

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2012.04.003

浅议我国外来物种入侵问题及其防治对策

胡隐昌*, 宋红梅, 牟希东, 罗建仁

中国水产科学研究院珠江水产研究所,农业部热带亚热带水产资源利用与养殖重点实验室,广东 广州 510380

摘要: 随着世界经济的发展和全球经济一体化进程的加快,外来物种入侵已成为影响国家安全的主要因素之一。我国外来入侵物种数量繁多,已成为遭受外来生物危害最严重的国家之一,入侵物种已对我国生态系统、环境和社会经济造成了严重的影响。近年来,各国都积极采取措施,制定外来物种入侵管理政策,加强外来物种入侵立法,确保国家及国际生物安全。然而,我国现有的针对外来物种的相关法律法规存在明显滞后。本文综述了我国外来物种入侵的现状及相关立法,指出外来物种入侵可在不同生态系之间发生,揭示了行政区划与生态系差异造成外来物种入侵管理存在“自然与经济的错位”、国内管理方面存在“生态系统与行政区域的错位”的“双错位现象”,分析了我国外来物种的管理现状及今后的发展方向,以期探求我国在国际背景下的外来物种管理对策,提出制定《外来入侵物种法》及相关法律法规的国家体系、建立跨部门协作科学研究体系以及建设行政管理体系,增强抵御外来物种入侵的能力,实施以防为主的管理策略。

关键词: 生物入侵; 外来物种; 对策

Invasion of exotic species and their control measures taken in China

Yin-chang HU*, Hong-mei SONG, Xi-dong MU, Jian-ren LUO

Laboratory of Tropical & Subtropical Fishery Resource Application & Cultivation, Ministry of Agriculture, Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou, Guangdong 510380, China

Abstract: With faster economic development and globalization, exotic species invasion has been one of the most important factors that can affect national safety. As numerous exoticspecies were introduced deliberately or unconsciously, China has become one of the most threatened countries by alien species invasion. Although non-native species have exerted dramatic environmental and socio-economic effects, many countries and international societies are still trying to actively workon strategies to control invasion. This also includes the need to strengthening regulations to ensure national and international biosafety. Unfortunately, relevant laws and regulations cannot keep pace with such phenomenon as invasion of exotic species. In this paper, we reviewed the current situation of the exotic species in China as well as the related laws and regulations. We pointed out that exotic species invasion happens in various ecosystems, and revealed the "Bi-misplacement Phenomena", i. e. , the misplacement between nature and economy, and the misplacement between ecological system and district division, resulted by the differences between district divisions and ecological systems. In addition, we analyzed the current management system for exotic invasive species in China and future development trends in this regard. We actively searched for invasive species management strategies for China under international venues, and proposed a law for invasion of exotic species that can be related to Chinese national jurisdiction system to promote research, administration and education through cooperation of different departments. We proposed that such management strategies should emphasize prevention.

Key words: biological invasion; exotic species; countermeasure

外来物种入侵(alien species invasive)是指外来种由原生地经自然或人为途径进入另一个生态环境,并在该生态系统中定居、自行繁殖建群和扩散而逐渐占领新栖息地的一种生态现象。当外来物种定殖于自然栖息地,成为变化的主体并威胁当地的生物多样性时,则被认为是入侵。外来入侵物种

包括细菌、病毒、真菌、昆虫、软体动物、植物、鱼、哺乳动物和鸟类。入侵种通过竞争、捕食、寄生或疾病等途径危害土著种并造成土著物种多样性丧失(Gilbert *et al.*, 2002; Horan & Lupi, 2005);通过对食物链的改变破坏生态系统,威胁生态系统生物多样性(biological diversity),甚至造成社会经济损

收稿日期(Received): 2012-09-22 接受日期(Accepted): 2012-10-24
基金项目: 农业部外来生物入侵防治项目(2130108)和国家自然科学基金—广东联合基金项目(U1131006)
作者简介: 胡隐昌,男,研究员。研究方向: 外来水生生物入侵风险评估。
* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: huy22@163.com

(Pimentel *et al.*, 2001; Stuart *et al.*, 2001), 威胁人类健康(徐汝梅和叶万辉, 2003)。外来物种入侵是仅次于生境破坏效应的导致生物多样性丧失的主要原因, 对全球环境和生物多样性保护构成严重威胁(Mack *et al.*, 2000; Pimentel *et al.*, 2000)。我国的外来物种入侵具有以下特点: (1) 涉及面广。全国 34 个省/市/自治区均发现入侵种, 除少数偏僻的保护区外, 或多或少都能找到入侵种; (2) 涉及的生态系统多。几乎所有的生态系统(森林、农业区、水域、湿地、草地、城市居民区等) 均可见到, 其中以低海拔地区及热带岛屿生态系统的受损程度最为严重; (3) 涉及的物种类型多。从脊椎动物(哺乳类、鸟类、两栖爬行类、鱼类), 无脊椎动物(昆虫、甲壳类、软体动物), 高、低等植物到细菌、病毒都能够找到例证。此外, 外来物种入侵还具有传播范围广、扩散速度快、潜伏性和连带性, 以及交叉性等特点。因此, 外来物种入侵的管理是一个长期的、需要多方合作的过程。

1 我国外来物种入侵现状

据农业部门的不完全统计, 我国目前已经存在的外来入侵物种达 400 余种, 其中危害较大的有 100 余种, 包括紫茎泽兰 *Eupatorium adenophorum* Spreng.、水葫芦 *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms、薇甘菊 *Mikania micrantha* Kunth、松材线虫 *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhner) Nickle、食人鲳 *Pygocentrus nattereri* Kner、牛蛙 *Rana catesbeiana* Shaw 等。目前, 福寿螺已侵入我国 13 个省(市) 246 个县(市), 受害农田超过 4.27 亿 hm^2 (刘雨芳等, 2011), 致使稻米生产损失巨大, 其对于排灌水蔬菜田的损害同样触目惊心。同时, 福寿螺在适生区定殖后, 大量繁殖, 种群增长迅速, 与生态系统内的水生生物争夺生存空间、食物, 占据本地物种生态位, 威胁本地物种的生存, 打破了原有的生态平衡, 或抑制其他物种生长, 使本地水生物种的种类和数量减少, 甚至濒危或灭绝, 造成生态系统功能丧失。研究表明, 福寿螺侵入的水域, 鱼类资源和贝类资源均遭到不同程度的破坏(陈晓娟等, 2011; Carlsson *et al.*, 2004; Carlsson & Lacoursiere, 2005)。福寿螺还是引起人类嗜酸性脑膜炎的广东管圆线虫 *Angiostrongylus cantonensis* Chen 的中间宿主, 在我国温州和北京等地已有因食用福寿螺引起嗜酸性脑膜炎群体发病事件。在国际自然保护联盟公

布的全球 100 种最具威胁的外来生物(Lowe *et al.*, 2000)中, 我国已发现 50 多种, 成为遭受外来生物危害最严重的国家之一。

2 我国防止外来物种入侵法规的缺陷及改善对策

我国各部门制定的与外来物种入侵相关的法律法规和政策文件较多, 如《中华人民共和国进出境动植物检疫法》、《中华人民共和国植物检疫条例》、《中华人民共和国动物防疫法》、《中华人民共和国国境卫生检疫法》、《中华人民共和国国家畜禽防疫条例》、《渔业法》等, 但还没有一部专门针对外来物种管理的法规。

2.1 法规体系中“自然与经济错位”的对策设计

外来物种入侵的核心是外来入侵物种对入侵地生物多样性的损害(Elton, 1958)。但目前我国对外来物种入侵的管理主要以经济利益为指标, 在核心问题上存在明显的“自然与经济的错位”。外来物种入侵的立法与管理不是归于生物多样性、生物资源保护这一立法动机上, 而是归于各个部门、产业、行业的经济利益需要上。最明显的例子莫过于“食人鲳”风波, 根据现有的法律规定, 食人鲳进入我国时只需进行检疫, 如果检疫合格不带病虫害, 就可以进入, 但其会不会对生态环境造成影响, 并未受到重视。对于外来物种入侵, 经济和社会因素与生物学因素同样重要。因此, 预防入侵种的蔓延和暴发, 必须首先规范人类自身的行为(黄建辉等, 2003)。而对于人类行为调控和规范的最佳方式莫过于法律调控, 所以建设完善的外来物种入侵防范与治理法律体系是确保生态安全和人类利益的根本途径。我国目前最重要的是立法的层次, 即执行力的问题, 而不是法规多少的问题。

2.1.1 制定《外来入侵物种法》 我国应当结合外来物种入侵的国情, 在《生物多样性公约》立法原则的指导下, 整合现有法律规定, 建立适合我国的防止外来物种入侵的法律体系。内容应包括: (1) 生物资源和生物多样性是国家安全的重要组成部分, 必须将现有的法律法规体系扩展至有关生物多样性保护的领域, 从国家生物安全的高度对入侵物种引入、评价实施全方位的严格管理; (2) 对管理的对象、内容、权利与责任等问题做出明确规定, 特别要对为满足农业、林业、养殖业等生产需要而有意引

进外来物种的行为加强立法,对已入侵外来物种的控制行动做出规定;(3)建立外来物种入侵的早期预警机制,确立预防原则,在立法中坚持预防为主方针,建立外来入侵物种防御体系,严格控制外来物种的引入;(4)要确立外来物种引进的风险评估制度,从维护国家生态安全的角度加强和完善对大量外来物种引入的评估、审批制度,在引入外来物种前,必须进行对风险评估;(5)使用者承担费用原则,外来入侵物种造成的损失由物种引入者承担,个人或单位如果遭受外来入侵物种带来的损失,有权向相应引种单位索取赔偿;(6)统一管理原则,有专门机构负责实施和执行《外来入侵物种法》,并拥有明晰的权利与责任;(7)国际合作与信息共享原则,参与广泛的国际合作和信息交流,及时掌握国际外来入侵物种的发展动态,提高防范的技术水平。

2.1.2 实现外来入侵物种的依法管理 在《外来入侵物种法》的基础上协调各部门的法规,做到各行各业在涉及外来物种引种时责无旁贷地依法开展工作。可操作的实施细则应包括:数据库、外来物种名录、可疑名录等的建立和实施;申报、风险评估、批准程序的确定;部门协调沟通机制的明确建立;紧急情况的应急预案。

2.2 “生态系统与行政区域错位”的对策设计

我国幅员辽阔,江河流域、海域生态系统类型丰富,各生态系统都有历史形成的相对独立性。外来物种入侵不是仅以国门作界限,也以跨生态系统为“外来”界限。现有行政区域划分与生态系统并不能形成很好的衔接,其管理模式已不能满足外来物种管理的需要。我国南方本地鱼类,如“四大家鱼”(青、草、鲢、鳙)被引进西北和西南部高海拔水域,这些物种以及引进带入的小型杂鱼(鰕虎鱼 *Ctenogobius giurinus* Rutter、麦穗鱼 *Pseudorasbora parva* Temminck et Schlegel 等)所引起的灾难并不亚于国外的物种。鳙鱼 *Aristichthys nobilis* Richardson 在云南杞麓湖和星云湖的养殖,导致其湖中当地鱼种大头鲤 *Cyprinus pellegrini* Tchang 数量急剧减少。现有的外来物种入侵立法与管理并非基于生态系统,而是基于行政区域概念的国界,忽略了国内跨生态系统的物种转移,导致外来物种管理的“生态系统与行政区域的错位”,造成国内外来物种入侵管理的缺失。国内跨生态系统的引种数不胜

数,所面临的问题也较多,如各地水库大量移殖太湖新银鱼 *Neosalanx taihuensis* Chen 是否造成外来物种入侵,彭泽鲫 *Carassius auratus* var. *pengzesis* 养殖全面推广后逃逸是否破坏原产地的遗传资源,许多国外物种引入我国,并造成外来物种入侵后,再在国内跨生态系统间反复造成外来物种入侵等。在制订外来物种入侵相关管理法规时既要基于外来物种入侵对生物多样性、生物资源的影响,又要区分不同生态系统的规律、特点,同时还要解决各部门、各行业由于分散管理不平衡而形成的“木桶短板效应”。因此,在管理结构、功能以及责任追究机制上要进行调整。

2.2.1 “国家外来入侵物种管理委员会”的成立 成立“国家外来入侵物种管理委员会”代表政府统一执行和实施法律,对外来物种防治实行统一监督与管理,实行全国统一管理 with 部门分工负责相结合,中央监管与地方管理相结合,由各部门分工承担相应职责,在检验检疫、农、林、牧、渔、环保等部门之间建立协调合作的机制。该委员会协调各部门在防范行动、管辖范围方面的关系,合理配置各职能部门之间的权力,最大限度地统一执法主体。委员会具有的权力应该包括起草相关法律,协调有关部门,决定控制外来入侵物种的机制,制订和修改被管理的物种名录,建立外来物种引进风险评估制度和完善物种引入许可证制度。

2.2.2 出入境外来物种的管理 海关和边境口岸的检验检疫部门是全国外来物种入侵监测网的重要组成部分,在有效阻止外来种入侵方面起着重要作用。

(1)加强对进出口动植物及其产品的检验检疫,严格按程序引进新物种,把好有害生物传入、传出的关口,防止发生新的生物入侵。当前在检疫方面已有一些早期预警体系,如国家质检总局有口岸截获疫情报告制度,每天及时上报,并建立数据库。农、林、渔业与海洋部门也都有各自的疫情报告制度,以及疫情监测体系。但是,这些部门体系仅能应用于数量极其有限的检疫物种,对生态的影响无法进行监测、预警。

(2)响应国际组织号召,密切关注国外动植物疫情,建立适宜我国社会经济发展的外来入侵种风险评估系统及跟踪监测和信息交流系统。对外来物种入境是否将造成入侵进行风险评估,并对引入的外

来物种进行长期(几年或几十年)的监测,以及了解我国外来物种的分布、生存、发展以及对环境的影响。在全国建立外来物种预警和监测网,对分布区内的外来物种进行跟踪监测,将监测指标汇入协作网数据库,将这些数据运用地理信息系统(geographical information system, GIS)、CLIMEX、农业气候相似矩、BIOCLIM 等技术进行分析,迅速了解其适生环境和可能入侵的地域,以及将来的危害和防控途径等(周曙东等,2005),由此对外来物种的分布、生存等状况进行及时跟踪、预测、预报和预警。以上体系不仅包括一般数据库数据的属性,而且包括空间数据的属性(即图形库);不仅能管理2类数据,而且能将两者结合起来进行综合分析和计算。它在计算机软件 and 硬件的支持下,把一般属性数据和空间属性数据结合起来,展现物体在时间和空间上的变化。时空分析是生态学研究的一个核心,尤其是对有害生物的防治与控制(翟保平,2001; Her-ting & Lubke,2000)。

2.2.3 国内重点生态区域的协作与管理——适生区管理模式 外来物种入侵可在生态系之间发生,一个物种在国内某个生态区生长对当地生态环境没有明显影响,但引种到国内另一个生态区则有可能对当地的生物多样性造成较大危害。因此,加强对国内生态系之间物种交流的管理尤显必要。根据生态类型和地理环境气候条件,在全国设置九大适生区进行管理,北部适生区(松花江、辽河流域)、中部适生区(黄河、长江中下游)、华南适生区(珠江中下游)、热带适生区(海南岛)、西部适生区(西部地区)、黄海适生区、渤海适生区、东海适生区、南海适生区。采取相对独立又相互协作的区域协作管理模式,适生区之间的新物种交流需办理引种、评估、审批手续,同时按照生态系的特点进行分区监测、预警和管理。

2.2.4 引种许可证的管理 由特定的国家机关根据申请人引进外来物种的申请,经审查认定该引进物种符合生态、经济、健康标准等许可条件而依法发放引种许可证。这里的“国家机关”应由《外来入侵物种法》授权由“国家外来入侵物种管理委员会”执行。

2.2.5 外来物种引进行政许可的审查程序 行政许可机关受理申请以后,行政程序便进入审查阶段。核查的内容包括申请人是否具有外来物种引

进行行政许可制度规定的申请资格(包括信誉、经济能力和行为能力资格),申请是否符合法定的程序和形式,授予引进外来种许可证是否会损害公共利益和利害关系人的利益,申请是否符合法律、法规规定的其他条件。

2.2.6 增强生态体系自身的抵抗能力 我国自然环境形势较严峻,主要表现在森林覆盖率低,天然林遭受砍伐,森林植被退化;草场超载过牧,质量下降,退化、沙化加剧;长江、黄河等江河源头生物多样性丰富的地区自然环境呈恶化趋势;沿江重要湖泊、湿地日趋萎缩;北方地区江河断流、地下水位下降现象严重。由于野生物种生境的退化和破坏,其数量不断减少,据统计,全国共有濒危或接近濒危的高等植物 4000 ~ 5000 种,占总数的 15% ~ 20% (伏建国和安榆林,2007)。因此,保护野生动植物的栖息地和生境,提高自然生态系统自身抵御外来物种入侵的能力,也是防范外来物种入侵的一条重要途径。

2.3 加强技术支撑体系建设

2.3.1 加强基础理论、入侵机制的研究 西方一些国家对外来物种入侵研究较多,对外来植物、杂草、鱼类、软体动物等已有大量研究和出版物。国际自然资源保护联盟(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)建立了外来物种专家组(invasive species specialist group, ISSG)来研究这一问题;拥有包括我国在内的 178 个成员国的生物多样性公约(Convention on Biological Diversity, CBD),督促各国政府要防止引入、控制或清除威胁生态系统、生境或生物多样性的外来物种。然而,我国对外来物种及其对自然环境影响的研究较少,起步较晚,自 1999 年以来,才开始这方面的研究,且外来入侵动物的具体数据尚不明确。由于有关科学知识与信息缺乏,科学监督管理体系不健全、监管乏力,给外来物种的入侵提供了可乘之机。

今后对外来物种入侵机理的研究应重点关注外来物种入侵的原因、入侵种自身的演变过程、入侵动力学、入侵过程中物种间的动态作用机制以及入侵种的适应性等,为入侵生物的预防、控制及合理利用提供理论基础(曹建华,2006)。

2.3.2 清除、控制技术的研究 控制是将外来物种的种群数量和范围限制在不危害或少危害的程度,

清除则是彻底将入侵种从入侵地完全消灭。对于入侵物种,最好采取清除手段,以避免长期控制带来的负担。但是清除并不容易,外来物种一旦形成入侵,要想清除几乎不可能或十分困难。

传统生物防治是一门新兴学科,虽然迄今只有百余年的历史,但其卓著的成效,举世瞩目。传统生物防治的突出特点是对环境安全、经济合算、效果持久。18 世纪 70 年代,吹绵蚧壳虫 *Lcerya purchasi* Maskell 传入美国加利福尼亚州,危害柑橘生产。最初用草木灰防治,毫无效果 (Ebeling, 1959)。1888 ~ 1889 年从澳大利亚引进澳洲瓢虫 *Rodolia cardinalis* Mulsant 129 头,获得成功,其很快建立永久种群,并完全抑制吹绵蚧的发生与危害 (Caltagirone & Doult, 1989; Hirose, 2006), 一举挽救了加州濒于毁灭的柑橘种植业,直至现在,仍无需使用化学农药防治。这是世界上第一个引进天敌防治外来害虫的成功范例。据联合国粮农组织 (FAO) (1993) 统计,20 世纪,全世界共有 5000 个引种项目,主要用于害虫和杂草的生物防治,也有部分用于哺乳动物、软体动物、螨类和其他非脊椎动物的防治。

2.3.3 加强研究的基础条件建设 我国外来物种入侵研究近些年才被重视,研究条件十分缺乏。开展基础试验、评估试验等相关研究需要采取一定的封闭、隔离措施,其研究设施与一般研究有所区别。因此,加强研究的基础条件建设刻不容缓。

按照外来物种入侵途径和发生特点,需要分别建立外来入侵物种风险评估中心、外来入侵物种监测预警中心和外来入侵生物防治信息中心。其中,外来入侵物种风险评估中心需要加强的基础条件建设主要包括外来入侵生物隔离场、鉴定实验室、基础生物学实验室、风险评估数据处理分析室、隔离观测及紧急扑灭技术设施等,同时需要配备相关仪器设备,如鉴定与诊断设备、生理生化设备和地理信息与数据采集系统等仪器。外来入侵生物监测预警中心包括外来入侵生物快速检测技术实验室、数据分析室、应急控制技术实验室等及相关的仪器设备。外来入侵生物防治信息中心则主要建设数据处理实验室、传输与通讯实验室、资料档案室等内容。

2.4 加强国际交流与知识普及

2.4.1 加强国际交流 外来物种入侵是世界性的,

原产我国的葛藤 *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi 在美国严重泛滥;我国常见的鲤鱼 *Cyprinus carpio* L. 成为世界 100 种恶性外来入侵生物之一。外来物种控制措施具有跨国性,甚至会影响国际贸易,因此,进行国际合作十分必要。现今,外来物种入侵已逐渐演变为一个包括科技、经济、政治等诸多内容的世界性问题。在国际背景之下,我国作为同样面临严重生物安全问题的国家,必须积极地参与生物安全事务的国际交流与合作,及时了解国际规定、动态及其他国家的有益经验 (刘谦, 2002; 张谨, 2004)。

2.4.2 普及相关知识 从生态学的角度出发,自然界具有抵御外来物种入侵的能力,如海洋、山脉、河流和沙漠等可作为天然屏障,为特有的物种和生态系统提供进化所必需的隔离环境。但随着国际交往日益频繁,物理屏障的作用在各种人为活动面前变得微乎其微。公众参与原则构成了外来物种入侵预警机制的群众基础,是推动预警机制实现的重要动力。主要做法:(1) 针对性宣传、教育。重点对检验检疫、引种、交通运输、国际贸易、旅游等行业人员进行宣传、教育、培训;加强外来种容易侵入地区,如岛屿、湖泊、自然保护区等工作人员的防范意识,提高他们对早期生物入侵的警惕性。(2) 加强人们的生态意识。利用各种传播媒体开展外来物种入侵防控的宣传,把入侵物种的形态特征、生物特性、危险程度、清除方法等用挂图的形式向群众讲解,提高公众的生态安全意识,充分调动公众的积极性,使全社会参与到防止生物入侵的行动中。(3) 加强专业领域人员的教育。对相关从业人员,尤其是生物实验室工作人员,进行生物安全知识的宣传、教育,不断提高、更新他们的安全知识水平、安全防范意识与事故处理技能。

3 总结

我国属于农业大国,生态环境脆弱,外来有害物种的入侵更加恶化了这种不利的形势,本文就我国目前外来物种入侵的管理与防治对策提出一些观点和建议,倡议国家有关部门对此现状给予积极调整,尽快改善当前外来物种入侵的管理策略,并呼吁将生物入侵确定为优先研究领域,着重于入侵生物学学科体系的建设与发展,形成核心的研究队伍,开展生物入侵的系统研究。我国不仅应重视应

用领域的科学研究,而且应加强基础工作和基础研究,如建立和完善国家外来入侵物种数据库,共享技术平台;世界各国通过设立新研究机构,开展国际合作和交流,与他国分享信息;构建主要外来入侵物种的预防、预警技术与快速反应体系,对引进的物种进行风险评估,明确代价和获益之间的关系;将生物多样性的安全列为环境保护工作的新领域等。总之,加强对外来物种入侵的全面研究迫在眉睫。

参考文献

- 曹建华. 2006. 生物入侵机理研究进展. 华南热带农业大学学报, 12(3): 52–57.
- 陈晓娟, 高平, 何忠全, 汪世元, 郎冬梅, 谷平, 代可方, 何树林, 毛建辉. 2011. 外来入侵生物福寿螺的防控及利用研究. 西南农业学报, 24(6): 2424–2428.
- 伏建国, 安榆林. 2007. 我国濒危物种的进出口管理和查验. 植物检疫, 21(S1): 21–24.
- 黄建辉. 2003. 外来物种入侵的生物学与生态学基础的若干问题. 生物多样性, 11(3): 14.
- 刘谦, 朱鑫泉. 2002. 生物安全. 北京: 科学出版社.
- 刘雨芳, 李菲, 李玉峰, 刘文海, 曾强国, 苏文杰. 2011. 福寿螺在湖南的分布现状、危害与扩散风险预警. 水生生物学报, 35(6): 1067–1071.
- 徐汝梅, 叶万辉. 2003. 生物入侵——理论与实践. 北京: 科学出版社.
- 翟保平. 2001. 当前生物灾变预测中的问题与对策. 南京农业大学学报, 24(4): 41–45.
- 张谨. 2004. 生物安全问题及我们的对策. 社会科学, (9): 67.
- 周曙东, 易小燕, 汪文. 2005. 外来生物入侵途径与管理分析. 农业经济问题, (10): 19–25.
- Caltagirone L E and Doult R L. 1989. The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Annual Review of Entomology*, 34: 1–16.
- Carlsson N O L, Bronmark C and Hansson L A. 2004. Invasive herbivory: the golden apple snail alters ecosystem functioning in Asian wetland. *Ecology*, 85: 1575–1580.
- Carlsson N O L and Lacoursiere J O. 2005. Herbivory on aquatic vascular plants by the introduced golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Lao PDR. *Biological Invasions*, 7: 233–241.
- Ebeling W. 1959. *Subtropical Fruit Pests*. University of California Press, Los Angeles.
- Elton C S. 1985. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. London: Methuen.
- FAO. 1993. *Code of Conduct of The Import and Release of Biological Control Agents*. FAO, Rome.
- Gilbert G S. 2002. Evolutionary ecology of plant diseases in natural ecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, 40: 13–43.
- Hertling U M and Lubke R A. 2000. Assessing the potential for biological invasion —The case of *Ammophila arenaria* in South Africa. *South African Journal of Science*, 96: 520–527.
- Hirose Y. 2006. Biological control of aphids and coccids: a comparative analysis. *Population Ecology*, 48: 307–315.
- Horan R D and Lupi F. 2005. Economic incentives for controlling trade-related biological invasions in the Great Lakes. *Agricultural and Resource Economics Review*, 34: 75–90.
- Lowe S, Browne M, Boudjelas S and De Poorter M. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A Selection from the Global Invasive Species Database. Invasive Species Specialist Group (ISSG), Auckland.
- Ludsin SA and Wolfe AD. 2001. Biological invasion theory: Darwin's contributions from the origin of species. *BioScience*, 51: 780–789.
- Mack R N, Simberloff D S, Lonsdale W M, Evans H, Clout M and Bazzaz F. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications*, 10: 689–710.
- Pimentel D, Lach L, Zuniga R and Morrison D. 2000. Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States. *BioScience*, 50: 53–65.
- Pimentel D, McNair S, Janecka J, Wightman J, Simmonds C, O'Connell C, Wong E, Russel L, Zern J, Aquino T and Tsomondo T. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84: 1–20.

(责任编辑:彭露)

