

·学科进展与展望·

我国森林生物灾害及其基础研究

谷瑞升 于振良 杜生明

(国家自然科学基金委员会生命科学部,北京 100085)

[摘要] 本文阐述了我国森林生物灾害发生的特点和趋势,总结了我国森林生物灾害基础研究工作,提出了我国森林生物灾害的几个重要的基础问题,以期整合研究资源、集中目标进一步推动我国森林生物灾害的基础研究。

[关键词] 森林,病害,虫害,综合管理,基础研究,进展

我国地域辽阔,在各式各样的森林植被中存在着种类繁多的有害生物。长期以来,它们与林木相互制约和依存,形成了一个有机和谐的整体。近年来,由于全球气候的变化,人口和经济发展对森林产品需求的增加,特别是森林经营管理中的失误,我国森林生物结构发生了明显的改变,一方面天然林破坏和退化十分严重,形成了许多林相低劣、林分残次的片段化林区,森林生物多样性的功能受到严重破坏;另一方面,虽然人工造林成绩巨大,但人工林树种单一,物种和结构比较简单,基因窄化,林区生态环境极为脆弱,为森林生物灾害的大发生创造了条件。另外,随着对外交往的日益增多,境外危险性有害生物频频传入,扩散蔓延,全国森林生物灾害的发生日趋严重^[1]。据统计,近年来,全国每年森林病虫害发生面积 800 万 hm^2 左右,损失木材生长量 1700 万 m^3 ,直接经济损失约 50 亿元^[2]。森林生物灾害严重损害着我国森林资源、自然景观和生存环境,威胁着人民的生存安全,成为国民经济和社会发展中最为突出的问题之一^[1,3]。

1 我国森林生物灾害发生的特点和趋势

一般讲,我国森林有害病虫约有 8000 多种,危害严重的有 200 多种,有 100 多种会经常发生^[1]。目前,我国森林生物灾害的发生有以下几个特点:一是境外有害生物的入侵,造成了极大的危害^[4]。我国每年外来生物引发的森林病虫害面积约 130 多万 hm^2 ,有害生物入侵成为危害我国森林安全的头号

敌人。美国白蛾 1979 年首先在辽宁丹东发现,并陆续扩展蔓延至山东、陕西、河北、天津和上海。松材线虫病自 1982 年在南京发现以来,目前已扩散到江苏、浙江、安徽、广东、山东等省,该病在我国发生面积已达 7.3 万 hm^2 ,致死松树 2000 多万株。二是常发性森林生物灾害面积大并日趋严重。松毛虫是历年大害,全国危害面积已超过 130 万 hm^2 ,仅此损失林木生长量达 200 万 m^3 。马尾松毛虫在湖南、湖北、江西、广西等南方一些省区的危害面积达 130 多万 hm^2 ,树木成片死亡。以烂皮病和溃疡病为主的寄主主导的生态性病害和以天牛为主的杨树蛀干性虫害,对我国三北以杨树为优势种的人工林生态系统造成毁灭性的破坏,并且持续威胁着该系统的恢复与重建。桉树青枯病的发生日趋严重。东北和西北地区的森林鼠害,每年发生 66 万 hm^2 以上。三是偶发性森林病虫害大面积暴发,损失严重。1998 年河南省的 2 亿株杨树有一半多遭受食叶害虫危害,造成直接经济损失 3 亿元。东北地区十几个大中城市相继发生严重的树木烂皮病,致死树木达 15 万余株。青海省的春尺蠖、广西的柄天牛等也接连暴发成灾,虫口密度急剧上升。江苏的柏毒蛾、山东的杨尺蠖、陕西的草履蚧、青海的榆黄黑棘蝶等危害十分严重。湖北长江柏木防护林带由于叶蜂危害树势衰弱,造成小蠹虫、天牛等危害成灾。目前,松毛虫,松材线虫病、杨树蛀干害虫、红脂大小蠹、美国白蛾、日本松干蚧、松突圆蚧、湿地松粉蚧、大袋蛾、松叶蜂和森林鼠害成为危害我国森林最为严重的生物灾

本文于 2004 年 3 月 24 日收到。

害^[1,4]。

今后伴随着境内外交流的增加,有害生物入侵风险日趋严重;以气候变化和生态环境恶化为诱因的生物灾害会频繁发生;一些次要性的生物灾害将逐步演化成主要性灾害;城市森林的生物灾害会更加严重。

2 我国森林生物灾害的基础研究

国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金会)一直十分注重森林生物灾害基础研究,自1987年成立以来,先后将森林生物灾害基础研究作为“定向研究课题”、鼓励研究领域和重点项目立项研究,资助了120多个项目。特别是2000年以来,由于森林灾害的蔓延和恶化,自然科学基金会在加强自由申请项目资助力度的同时,特别设立了森林生物灾害倾斜项目,在松材线虫、天牛、松毛虫、森林鼠害等方面基础研究进行了重点资助。由于自然科学基金会以及有关机构的大力支持,近年来我国的森林灾害的基础研究获得了长足的发展,整体水平有了很大的提高,在研究深度上,由初始的有害生物的种类、分布的普查,发展到灾害的发生发展规律和危害机制,由植株和器官水平发展到细胞、生理和生化,有些研究已上升到分子水平,在研究的广度上,由对单个灾害研究和调控发展到围绕寄主树种-有害生物-有益生物-生存环境四位一体的多方位、立体研究和调控。研制出松毛虫、松突圆蚧等一批危害特别严重的害虫的有效和综合的治理模式。学科交叉日益频繁,新技术和新方法不断涌现,特别是航天、航空遥感技术、信息技术、生物技术开始在重要森林害虫种群动态监测和灾害形成变动规律的研究中获得成功应用。以提高树木抗虫抗病为目的基因工程技术日渐成熟,特别是在以下方面获得了突出进展。

(1)对800余种森林害虫的生活史、习性,特别是重点成灾的170余种害虫的生物学、生态学种群动态及危害特性进行系统研究。对危害严重的60余种森林病害的病原、发病规律、寄主抗病系列进行了澄清。

(2)在鼠类种群暴发成灾机理和控制生态学研究上,发现了一些鼠类种群发生与厄尔尼诺-南方涛动(ENSO)密切相关,提出鼠类种群暴发ENSO成灾说。发现天敌黄鼬肛腺气味(主要成分是2,2-二甲基硫代环丁烷)对大仓鼠的攻击行为、社群结构和配偶选择有重要的影响。在种群的控制上,提出竞争

性繁殖干扰和婚配制度影响不育控制持续控制理论。

(3)在松材线虫方面,开展了松材线虫病早期诊断技术的研究,研制出多种早期诊断技术,其中创建的流胶诊断法具有较高的准确率;在致病机理上,进一步验证了松材线虫与其携带细菌复合侵染而产生毒害的发病机制,利用“热闸”装置证明了线虫病复合侵染的毒害是起源于某种有毒的化学物质,新鉴定出具有致萎活性的2-甲氧基肉桂酸,对松材线虫病发病机理的深入认识,为通过控制致病细菌而抑制松材线虫病的防治方法提供了理论基础;在防治方面,提出了通过控制松墨天牛切断传播途径而控制线虫病的防治理论,开展了通过化学信息引诱结合无纺布白僵菌条持续控制松墨天牛生物防治技术,研制成功农药新剂型触破式微胶囊剂,不仅具有一般微胶囊剂残留长、用量小、污染小等特点,而且能在天牛害虫踩触时破囊,一次性释放有效成分,从而大大提高防治效果。

(4)在利用天敌为主的生物防治方面。对我国的美国白蛾天敌昆虫种类和自然寄生状况进行了系统调查,发现了27种天敌昆虫,其中2种为幼虫期捕食性天敌,2种为幼虫期寄生蜂,18种蛹期和“幼虫-蛹”期,5种为重寄生蜂。发现和鉴定出美国白蛾寄生性天敌——白蛾周氏口啮小蜂(*Chouioia cuea* Yang),并总结了一套行之有效的以利用白蛾周氏啮小蜂为主的生物防治美国白蛾技术。在光肩星天牛、松褐天牛和栗山天牛上均发现了寄主性天敌花绒坚甲,花绒坚甲的分类地位、人工大量繁殖获得了重要进展。花绒坚甲的初步释放试验表明效果良好,天牛幼虫的寄生死亡率高达96%,显示出良好的利用前景。

(5)在利用营林技术调控森林病虫害方面,首次提出了由抗性树种、目标树种和诱饵树种组成的多树种合理配置防御天牛危害的生态调控理论。建立和发展了林木生物灾害的生态调控理论与技术,使森林生物灾害的调控由单纯对有害生物的控制发展到四位一体的调控,以树(灌、草)种的组成、结构和稳定性与有害生物灾害动态为主线,围绕寄主树种-有害生物-有益生物-生存环境四者之间的关系来开展研究。

(6)利用性外激素、聚集信息素、引诱剂等监测松毛虫、松小蠹、天牛、叶蜂等虫害研究成果突出。利用航空录像方法和已开始试用GPS导航系统监测松材线虫病的发生。

(7)在林木抗病虫基因工程方面,解决了转导、再生、筛选和鉴定等关键技术问题后,已经成功地将苏云菌杆菌毒蛋白基因(Bt)和胰蛋白酶抑制剂基因(cPTI)、35S- Ω -Bt-NOS嵌合基因、Bt基因与API基因双基因、Bt和蝎毒素基因(Aalt)双价抗虫基因和防御素基因(NP-1)导入杨树,获得了抗病的转基因杨树,一些转基因杨树已经获准在田间释放和推广。

尽管我国的森林生物灾害基础研究取得了一定的成绩,但多数研究仍然是跟踪性的,研究基础还十分薄弱,具有明显创新的研究成果和学术观点较少。相对于森林病虫害严重肆虐,基础研究投入不够,人才危机依然严峻。本着有限目标,突出重点的精神,今后国家自然科学基金的资助应针对我国森林生物灾害突出问题,选取关键问题并结合国际前沿领域开展研究,以期推动我国的森林生物灾害基础研究的发展,为指导我国的森林生物灾害防治提供理论保证。

3 我国森林生物灾害的几个重要的基础问题

近年来,随着近自然林业理论的兴起,森林生物灾害的研究和管理也在发生着重要变化,人们逐渐认识到仅对单一有害生物的研究,很难解释根本性的问题,原始的和化学的防治,不但事倍功半,收效甚微,而且造成了巨大的环境污染,生物灾害的发生越演越烈。因此,森林生物灾害的管理必须走综合与可持续的发展道路。20世纪末,科学家们提出了有害生物综合治理(IPM, integrated pest management)、有害生物持续治理(sustainable pest management, SPM)和整合生物学(integrated biology)的理论^[6,7],这些理论把森林有害生物纳入到森林大系统中去,将有害生物-寄主树种-天敌-环境因子作为一个系统开展综合研究,以揭示生物灾害发生的机制,并且重视有害生物动态,发生与环境变化关系,发挥森林本身对有害生物种群数量的持续控制能力,应用生态和生物工程手段对森林有害生物进行调控。

结合我国森林生物灾害的现状,今后我国森林生物灾害的基础研究应该突出以下几个方面。

3.1 森林重要生物灾害的形成原因及危害机理研究

针对我国外来生物入侵危害严重,一些重大森林生物灾害连年成灾,危害愈演愈烈的现状,今后要把森林重大生物灾害的基础研究放在重要的位置上,阐明其发生原因、扩散成灾及危害机制,为科学

有效地进行防治提供理论指导。森林重要生物灾害的形成原因及危害机理方面有以下重要科学问题:

(1)入侵有害生物的扩散与暴发机理,包括定植与种群建立过程中的入侵害虫生态学过程与遗传的“前适应性”机制,外来种入侵应力的综合研究,外来种生态适应的调整能力与爆发成灾机制关系,成灾过程与生态系统的可入侵性机制等方面的研究;(2)全球气候变化和环境污染对有害生物及其天敌种群变化的影响及其与成灾的关系;(3)景观破损和生物多样性减少对森林昆虫和微生物区系的影响及其与成灾的关系;(4)重大生物灾害种群动态与病害流行生态学及危害机理;(5)有害生物对环境变化的适宜特征及其种群分化机理;(6)有害生物周期性爆发的机制。

3.2 森林主要有害生物种群的可持续控制研究

森林主要有害生物种群的可持续控制的核心是要发挥森林生态系统中自然调控能力,发挥森林的自然抗性、诱导抗性及其天敌的作用,运用生态调控和生态工程手段,对有害生物进行可持续控制。森林有害生物种群的可持续控制方面有以下重要基础科学问题:(1)树木自有抗性和诱导抗性的产生机制;(2)害虫种群自然调节的能力与机制;(3)昆虫功能群在维持系统功能稳定中的作用机制;(4)害虫迁飞滞育形成的机理及其调控;(5)寄主-有害生物-天敌信息联系及相互作用机制;(6)有害生物生态调控理论与模式;(7)重大害虫的天敌种类系统学及其寄生和自然种群化研究。

3.3 森林生物抗性资源的发掘和创新

森林生物抗性资源包括有两方面内容,一是树木本身的抗性种质;二是与病虫害控制有关的化学和生物资源,其中包括生物信息素资源、天敌资源、病原微生物资源和农药性生物资源。努力发掘和利用森林抗性资源,进行种质创新是实现森林有害生物可持续控制的重要基础。随着现代基因技术的迅速发展,森林有害生物防治进入了基因工程导入或为内在抗性基因的表达所取代。在抗性育种方面,随着植物蛋白酶抑制剂基因, B. T 内毒素及昆虫性激素基因等技术的突破,现代基因技术在林木抗性育种中的应用将有美好的前景。目前这一领域的研究主要方向有:(1)生物信息素、天敌、病原微生物、农药性生物资源的鉴定及系统学研究;(2)抗性资源的分子解析;(3)树木持久抗性的分子机理;(4)高效天敌和病原微生物的基因重组技术;(5)树木抗病虫定向育种和虚拟育种;(6)抗性转基因树木安全评价技

术。

3.4 入侵有害生物的检疫、监测和预警系统的研制

阻止外来有害生物的种群形成是防御外来生物入侵的一种积极的策略。通过建立和发展早期预警系统(风险识别、危害识别、地域识别、变异识别)对入侵灾害进行科学的预测,在预测的指导下发展快速的检测和检疫技术,并建立起相应的快速有效的狙击系统,成功地阻断有害生物的入侵^[5]。这一领域主要的科学问题有:(1)潜在有害生物风险评估及潜在病虫害入侵流行学的研究;依据物种的系统发育限制因子:生活史特征、入侵种原产地与入侵地生物气候相似性、入侵种的生物学特性和遗传多样性在原产地与入侵地的分化特性、入侵种与本地种群或近缘种间存在的差异、入侵种的传播方式等因子可预测入侵种可能的分布范围与危害;(2)外来树种引进适应性和安全评价技术;(3)自由尺度、高精度的灾害动态检测技术和测报预警信息化管理系统的研制;(4)快速、灵敏、特异性检测检疫技术;(5)快速、高效的灾害应急技术研究,通过生物防治、生态调控生态修复等措施阻断与扑灭入侵有害生物,建立入侵生物可持续治理的综合防御与控制体系。

可以预计,未来的森林有害生物的管理,将以区

域性生物资源为对象,以生态调控和生态工程为手段,大力发展生物技术和信息技术,实现管理的高效、低耗、可持续性,建立一个致力于社会、经济可持续发展的综合的森林生物灾害管理模式。

参 考 文 献

- [1] 陈昌洁,沈瑞祥,潘允中等. 中国主要森林病虫害防治研究进展. 北京:中国林业出版社, 1999.
- [2] Zhang Xingyao, Liang Jun, Lu Quan et al. Management strategies and research orientation of forest diseases and pests in China. *Chinese Forestry Science and Technology*. 2002,1(2):60—65.
- [3] 戈峰. 21世纪害虫管理研究与发展的一些思考. 李典谟主编, 中国昆虫学会2001年学术年会论文集. 北京:中国农业科技出版社, 2001: 221—225.
- [4] 万方浩,郭建英,王德辉. 中国外来生物入侵的危害与管理对策. *生物多样性*, 2002,10(1):119—125.
- [5] Callaway R M, Ascheboug E T. Invasive plants versus their new and old neighbors: A mechanism for exotic invasion. *Science*, 2000, 290 (20): 321—323.
- [6] Hall R. Challenges and prospective of integrated pest management. In: Novel approach to integrated pest management. Edited y R. Reuveni, Lewis publishers, Lonclon, 1995, 1—20.
- [7] Kogan M. Intergrated pest management: Historical perspectives and contemporary development. *Ann Rev Entomol*, 1998, 43:247—270.

FOREST DISEASE AND PEST STATUS AND ITS BASIC RESEARCH IN CHINA

Gu Ruisheng Yu Zhenliang Du Shengming

(Department of Life Science, NSFC, Beijing 100085)

Abstract In this paper, the characteristics and developmental trend of forest diseases and pests in China were stated, the conducted basic research, especially achieved outstanding results and existed drawbacks, were summarized, and some important basic research issues highlighted in future were proposed in order to integrate research resources, concentrate research objectives and accelerate the development of forest pest basic research of our country.

Key words forest, pest, insect, integrated management, basic research, research progress