

陈集双 姜永厚 主编

外来入侵生物控制

Management of Invasive Alien Species

Ji-shuang Chen & Yong-hou Jiang



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

外来入侵生物控制

陈集双 姜永厚 主编

Management of Invasive Alien Species

Ji-shuang Chen & Yong-hou Jiang

浙江大學出版社
Zhejiang University Press

图书在版编目(CIP)数据

外来入侵生物控制/陈集双,姜永厚主编. —杭州:
浙江大学出版社,2006.1

ISBN 7-308-04611-7

I. 外... II. ①陈... ②姜... III. 生物—入侵种—
防治—中国 IV. Q16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 003369 号

策划组稿 王 锴

责任编辑 王 锴

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

经 销 浙江省新华书店

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷 浙江省临安市曙光印务有限公司

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 17

字 数 308 千字

印 数 0001—1000

版 印 次 2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次

书 号 ISBN 7-308-04611-7/Q·054

定 价 35.00 元

编委会名单

主编 陈集双 姜永厚
编委 商晗武 翟保平 许志刚 刘树生 徐志宏
李明福 竺锡武 王建伟 林云彪 徐 辉
胡白石 王 哲 蒋星华 吴 姍 肖 强

主 编 简 介

陈集双,土家族,1962年生,教授,博士生导师,生态学博士,浙江省政协委员,浙江外来入侵生物控制省级研发中心主任,浙江省生物物种资源保护专家组组长;主要从事植物病毒病害和外来入侵生物诊断与综合利用研究,近年来主持这一领域国家863项目、浙江省重大项目、国家自然科学基金、科技部国际合作项目20余项,完成发明专利15项;现为浙江理工大学生物工程研究所所长。

姜永厚,1971年生,博士,助理研究员,浙江大学昆虫学专业毕业。研究生期间从事昆虫群落生态学和转基因植物的环境安全性研究,参与研究国家自然科学基金重点项目、国家自然科学基金、国家重点基础研究973项目4项,发表论文十余篇;现工作于浙江理工大学生命科学学院,主要从事教学和动物病毒的分子检测研究。

序

随着经济全球化的进程和国际贸易的不断增长,因外来生物入侵而引发的生物灾害和生物安全问题,已成为全球社会关注的一个热点。据美国、印度和南非向联合国提交的报告称,他们每年因外来生物入侵而造成的,不包括无法计算的隐性损失在内的经济损失分别达 1380 亿美元、1200 亿美元和 980 亿美元。在我国,仅烟粉虱、紫茎泽兰、松材线虫病等 11 种外来入侵生物,每年给农林牧渔业生产造成的直接经济损失就达 574 多亿元。

目前在我国几乎所有的省、自治区、直辖市都已发现了外来入侵生物。据统计,入侵我国的外来生物已达 400 余种。近十年来,新入侵我国的外来入侵生物至少有 20 余种,平均每年递增 1~2 种。更值得我们引起重视的是,其中有些外来入侵生物是被当作有益生物而有意引进的——在我国目前已经造成危害的 107 种外来入侵生物中,有 62 种最初是被当作有益生物引进的,例如:号称“植物杀手”的“一枝黄花”,最初被当作庭院观赏植物引入的;严重破坏沿海生态、外号“食人草”的大米草,是从英、美等国引进以保护滩涂的;现在南方稻区肆虐,为害水稻的福寿螺,是作为可食用的动物蛋白资源而引进的……

这些现象的出现,从表面上看,似乎只是因为人们对新生物资源的兴趣和追求,而使有害生物入侵“有机可乘”,但从更深层次的原因分析,则是由于我们缺乏起码的生态学知识,缺乏起码的法制观念,缺乏完善的法律法规体系。

浙江地处东南沿海,快速增长的经济和四通八达的交通,使浙江省成为外来生物入侵和扩散的高风险区,防护外来生物入侵所造成的生态安全问题已刻不容缓,外来入侵生物预防和控制工作的形势相当严峻:虽经大力防治,松材线虫、柑橘黄龙病、稻水象甲等重大疫病的疫情得到了有效控制,但隐患并未消除;水葫芦、空心莲子草、假高粱、毒麦、互花

米草、豚草、加拿大一枝黄花、福寿螺等外来生物已在我省局部地区分布,对农业生产和生态系统生物多样性构成了严重威胁;随着国内国外合作、交流和贸易的不断扩大,疯牛病、地中海实蝇等有害生物入侵的风险越来越大,防范有害生物入侵的任务越来越艰巨;预防外来入侵生物的入侵,已成农产品国际贸易技术壁垒的重要因素,不完备的外来入侵生物检疫工作将严重影响正常的国际贸易。

在这样的背景下,就浙江省外来入侵生物的发生发展动态、风险分析技术、预防控制对策和检疫检验技术进行研讨,并在此基础上编撰此书,对于加强宣传,增进经验交流,促进研究和增强全社会对外来生物入侵管理与控制的意识,增强对外来入侵生物预防和控制能力,具有重要意义。

程家安

2005年10月

前 言

随着全球经济一体化,国际社会交往与国际贸易的与日俱增,外来入侵生物随流动的人口、动植物及其产品的跨国扩散日益严重,其后果是危及人类和动植物的健康,危及工农业生产的持续发展和生态环境的稳定。

国际社会对防范外来入侵生物与物质的重要性已形成了广泛的共识,FAO、WHO、CBD等国际组织已达成了《国际卫生条例》、《国际植物保护公约》、《生物多样性公约》、《国际动物卫生法典》、《联合国海洋法公约》、《卡塔赫纳生物安全议定书》等四十余个国际公约和协定,新的法律条文还在不断地制订、修订之中。

外来生物入侵问题已受到国际社会广泛关注。《生物多样性公约》第8(H)条指出:“每一缔约国应尽可能并酌情防止引进、控制或清除那些威胁到生态系统、生境或物种的外来物种。”《生物多样性公约》第六次缔约方大会制订并通过了《关于威胁生物多样性的外来物种的预防、引进和减轻影响的指导原则》,要求各国将外来物种问题放在优先地位,并纳入国家生物多样性政策、战略和行动计划中;鼓励各缔约方加强能力建设,就外来物种对生物多样性构成的威胁进行风险评估,并制定奖惩措施以及其他政策和手段,以减少外来入侵物种的威胁。

为加强防范外来入侵生物入侵的力度,我国国务院下发了《国务院办公厅转发质检总局关于加强防范外来入侵生物传入工作意见的通知》(国办发[2003]19号),要求加强防范外来入侵生物传入,保护我国农林业生产、生态环境安全及人民身体健康。以国务院通知为指导原则,我国检验检疫机构应进一步建立并完善我国有害生物入侵防御体系。

地处东南沿海、经济发达、对外贸易频繁的浙江省近年来有害生物入侵的形势严峻。从2003年开始,在浙江省科技厅、浙江省卫生厅、农业厅、林业厅、浙江省检验检疫总局的支持下,由民进浙江省委发起,

组织浙江理工大学、浙江大学、浙江省疾病预防控制中心和浙江省检验检疫局等方面的专家进行了多次调研,省政协和浙江省细胞学会等政府部门和社会团体做了大量工作。在此背景下,由浙江省细胞生物学学会、浙江省生物工程学会、浙江省植物保护学会和浙江省昆虫学会主办,浙江理工大学和民进浙江省委员会承办的“浙江省入侵有害生物预防控制对策与检验检疫技术学术研讨会”于2004年11月20—22日在浙江理工大学召开,会后,结合与会专家的研究成果,我们编写了此书。

全书分为绪论、入侵有害生物风险性分析、外来入侵生物检验检疫技术、浙江省生物入侵的现状和浙江省外来入侵生物的防控实践五个章节,力求能全面、系统地介绍我省乃至我国外来入侵生物发生、预防与控制技术的理论和实践。由于外来入侵生物控制与检验检疫技术的内容十分丰富而繁杂,更新、发展速度很快,本书难免有不妥之处。敬请批评指正。

本书在成书过程中得到了浙江大学出版社王锴博士的热心帮助,在此深表谢意,同时非常感谢浙江省科技厅和浙江省重中之重生物医学工程学科建设项目对本书出版的资助。浙江省外来入侵生物控制工程中心、浙江理工大学生命科学学院生物工程研究所同仁及论文作者对本书的编纂提供了无私帮助和大力支持,在此表示衷心感谢。

陈集双 姜永厚
2005年10月于杭州

目 录

序	1
前言	1
第一章 绪论：防御外来生物入侵	1
第一节 外来入侵生物及其入侵	1
第二节 生物入侵对生物多样性的影响	8
第三节 动物疫病与人类健康	12
第四节 禽流感及其在社会公共卫生中的意义	22
参考文献	28
第二章 入侵有害生物风险性分析	30
第一节 生物入侵及其生态风险分析	30
第二节 基于.NET的专家系统在有害生物风险评估中的初步 应用	42
第三节 有害生物风险分析具体案例	48
参考文献	57
第三章 外来入侵生物检验检疫技术	62
第一节 植物病毒诊断技术	64
第二节 动物病毒检测技术	70
第三节 分子生物学技术在松材线虫研究中的应用	79
参考文献	83
第四章 浙江省生物入侵的现状	92
第一节 我国生物入侵现状及控制策略	92

第二节	浙江农业有害生物疫情普查和技术推广	104
第三节	浙江省人畜共患病防治现状及对策	109
附	社会公众生物安全意识问卷调查	113
	参考文献	123
第五章	浙江省外来入侵生物的防控实践	125
第一节	外来入侵植物及防治	125
第二节	农业病虫害及其防治	160
第三节	动物疫病及其防治	206
第四节	转基因技术与外来入侵生物控制	218
	参考文献	231

第一章 绪论：防御外来生物入侵

经济全球化和贸易自由化,使人类获得了更大的自由——企业进行着更快捷的交易,旅游者赢得了各种便利,新物种丰富了我们的食谱,当今的世界拥有了更多的财富,人民享受了更多的幸福生活……但与此同时,生物入侵在全球范围普遍发生!外来入侵生物(包括动物传染病、寄生虫病、植物危险性病虫杂草及其他有害生物)传入扩散的风险,随着市场全球化,国际贸易、旅行、观光增加而快速增大。美国白蛾逼近北京,松材线虫病扩散威胁黄山,大米草侵占海岸困死红树林,非洲大蜗牛成为南方啃食水稻祸害,疯牛病在欧洲引起了恐慌……

生物入侵是指一种外地物种侵入一定地域,导致侵入地原有生物平衡受到严重影响和破坏。在一个完善和谐的生态系统中,原本有各种各样的生物依靠食物链相互依存。由于入侵地不存在相似入侵物种或捕食、寄生性天敌、竞争者等生物和非生物的制约因素,如无捕食和寄生性天敌等,导致入侵物种处于良好的生长环境,大量繁殖、扩张而形成优势物种,与其他物种争夺食物、日照、水中溶氧以及生存空间等等,对本地物种的生存造成严重威胁。

外来生物入侵严重威胁农林业生产、生态环境安全和人民健康,已引起国际上广泛关注。国家农业、林业、环保、检验检疫等部门纷纷启动了防御外来生物入侵计划,同时公众也需要增加对外来生物的认识,增强外来生物防范意识,避免非法引种,主动配合有关部门开展外来入侵生物防范工作,防御外来生物入侵。

第一节 外来入侵生物及其入侵

入侵的生物由于缺失了自己的天敌而爆发,侵占了原生态系统中的大片领域,威胁其他物种生存或使其他物种逐渐减少灭绝。生态系统中的食物链一旦被打破,生物的多样性也就被破坏了。物种的丧失,使那些与人类活动密切相关的、宝贵的遗传资源也逐渐减少。

一、外来入侵生物种类与危害

当前,外来入侵生物呈逐年增加的趋势,入侵的种类也多种多样。

随着国际经济交往的日益频繁、交通的便利,原有的地理阻隔因素在逐渐消除,世界各地间物种的交流和渗透日益加剧,我国每年截获的外来生物逐年上升。2003年度进境植物检疫在各种进境物上共截获有害生物达到1900种,48139批次。

外来入侵生物在世界范围内广泛分布,生物类型多样,存在于各种生态系统中。其中,植物、哺乳动物和昆虫是地球环境中最常见的外来入侵物种的生物类型。2001—2003年我国共查明了283种外来入侵物种,其中陆生植物170种,陆生无脊椎动物33种,水生无脊椎动物25种,微生物19种,水生植物18种,鱼类10种,哺乳类5种及两栖爬行类3种。

外来陆生植物 例如,世界上最危险的恶性杂草假高粱,不仅使田间农作物产量降低,还是高粱属作物的病虫害的寄主,其嫩芽积聚的氰化物,牲畜食用后会引起中毒;豚草是世界公认的有害植物之一,已蔓延到我国的15个省市,在城市、村落、农田、公路以及人们生活的地方,豚草几乎无处不在;被称为“绿色杀手”的紫茎泽兰来自中美洲,所到之处危害生灵,天然草场被紫茎泽兰入侵三年后,覆盖程度可达90%以上,牧草几乎完全消失,所到之处成为一片“绿色沙漠”;加拿大一枝黄花在我国南方田间地头、道路两侧肆意扩展。

外来入侵陆生无脊椎动物 例如,危害蔬菜生产的美洲斑潜蝇自从1994年传入我国后,目前已经遍布除西藏外的各省,国家每年仅农药就要花费4~5个亿。另外,马铃薯甲虫、美国白蛾等的危害也不容忽视。

外来水生无脊椎动物 如非洲大蜗牛、福寿螺、小龙虾等。

外来微生物 如大豆疫病、西瓜细菌性果斑病、李坏死环斑病毒等。

外来水生植物 如水葫芦、水花生等。

外来鱼类 如食蚊鱼、食人鲳等。当初在塘中投入国外鱼种“激活”鱼塘,没想到却是“引狼入室”,在投入美洲食人鲳以后,鱼塘半年内发生巨变:不仅所有放养的鱼种绝迹,而且连在池塘中游水的鸭子都成了食人鲳的“盘中餐”,以至于过往的鸟类每经过此处都不敢在水面觅食,成了“死亡鱼塘”。

外来入侵哺乳类 如獾狸、褐家鼠等。

外来入侵两栖爬行类 如牛蛙等。

随着交通运输的迅猛发展和全球经贸的频繁交往,外来生物入侵正日益成为一个全球性问题。

1. 外来生物对生态系统的影响

外来入侵生物对生态系统的结构、功能及生态环境产生严重的干扰和危害。如20世纪60—80年代,我国从英美引进了旨在保护滩涂的大米草(*Spartina anglica*)。截至1996年,我国米草(*Spartina* spp.)总面积已达13万 hm^2 以上。大米草破坏了近海生物的栖息环境,造成多种生物窒息死亡;堵塞航道,船只不能出

海;影响海水的交换能力,使水质恶化。

外来入侵生物通过压制或排挤本地物种的方式改变食物网的组成及结构,特别是杂草,在入侵地往往导致植物区系的多样性变得非常单一,并破坏草场、林地、耕地和撂荒地。1996年侵入深圳内伶仃岛的薇甘菊(*Mikania micrantha*),其危害面积超过800hm²。薇甘菊有有性和无性两种繁殖方式,攀上灌木或乔木后能迅速形成整株覆盖之势,使植物因光合作用受阻而窒息而死。原产美洲的墨西哥哥斯达黎加一带的紫茎泽兰(*Ageratina adenophora*)约于20世纪40年代由中缅边境传入云南省,现已在我国西南地区蔓延成灾。紫茎泽兰侵入草场、林地和撂荒地,很快形成单种优势群落,导致原有的植物群落衰退和消失。由于其对土壤肥力的吸收力强,能极大地消耗土壤养分,对土壤可耕性的破坏极为严重。

外来生物入侵影响到每一个生态系统和生物区系,使成百上千的本地物种陷入灭绝境地,加速了生物多样性的丧失和物种的灭绝,特别是在岛屿和生态岛屿中更为明显。云南大理洱海原产鱼类17种,大多为洱海特有,具有重要的经济价值。在有意无意地引入13个外来种后,17种土著鱼类已有5种陷入濒危状态,原因之一一是外来种和土著种争食、争产卵场所以及吞食土著种的鱼卵等,破坏了原有生态系统的平衡。

外来物种在适宜的生态气候条件下,往往是暴发性的,种群数量呈指数性增长。一旦暴发,难以控制。

20世纪30年代美国棉枯萎病和棉黄萎病随棉种侵入我国,后患延续至今。仅据1982年的统计,我国16个省628个县发生这两种病害的棉田面积达148.2万hm²,其中2.07万hm²绝产。

据1963年的调查,由美国传入的甘薯黑斑病对甘薯产区造成极为严重的损失,全国20个省市估计损失鲜薯在500万吨以上,由于喂食病薯而使上万头耕牛中毒死亡。

1982年传入我国的松材线虫病,至1999年发生面积7.4万hm²,扩散蔓延极为迅速,而浙江省的松材线虫病害最为严重,受害面积占全国受害总面积的一半左右。

1988年被认为携带传入广东的湿地松粉蚧,至1999年扩散至35.24万hm²,其中受害面积达23.16万hm²。

外来生物入侵威胁本地的生物多样性,引起物种的消失和灭绝,破坏生态系统功能。云南昆明市的滇池草海,过去曾有16种本地高等植物,但随着水葫芦的肆虐,大多数本地水生植物失去生存空间,今天的草海只剩下3种本地高等植物了。

为了控制外来入侵生物的危害,农民不得不喷洒大量的农药,而农药残留又给环境造成相当的污染。

2. 外来入侵生物造成的经济影响

外来入侵生物给各国带来了巨大的经济损失。在美国,因外来入侵生物造成的经济损失每年约 1380 亿美元,印度为 1200 亿美元,南非为 980 亿美元……外来的杂草,像布袋莲(*Eichornia crassipes*)和水生菜(*Pistia spp.*)已是一个全球的问题,非洲国家仅在它们的控制上每年花费估计六千万美元。菲律宾的稻农因入侵的蜗牛对作物的危害已经损失十亿美元。我国因外来生物入侵,每年损失 560 亿元。

当前我国发生的最危险的森林病虫害,都是由外来入侵生物造成的。据国家林业局统计,现在我国每年仅外来入侵生物引发的森林病虫害面积就达 2000 多万亩,每年因此而减少林木生长量超过 1700 万立方米。松材线虫等外来森林病虫害在我国发生面积已达 116 万 hm^2 ;飞机草等外来植物灾害面积已达 1065 万 hm^2 以上。对农业生产中危害最严重的 11 种外来生物进行粗略的损失估计,每年国家用于防治新近入侵害虫的费用约 14.83 亿元。

3. 外来入侵生物对人畜的健康形成威胁

由于国际贸易而引入到亚洲的虎蚊已携带登革热到美国和非洲,而国际肉类产品出口可能扩散致命的细菌大肠杆菌(*Escherichia coli*),引起恐慌的疯牛病、禽流感等外来病毒,危害难以估量。

泛滥于我国西南部的外来植物紫茎泽兰含有毒素,用紫茎泽兰的茎叶垫圈或下田作沤肥,可引起牲畜蹄子腐烂、人的手脚皮肤发炎;马、羊食用后会引发气喘病。尤其是种子上带钩的纤毛被牲畜吸入后直接往气管和肺部钻,引起牲畜组织坏死和死亡。1996 年,紫茎泽兰使四川凉山州的羊减产 6 万多头。

在豚草开花散粉的季节里,它所引起的“枯草热”过敏,在全世界很多国家给人们的生活造成极大的麻烦,过敏者会出现打喷嚏、流鼻涕、哮喘等症状,严重者甚至发生其他合并症而死亡。

二、外来生物入侵途径

外来生物的入侵除了天然入侵外,大多数都是在人类直接或间接的作用下导致的,可以将它的入侵途径分为盲目引进、无意带入以及自然入侵三种。

有意引入指人们为了一定的经济效益、环境效益及观赏效益等而引进外物种,但由于缺乏充分的论证和调查研究,完全没有意识到该物种将产生的不良后果,结果成为严重的生物入侵。如福建等东南沿海为了保护海滩免遭海水侵蚀而引进美洲的物种大米草。虽然达到了本来目的,但是却造成了许多沿海海滩植物的缩减,甚至是濒危,由此还引起许多原有鱼虾、贝类的锐减;如今严重为害江南水乡的水葫芦,就是 20 世纪上半叶我国从美洲作为水生饲料、观赏植物和防治重金属污染引进的,并在一些地区推广种植,现在上海、宁波、昆明等地每年要花费上千万元来

打捞它们以防止堵塞河道水面……

一些外来入侵生物是随人类活动而无意传入的。近年来,随着国际贸易的不断增加、对外交流的不断扩大、国际旅游业的迅速升温,外来入侵生物可借助多种途径越来越多地传入我国:

随人类交通工具带入 如豚草多发生于铁路公路两侧,最初是随火车从朝鲜传入的;新疆的褐家鼠和黄胸鼠也是通过铁路系统从内地传入的;压仓水带来了近百种外来海洋生物,其中的外来赤潮生物种加剧了我国沿海赤潮现象的发生。

随国际农产品和货物中带入 假高粱是20世纪70—80年代从美洲国家的进口粮食中传入我国的。我国检验检疫部门已多次从美日等进口木质包装材料中发现大量松材线虫;在进口的大豆中发现三裂叶豚草、豚草;从莫桑比克红檀木中截获双棘长蠹。

动植物引种中带入 如毒麦是随小麦引种传入我国的,它与小麦的形态极为相似,很易混杂于引种的小麦中。

旅游者带入 我国海关多次从入境人员携带的水果中查获地中海实蝇、橘小实蝇等;北美车前也可能是黏附在旅游者的行李上而传入我国的。

自然入侵是指由于风力、动物携带等引起的入侵,这种入侵多发生在相互接壤的邻国或相邻地域之间。尽管自然入侵不是人为因素导致的,但也多少与人活动有关,因为入侵地须具有足够的可入侵性,入侵地往往是一些生态空位,而这些生态空位往往是由于人类的过度开发、滥用资源,造成原有生态平衡破坏或生境改变而形成的,例如紫茎泽兰是从中缅、中越边境自然扩散入我国的,而薇甘菊可能是通过气流从东南亚传入广东;稻水象甲也可能是借助气流迁飞到祖国大陆,借助风、空气、水流等大自然的力量,一点点向四处扩张。

此外,有的入侵生物并不是只通过一种途径传入,可能有两种或多种途径交叉传入,在时间上并非只有一次传入,可能是两次或多次传入。多途径、多次数的传入加大了外来生物定植和扩散的可能性。

三、外来入侵生物入侵机制

对于生物入侵的机制问题,国际上很早便有了对它的研究。早在1958年,Elton就完成了一部系统介绍生物入侵的经典专著《The ecology of invasion by animals and plants》。在该书中,作者不仅列举了生物入侵的许多案例,还提出了一些解释生物入侵机制的重要理论与假设,如新栖息地缺乏入侵种的天敌、高的群落生物多样性产生较强的入侵抵抗力等。但鉴于生物入侵过程的复杂性,多年来这一领域的研究进展较慢,多停留在对入侵现象的观察描述与提出理论假设上。自20世纪90年代以来,对生物入侵机制有了进一步的研究,数学模型、定量研究、生物技术等研究手段相继用于生物入侵的研究,生物入侵已经成为生态学、生物多样

性研究的一个热点问题。目前,国际上已经从外来种本身的生物学特性、外来种与土著种相互作用、生境扰动变化和群落成熟度等多个方面开展了相应的理论与实验研究,试图归纳总结出入侵物种共有的普遍特征,以期对物种入侵性进行正确评估,从而采取相应的防范和管理措施。

1. 外来物种的生物学特性

外来种在进入新的环境条件中要能以优势居间,首先无疑要有一个良好的自身条件。一般来说,对外来物种的生物学特性的研究主要侧重于外来种的生态幅、外来种的繁殖和传播特性、入侵种群的遗传结构等等。据研究,成功的入侵种一般都有较广的生态幅,对逆境有较强的适应能力,比如,耐高温、干旱、贫瘠等逆境。借助这个特点,使得外来种能与土著种竞争,或由此占据一定的生态位。目前关于这方面的研究主要集中在外来种对气候条件的适应方面,同时建立模型,说明其间特定或非特定关系。但也有研究表明,一些成功的入侵生物并不一定都有较宽的生态幅,而是通过人为创造条件从而使外来种大肆泛滥。外来种的繁殖和传播特性对生物入侵具有举足轻重的作用。通常外来入侵植物具有较强的繁殖特性,能迅速产生后代,在新的栖息地建立种群。有些外来种具有很强的营养繁殖能力,能由一小段碎片长出新的植株;有些种子量很多,并能够随风飘扬,具有很高的发芽率,随处生根发芽,如紫茎泽兰;有些病原物或昆虫的卵或幼虫期生命力强,能附着在一些载体上,一旦具有适宜的条件便发育生长;还有一些寄生生物寄主广泛,于是到处传播,干扰正常的生态系统。入侵种群的遗传结构研究是近年来新兴的研究领域。一般来说,入侵种群一开始比原产地种群要低,然而据观察研究表明,在某些情况下种群中较低的遗传多样性反而能够增强外来种在新栖息地中的竞争与生活能力。入侵性极强的阿根廷蚂蚁便是一个典型的例子,它在原产地时种内个体间争斗激烈,巢穴间边界明确,只能形成小而分散的蚁群,而在进入北美后,种群内争斗却很少,巢穴间没有明显的边界,能数个家族生活于同一领域而形成较大的单一蚁群。

2. 外来种与土著种间相互作用

外来种与土著种间的相互作用主要表现为以下几种:(1) 缺乏天敌控制。Ryan 和 Michael 等在 2002 年就对外来生物与天敌释放假说(ERH)进行了分析。他们指出,当一个物种进入新环境时,ERH 预测:入侵物种的专性天敌可能不存在新生活区域,土著种的专性寄主转换可能性很小,一般天敌对土著种的影响大于外来种,这样就有利于外来种的生存竞争。(2) 外来种与土著种间的种间抑制。此种抑制现象在动物和植物中都存在,是影响外来生物入侵的因子之一。例如在伊蚊属中,一个种的幼虫可以抑制另一个种虫卵的孵化:亚洲的 *Aedes albopictus* 侵入北美后,其幼虫在很低的密度时即可抑制土著种 *A. aegypti* 和 *A. triseriatus* 的虫卵孵化;而 *A. albopictus* 的卵即使在高密度的土著种幼虫中也不受到明显的

抑制。(3) 外来种与土著种间的竞争。一般来说,成功入侵的外来种的生态竞争能力要比相同生态位下的土著种强,这样外来种才能排挤土著种而取得生长优势。例如在太平洋岛屿上的两种壁虎的食物竞争,入侵性强的 *Hemidactylus frenatus* 与食性几乎相同的土著种 *Lepidodactylus lugubris* 相比,捕食要较为敏捷。同时,经研究表明,这种竞争优势还通过特定的环境条件来体现,不同的环境中,适合于环境的竞争力要比相对不适的强。(4) 外来种的协同入侵。很多生物可以在入侵的过程中相互配合,同时入侵。最常见的是病原体或寄生虫的入侵,一般它们都随着相应的寄主共同侵入新的栖息地,然后它们还可以在新的栖息地中更为敏感的相似土著种中流行,于是各种疾病便大量流行。这在海关检疫方面具有现实指导作用。(5) 杂交种以及转基因物种的入侵。在现代生物技术高速发展的今天,为了提高生物产量或其他,而产生一些杂交种或转基因生物。一般杂交种或转基因生物综合了两种或几种生物的功能,具有比土著种更大的遗传多样性,有利于其种群的生存。杂交种一般体现杂种优势,具有超过双亲的生活能力,很可能会排挤土著种亲本,如生活力很强的大米草 *Spartina anglica* 就是一种 *Spartina alterniflora* 和 *Spartina maritime* 的杂交后代。

3. 生境扰动变化和群落成熟度

生境扰动变化被认为有利于生物入侵。近年来已有实验证据表明,干扰越强烈,入侵越易发生。干扰可分为自然干扰与人为干扰,这些干扰都能在群落中形成空的生态位,降低了这些区域的土著生物群落对入侵的抵抗力,使外来种易于进入定居。人为干扰如修建道路、城市化、垦荒、放牧等,不仅对土著群落的破坏大,而且在很大程度上改变了小环境,促进了外来种的传播,作用一般很大;食草类野生动物的取食、山火等自然干扰对入侵造成的影响也不容忽视。就群落成熟度对生物入侵来说,Elton 在 1958 年提出了一个经典的假设,认为群落的生物多样性对抵抗外来种入侵起着关键性的作用,物种组成丰富的群落较物种组成简单的群落对生物入侵的抵抗能力要强。但经过建模分析,一些学者赞成此种观点,而另外一些人认为并不与该假设相符。

四、外来入侵生物的控制

1. 外来入侵生物的官方控制

20 世纪 90 年代,国际上开始组织各国的科学家进行研究,并提出了“生物入侵”的概念。目前,世界自然保护联盟实施了一项“全球外来入侵种规划”,有很多国家的科学家参与,对如何防治和管理外来入侵种做出规划,并提供行动指南。显然,官方及政府组织是控制防御外来生物入侵的主要力量。官方控制具体体现在三个方面:

遵守国际公约。目前国际上涉及外来生物的公约如《生物多样性公约》、《国际