

# 我国区域间生物入侵的现状及其防治\*

蒋文志<sup>1</sup> 曹文志<sup>1\*</sup> 冯砚艳<sup>2</sup> 方婧<sup>1</sup> 李颖<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>厦门大学环境科学研究中心近海海洋环境科学国家重点实验室, 福建厦门 361005; <sup>2</sup>重庆大学资源与环境学院, 重庆 400044)

**摘要** 区域间生物入侵是指国家内部不同区域间物种入侵所引发的危害。由于我国生态系统错综多样, 国内人员、物品流动频繁且不易监控, 因此区域间生物入侵危害已经十分严峻。本文主要以我国以及国外已有的区域间生物入侵事件为例, 分析其主要的入侵途径、危害与防治措施。区域间生物入侵主要通过引种、运输、人为干扰等途径, 可以造成土著种灭绝、基因污染、生物多样性降低等危害。全球气候变化、南水北调等大型工程建设以及海峡两岸交流等领域是今后我国区域间生物入侵研究的主要方向。

**关键词** 区域生物入侵; 外来物种; 现状; 防治

中图分类号 X176 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2010)7-1451-07

**Inter-regional biological invasion in China: Present status and countemeasures.** JIANG Wen-zhi<sup>1</sup>, CAO Wen-zhi<sup>1</sup>, FENG Yan-yan<sup>2</sup>, FANG Jing<sup>1</sup>, LI Ying<sup>1</sup> (<sup>1</sup>State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005 Fujian, China; <sup>2</sup>School of Resource and Environmental Science, Chongqing University, Chongqing 400044 China). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, **29**(7): 1451-1457.

**Abstract** Inter-regional biological invasion is a new concept which is defined as the invasion of alien species from one region to another region within a country. Because of the intensive personnel and goods flow and its difficulty to control, the inter-regional biological invasion is now very serious in China. Based on the cases of the inter-regional biological invasion at home and abroad, this paper analyzed the main pathways of the invasion and its dangers, and put forward some countemeasures. Alien species introduction, transportation and anthropogenic disturbances are the main pathways of the inter-regional biological invasion, which can cause the native species extinction, genetic contamination and biodiversity decrease, etc. Some future research directions on the inter-regional biological invasion in China, including climate change, South-to-North Water Diversion Project and Cross-Straits exchanges, were proposed.

**Key words** inter-regional biological invasion; alien species; present status; countemeasure

生物入侵 (biological invasion) 是指原本不属于某一生态区域或地理区域的物种, 通过不同的途径, 被传播到一新的区域, 并在新的栖息地定殖、建群、扩展和蔓延, 同时对传入地的经济和生态带来一定负面影响的过程 (成新跃和徐汝梅, 2007)。引起该入侵现象的物种即为新栖息地的外来入侵物种 (invasive alien species)。随着全球经贸、运输等的发展, 生物入侵已和动植物栖息地丧失、全球气候变化

共同成为当今世界的三大环境问题, 严重威胁着全球生物多样性, 并且造成了巨大经济损失, 影响生态安全 (Sala *et al.*, 2000; Wiles *et al.*, 2003)。

本文所提出的区域间生物入侵 (inter-regional biological invasion) 是生物入侵的一种形式, 指同一国境内某物种进入一个过去不曾分布的区域, 并能存活、繁殖, 形成野化种群, 而且能够对当地的经济、生态或人类健康等造成危害的过程。当前, 我国对于生物入侵的研究主要集中在一些境外传入的物种所引发的入侵现象, 如给我国造成巨大损失的美国白蛾 (*Hyphantria cunea*)、互花米草 (*Spartina alterniflora*) 等, 而对我国国内各区域间的生物入侵现象目

\* 国家自然科学基金项目 (40671116)、福建省自然科学基金重点项目 (D0720002)、教育部新世纪优秀人才支持计划和福建省高校新世纪优秀人才支持计划资助项目。

\*\* 通讯作者 E-mail: wzca@xmu.edu.cn

收稿日期: 2009-12-30 接受日期: 2010-04-10

前仍未引起过多的关注。事实上,我国幅员辽阔,拥有寒温带、温带、暖温带、亚热带和热带 5 个气候带,并且山脉水系交错密集,海拔落差巨大,这样的自然地理条件一方面使得天然隔离普遍存在,生态系统差异性巨大,另一方面也使得许多物种在其他区域易于找到入侵地带。加之,国内区域间人流、物流传输更为密集和方便,并且几乎不存在任何检验检疫措施,因此国内区域间生物入侵现象其实更为普遍和严峻。

美国作为世界上生物入侵比较严重的国家,也遭到许多区域间生物入侵的困扰。早在 1958 年,Elton (1958)在其所著的《动植物入侵生态学》(The Ecology of Invasions by Animals and Plants)一书中就阐述了美洲西鲱 (*Alosa sapidissima*)、条纹石鲈 (*Roccus saxatilis*) 等美国东海岸物种引入西海岸后所造成的入侵危害。美国技术评价局 (OTA) 对于“本土 (indigenous)”和“非本土 (non indigenous)”的定义就是基于物种生态学特性,而非国界、州界等政治范畴的界限,如分布区仅仅在 Texas 州西部的某物种,当其出现在 Texas 州的东部时即为非本土种 (OTA, 1993)。因此,必须对区域间生物入侵引起足够重视,特别是当物种从大陆或者平原地区向某些生态系统简单、物种特化显著的岛屿和高原地区传播时。我国目前仍未有专门阐述区域间生物入侵这一概念的文献,只是在许多文献中将其作为生物入侵的一种情况而提及,如李振宇和谢焱 (2002) 在提到云南高原湖泊的“四大家鱼”入侵问题时就指出,外来这个概念不是以国界定义的,但也未做深入分析。本文将其作为入侵生态学的一个方面单独提出,意在探究其传播的主要途径及其危害,藉此希望能够引起人们对此方面的研究与管理重视,特别是希望能够对当前的生物入侵评价与检验体系的调整提供参考。

## 1 区域间生物入侵途径及其危害

### 1.1 引种

引种带有目的性,因此引入的物种通常都能较好地适应当地环境,而当天敌等制约因子缺失时,就容易引发入侵危害,如在 19 世纪,出于狩猎等目的,澳大利亚曾引进欧洲野兔 (*Oryctolagus cuniculus*),从而引发了严重的生态危机。在我国,原产于南方地区的鸡矢藤 (*Paederia scandens*)、千金子 (*Leptochloa chinensis*) 等作为园林植物被引入北京后,现已

扩散为野生种群 (林秦文等, 2009); 原产于华东地区的楠竹 (*Phyllostachys pubescens*), 由于经济价值较高, 被引入四川省西坝桫欏峡谷后, 也造成入侵危害, 对峡谷中的野生桫欏 (*Alsophila spinulosa*) 种群产生了严重干扰 (黄茹等, 2009)。动物方面, 在我国表现最为明显的是云南高原水系的鱼类入侵问题。长期以来, 我国云南的一些高原湖泊、江河中生存着包括滇池银白鱼 (*Araberilus alburnops*)、洱海大眼鲤 (*Cyprinus megalophthalmus*) 等在内的许多特有珍稀鱼类, 20 世纪 60 年代我国东部地区的四大家鱼等被引入后, 由于其适应能力强、食性广, 因此很快便成为优势种群, 对本地原有的生态系统构成了巨大威胁, 使得许多土著鱼类逐渐灭绝或濒危灭绝 (曾北危, 2004)。同时塔里木河、黄河等水系也由于引种而引发入侵危害 (表 1)。

其中, 1979 年太湖新银鱼的幼苗被引入云南滇池后, 由于能吞食一些本土物种的卵和幼苗等, 导致滇池原有物种数量急剧减少甚至灭绝; 20 世纪 90 年代又被引入抚仙湖, 由于与当地特有种类鳊浪白鱼 (*Anabarilus grahami*) 食性相近, 出现生存空间和食物的竞争, 造成后者数量迅速减少。与此同时, 一些小型杂鱼, 如麦穗鱼、子陵吻鰕虎鱼等的伴随传入, 也使泸沽湖中的 3 种裂腹鱼绝迹 (潘勇等, 2006)。

此外, 西北地区的一些水系也曾跨区域引入大量外来鱼种, 并导致了許多特有鱼类种群的减少或灭绝。如, 从额尔齐斯河引入的河鲈导致新疆博斯腾湖中的新疆大头鱼 (*Apiorhynchus laticeps*) 的灭绝 (李振宇和解焱, 2002); 鲤鱼、鲫鱼等的引入也迫使塔里木河的特有种塔里木河裂腹鱼 (*Schizothorax bidduphi*) 濒临灭绝 (王德忠, 1995)。

### 1.2 运输导入

交通运输等的发展, 为一些物种的远距离传播创造了条件。黄胸鼠 (*Rattus flavipectus*) 是我国 3 大家栖鼠之一, 主要栖息地为长江流域及其以南地区, 交通运输的发展推动了其向北方地区的入侵, 如新疆、甘肃等地原本无黄胸鼠分布, 后来通过上海至乌鲁木齐的火车传入, 并且沿乌鲁木齐、哈密等火车站向四周扩散 (张美文等, 2000); 此外, 原来分布于我国新疆等西北地区的野莴苣 (*Lactuca serriola*) 于 1984 年在辽宁被发现 (韩亚光, 1995), 极有可能也是伴随交通运输而传入的。

表 1 我国区域间入侵鱼类名录

Tab 1 List of inter-regional invasive fishes in China

鱼类名录	原产地或引种地	入侵水系	参考文献
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	东部各水系	云南抚仙湖、洱海	路瑞锁和宋豫秦, 2003 熊飞等, 2008
鳊鱼 <i>Aristichthys mobilis</i>	东部各水系	额尔齐斯河, 塔里木河, 云南高原湖泊	王德忠, 1995 郭焱等, 2003 汪官余等, 2006
鲫鱼 <i>Carassius auratus</i>	东部各水系	塔里木河	王德忠, 1995
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	东部各水系	云南、西藏等高海拔水系及辽宁、新疆	潘勇等, 2005 汪官余等, 2006
红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythronotus</i>	东部各水系	云南抚仙湖	熊飞等, 2008
鲤鱼 <i>Cyprinus carpio</i>	东部各水系	塔里木河, 云南抚仙湖、洱海	王德忠, 1995 熊飞等, 2008
池沼公鱼 <i>Hypomesus olidus</i>	黑龙江、图们江下游	额尔齐斯河、黄河流域	郭焱等, 2003 李芳等, 2008
鲢鱼 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	东部各水系	额尔齐斯河, 塔里木河, 云南抚仙湖	王德忠, 1995 郭焱等, 2003 熊飞等, 2008
黄魮鱼 <i>Hypseleotris sinensis</i>	黄河下游及其他水系	云南抚仙湖	熊飞等, 2008
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	长江中游流域	塔里木河、洱海	王德忠, 1995 路瑞锁和宋豫秦, 2003
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	长江以南的平原水系为主	塔里木河、云南抚仙湖	王德忠, 1995 熊飞等, 2008
太湖新银鱼 <i>Nesoxilichthys taihuensis</i>	长江中下游及附属湖泊、淮河、灵江	云南滇池、抚仙湖、洱海等高原湖泊	熊飞等, 2008 路瑞锁和宋豫秦, 2003
黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	东部各水系	云南抚仙湖	熊飞等, 2008
河鲈 <i>Percis fulvivittis</i>	额尔齐斯河	塔里木河、新疆博斯腾湖	王德忠, 1995 汪官余等, 2006
大银鱼 <i>Probsalanx hyalineranius</i>	山东至浙江沿海及江河中下游流域	额尔齐斯河	郭焱等, 2003
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	东部各水系	云南、西藏各高原淡水湖泊	路瑞锁和宋豫秦, 2003 潘勇等, 2005 汪官余等, 2006
子陵吻鰕虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	黄河长江钱塘江闽江珠江等水系	云南、西藏各高原淡水湖泊	路瑞锁和宋豫秦, 2003 汪官余等, 2006
大口鲶 <i>Silurus meridionalis</i>	长江、珠江、闽江等流域	广西十万大山地区	赵亚辉等, 2002

近年来, 船舶压舱水及船底附着生物的入侵问题也日益引起人们的关注, 这主要是许多海洋生物的成体、幼体、卵和孢子等随着船舶压舱水或附着于船底被带入其他适宜水域, 引发赤潮等危害。我国海域面积广阔, 沿海各港口间航运频繁, 随之所带来的生物入侵问题应引起重视。据调查, 我国 30.6% 的海洋入侵生物是由压舱水带入 (徐海根等, 2004)。2008年 6月中下旬, 在青岛的奥运会帆船比赛海域发生了由于浒苔 (*Enteromorpha prolifera*) 爆发所致的绿潮事件, 尽管事后查明浒苔是从长江口一带黄海海域自然传入, 且由于水温等的变化, 浒苔很快自然消亡 (李大秋等, 2008), 未能形真正意义上的生物入侵, 但是仍然造成了巨大的经济、生态损失, 而今后船舶压舱水可能会促进此类事件的发生, 酿成区域间生物入侵危害。

### 1.3 人为干扰

人类对土地的开发利用等于干扰活动直接影响了

陆地生态系统的结构和组分, 导致生物栖息环境变化, 这已经成为影响其生物多样性的一个重要因子 (Rhymer & Simberloff 1996), 例如, 对西班牙 Catalonia 地区的研究发现, 土地的开发活动是影响区域尺度的生物多样性变化的一个最主要因素, 其中农业开发带来的威胁最大 (Ribeiro et al., 2009); 干扰作用也会打破物种间的地理隔离, 从而增加杂交的可能性, 使得入侵种通过杂交和基因渗入等形式对本地物种的种群造成危害。例如, 在台湾地区由于土地利用方式的改变, 使得原来分布于台湾岛西部地区白头鹎 (*Pycnonotus sinensis*) 逐渐向东部地区扩散, 并与东部特有种台湾鹎 (*P. taiwanus*) 杂交, 致使纯种台湾鹎逐渐陷入濒危状态 (许育诚, 2002)。此外, 杂交后代往往具有较强的适应能力, 产生很强的入侵性, 甚至会排挤本地种的亲本 (徐汝梅和叶万辉, 2003), 加之杂交种可能会进一步与本地纯种杂交, 这势必会对我国的遗传资源造成污染和损失。

城市化 (urbanization) 也可以诱发区域间生物入侵。城市化是指由相对自然的土地向城市用地转化的过程 (Marzluff 2002), 随着城市化的进程, 人为干扰加剧, 使得原有的栖息环境、食物来源以及营巢条件等改变, 并且造成生境片段化, 从而使得一些物种受益, 而另外一些则受损 (Chace & Walsh, 2006), 这些都对野生动物的分布范围产生影响, 其中对鸟类造成影响最为显著。随着城市化发展, 城市中一些鸟类的数量增长, 但总体鸟类多样性却降低 (Marzluff *et al.*, 2001), 郊区的鸟类多样性也会受到影响 (Gunnarsson *et al.*, 2009)。如, 澳大利亚东部的斑噪钟鹊 (*Strepera graculina*) 是一种大型的杂食性鸟类, 受益于城市中许多外来观赏植物的种植, 其分布区在澳大利亚不断扩大 (Bass 1995), 而在其扩散的过程中又因可以掠食其他小型鸟类的卵等, 导致了許多鸟类数量的急剧下降 (Major *et al.*, 1996)。国内的一些研究也表明, 北京城区麻雀 (*Passer montanus*) 的数量正沿城市化梯度而下降 (张淑萍等, 2006), 李鹏等 (2009) 对杭州的研究则发现, 城市化对鸟类筑巢资源的影响导致在树冠、灌丛、地面及自然洞穴筑巢的鸟类在群落中的比例下降, 而利用洞穴或人工建筑筑巢的鸟类比例却上升。

此外, 人类引种等活动使得一些物种分布区改变, 也会使得一些寄生性的物种发生区域间生物入侵。如, 光肩星天牛 (*Anoplophora glabripennis*) 是中国重要的林业蛀干害虫, 主要危害杨树、榆树等树种, 20 世纪 80 年代之后, 随着我国杨树种植面积的增长, 其分布范围也随之扩大 (高瑞桐和李国宏, 2001)。

#### 1.4 动物野化

在适宜条件下, 一些家养动物的野化也会造成生物入侵, 特别是在一些生态结构简单、物种特化显著的孤立大陆、岛屿更为严重, 世界各地均存有許多此类入侵案例。如 1513 年, 山羊 (*Capra hircus*) 被引入大西洋中部的圣赫勒拿岛 (St Helena Island) 之后, 很快成为半野生状态, 导致岛上的植物区系的完全改变和至少 7 种植物的灭绝 (Pullin 2002)。我国西沙群岛上野化的牛大量繁殖, 达 200 头以上, 它们大量啃噬植被, 破坏海鸟栖息地; 而野化的猫、狗等直接捕食落地的鸟类, 致使岛上红脚鲣鸟 (*Sula sula*)、小军舰鸟 (*Fregata minor*) 种群迅速减少 (曹垒等, 2003)。

家猫 (*Felis catus*) 对生态系统所造成的破坏最

用也不容忽视, 它们不但能迅速野化, 捕食多类野生动物种, 而且即使未野化的家猫, 也会造成对环境巨大破坏。根据英国哺乳动物学会调查, 每年英国的猫可杀死 2.5 亿只以上的鸟和其他生物, 而美国每年的外来宠物猫对鸟类造成的损失高达 140 亿美元 (徐海根等, 2004)。

#### 1.5 异地放生

基于宗教、慈善和节庆等目的而实施的动物异地放生行为也会引发区域间生物入侵。包括我国在内的许多亚洲国家都存在着龟类、鱼类、鸟类等的放生行为, 这些放生生物会增加当地物种的竞争或捕食压力, 而且可能会和土著种杂交产生基因污染 (Severinghaus & Chi 1999), 在放生地生态适宜、放生种群较大的情况下, 这种入侵危害会更加严重。又如, 近年来兴起的节庆蝴蝶放飞也带来了巨大的入侵风险, 根据史军义等 (2005) 的评估, 产于海南的凤蝶属种类和青豹蛱蝶在上海放飞, 就存在着较高的入侵风险, 应严格限制其室外放飞。

此外, 一些动物保护、检验检疫等部门对于在运输途中查获的野生保护动物活体盲目就地放生, 也有可能引发生物入侵。

#### 1.6 自然扩散

主要表现在由于环境变化等原因, 导致物种的自然扩散加快, 分布区域不断扩大, 进而造成入侵危害。自然扩散通常与引种、人为干扰等因素相结合, 如互花米草传入我国后, 由于其种子质量小, 且易随海水漂流, 因此在自然状况下就侵占了我国广西至辽宁的多片沿海滩涂 (苑泽宁与石福臣, 2009)。

## 2 区域间生物入侵的生态学原理

岛屿生物地理学理论 (theory of island biogeography) 指出了岛屿物种多样性的一些经验特点, 后来人们进一步发展了这一理论, 指出不仅仅海岛, 而且高山、自然保护区等具有明显边界的生态系统都可以看作一个“生态岛”, 即生态系统均具有岛屿性 (迟德富等, 2005)。区域间生物入侵也可以用岛屿性解释: 自然条件下, 由于高山、海洋、河流等阻隔, 使得不同区域间生态系统结构和组分差异显著。一旦某物种从原“生态岛”被带入适宜其生长、繁殖的另外一个“生态岛”时, 就有可能引发生物入侵。

在目前所收集的资料中, 水生生态系统的区域间生物入侵事件所占比重很大, 这是由于湖泊、河流

等生态系统长期被高山、平原等阻隔,加之水生生物不易跨越陆地进行迁移,因此相互间很难进行自然的物种扩散和基因交流,进而形成较为特化的生态系统和物种。外来物种一旦被传入,那么一些土著的被捕食者很难有适宜的防御措施,而且也很难有天敌或竞争者制约外来物种种群爆发的,这就极易导致其入侵成功。

此外,干扰也会加速外来种入侵,这是由于人类活动帮助物种克服了原有的地理屏障,或者通过开发、生产等作用为物种创造了新的生存环境。这些干扰包括农业开垦、城市化、放牧、异地放生、围湖造田、水利工程、人工林种植等。

### 3 区域间生物入侵的防控对策

#### 3.1 健全法律法规与监督检查制度的建立

虽然目前我国的《渔业法》《森林法》《环境保护法》等多项法规都有涉及关于生物入侵法律条款,但对于在国内某些区域造成入侵危害的一些我国本土物种却缺乏有效的防控规定。如,对辽宁蛇岛造成入侵的葛藤(*Pueraria lobata*),由于原产地为我国内陆,而未被列入防控的入侵物种名录(罗琦等, 2007);对于国内区域间的生物引种、物流运输等可能引发生物入侵的行为也缺乏有效的监督检查措施。因此,要科学论证,及时健全完善防治区域间生物入侵的法律法规是十分迫切的。各省市也应该制定和完善符合本区域生态实际的一些法规,如,加拿大的 Ontario 等多个省的《杂草控制法》(Weed Control Act)中就规定了一些禁止传入本省的加拿大本土杂草,并且详细设定了受限(restricted)、有毒(toxic)、有公害(nuisance)3种控制等级(OMAFRA, 2007)。

此外,各相关部门也要明确职责,建立起统一指挥基础上的信息共享、分工合作的管理模式。

#### 3.2 外来物种动态数据库与风险评估机制的建立

由于国家内部人流、物流等的流动具有很大的自由性,使得区域间生物入侵具有不确定性和难防控的特点,因而要加强对入侵物种的种群状况、危害程度及扩散潜力等的研究,加强野外监测,建立其动态变化数据库(王芳等, 2009)。此外,对一些外来物种进行科学的风险评估,继而列出禁止传入的物种名录是一种比较有效的防控措施,欧健和卢昌义(2006)就针对厦门市自身特点建立了起详细的“厦门外来物种入侵风险评价指标体系”并具体列出

了69种已经入侵或者值得警惕的外来植物名单,这对于防范国内区域尺度的生物入侵比较有借鉴意义。

事实证明,一些入侵物种具有较广的气候耐受性与地理分布范围(Qian & Ricklefs, 2006),因此容易造成区域入侵危害的我国一些本土物种大都具有在国外造成入侵的记录,如,光肩星天牛、葛藤等都名列2000年 IUCN 公布的全球100种最具破坏力的入侵物种名单之中,在全球多个国家造成了严重的入侵危害(Lowe et al., 2001);而易遭受入侵的生态系统也普遍具有可利用资源(食物、光照、水等)充足、自然控制机制匮乏、人类干扰频率高等特点(李振宇和解焱, 2002)。因此,在与这些国家自然生态条件相似的区域里,对此类外来物种进行有针对性的监管具有很好的效果。

#### 3.3 有效治理已入侵物种的及时性

对于已经发现的入侵物种要及时进行清理行动,特别是对一些岛屿、湖泊等相对易于治理的受灾区域进行全面清理,如,日本小笠原国家公园、加拉帕戈斯群岛就都曾实施过专门的野山羊去除计划,并且取得了成功(Guo, 2006; 万方浩等, 2008);对于不易治理的入侵物种可通过生物防治等措施,力争将损失控制在一个较低的水平。

#### 3.4 加强科研、教育、宣传等工作的投入

联合有关的科研机构、高校、监管部门等共同做好对区域间生物入侵的预防、监控、治理等方面研究,并加大相应的财政投入,还要广泛宣传生物入侵危害以及防控预知识,提高全民防范意识,从源头上减少对外来有害生物的有意或无意引进。

### 4 结语及展望

#### 4.1 区域间生物入侵的原因、危害及防治措施

区域间生物入侵是一个新兴的概念,但其所导致的经济与生态危害却是巨大的。一方面,我国自然地理条件变化多样,一些物种容易在国内其他区域找到入侵地带;另一方面,由于国家内部区域间人流、物流及引种等活动频繁,且难以有效监控,极易造成物种的跨区域传播。其主要危害包括:1)与土著物种竞争栖息地或食物;2)直接捕食一些土著物种;3)通过杂交对土著物种造成基因污染;4)降低生物多样性,造成生态、经济损失,传播疾病,影响人类健康。此外,人类活动对自然干扰、动物野化、放生等也会促使区域间生物入侵事件的发生。应对区

域间生物入侵,需要在立法、监管、预防、治理等多个层面建立起防控体系,特别是要完善区域尺度的管理体制。

#### 4.2 研究展望

今后,关于区域间生物入侵的研究应该在以下3个领域进行深入的开展。

1)全球气候变化对区域间生物入侵的作用。当前,全球气候变化已经是不争的事实,其所带来的气温升高、海平面上升、雨热分布区迁移等都会改变原有的生态地理分布格局,如,鸟类的迁徙和产卵受影响、动植物物种的地理分布朝两极和高海拔地区推移、某些传染病的空间分布发生改变(IPCC, 2007),而这些改变就会促使一些物种扩散到新的区域,同时也可能会导致现有入侵种的危害程度发生改变(Helmann *et al.*, 2008)。由于这种入侵通常是渐进式的,即分布范围向临近区域蔓延,所以更易引发区域尺度的入侵事件。有研究表明,随着全球变暖的加剧,在我国南方流行的血吸虫病发病区有不断向西向北蔓延的趋势(周晓农等, 2004),我国境内鸟类的分布范围也都受其影响,如,原来只分布于长江以南的池鹭(*Ardeola bacchus*)现已扩展至黑龙江(孙全辉和张正旺, 2000),而这些改变具体将会造成哪些危害将是以后关注的一个焦点。

2)大型工程的区域间生物入侵风险评估。一些大型的水利、交通、能源运输等工程的兴建及运营都有可能引发区域间生物入侵,这主要是由于工程所修建的水道、隧道、桥梁等会导致原有的山脉、河湖的地理隔离作用消失。1829年加拿大韦兰运河的建成,沟通了安大略湖与伊利湖,使得原本分布在安大略湖的海七鳃鳗(*Petromyzon marinus*)顺流扩展至苏必利尔湖,导致湖红点鲑(*Salvelinus namaycush*)等土著鱼类种群受到严重冲击(Elton 1958)。我国的南水北调、青藏铁路等大型工程都存在着区域间生物入侵的风险,因此如何评价这种风险具有很现实的意义。

3)大陆与港澳台交流的入侵风险研究。伴随着我国两岸四地(中国大陆、台湾、香港、澳门)之间经贸、旅游等的不断发展,彼此间生物入侵的风险也日趋加大。事实上,港澳台以及所临近的福建、广东一带恰恰是我国生物入侵最为严重的区域,而上述各地的港口等也常常扮演着入侵生物的“跳板”角色,如,20世纪80年代,原产于日本冲绳群岛、先岛群岛以及我国台湾的松突圆蚧(*Hamambersia pily-*

*sophila*)就是通过香港、澳门传入内陆,造成松林的大面积死亡(陆庆光, 1997),而中国大陆的画眉指名亚种(*Garrulax canorus canorus*)作为宠物被引入台湾后,其中一些个体逃逸到野外,与台湾特有的画眉台湾亚种(*G. c. taivanus*)杂交,也使得具有特殊基因型的后者种群逐渐消失(Severinghaus & Tu 2004)。

2008年以来,台海两岸关系不断发展,开放大陆游客赴台旅游、两岸直接“三通”、福建省海峡西岸经济区建设等政策的实施,以及港珠澳大桥、横琴岛澳门大学新校区等的建设,都会极大地促进两岸四地的人员和物资流通,使得区域间生物入侵的风险加剧。如何在保证两岸四地交往不断深化的基础上,有效防范可能的生物入侵危害、建立入侵生物信息共享与交流的平台也将是今后区域间生物入侵的一个研究热点。

4)入侵物种价值利用的研究。事实证明,许多入侵物种具有很高的利用价值,特别是在有毒物质吸附降解、水质净化等领域,如,大米草对有机汞就有较好的吸收、转化作用(田吉林等, 2004),因此要因势利导,积极利用入侵物种在入侵区域生长适宜等优势,在可控范围内(主要为防止其二次污染)对其进行价值利用,变害为益,应该是一种最好的控制措施。

致谢 厦门大学环境科学研究中心卢昌义教授对本文提出一些宝贵修改意见。

#### 参考文献

- 曹 垒, 张苏芳, 史洪泉, 等. 2003 西沙群岛东岛小军舰鸟繁殖种群的初步观察. 动物学研究, 24(6): 457-461.
- 成新跃, 徐汝梅. 2007 中国外来动物入侵概况. 生物学通报, 42(9): 1-5
- 迟德富, 孙 凡, 严善春, 等. 2005 保护生物学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社.
- 高瑞桐, 李国宏. 2001 我国光肩星天牛研究回顾及发展趋势. 昆虫知识, 38(4): 252-258
- 郭 焱, 张人铭, 李 红. 2003 额尔齐斯河土著鱼类资源衰退原因与保护措施. 干旱区研究, 20(2): 152-155.
- 韩亚光. 1995 新侵入辽宁地区的杂草——野莠苣. 沈阳农业大学学报, 26(1): 77-78
- 黄 茹, 齐代华, 陶建平, 等. 2009 新竹类入侵干扰对桫欏种群空间分布格局的影响. 四川师范大学学报, 32(1): 106-111.
- 李 芳, 张建军, 袁永锋, 等. 2008 黄河流域鱼类引种现状及存在问题. 安徽农业科学, 36(34): 15024-15026
- 李 鹏, 张克成, 李必成, 等. 2009 城市化对杭州市鸟类营巢集团的影响. 动物学研究, 30(3): 295-302
- 李大秋, 贺双颜, 杨 倩, 等. 2008 青岛海域浒苔来源与

- 外海分布特征研究. 环境保护, 42(88): 45-46
- 李振宇, 解焱. 2002 中国外来入侵种. 北京: 中国林业出版社.
- 林秦文, 邢韶华, 马坤. 2009 新北京市外来入侵植物新资料. 北京农学院学报, 24(4): 42-44
- 陆庆光. 1997 论生物防治在生物多样性保护中的重要意义. 生物多样性, 5(3): 224-230
- 路瑞锁, 宋豫秦. 2003 云贵高原湖泊的生物入侵原因探讨. 生物保护, 8: 35-37.
- 罗琦, 秦卫华, 周守标, 等. 2007. 蛇岛外来物种入侵现状及生态影响调查. 野生动物杂志, 28(3): 29-32
- 欧健, 卢昌义. 2006 厦门市外来物种入侵现状及其风险评估指标体系. 生态学杂志, 25(10): 1240-1244
- 潘勇, 曹文宣, 徐立蒲, 等. 2005 鱼类入侵的生态效应及管理策略. 淡水渔业, 35(6): 57-60
- 潘勇, 曹文宣, 徐立蒲, 等. 2006 国内外鱼类入侵的历史及途径. 大连水产学院学报, 21(1): 72-78
- 史军义, 周成理, 陈晓鸣. 2005 蝴蝶异地放飞中的生物入侵风险评估与管理. 林业科学研究, 18(5): 621-627.
- 孙全辉, 张正旺. 2000 气候变暖对我国鸟类分布的影响. 动物学杂志, 35(6): 45-48
- 田吉林, 诸海焘, 杨玉爱, 等. 2004 大米草对有机汞的耐性、吸收及转化. 植物生理与分子生物学学报, 30(5): 577-582
- 万方浩, 谢丙炎, 褚栋. 2008 生物入侵: 管理篇. 北京: 科学出版社.
- 汪官余, 于孝东, 姚维志. 2006 外来水生生物入侵对我国渔业水域的影响. 水利渔业, 26(3): 62-65
- 王德忠. 1995 塔里木河鱼类区系变化及土著鱼类保护问题. 干旱区研究, 12(3): 54-59
- 王芳, 王瑞江, 庄平弟, 等. 2009 广东外来入侵植物现状和防治策略. 生态学杂志, 28(10): 2088-2093
- 熊飞, 李文朝, 潘继矿. 2008 云南抚仙湖外来鱼类现状及相关问题分析. 江西农业学报, 20(2): 92-94
- 徐海根, 王健民, 强胜, 等. 2004 《生物多样性公约》热点研究: 外来物种入侵·生物安全·遗传资源. 北京: 科学出版社.
- 徐汝梅, 叶万辉. 2003 生物入侵——理论与实践. 北京: 科学出版社.
- 许育诚. 2002 爱恋台湾: 探究台湾特有种鸟类. 台北: 台湾野鸟协会.
- 苑泽宁, 石福臣. 2009 外来物种互花米草种子萌发的生态适应性. 生态学杂志, 28(12): 2466-2470
- 曾北危. 2004 生物入侵. 北京: 化学工业出版社.
- 张美文, 郭聪, 王勇, 等. 2000 我国黄胸鼠的研究现状. 动物学研究, 21(6): 487-497.
- 张淑萍, 郑光美, 徐基良. 2006 城市化对城市麻雀栖息地利用的影响: 以北京市为例. 生物多样性, 14(5): 372-381
- 赵亚辉, 唐文乔, 张春. 2002 广西十万大山地区的鱼类资源现状和保护对策. 动物学杂志, 37(6): 43-47
- 周晓农, 杨坤, 洪青标, 等. 2004 气候变暖对中国血吸虫病传播影响的预测. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 22(5): 262-267.
- Bass DA. 1995. The Contribution of introduced fruits to the winter diet of pied currawongs in Amidale, New South Wales. *Corella*, 19: 127-132
- Chace JE, Walsh JJ. 2006. Urban effects on native avifauna: A review. *Landscape and Urban Planning*, 74: 46-69.
- Elton CS. 1958. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. London: Methuen
- Gunnarsson B, Heyman E, Vowles T. 2009. Bird predation effects on bush canopy arthropods in suburban forests. *Forest Ecology and Management*, 257: 619-627.
- Guo J. 2006. Invasive species: The Galapagos Islands kiss their goat problem goodbye. *Science*, 313: 1567.
- Hellmann JJ, Byers BE, Bierwagen BG, et al. 2008. Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology*, 22: 534-543.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Basis - Summary for Policymakers* [EB/OL]. [2009-12-30]. <http://www.ipcc.ch/SIPM2feb07.pdf>
- Love SJ, Browne M, Boudjelas S, et al. 2001. 100 of the world's worst invasive alien species: A selection from the global invasive species database. Auckland, New Zealand: Species Survival Commission, World Conservation Union.
- Maipr RE, Gowling G, Kendal CE. 1996. Nest predation in Australian urban environments and the role of the pied currawong *Strepera graculina*. *Australian Journal of Ecology*, 21: 399-409
- Marzluff JM, Bowman R, Donnelly R. 2001. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Dordrecht, MA: Kluwer Academic Publishers
- Marzluff JM. 2002. *Worldwide Urbanization and its Effects on Birds: Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Boston: Kluwer Academic Publishers
- OMAFRA. 2007. *Ontario Weeds - Weed Gallery* [EB/OL]. [2009-12-30]. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/ontweeds/weedgal.htm>.
- OTA. 1993. *Harmful Non-Indigenous Species in the United States*. Washington, DC, U. S.: Government Printing Office
- Pullin AS. 2002. *Conservation Biology*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press
- Qian H, Ricklefs R. 2006. The role of exotic species in homogenizing the North American flora. *Ecology Letters*, 9: 1293-1298
- Rhymer JM, Simberloff D. 1996. Extinction by hybridization and introgression. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 83-109
- Ribeiro R, Santos X, Sillero N, et al. 2009. Biodiversity and Land uses at a regional scale: Is agriculture the biggest threat for reptile assemblages? *Acta Oecologica*, 35: 327-334
- Sala OE, Chapin F, Armesto J, et al. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287: 1770-1774
- Severinghaus LL, Tu HW. 2004. Geographic variation of the highly complex hwa nei (*Garrulax canorus*) songs. *Zoological Studies*, 43: 629-640
- Severinghaus LL, Chi L. 1999. Praying animal release in Taiwan. *Biological Conservation*, 89: 301-304
- Wiles GJ, Bart J, Beck R, et al. 2003. Impacts of the brown tree snake: Patterns of decline and species persistence in Guam's avifauna. *Conservation Biology*, 17: 1350-1360

作者简介 蒋文志, 男, 1984年生, 硕士研究生。主要从事流域生态过程、生物入侵与气候变化等的研究。E-mail: jiangwenzhi@xnu.edu.cn

责任编辑 刘丽娟