

综 述

迎接入侵种的挑战

罗 玮 赵先富 胡征宇

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

FACING THE CHALLENGE OF THE INVASIVE SPECIES

LUO Wei, ZHAO Xiannu and HU Zhengyu

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430072)

关键词: 入侵种; 生态入侵; 生物防治

Key words: Invasive species; Ecological invasion; Biological prevention and control

中图分类号: X3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2001)05-0516-08

入侵种是从原来生存的生境中被引入到一个新的生态环境的外来物种, 它们无需面对起源地的天敌和竞争, 而且能很快适应新的生境, 迅速繁衍, 抢夺其他物种的养分和生存空间, 造成其他本地物种的减少和灭绝, 导致生态失衡, 给社会带来经济上的负面冲击, 甚至威胁人类的健康。入侵种属于外来种, 但入侵种的范围却比外来种的范围小。并不是所有的外来种都会危害生态环境。其侵入过程错综复杂, 并且会随着气候环境等因素的变化而变化, 因而外来种引进的结果是不可预见的。

在美国前总统克林顿颁布的执行条例第 13112 号中, 把入侵种定义为在综合考虑的前提下, 生态系统中的外来种, 和那些能引起或可能导致经济或环境危害, 或危及人类健康的引进种。据报道, 已有 5 万个外来种被引进到美国本土 (Pimentel et al., 2000)。美国的技术评估办公室估计其中有 10—15% 的引进种是有扩散性的 (U. S. Congress, OTA 1993)。估计入侵植物覆盖了美国本土约 $4 \times 10^8 \text{ hm}^2$; 即以每年约 $1.2 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 的速度扩散, 这个面积相当于特拉华州的两倍。每天有多达 1,863 hm^2 的公众自然领土受到入侵种的负面影响^[1]。

入侵种带来了更为严重的经济损失。美国康奈尔大学的研究人员估计, 美国人每年

收稿日期: 2001-03-02; 修订日期: 2001-04-10

基金项目: 中国科学院创新基金资助项目(生物局青年科学家小组); 中国科学院生物科学与技术研究特别支持研究项目(STZ-97-1-01); 青藏高原及其邻近地区植物区系及分布格局研究(KSCX2-1-06B)

作者简介: 罗玮(1979-), 女, 湖北省崇阳县人; 在读研究生; 研究方向: 水生生物学

通讯作者: 胡征宇

花在这些入侵种上约 1370 亿美元; 而相应在环境上的花费也是巨大的。它们通过竞争性捕食或争夺生存空间冲击本地种的生存。它们带来病菌和寄生物感染自然界的植物、动物乃至人类。当引进种与本地种近亲杂交繁育时, 则会导致更有害的遗传上的影响。同时它们也大大地改变了自然生境^[1]。

本文主要以水生态系统中一些威胁到本地物种、生境、生态系统的外来物种入侵为例, 全方位的介绍外来入侵种危害现状、生物防治以及国际社会特别是发达国家针对此问题的进展。以期在今后在此领域的防护和研究提供一些信息, 在为保护生物多样性的外来物种问题上^[2], 引起人们更多的关注。

1 生物入侵对生态和社会影响的现状

1.1 对生态环境的影响

生态入侵, 顾名思义就是外来物种对生态环境入侵, 造成生物多样性的丧失或削弱。在我国 3 万多种高等植物种类中, 目前已知的外来有害植物就有近百种。它们分布在草原、林地、水域或湿地, 生长在农田、荒地或铁路、公路两侧, 与本地植物竞争土壤、水分和生存空间, 造成了本地生物种类的下降或灭绝。更有甚者, 严重威胁自然保护区的建设和发展, 有些有毒植物造成当地牲畜死亡或生存力下降, 同时还在气候、土壤、水分、有机物等方面产生连锁反应^[3]。

在海洋生态系统中, 由于盲目引进外来种或远洋船只携带, 导致本地海洋生态系统受到影响, 许多原有物种因被排挤而消失^[4]。如在我国福建海域发现一种原产于南美洲的沙筛贝(*Mgtilopsis sallei*), 它占据了海岸基岩及养殖设施的表面, 不仅使当地的附着生物全部消失, 还因争夺饵料使人工养殖的各种贝类产量下降¹⁾。

1984 年由某一公共水族馆在地中海引入一种海洋绿藻—杉叶蕨藻(*Caulerpa taxifolia*), 目前该藻类群落已覆盖了 6000hm² 以上的水域; 今年春季人们在加洲发现了这种藻类, 研究发现它与地中海的入侵种在基因组成上是相同的^[4]。同其对地中海水域构成的威胁一样, 这种海洋绿藻有可能将本地种驱逐出去, 严重降低生物多样性, 对加洲沿海水域构成同样大的威胁, 除非人们及早采取措施将其根除^[3, 14]。

近年来云南滇池被一种叫水葫芦(*Eichhonia crassipes*) 的水生植物所困扰。1000hm² 的水面上全部生长着水葫芦, 其盖度近 100%。水葫芦又称凤眼兰、凤眼莲, 雨久花科, 凤眼莲属, 原产南美, 大约于 30 年代作为畜禽饲料引入我国大陆, 并曾作为观赏和净化水质植物推广种植, 后逸为野生。水葫芦主要分布于河流、湖泊和水塘之中, 由于其无性繁殖速度极快, 往往形成单一的优势群落。近些年, 由于水质污染导致了水葫芦疯长, 使得滇池内很多水生生物处于灭绝的边缘。资料记载, 60 年代以前, 滇池主要水生植物有 16 种, 水生动物 68 种, 但到了 80 年代, 大部分水生植物相继消亡, 水生动物仅存 30 余种。近年来随着滇池污染治理的大规模开展, 云南人民采取多种措施对水葫芦进行打捞、喷药, 但是始终难以控制其发展。目前, 水葫芦还在继续以很快的速度向周边地区蔓

1) December 1998, Plan for The Prevention and Control of Nonindigenous Aquatic Nuisance Species in the Colorado River Basin

延、扩散。如不及时采取措施,其危害将会越来越大。

外来入侵种是一个严重的国际性生态问题。它不仅对生物多样性,而且对人类和动物以及农、林、渔业的生产有着很大的负面影响。随着全球贸易、国际旅游的增加,全球气候变化以及土地利用方式的改变,未来该问题可能将变得更加严重^[1,5]。目前有许多例子显示,外来入侵物种直接危害陆地、淡水和海洋生态系统,阻碍生物多样性的保护与持续利用^[3,6]。而且这种影响往往带有不可逆性和不确定性^[7]。

1.2 经济冲击

外来入侵种以惊人的速度席卷美国包括农耕地、牧场和草原、湿地和水路、荒地和公园、甚至公路两侧和铁路旁在内的几乎每一寸土地。尤其是在西部的一些州,一些入侵种带来了严重的经济损失。它们降低土地的经济价值,破坏本土生物群落,增加土壤的侵蚀和沉降,干扰野外风景及户外娱乐;使许多本地种濒临灭绝,危及生物多样性和生态系统的完整性和稳定性。相应地,美国社会用于治理由入侵种导致的环境破坏的费用高达数十亿美元,这些呈上升趋势的费用往往用于农林业、湿地系统修复,以及其他方面。随着全球跨越地理及自然界限的人口和资源流动携带着种群的流动,生物入侵已是全球面临的一个巨大难题^[8]。

北美五大湖水的使用者每年花费数千万美元控制斑马蚌(*Zebra mussel*)。而其中大量用水受到影响的市政当局和相关产业每年要花费将近 36 万美元,小型的自治市起码也要花 2 万美元来控制这种入侵种所带来的麻烦。随着斑马蚌扩散到北美内陆各大水体,诸如密西西比河流域,这种花费也越来越巨大;例如,到 2002 年,因斑马蚌堵塞水管而关闭电力设施所造成的损失估计达 50 亿美元;七鳃鳗(*Lampertra*)的入侵造成大西洋(Great Lake)渔业和鲑鱼资源的崩溃,美国和加拿大每年用于控制七鳃鳗的费用达 1300 万美元。这种入侵种的侵袭在北美五大湖和美国中部主要河流引起了显著的生态改变;它以惊人的繁殖力,大量消耗水中微小动植物,影响水体食物链,使一些有商用价值的鱼类危在旦夕;更为严重的是,在被侵袭的萨吉诺海湾(Saginaw Bay),休伦湖(Lake Huron),西部盆地的伊利湖(Lake Erie)都曾观察到可能导致大面积爆发水华的有毒蓝藻¹⁾。

外来有害水生植物,譬如紫珍珠菜、欧亚西洋水生耆草(*Eurasian watermilfoil*)和软水草(*Hydrilla*)迅速繁衍,能很快替代本地植物,建立自己的种群^[2,9]。高密度生长的水草导致了环境破坏和经济难题,诸如让水上娱乐业大伤元气,用于航海疏通和洪水的防治费用大幅度提高,水质下降,水环境恶化等,加速了湖泊和水库的壅塞,严重降低了水体经济价值。

1.3 威胁人类健康

外来水生种不仅冲击了生物和经济资源,也大大威胁人类的健康。它们通过竞争掠食或影响排水量扰乱本地种,阻塞地方和工业供水的吸入管道;引起严重的人类健康危机。1991 年在美国的阿拉巴马州机动港口的压舱桶中发现了一株南美霍乱菌;霍乱菌也在机动海湾的牡蛎和鲭鱼样中发现,引发公众避免接触或食用牡蛎或各类海鲜食物。

1) The Issue Brief of Natural Resources Group, Invasive Plants and Animals: Globalization's Impact on America's Economy, Health and Environment.

2 主要入侵途径

入侵种对生态环境、以及人类的社会活动带来了越来越明显的负面影响。入侵物种的转移机制则是尚未被充分探索的科研领域。如今法律管制故意引进外来种已有数十年的经验,也取得了显著的成绩。然而一些无意被引进的入侵物种仍然是一个很严重的问题^[2];这主要是由于人类活动引起的。全世界范围物种的流动有许多途径。比如说,活牡蛎跟随航船带来了牡蛎掠食者和疾病;以及附着于船体的藤壶、蚌类等。历史上,鲑鱼和贝类的养殖是水产业有意、无意引进入种的最主要途径。本世纪初人们往华盛顿海湾引进太平洋牡蛎,结果却带来了几种意想不到的伴随种类的引进。养殖外来种能从被监管的基地逃脱;全球范围的水产贸易,批发进出口,养殖爱好者之间的交换都能使一些外来种逃逸,导致一些意想不到的后果。为了刺激休闲娱乐业的繁荣,美国联邦政府、州立机构曾在 1890—1980 近百年的时间内引进了 19 种供垂钓鱼;这些常导致一些外来种的意外释放、传播。

世界范围航海运输,数百万吨船的压舱水的释放是带来水生引进种的另一种主要途径。海峡、运河上建筑物在水路上成为种群跨越自然障碍,自由活动的通道;垂钓爱好者购买的商业出售的活饵料偶然释放;水产育苗过程中,外来种的意外丢失;科研机构、教学基地借用一些外来种作为试验、教学的材料,引进样本批量流失;餐饮服务、海鲜零售等都成为引进种传播的途径。

为阻止入侵种定居繁殖和产生后续的破坏作用,最有效、最经济的途径是在第一时间、第一地点就阻止入侵种成为最关键的问题。防止外来种入侵工作,需要列出所有运载工具,并且实施能有效阻断或减少引入外来物种的措施。在尽量防止无意识引进和传播外来种的过程中,公众支持起着至关重要的作用。要彻底根除已建立的外来种也许是不可能的,而及早的检测、杜绝其传播途径和控制其进一步入侵等措施却是全社会应该尽力而为的。普及有关生物入侵的知识,对资金拥有者施加影响及对下一代科研人员的教育都是对实施各项防护工作的莫大支持^[4, 10]。

2.1 以紫珍珠菜为例的侵入及生物控制

紫珍珠菜(Purple loosestrife)是欧洲本土多年生植物。早在 19 世纪初被带入北美洲。在欧亚本土大约 100 种的昆虫以它为食,这些昆虫及其所带疾病使紫珍珠菜在自然生境中的生长受到控制,而在北美洲未发现紫珍珠菜的天敌,加上紫珍珠菜的繁殖力也相当的惊人,据估计每株个体每年能产生 270 万颗种子,每年扩散到近 $48 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 的湿地;而且它的根或茎片段能再生成新的植株。流动的河水和洪水是种子和植物片段传播到新领域的主要途径。于是这种水生植物迅速在北美洲大地上传播。现在这种植物已严重的扰乱湿地和牧场。一旦它侵入到湿地,普通的本土植物香蒲(Bulrush)和莎草(Sedge)由于竞争不过它而逐渐消失,而原来以香蒲和莎草为食和栖居地的野生动植物也会随之灭绝。紫珍珠菜不能作为动物的食物,由于其植物群落太过繁茂也不能作为野生动植物的栖居地,它还侵入到北部梭子鱼产卵的浅水水体中,破坏了这些鱼卵的繁育环境。

对紫珍珠菜的侵入曾经采取了许多相应措施,例如动手铲除,杀草剂,用火烧等;对那些刚建立起来的种群,这些方法是比较有用的,但对那些已成功入侵并占优势的种群,却

显得有些无能为力。另外这些可能会给本地植被带来不可预料的灾难。目前生物控制法以其显著的效益引起了人们的重视;“生物控制”指的是利用敌对动植物(或微生物)消灭危害农作物生长、干扰人类生产、生活的猖獗害虫与过剩动植物;即引进入侵生物的天敌来控制它的繁殖生长。1992年,欧洲本土5种以紫珍珠菜为食的昆虫被允许以用于生物控制的名义引进北美洲。在其后的5年内经过严格的测试确证这几种昆虫不吃农作物,对除了紫珍珠菜以外的其他湿地植物并无显著影响。这种生物控制始于1995年由美国鱼类、野生动植物服务中心(U. S. Fish and Wildlife Service)在佛尔蒙特州释放3种欧洲昆虫(2种食叶甲虫,1种食茎象鼻虫)。接着于1996年7月,佛尔蒙特州环保中心(The Vermont Department of Environmental Conservation)释放了另两种食叶甲虫(*Galerucella* spp.)。而这种生物控制在佛尔蒙特州取得了巨大的成就。1997年,2000只甲虫被释放至拉特兰机场一片紫珍珠菜泛滥的湿地,到了2000年,这种植物的生长力下降了95%,而花期缩短了88%;与此同时,本土植物已呈恢复的迹象。自从1996年,14万甲虫释放到被紫珍珠菜侵入到的38个城镇。这些昆虫将会继续被释放,它们所造成的影响也会受到严格的跟踪监测。

3 生物防治及控制

造成外来物种入侵成灾的原因很多,但是,很重要的一条是这些外来入侵物种在迁移时,它们的天敌却没有相应跟过来,形成了局部地区的生态失衡。因此,要解决外来种生态入侵问题,就要尽快有选择性的引入或筛选这些物种原产地的食性专一的、不危害其他物种的天敌,重新建立有害种——天敌之间的相互调节、相互制约机制,恢复和保持这种生态平衡。而天敌一旦在新的生活环境下建立种群,就可能依靠自我繁殖、自我扩散,长期控制有害植物,形成新的生态平衡。因此,生物防治具有控效持久、对环境安全、防治成本低廉的优点。

对于已造成严重后果的侵入,西方国家已开始利用“生物控制”法,消灭过剩动植物,以寻求大自然的生态平衡。

澳大利亚原本是无兔之国,自100多年前引进12只兔以后,繁殖至今已数以亿计,群兔成灾不仅和其他动物争夺栖息地,还破坏农田,影响生态环境。为此,澳大利亚生态学家经研究试验成功由家蝇携带、扩散的一种不伤害人类却能置免于死地的特殊病毒,放飞这类携带病毒的家蝇的结果,在过去一年间消灭了几百万只兔子。

多年来,美国生态学家一直致力于寻找蔓生黄连花的生物克星,他们发现了两种甲虫和两种象鼻虫专门靠蚕食黄连花维持其生命,由此找到了消灭黄连花、保护耕地的“生物控制”方法。

长期以来,位于西太平洋的关岛几乎到处可见蛇的踪迹,有些地区甚至每平方英里有蛇1.3万条,蛇群出没于关岛森林、民间居室不足为奇。这种发源于南太平洋和澳大利亚的棕色树蛇使关岛本土的13种鸟类、6种蜥蜴、2种蝙蝠灭绝。据追踪调查,这类棕色树蛇在半个世纪前由进口货物夹带至关岛,不断繁殖至今,如不利用“生物控制”法为关岛人民安居乐业提供保障,蛇灾可能会向夏威夷群岛蔓延^[1]。

生态学家指出,“生物控制,是根据生态平衡理论产生的:某种动物或植物过剩时,就

会出现生存竞争——“优胜劣汰, 适者生存”。我国蔓延成灾的水葫芦、澳大利亚兔灾、关岛蛇灾、美国黄莲花蔓生等物种入侵, 严重威胁到其他动植物生长时, 就需要寻求“生物控制”保持生态平衡, 为人类创造适宜环境。根据国内外众多的事例, 采用以生物防治为主, 辅以化学、机械或人工方法的综合体系是解决外来入侵种最有效的方法。提高对外来有害生物潜在危害及重要性的认识, 将解决有害生物生态入侵问题尽快列入政府的议事日程; 对引进的生物物种严格审批把关; 组织对外来有害生物的生物学、生态学、分布、危害、综合治理等方面的研究; 特别是对生物防治外来有害生物学科的研究和应用给予特别的支持, 是解决外来生物入侵的根本保证。在我国, 生物防治入侵种已经取得一些成就, 例如在水葫芦的生物防治上, 已经引起各界的关注。但是, 生物防治外来入侵物种在我国仍是一个有待重视的领域, 人们尚未认识这门学科的重要性。

解决入侵种问题, 采取合适有效的防治方法, 都要建立在大量科学的调查研究基础之上; 有目的, 有选择的筛选和引入能有力控制入侵物种继续扩散的生物控制作用物种, 并进行必要的跟踪记录和严格的监督, 以防这些以生物控制为名引进的物种引发新的不可预见的入侵。加利福尼亚州成功的控制了早期侵入 Cosumne 河的木本植物, 阻止了这些入侵种影响河滨的风景。矢车菊(Knapweed) 是一种常见的有害野生植物, 俄勒冈州的管理者们消除了还在幼嫩期的新建群体, 而避免了面对难以对付的入侵。桤柳(Chionosea temarisk) 是一种能大大改变生境的需水植物, 通过移除使 Coachella 流域的 180 多种野生动植物免受这种入侵种的危害。而麻萨诸塞州自发组织社团, 加大力度根除威胁本土湿地系统的入侵种芦苇。美国鱼类及野生动植物服务中心以鱼和野生动植物的合作计划为龙头, 鼓动 21, 557 户私人农场主自发修复湿地和鱼、动植物赖以生存的生境, 并提供一定的技术和经济支援¹⁾。1987 年以来, 成功地恢复了 188, 250hm² 湿地, 192, 356hm² 本土的牧场、草原及高地, 2, 769km 的河滨及内溪水栖生境。

入侵物种的出现取代了本地种群落, 使土地侵蚀增加, 生态系统破坏。在入侵种得到控制和根除以后, 恢复是一个至关重要的后续步骤。没有这一步, 这些地区就容易被重新入侵; 受冲击的本地生物群落和水生湿地系统应该恢复到自然地区状态。

4 国际社会动态

1996 年 7 月挪威政府和联合国有关机构共同召开了为保护生物多样性的外来物种国际会议。会议提出不应仅强调限制基因工程改变的活生物体, 搞安全议定书, 将来还应该强调包括外来入侵种在内的“生态安全”问题; 应当对外来入侵种保持理性的预防姿势, 尽快列入国际时间表并采取行动; 要充分认识到该问题的复杂性和困难, 需要开展研究以提供足够充分的知识和方法。会议认为要研究预防和管理及至控制与清除外来物种的信息; 特别是对发展中国家, 必需的能力建设以及必要的资金技术用于适当的处理外来种问题十分重要; 需要注意外来物种的经济问题, 注意进行费用效益分析; 发挥科学家的作用^[2, 11]。

1999 年 1 月在马萨诸塞特理工学院举行首届海洋生物入侵国际会议。在压舱水、入

1) Noxious, Invasive, and Alien Plant Species—A Challenge in Wetland Restoration & Enhancement

侵方式、生态和进化后果以及防止和控制外来物种的技术等专题讨论中,强调了海洋生物入侵物种的来源并提出了防止和控制新外来物种的途径。大会期间审定 5 个方面用以缩小、减少或消除入侵的物种: 1) 防止入侵; 2) 实施早期检测系统; 3) 支持对入侵作出迅速反应; 4) 消除水环境中随时可能出现的入侵; 5) 控制已经入侵成功的外来物种^[12]。

美国内政部部长布鲁斯·巴比特明确指出, 海洋外来物种的入侵后果可能比海上石油泄露的后果更为严重。外来物种由全球贸易的途径转移, 反映出外来物种转移的高频度和多样性。管理工作着重在减少和消除外来物种的引入, 并号召国际合作, 共同努力。大会过后, 克林顿总统签发了总统命令: 要求不同的有关部门合作, 成立一个入侵物种理事会以对各部门之间的协作计划进行监督, 为协调控制和管理工作的顺利进行, 预算拨款 2800 万美元。该理事会需与有关联邦机构、州、部族、科学家、大学、航运业、环境机构、农场组织和商业团体等不同单位部门共同协作, 开展工作, 以抵御外来入侵种。

1999 年 2 月, 克林顿总统颁布了执行条例第 13112 号, 成立了由农业、贸易、内政部长担任主席的国际入侵种委员会。此委员会包括国家各个部门的代表; 其中有财政部、国防部、运输部、环保局。条例规定, 该委员会要求制定一个计划使由入侵种引起的生态和经济冲击, 以及对动物和人类健康的危害控制在最小程度。这个文件是第一个国际入侵种管理计划^[1]。

国际入侵种管理计划阐明了一个显著的观点, 即与政府, 受到影响的合作方、国际间合作方的良好协作能改进现存大量零碎的入侵种管理纲要。这个计划同时也是协调联邦政府行动的一个蓝图。然而, 最关键的问题在于这个计划如何能优质、快速的实施。该计划实际上也是一个可被不断修订, 并由公众参予, 各方良好协作, 科学具体的跟踪监测的在实施文件^[3]。

随后在 1999 年 7 月, 以引入和入侵的生物区系为学术讨论主题的“第 19 届太平洋科学大会”在悉尼 UNSW 举行, 分成 4 个领域讨论: 海洋生物与压舱水; 入侵性陆地植物; 陆地无脊椎动物; 脊椎动物^[13]。

在美国, 日益严重的外来种入侵问题, 使得管理者之间协调采取 Enlibra 方法解决这场国家危机。Enlibra 程序为获得更加有力度、有效的提出一个明确的反击目标而组织的协作提供了基本框架。应用其中的一些州立司法条例, 管理者和公众将会努力有效的合作, 致力于运用适当的资源在联邦政府、州政府和地方当局之间建立必需的解决能力。

以科罗拉多河鱼及野生生物理事会(CRFWC)提供的管理纲要—联邦外来水生有害种预防控制计划(NANPCA)为例, 此计划大致陈述与控制外来水生种传播相关的合作交流、大众宣传策略。所有制定的防护计划及条例都基于以下的目的: 防止水生有害种被引进入该流域并大量传播; 尽力减少由入侵种侵袭导致的对生态、经济、社会及公众健康负面冲击; 形成以针对入侵种防护、控制、跟踪监控、调查、教育、立法及其他一些相关积极社会活动的区域性合作; 加强计划制定者与公众的相互交流, 并对计划的顺利实施提供额外的资金援助[†]。

以美国为例, 生物入侵是导致美国生物多样性丧失的两大主要原因之一, 仅次于生境破坏。根据研究检测, 在不久之后将变成最主要的原因^[15]。美国政府部门及社会各界已经掀起了积极抵御和治理外来入侵种的行动。如美国国家海洋和大气局与其他联邦及州

机构正致力于恢复南佛罗里达自然生态和沼泽地生态系统的工作;同样有关压舱水处理新技术的研究;以在力所能及的范围内减少外来生物被排放进本国的水生态系统。

凡此种种都表明生态系统中的入侵种已引起世界各国的高度重视,将解决外来物种生态入侵问题尽快列入政府的议事日程,封杀外来物种生态入侵已到了刻不容缓的地步。

5 迎接入侵种的挑战任重道远

不同生态系统的不同种群的引进、物种入侵给生态环境、社会经济带来了巨大的负面冲击,随着人类经济活动的一体化,全球的侵入问题已变得越来越不可忽视。虽然一些发达的西方国家政府和地方机关已经在不断的完善和建立法律、协作条例,预防和控制外来种的入侵,也相应的采取了一些有效的防护和治理措施。然而这已是一个日趋严重的世界性课题,需要全社会各个领域的共同努力。不断完善现行的管理制度,加强政府与地方机构的协作,及早预防外来种各种途径的流动与传播,加快本土生物和一些受侵严重湿地及生境的恢复,都是对立法和实施各项行动以及早期检测、消灭和控制外来入侵种的极大支持。快速高效的防护和控制外来入侵种的工作任重道远。

参考文献:

- [1] Nancy P. Allen. Meeting the Invasive Species Challenge [J]. *Aquatic*, 2000, **22**(4): 11—12
- [2] Kathy Craddock Burks. *Azolla pinnata*— Not cute! [J]. *Aquatic*, 2000, **22**(4): 8
- [3] Jeffrey A. McNeely. 曾岩译《淡水资源管理—从冲突到合作》[J]. 世界自然保护联盟通讯, 1999, **10**
- [4] Pickett S T A, Ostfeld R S, Shachak M et al (eds.), *The Ecology Basis of Conservation: Heterogeneity, Ecosystem, and Biodiversity* [M]. New York: Chapman & Hall, 1997, 202—216
- [5] 鹿守本. 海洋管理通论[M]. 北京: 海洋出版社, 1997, 223—226
- [6] 陈清朝. 中国海洋生物多样性的现状与展望[J]. 生物多样性, 1996, **4**(3): 21—27
- [7] 王斌. 中国海洋生物多样性的保护和管理对策[J]. 生物多样性, 1999, **7**(4): 347—350
- [8] Nierenberg W A (ed.), *Encyclopedia of Environmental Biology*, Vol. 1. San Diego, [M]. CA: Academic Press. 1995, 383—400
- [9] Lynch M, Conery J., Burger R. Mutation accumulation and the extinction of small population [J]. *American Naturalist*, 1995, **146**: 489—518
- [10] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究进展[M]. 北京: 科学技术出版社, 1995, 281—290
- [11] 中国生物多样性履行协调组办公室. 生物多样性保护与履行[M]. 《生物多样性公约》简报, 1996, **12**
- [12] 第一界国家海洋生物入侵会议信息[M]. 世界自然保护联盟通讯. 1999, **12**
- [13] 第 19 届太平洋科学大会: 引入和入侵的生物区系[M]. 世界自然保护联盟通讯, 1999, **12**
- [14] 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书·海洋卷[M]. 北京: 中国环境科学出版社. 1995, 100—135
- [15] 梁晓东, 叶万辉. 美国对入侵种的管理对策[J]. 生物多样性, 2001, **9**(1): 90—94