

# 林业生物灾害预警的内涵\*

景天忠, 张海侠, 董瀛谦, 王志英

(东北林业大学 林学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘 要:** 林业生物灾害预警是我国林业有害生物预防体系的主要内容, 但一直以来对林业生物灾害这一概念没有一个统一的定义, 处于“各自表述”的状态。在参考国内外林业生物灾害预警研究的基础上, 对一些相关概念做了厘清, 提出了一个林业生物灾害预警系统的框架。该系统由 4 部分构成: 分析潜在威胁、检定真实威胁、警情发布和响应威胁。通过有害生物风险分析和发生预测来判断潜在的威胁; 通过威胁勘察、监测和检疫措施来检定真实的威胁; 然后评估威胁大小。提出了一个度量威胁大小的指标——发生指数, 它既考虑了有害生物的种群密度(或病情指数), 又考虑了发生面积。发生指数可在当年有害生物发生结束后根据实际发生情况计算, 但在预警时必须根据预警指标(立地指数、林分指数、气象指数等)来推算。根据推算的发生指数, 将警情分级, 向经营者和公众发布警报。同时, 相关部门根据相应的预案进行威胁响应。对预案执行情况应进行评估, 必要时进行预案修订。

**关键词:** 林业有害生物; 灾害; 预警系统; 发生指数

**中图分类号:** S763    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1000-811X(2012)03-0102-05

目前, 我国林业生物灾害呈居高不下的态势。林业大省黑龙江省每年林业有害生物发生面积高达 40 万  $\text{hm}^2$ , 因此造成的直接经济损失达 27 亿元~30 亿元, 间接损失高达 400 亿元以上<sup>[1]</sup>。从全国的情况来看, 全球 100 种最具威胁的外来生物, 我国已有 50 多种。2004 年的数据表明, 全国林业有害生物年发生面积都在 870 多万  $\text{hm}^2$  左右, 造成的损失高达 880 亿元<sup>[2]</sup>。到 2010 年左右时, 每年林业有害生物发生面积都在 1 133 万  $\text{hm}^2$  以上<sup>[3]</sup>。而森防基础设施落后是造成我国对林业有害生物灾情防控能力低下的最直接原因。因此, 全局性执行信息分析的有害生物风险评估系统、边界口岸防控外来入侵的检疫除害系统、重点区域防控境内传播的监测预警系统、一般区域防控突发灾情的监测防灾系统和跨省(市)区域防控局部灾情的监测防灾系统是我国林业有害生物预防体系的主要内容<sup>[4]</sup>。由于预警在林业有害生物管理中的重要性, 在 2008 年的雨雪冰冻灾害过后, 国家林业局和国家气象中心合作, 中央电视台天气预报节目开始加播林业有害生物预警信息<sup>[5]</sup>。目前, 一个国家级林业有害生物灾害监测与预警系统已建立起来<sup>[6]</sup>。

但对于林业生物灾害预警的概念一直没有一个统一的说法, 长期以来处于“各自表述”的状态。陈美兰等<sup>[7]</sup>探讨了预测、监测和预警关系, 认为

预警与预测从根本上说是一致的, 都是根据历史数据和现实材料预测未来; 而监测和预警之间是相离关系。蒲天胜<sup>[8]</sup>从预警的对象、时效、内容、方法和验证 5 个方面论述了害虫预警系统, 认为预警是采用各种途径和方法, 发出将有危险到来的通知或信号。王桂清等<sup>[9]</sup>提出了森林害虫灾害预警指标应坚持的原则和指标体系, 并将预警等同于测报。张则乐等<sup>[10]</sup>则认为预警体系由决策指挥体系、技术支撑体系和操作实施体系组成。其中决策指挥体系是整个体系的指挥中心; 技术支撑体系主要承担科研攻关和技术储备, 兼任决策层的顾问; 操作实施体系是具体措施的主要应用和实施者, 负责预警技术的推广、检疫、监测、综合治理等。在以前的研究中, 景天忠等<sup>[11]</sup>已介绍了国外林业生物灾害预警的现状。在本文中, 我们试图结合国内外在林业生物灾害预警上的研究成果, 对相关概念作一厘清, 并提出一个符合国情的林业生物灾害预警理论。

## 1 灾害和预警的概念

灾害(Hazard)是一种具有潜在破坏性的物理存在。当这种存在给人类及其生存的环境带来直接

\* 收稿日期: 2011-12-28    修回日期: 2012-02-27

基金项目: “十二五”科技计划(2011BAD37B01); 林业公益性项目(20804023); 中央高校基本科研业务费专项资金(DL12CA10); 黑龙江省教育厅项目和黑龙江省博士后资助经费

作者简介: 景天忠(1974-), 男, 汉族, 甘肃民勤人, 副教授, 主要研究方向为森林昆虫学和害虫综合管理。

E-mail: Jingtianzhong@163.com

通讯作者: 王志英(1956-), 男, 汉族, 河北保定人, 教授, 主要研究方向为森林昆虫学和害虫综合管理。E-mail: Zyw0451@sohu.com

或间接的影响时, 灾难 (disaster, catastrophe) 便发生了<sup>[12-14]</sup>。因而, 林业生物灾害预警中只考虑有害生物的发生情况, 不用考虑其造成的损失。

预警 (Early Warning) 一词最早起源于军事, 即通过预警飞机、预警雷达、预警卫星等工具来提前发现、分析和判断敌人的进攻信号, 并把这种进攻信号的威胁程度报告给指挥部门, 以提前采取应对措施。通俗地讲, 预警指的是在警情发生之前对之进行预测报警<sup>[15]</sup>, 即在运用现有知识和技术的基础上, 通过对事物发展规律的总结和认识, 分析事物的现有状态及特定信息, 判断、描述和预测事物的变化趋势, 并与预期的目标量进行比较, 利用设定的方式和信号, 实行预告和示警, 以便使预警主体有足够的时间采取相应的对策和反应措施。目前, 这种预警机制已经超越了军事的范畴, 进入现代政治、经济、技术、资源、治安、灾变、医疗等社会和自然领域。

胡鹏<sup>[16]</sup>认为预警是对危机与危险状态的一种预前信息警报或警告, 是围绕一特定目标展开的一整套监测和评价的理论和方法体系。从预警的特性来看, 它不仅具有战略级决策的特点, 而且也是衡量系统机制成熟度的重要标志。

本文中, 我们以联合国减灾国际策略 (UN-IS-

DR) 中给预警的定义为准, 即“特定的组织机构提供及时有效的信息, 以便暴露于灾害之中的个体采取措施来避免或减小他们的风险, 并为有效的响应做好准备”。它包括 4 个方面的内容<sup>[17]</sup>。

(1) 风险知识 (Risk Knowledge): 风险评价 (risk assessment) 可为减灾和保护策略设定优先级以及设计预警系统提供必需的信息。

(2) 监测和预测 (Monitoring and Predicting): 具有监测和预测功能和系统能及时提供对公众、经济和环境所面对的潜在风险的估计。

(3) 信息传播 (Disseminating Information): 通讯系统 (communication system) 用来向潜在受影响地区发布预警信息以引起当地或地区政府部门的警觉。

(4) 响应 (Response): 协作、良好的管理方法和合适的行动计划是有效预警的关键点。同样, 公众的意见和教育也是减灾的关键方面。

## 2 林业生物灾害预警体系

据联合国在国际减灾策略中给预警的定义, 参考国外林业生物灾害预警系统, 结合我国实际情况, 提出林业生物灾害预警体系 (图 1)。



图 1 林业生物灾害预警理论框架

### 2.1 潜在威胁的分析

林业有害生物本身不是对森林健康的一种威胁。相反, 它是森林生态系统中的一个营养级, 是森林健康所必需的。但林业有害生物在有些林

分中易偏离其平衡位置, 影响到森林的健康, 因而是一种潜在的威胁。

林业有害生物包括本土有害生物和外来有害生物, 它们都是森林健康的潜在威胁。林业生物

灾害预警的第一步就是要弄清这些潜在威胁的种类,以及引起暴发流行的生物因子和非生物因子。生物因子包括其自身的生物和生态学习性、可能的传播途径、寄主范围、分布区、天敌种类及自然寄生情况、易感林分的特征等。非生物因子主要有气象因子、火灾、大气污染、地理因子等。

#### 2.1.1 有害生物的种类

经过科技工作者多年的研究,目前对我国常发的森林有害生物已有一个明确的名单。经过定期的森林有害生物普查,对各地的森林昆虫、病原微生物、杂草及其他有害生物也有一个基本的掌握。要利用现有的数据库和专家系统,建立起一个权威的、覆盖全国的森林有害生物公共数据库。尽管有害生物及其暴发通常由专业人士来核实,但其最初的发现者通常是生产一线的工作人员,因此该数据库还应在人员培训中发挥重要作用。

#### 2.1.2 引起暴发流行的因子

引起暴发流行的因子有有害生物本身的生物学习性、影响有害生物存活和死亡的因子(气象、火灾、大气污染、天敌等)、影响有害生物传播和流行的因子(气象、人为因素等)、易感林分的特征(坡度、坡向、林分类型等)等,这些因子可作为预警的指标。

#### 2.1.3 有害生物风险分析

有害生物风险分析(Pest risk analysis, PRA)是通过评价生物学上的(或其他科学的)和经济学上的证据来确定是否应限定某种有害生物及将为此采取的任何植物检疫措施的力度的过程<sup>[18-19]</sup>。

有害生物风险分析是在1980年代末期应用到植物检疫领域里的一个新术语,FAO已对《有害生物风险分析准则》进行修订,分别制定检疫性有害生物的风险分析标准(Pest Risk Analysis for quarantine pests including analysis of environmental risks)(ISPM No. 11, Rev-1, 2003)<sup>[18]</sup>和限制的非检疫性有害生物的标准(Pest risk analysis for regulated non-quarantine pests)(ISPM No. 21, 2004)<sup>[19]</sup>。检疫性有害生物风险分析的目标是,某一地区查明检疫上令人关注的有害生物和/或传播途径并评价其风险,查明受威胁地区以及酌情选定风险管理方案。对非检疫性限定有害生物进行有害生物风险分析的目的是,在一个特定有害生物风险分析地区确定与种植用植物相关的有害生物,评估其风险以及酌情确定风险管理备选方案以达到容许程度。目前进行过风险分析林业有害生物多为检疫对象,如松突圆蚧 *Hemiberlesia pitysochila* Takagi<sup>[20]</sup>、蔗扁蛾 *Opogona sacchari* (Bojer)<sup>[21]</sup>、椰心叶甲 *Brontispa longissima* (Gestro)<sup>[22]</sup>等。对所有林业有害生物进行风险分析是必要的。

通过PRA,我们可以得到某种有害生物风险的大小,以及管理这种风险的备选方案。因此,

PRA应当成为林业生物灾害预警的重要内容。经过PRA得出的风险值可作为预警的指标。

#### 2.1.4 有害生物发生的预测

从生态学的角度来看,林业有害生物的发生与环境因子密切相关<sup>[23-25]</sup>。此外,有害生物发生系统是非线性的,存在内在随机性<sup>[26]</sup>。根据历史数据,建立起林业有害生物的发生与环境因子之间的关系,并根据未来的环境因子状况,推断出未来林业有害生物的发生状况;或利用非线性科学方法,利用有害生物的前一发生状态推断下一发生状态的过程称为预测(Prediction)。由于害虫发生普遍存在混沌现象,预测的准确率随着预报时间的延长而迅速下降<sup>[26]</sup>。但随着人们认识的不断深化,以及非线性科学的发展,一些新的方法应用到林业生物灾害的预测上来,如元胞自动机和人工神经网络模型<sup>[27]</sup>。过去,常将预测和预报(Forecast)连在一起使用,预报指的将预测的结果及时公开、公布的过程。在预警理论中,预报是将预警结果(即警情)及时公开、公布的过程。

目前来看,对长期预测,较高的准确率是不现实的。其次,由于森林生物灾害有一个发展的过程,并不像地震等自然灾害具有极强的突发性。因此对林业生物灾害预警来讲,长期预测不应占有重要的位置,重点要放在监测和短期预测上。

### 2.2 真实威胁的检定

#### 2.2.1 有害生物的核实

准确地鉴定出有害生物的种类是至关重要的,但这项工作对普通的森林保护工作者来讲可能很难,因此有必要借助专业人士或专家系统来进行。

#### 2.2.2 真实威胁的检定

检定(Detection)是确定某地区林业有害生物真实威胁的过程。真实威胁的检定可借助于有害生物普查、专项调查来进行。对于一些主要有害生物、常发有害生物以及潜在威胁较大的有害生物应建立长期的监测。监测(Monitoring)是在一定时间空间内,对特定的林业有害生物的种群动态或病害的流行情况进行跟踪的过程。监测可采用传统地面调查与空中监测相结合的方法<sup>[28]</sup>。目前,基于PDA的林业有害生物调查系统已在林业有害生物的调查开始应用<sup>[29]</sup>,这将显著提高调查的效率。此外,严格的植物检疫措施可检测检疫性有害生物真实的威胁。因此必须建立与海关及检疫部门之间的密切联系,做好信息的共享。

### 2.3 警情发布

检测到真实的威胁后,要评估威胁的大小。在此之前必须制定发生程度划分的标准和警报的分级标准。根据这两个标准对威胁进行预报。警报的发布渠道要畅通,必要时可借助媒体进行。

如何指示威胁的大小,即如何选择警情指标,也是近来比较有争议的课题。过去,曾用森林的

功能、林业有害生物可能带来的损失等指标来指示<sup>[30]</sup>。这样一来, 反而使简单的问题复杂化了。由于是对灾害预警, 并非对灾难预警, 因而应该用有害生物本身的属性来指示, 就像用风速的大小来指示台风的等级, 而不用台风造成的损失来指示其等级。对林业有害生物来讲, 警情指标可用虫口密度、病情指数、发生面积等来表示。在这里, 提出一个类似于病情指数的发生指数 (outbreak index, OI) 作为警情指标。

$$\text{发生指数} = \frac{1 \times \text{轻度发生面积} + 2 \times \text{中度发生面积} + 3 \times \text{重度发生面积}}{3 \times \text{该树种面积}}, \quad (1)$$

式中: 发生程度的划分以《林业有害生物发生及成灾标准》(LY/T 1681-2006)<sup>[31]</sup> 为准。

从上面的定义可看出, OI 具有以下特点:

(1) 容易计算。现行的林业生物灾害报表中只上报某种有害生物发生轻、中、重的面积和寄主树种面积, 选用其他指标则不易计算。

(2) 结合危害程度与发生面积, 可较全面反映林业有害生物的发生情况。

(3) 可用于不同地区间的横向比较。

(4) 不同的有害生物、不同的寄主树间可横向

比较。

(5) OI 的范围为 0~1, 当 OI=0.5 时, 意为该地区某种树种有 50% 的面积重度发生某种病虫害。

以上的公式是对 OI 的定义, 对已发生的林业有害生物可利用此公式计算该值。而对预警而言, 由于生物灾害还未发生, OI 值可根据其他预警指标, 包括警源指标和警兆指标来计算 (图 2)。OI 与其他预警指标之间的关系必须依据历史资料来计算, 并不断更新。计算方法主要有 2 种, 即主观赋权诊断预警方法和客观赋权诊断预警方法。主观赋权方法多采取定性和定量相结合, 由专家根据经验进行主观判断而得到权数再进行综合计算, 如层次分析法、模糊综合评判法等; 客观赋权方法根据指标之间的相关关系或各项指标数据的内在关系来确定权数进行计算, 如灰色关联度法、TOPSIS 法、主成分分析法等<sup>[32]</sup>。这样通过 OI 的评估值跟实际值的比较, 不断完善 OI 与各预警指标之间的系数, 逐步提高对警情划分的准确性。这也是与柏立新<sup>[33]</sup>所报道的农业有害生物灾变风险预警技术的不同之处。关于这一点, 将另文详述。

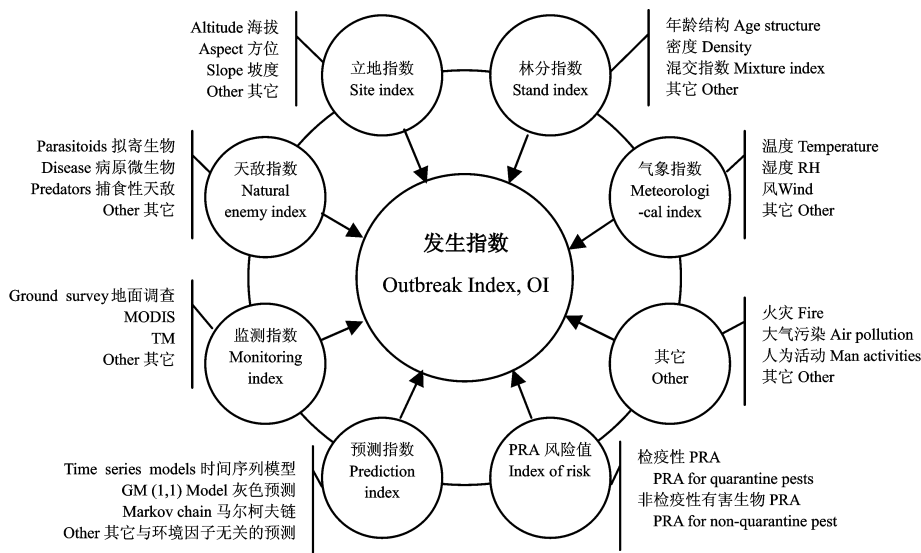


图2 发生指数的计算原理

计算出 OI 值后, 根据《中华人民共和国突发事件应对法》和《国家突发公共事件总体应急预案》, 将预警级别划分为四级: I 级 (特别严重)、II 级 (严重)、III 级 (较重) 和 IV 级 (一般), 依次用红色、橙色、黄色和蓝色表示。OI 值与四级颜色级别之间的对应关系应根据历史数据, 结合专家的意见来判断, 但与有害生物的种类、寄主树种、林种等因素无关。

## 2.4 响应威胁

对每种林业生物灾害都应制定相应的预案,

一旦有害生物暴发或流行, 可依预案来应对相应的威胁。预案中应规定预案的执行人、执行的方式以及事后监督工作。目前从国家林业局到地方各省基本上建立了林业有害生物灾害应急预案, 在此不再赘述。

## 3 小结

本文首先厘清了灾害与灾难、预警与预测等混淆使用的概念, 然后提出了一个林业有害生物

灾害预警的系统框架。该预警系统包括 4 个部分,即分析潜在威胁、检定真实威胁、警情发布和响应威胁。在一次预警任务中,这 4 个部分是按顺序进行的,但对长期的预警工作来讲,它们又是按顺序循环的。在该系统中,建立公共数据库、人员培训、风险分析等基础性工作是预警的基础,监测和短期预测是主要的工作。该系统的特点是以有害生物的发生来指示其威胁的大小,并不涉及有害生物造成损失的大小。因为损失评估非常复杂,会随时间发生变化,有时还与政治因素有关。

## 参考文献:

- [1] 程子龙. 黑龙江省每年林业有害生物发生面积高达 40 万公顷[EB/OL]. (2009-05-09)[2011-08-14]. [http://news.xinhuanet.com/newscenter/2009-05/09/content\\_11342596.htm](http://news.xinhuanet.com/newscenter/2009-05/09/content_11342596.htm).
- [2] 苏宏钧, 赵杰, 尤德康, 等. 我国森林病虫害灾害经济损失[J]. 中国森林病虫, 2004, 23(5): 1-6.
- [3] 韩乐梧. 林业有害生物发生面积年逾 1.7 亿亩[EB/OL]. (2010-04-20)[2011-08-14]. [http://www.legaldaily.com.cn/bm/content/2010-04/20/content\\_2118434.htm?node=20734](http://www.legaldaily.com.cn/bm/content/2010-04/20/content_2118434.htm?node=20734).
- [4] 李计顺, 张连成, 郭文辉, 等. 我国林业有害生物预防体系构建模式探讨[J]. 中国森林病虫, 2007, 26(3): 11-15.
- [5] 孙玉剑. 天气预报将加播林业有害生物预警信息[N]. 中国绿色时报, 2008-03-04(2).
- [6] 常原飞, 武红敢, 董振辉, 等. 国家级林业有害生物灾害监测与预警系统[J]. 林业科学, 2011, 47(6): 93-100.
- [7] 陈美兰, 吴延熊, 周国模, 等. 预测、监测和预警关系的初步探讨[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(1): 10-13.
- [8] 蒲天胜. 浅谈害虫预警系统[J]. 广西植保, 2004, 17(1): 18-20.
- [9] 王桂清, 周长虹. 森林害虫灾害预警指标体系研究[J]. 林业科技, 2003, 28(5): 21-24.
- [10] 张则乐, 鞠瑞亭. 上海市绿化林业有害生物预警体系建设探讨[J]. 中国森林病虫, 2008, 27(3): 42-44.
- [11] 景天忠, 董瀛谦, 王志英. 欧美林业生物灾害预警现状[J]. 世界林业研究, 2010, 23(6): 55-60.
- [12] First Pages. Hazards VS. Disasters[EB/OL]. [2011-08-14]. [http://media.wiley.com/product\\_data/excerpt/47/EHEP0007/EHEP000747.pdf](http://media.wiley.com/product_data/excerpt/47/EHEP0007/EHEP000747.pdf).
- [13] Olivia. Difference Between Hazard and Disaster[EB/OL]. [2011-08-14]. <http://www.differencebetween.com/difference-between-hazard-and-vs-disaster/>.
- [14] UNISDR. Terminology on DRR[EB/OL]. [2011-08-14]. <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>.
- [15] 袁贤祯. 房地产业监测预警系统构想[J]. 中国房地产, 1998(3): 16-19.
- [16] 胡鹏. 房地产投资预警管理系统设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2003: 14-15.
- [17] Grasso VF. Early warning systems: State-of-Art analysis and future directions[EB/OL]. [2011-08-14]. [http://na.unep.net/geas/docs/Early\\_Warning\\_System\\_Report.pdf](http://na.unep.net/geas/docs/Early_Warning_System_Report.pdf).
- [18] FAO. 检疫性有害生物风险分析, 包括环境风险和活体转基因生物分析[EB/OL]. [2011-08-14]. <http://www.fao.org/docrep/008/y5874c/y5874c00.htm>.
- [19] FAO. 非检疫性限定有害生物风险分析[EB/OL]. [2011-08-14]. <http://www.fao.org/docrep/008/y5722c/y5722c00.htm>.
- [20] 魏初奖. 松突圆蚧在中国的适生性与风险性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2010: 1-109.
- [21] 鞠瑞亭. 入侵害虫蔗扁蛾的生物学及其在中国的风险性分析[D]. 扬州: 扬州大学, 2003: 1-80.
- [22] 鞠瑞亭, 彭正强, 印丽萍, 等. 入侵害虫椰心叶甲在中国的风险性分析[J]. 植物保护学报, 2005, 32(3): 246-250.
- [23] 张建新, 包云轩, 李芬, 等. 林业有害生物发生发展与气象条件关系研究进展[J]. 世界林业研究, 2010, 23(1): 33-38.
- [24] 赵铁良, 耿海东, 张旭东, 等. 气温变化对我国森林病虫害的影响[J]. 中国森林病虫, 2003, 22(3): 29-32.
- [25] 王斐, 张继友. 一些景观树对灾害天气事件的非对称响应[J]. 灾害学, 2011, 26(2): 5-10.
- [26] 马飞, 程遐年. 害虫预测预报研究进展(综述)[J]. 安徽农业大学学报, 2001, 28(1): 92-97.
- [27] 谢芳毅. 林业有害生物灾害预测模型设计与实现[D]. 北京: 北京林业大学, 2009: 1-78.
- [28] 武红敢, 曾庆伟. 林业生物灾害的监测调查技术研究进展[J]. 灾害学, 2008, 23(4): 106-109.
- [29] 何丹, 常原飞, 张迎, 等. 基于 PDA 的林业有害生物调查系统设计与实现[J]. 测绘科学, 2009, 34(2): 226-228.
- [30] 陈凤学, 赵杰, 耿海东. 森林病虫害灾害等级研究[J]. 中国森林病虫, 2004, 23(3): 4-7.
- [31] 耿海东, 赵铁良, 张旭东, 等. 林业有害生物发生及成灾标准[M]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 1-5.
- [32] 陈军飞. 城市生态系统诊断预警研究[D]. 南京: 河海大学, 2005: 27-30.
- [33] 柏立新. 农业有害生物灾变风险预警技术的探讨[J]. 防灾减灾工程学报, 2003, 23(1): 84-89.

## The Connotation of Early Warning System for Forest Pest Hazard

Jing Tianzhong, Zhang Haixia, Dong Yingqian and Wang Zhiying  
(School of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**Abstract:** Early warning of forest pest hazard plays an important role in forest pest control in China. However, there is no wide acceptable definition for this concept yet. Based on both domestic and overseas information, some relevant vague concepts are cleared, and a component module of early warning system (EWS) for forest pest hazard is proposed. The EWS comprises four parts: potential threats analysis, actual threats verification, alerts releasing and respond. Potential threats can be identified by either pest risk analysis (PRA) or outbreak prediction, or by the both, while actual threats can be detected by threats survey, monitoring or quarantine. Then, assessment of the threats follows. An index, outbreak index (OI), is presented to measure the hazard. OI is an index combining population density (or disease index) and infested area, which can be calculated with the real data after outbreak or has to be inferred with warning index (e.g. site index, stand index, meteorological index, etc.) before outbreak. The alert can be classified into various grades according to the inferred OI and then released to both the manager of farm and the public. At the same time, response should be carried out in terms of the preparedness. The effect of response must be evaluated and the preparedness ought to be revised if necessary.

**Key words:** forest pest; hazard; early warning system; outbreak index