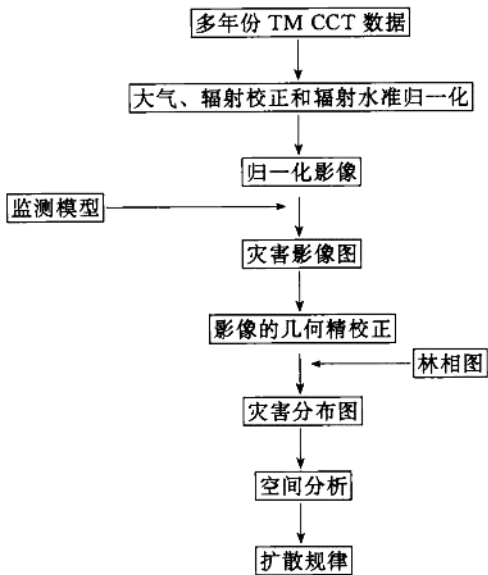


图 1 松毛虫害航天遥感监测流程图

4 结论与讨论

在卫星数据有保障的前提下，利用 TM 数据可以大范围地监测松毛虫早期灾害点；但必须在地理信息系统的支持下^[11]，才能达到生产实用的精度；从试验区的 TM 数据分析来看，TM5/4 和 TM4/3 是监测森林病虫害的有效参数；利用多时相遥感数据监测森林病虫害，可减少对辅助信息的依赖性，有利于遥感技术的推广和应用。它还是剔除下木等干扰因素、消除“同物异谱”“同谱异物”的有效手段之一。

虽然在农作物长势、估产和草场资源等遥感监测领域，已广泛开展了地面光谱测试和生物量的研究，掌握了其规律，但由于它们普遍具有土壤一致、长势均匀、地形平坦等特殊条

件,所以,与森林植被的情况截然不同。在森林群落中,上层林冠辐射与林下层有着极其复杂的关系。因此,为了高精度地监测森林资源质量,评价植物群落对区域环境和可持续发展的影响,要求人们必须深入研究遥感反映地表植被垂直结构和群落生物量^[12,13]的可能性及其机理,并进一步探索提取这些专题信息的技术和方法。

在本项研究中,我们充分考虑了不同物候期 TM 数据的不同特点,并摸索出相应的灾害信息处理技术和分类方法,使遥感技术在森林病虫害监测中的应用从定性向定量研究方向迈出了可喜的一步。通过多年份数据的分析,还可总结出灾害的空间分布和扩散规律,这项研究正在进行中。

参 考 文 献

- 1 陈昌洁主编. 松毛虫综合管理. 北京: 中国林业出版社, 1990
- 2 武红敢. 浅谈提高林相图质量的对策. 浙江林业科技, 1996, 16 (1): 74~75
- 3 武红敢, 黄建文, 乔彦友等. 松毛虫早期灾害点的遥感监测研究初报. 林业科学, 1995, 31 (4): 379~384
- 4 刘燕君等. 东坪式金矿盲矿体的多元信息预测. 国土资源遥感, 1994 (1): 15~22
- 5 郭德方主编. 图像处理与模式识别. 北京: 电子工业出版社, 1987
- 6 Vogelmann J E, Rock B N et al. Use of Thematic Mapper Data for the Detection of Forest Damage Caused by the Pear Thrips. Remote Sensing of Environment, 1989 (30): 217~225
- 7 武红敢, 乔彦友, 黄建文等. 利用陆地卫星 TM 数据评估森林病虫害. 遥感技术与应用, 1994, 9 (4): 46~51
- 8 武红敢, 黄建文, 乔彦友等. 利用航天遥感资料监测森林失叶量的可行性研究. 林业科技通讯, 1994 (7): 25
- 9 武红敢, 崔恒建, 乔彦友等. 密郁闭林分针叶林失叶量遥感监测模型初探. 国土资源遥感, 1995 (2): 29~35
- 10 武红敢, 乔彦友, 陈林洪等. 利用多时相遥感数据监测森林病虫害的研究. 林业科学研究, 1995, 8 (专刊): 78~81
- 11 武红敢. 卫星遥感技术在森林病虫害监测中的应用. 世界林业研究, 1995, (2): 24~29
- 12 武红敢, 乔彦友, 陈林洪等. 浙西山地马尾松幼龄林的绿色生物量和叶面积指数研究. 浙江林学院学报, 1995, 12 (3): 253~257
- 13 武红敢, 乔彦友, 陈林洪等. 马尾松林分叶面积指数动态变化的遥感监测研究. 植物生态学报, 1996 (待定)

应用航空录像技术监测松毛虫灾害点的研究^①

吴 坚 马小明 王福贵 李志清 高 树 吴耀光^②

摘 要 利用具有高品质视频摄像系统并叠加有全球定位系统(GPS)的航空录像技术监测森林病虫害灾害,成本较低,易掌握,能主动选择飞行作业时间及地面分辨率,在气象条件较差的情况下亦可作业。航空录像遥感技术作为一种空中平台可与 TM 数据及其他监测手段互相补充,用目视可判别画面中单一松树 50% 以上的松针失叶率,并可协助 TM 图像判别非林地及失叶松林。在灾害影像图像处理时,使用 24 位图像模式可获取高质量、清晰的影像;二阶校正方法好于三阶校正方法。自动镶嵌技术尚待进一步研究和完善。

关键词 松毛虫监测 航空录像 遥感

Studies on the airborne video technique for monitoring pine forests damaged by *Dendrolimus punctatus*

Wu Jian Ma Xiaoming Wang Fugui Li Zhiqing Gao Shu Wu Yaoguang^③

Abstract Airborne video technique combining a high-quality Super-VHS video camera system with GPS data is recently introduced from USDA Forest Service for detecting and monitoring forests damaged by forest pest. Videography offers many advantages over traditional methods of pest detection and monitoring, including lower cost, easy management, having the initiative on selecting mission time and ground resolution, operation on the cloudy or clear weather condition with certain ground visibility, and receiving the on-line video image. Airborne video technique, as the supplement and support of data from TM image and other remote sensing resources, can be used to distinguish over 50% pine needle loss for the single tree by laboratory center mapping and to differentiate the needle

① 本研究是中美林业科技合作项目,得到美国农业部林务局在设备和技术上的大力支持。在试验研究中,得到浙江省林业厅森防站、衢州市森防站及江山和常山县森防站的大力支持和配合,使研究工作得以顺利完成。在此致谢。

② 吴坚,王福贵,高树(中国林业科学研究院森林保护研究所);马小明(北京大学环境科学中心);李志清(中国林业科学研究院资源信息研究所);吴耀光(浙江省衢州市林业局森防站)

③ Wu Jian, Wang Fugui, Gao Shu (The Research Institute of Forest Protection, CAF); Ma Xiaoming (The Center of Environmental Sciences, Peking University); Li Zhiqing (The Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF); Wu Yaoguang (Quzhou Forest Pest Control Station of Zhejiang Province) .

lossing pines from non-forests for the assistant of TM image mapping. During the image processing of damaged forests, it can receive the image with high quality which is almost the same as the one on the tape Using 24 bit to capture the image from tapes with TAEGA card, and order 2 polynomial method is better than order 3 since it is difficult to find enough and even-dispersed ground control points in forests. Automated digital mosaicking of airborne videography needs to do the further studies and improving in the near future.

我国南方低丘陵地区松林是马尾松毛虫发生的常灾区,通常情况下3~5年一个大发生周期^[1]。但由于近年来营造了大面积的纯松林和落后的防治技术等原因,使有限且不稳定的地面虫情调查人员往往不能及时了解虫情和虫灾信息,更无法及时有效地控制灾情的蔓延。因此,寻求发展多平台相互协调配合的主体监测网络,发展一种高效、易推广应用的空中监测技术是做好松毛虫灾害点早期预测和防治的重要内容。

航空录像技术是美国林务局方法应用组于1986年首先研制、应用并发展起来的一项监测森林病虫害的遥感技术^[2,3]。1994年始,中、美合作开展监测松毛虫灾害点的研究与应用^[4]。

1 研究地点与方法

本研究选择浙江省衢州市的3县1市(即衢县、龙游县、常山县和江山市)的马尾松林作为试验区,其重点放在江山市,与航天遥感监测马尾松毛虫灾害点的试验区一致,以便于不同遥感监测方法的比较和资料互补。

1.1 航空录像飞行概况

航空录像图像获取工作共进行3架次28条航线的飞行,飞行时间近8h;有效录像时间为186min,飞行航速平均为每小时150km。首架飞行的天气为阴天,在1km上空有厚的云层,共飞行3条航线;第二、三架次飞行的天气均为晴天,有少量块状云,分别飞行了13条和12条航线,摄像时均使用的是9.5mm广角镜头。试验过程中航空录像飞行情况详见表1。

表1 航空录像飞行情况

时 间	地 点	飞行方向	每帧宽度 (m)	地面分辨能力 (m)	航线间重合率 (%)	导航方式	离地高度 (m)	海拔高度 (m)
1994.10.27	江山江山底	东西往返	400	1.01	30	地面标记	597	800
1994.11.2	江山五家岭	南北往返	800	2.01	30	地面标记	1194	2000
1994.11.2	常山樟山底	南北往返	500	1.25	30	机用罗盘	742	1100
1995.8.18	江山五家岭	南北往返	800	2.01	20	GPS	1194	1900
1995.8.18	江山五家岭	南北往返	400	1.25	20	GPS	400	1100

1.2 航空录像操作技术^[5,6]

航空录像调查工作的成功取决于事先周密细致的设计与准备。本研究根据航天TM数据及地面人工调查信息,选择松针失叶率30%~70%的松毛虫灾害点作为重要调查区域,使用2.5万林相图和5万、1万地形图进行飞行方向、航线和高度的设计。

空中影像获取工作完成后,在多数情况下,试验研究采用纯人工的方法进行影像处理,即借助高分辨率的录像机、监视器及地图,通过获取的影像、声音和叠加在影像上的GPS信息,在地图上的对应处进行受灾区域的勾画,根据画面颜色的差异判定出受害等级。航空录像的

计算机图像处理是通过 MIPS 软件使录像画面镶嵌成一幅完整的数字化影像,提高勾画、判别受灾区的精度,实现其自动半自动的系统分析。

2 试验结果与分析

2.1 机型选择

航空录像系统重量轻,体积小,适应的机种范围广,可安装在固定翼或旋转翼飞机上。根据其用途,用于航空录像的飞机需满足以下条件:向前向下视野开阔;5 000m下空中性能良好;在较恶劣的条件下飞行稳定并有足够的巡航能力。

国内可用于航空录像的飞机机型主要有运五(Y5)、运十一(Y11)和海燕轻型飞机(动力滑翔机)等。通过飞行试验,运五机飞行平稳,转弯灵活,续航能力强,可作为航空录像作业用机型。该类机型的主要缺点是导航设备简陋,靠驾驶员目测很难达到始终保持航线飞行的要求;舱体过大增加了不必要的燃耗开支。经在广西壮族自治区监测松毛虫灾害的试验证明,使用载有 GPS 导航设备的海燕 650B 动力滑翔机能够满足航空录像应用的技术要求,是今后航空录像用的主要机型之一。

2.2 影像分析

2.2.1 气象因素和时间对影像的影响 影响影像效果的主要气象因素是垂直地面能见度。在云层低或有雾的天气中不能进行航空录像。最佳飞行方向为正南北,最佳飞行时间为10:00~14:00。

2.2.2 地面分辨能力 试验表明,获取的影像(地面分辨能力在 2m 以内)均可目视分辨出单株松树,地面分辨能力在 1m 时能利用 GPS 对单株松树进行定位,标出其相对纬度和经度。定位误差尚未进行研究。

2.2.3 高品质图像的获取 在利用 TARGA 图像捕获卡从 Super-VHS 录像带中获取图像画面时,通常是选用 16 位图像模式数据获取画面。通过实地比较,选用 24 位图像模式数据获取画面可以使抓取的图像更清晰,更接近录像带上原有的图像,失去的信息很少。

2.2.4 不同校正方法的比较 由于山体高低不平,所获取的影像往往有着不同程度的变形,必须校正后才能进行地图与录像画面的镶嵌。从理论上讲,三阶校正应好于二阶或双线性校正方法。通过试验比较,发现图像用二阶校正方法校正后与正投影影像(地图)吻合程度好,即使找到足够数量的控制点,二阶校正方法也明显好于三阶校正方法。双线性校正方法几乎同于二阶校正方法。

2.2.5 受灾等级划分 根据 TM 图像灾害点分类信息和衢州市森防站地面调查资料,江山五家岭试验点在 1994 年底其针叶损失率平均 30%~40%,1995 年 8 月针叶失叶率在 50%左右,使用实验室目视判别法可以清晰地看出 50%以上针叶损失率的松林,失叶率越大,其影像中具锈红色成分越多。航空录像实验室目视判别可协助 TM 图像明显区分非林地与 50%针叶损失率的松林,但尚不能判出 30%失叶与无失叶的差别。有关计算机图像处理及灾害等级划分研究尚待进一步深入研究。

2.3 经济初步分析

在研究试验期内,计算每亩松林所需最高的航空录像监测费用可由下式得出:

$$\text{每公顷监测费用(元)} = \frac{\text{每小时飞行费(元)} + \text{实验用费(元)}}{[\text{实际录像距离(m)} \times \text{每帧宽度(m)}] / 10\,000}$$

$$= \frac{3\,000 \text{ 元} + 1\,000 \text{ 元}}{(60\,000\text{m} \times 400\text{m}) / 10\,000} \approx 1.7 \text{ 元/hm}^2$$

根据研究地点与分法中航空录像飞行概况一节所述,有效航空录像作业的时间约为整个飞行时间的40%,即时速150km时,实际录像的距离是60km,因而得出每公顷的监测费用为1.7元,相当于每亩监测费用为0.11元。

一旦研究工作完成,投入正常生产运行,其监测成本可以有较大幅度的降低;实际录像距离至少可上升10个百分点,且每帧宽度在800m时仍可对单株松树进行监测。这样,每公顷的监测费用为0.7元,每亩的费用约为0.05元。

为弥补TM图像灾害点监测的不足,每亩花费约5分钱,进行航空录像抽样监测,对灾害情况进行深入了解,为防治决策提供更准确的依据,应该说这是一种较经济、实用的监测技术。

3 航空录像评价及展望

摄像和录像技术已经存在数十年的时间。但作为一项遥感技术并开始试用至今仅有10年多一点的时间,可以说航空录像技术尚处在完善和提高了的阶段^[7]。

近年来国内、外研究均已证明:红外波段是区分森林病虫害灾害的最佳有效的波段,可判出失叶率30%~40%的轻灾,并可根据其数值差异将灾害分成3~4级。现在航空录像系统使用的摄像机是单通道的,影像信息损失较多。如能开发和使用高分辨率的红外摄像机,可进一步提高获取病虫害灾害的能力,并为图像处理自动化奠定必要的基础。

使用的航空录像图像处理软件需要花费很长时间进行图像捕获、地面控制点选取、重采样、校正及镶嵌等工作,劳动强度很大。近期美国试制成功的TOOLKIT图像自动镶嵌软件系统^[5]已在中国林业科学研究院486PC机上安装,可使图像处理的速度提高40倍以上。但目前上述系统仅适用于海拔变化较小的平原林区。对于松毛虫常发生的丘陵地区和半山区,此系统仍需进一步开发和完善。

自80年代中期,以美国为首的一些国家开展将航空录像作为一项遥感技术进行森林病虫害监测的研究,并应用于舞毒蛾、松小蠹和天幕毛虫灾害面积的确定和灾害等级的划分^[8-12]。在中国应用该项技术开展松毛虫灾害的监测已证明了能够实时获取所需影像,特别是能在不同天气状况、不同时间及不同地面分辨能力等条件下主动得到灾情信息有其独具的特点,可与其他监测技术互相补充和互相支持,在森林病虫害灾害的监测上有着较广泛的应用前景。此项技术已具备了监测并定位松材线虫 *Bursaphelenchus xylophilus* 病死树的能力。航空录像图像获取系统经较短时间的应用研究后,即可在中国进入实际应用,在林业生产中用其进行抽样监测。

参 考 文 献

- 1 陈昌洁主编. 松毛虫综合管理. 中国林业出版社, 1990
- 2 陆国先, 陈式千, 麦狄克. 航空录影. 能源、资源与环境, 1991, 4 (1): 8~12
- 3 Myhre R. J., Sumpter C. W., Graham L. A., Airborne videography-a potential tool for resource managers. Proceeding of Resource Technology 90 Symposium, Washington D. C., 1991. 590~594
- 4 吴坚, 马小明, 李志清等. 航空录像遥感技术在森林病虫害监测中的应用. 林业科学研究, 1994(5): 579~584

- 5 Linden D. S. , Hoffer R. M. , Pywell H R, et al. Automated digital mosaicking of airborne videography. Report of Department of Forest Sciences, College of Natural Resources, Colorado State University; Methods Application Group, U. S. Forest Service and Nationwide Forestry Applications Program, U. S. Forest Service.
- 6 高树, 吴坚, 马小明等. 应用航空录像监测森林病虫害操作技术. 森林病虫害通讯, 1994, (4): 42~44
- 7 吴坚, 航空录像系统及其在森林保健中的应用. 世界林业研究, 1995, 8 (2): 17~23
- 8 Pywell H. R. , Myhre R. J. , Monitoring forest health with airborne videography. Proceeding of IUFRO Conference, Canberra, Australia, 1992
- 9 Manzer F. E. , Cooper G. R. , Uses of portable video —taping for aerial infrared detection of potato disease. Plant Dis. , 1982, 66: 665~667
- 10 Bobbe T. J. , Reed D, Schramek J. Georeferenced airborne video imagery, natural resource applications on the Tsongass. J. For. , 1993, 91 (8): 34~37
- 11 Buffington K. Remote sensing techniques for mapping gypsy moth defoliation. Professional paper for Master of Science Degree at Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1991
- 12 Myhre R. J. , Silvey B. An airborne video system developed within forest pest management——status and activites. Proceedings of the Fourth Forest Service Remote Sensing Applications Conference, Orlando, Florida, 1992

马尾松毛虫短中期虫情测报图形系统研究

徐 坚 陈林洪 陈 雁 汪国华 干中南^①

摘 要 本文通过对浙江省衢州市各市(县)历年林业小班的松毛虫虫情数据和各种背景资料的整理和研究,建立松毛虫测报系统结构模型,研制预测松毛虫未来发生数量与分布范围的计算机软件及其图形显示系统。并应用该系统软件指导病虫害测报与防治。

关键词 松毛虫, 预测预报, 图形显示

Study on the Pest Forecast of Masson Pine Caterpillar and Its Graphic Display in Zhejiang Province

Xu Jian Cheng Linhong Cheng Yan Wang Guohua Gan Zhongnan^②

Abstract A forecasting structure model of masson pine caterpillar was established according to historical occurrence data of pine caterpillar in Quzhou city, Zhejiang Province. The model can be used to forecast the occurrence amount and area of pine caterpillar with computer software and graphic display system in practice.

Key words Dendrolimus punctatus, forecasting model, graphic display

松毛虫虫情调查和预测预报是治理松毛虫的基础。浙江省从80年代中期就开始实行1年4次以林业作业小班为单位的松毛虫虫情调查,至今没有间断,有效地引导防治工作的开展。由于调查时间是在松毛虫各世代的幼虫期,调查结果显得比较滞后,影响了防治工作的正常开展,迫切需要行之有效的预测预报方法。

本研究从生产角度出发,利用已积累的小班虫情资料和同步的背景信息,分析松毛虫虫口密度变化与生态环境中各种生物和非生物因子间的关系,建立这些关系的系统结构模型^[1],研制相应的计算机软件,旨在掌握上一代虫情的基础上,预测下一代各松林小班松毛虫发生量,并应用计算机图形技术输出以小班为单位的虫情分布图,直接应用于生产。

① 徐坚(浙江省森林病虫害防治检疫站);陈林洪(浙江省江山市森防站);陈雁(浙江省衢县森防站);汪国华(浙江省龙游县森防站);干中南(浙江省衢州市森防站)

② Xu Jian (Forest Pest Control and Quarantine Station of Zhejiang Province); Cheng Linhong (Forest Pest Control Station of Jiangshan City, Zhejiang Province); Cheng Yan (Forest Pest Control Station of Qu County, Zhejiang Province); Gan Zhongnan (Forest Pest Control Station of Quzhou City, Zhejiang Province)