

# 生物入侵对鸟类的生态影响

干晓静 李 博 陈家宽 马志军\*

(复旦大学生物多样性科学研究所, 生物多样性与生态工程教育部重点实验室,  
长江河口湿地生态系统野外科学观测研究站, 上海 200433)

**摘要:** 生物入侵是全球生物多样性面临的最主要威胁之一, 入侵种在改变入侵地环境的同时也使当地的生物受到极大影响。鸟类在生态系统中处于较高的营养级, 生态系统中任何一个环节的变化都可能对鸟类造成一定的影响。本文回顾了哺乳动物、鸟类、无脊椎动物和植物等不同生物类群的入侵对本地鸟类生态影响方面的研究进展。外来生物对鸟类的影响主要表现在以下几方面: (1)外来哺乳动物对成鸟、幼鸟或鸟卵的捕食作用; (2)外来鸟类与本地鸟类竞争栖息地和食物资源, 与当地的近缘种杂交而造成基因流失; (3)外来无脊椎动物改变本地鸟类的栖息环境和食物状况, 甚至直接捕食本地鸟类; (4)外来植物入侵改变入侵地的植物群落组成和结构, 造成本地鸟类的栖息地丧失或破碎化, 并通过改变入侵地生态系统的食物链结构而对高营养级的鸟类产生影响。最后, 作者还提出了该领域有待解决的问题和今后可能的研究方向。

**关键词:** 生物入侵, 生态影响, 入侵种, 鸟类

## The ecological effects of biological invasions on birds

Xiaojing Gan, Bo Li, Jiakuan Chen, Zhijun Ma\*

*Coastal Ecosystems Research Station of Yangtze River Estuary, Ministry of Education Key Laboratory for Biodiversity Science and Ecological Engineering, Institute of Biodiversity Science, Fudan University, Shanghai 200433*

**Abstract:** Biological invasion is recognized as one of the greatest threats to the global biodiversity because invasive exotic species not only alter the local environments but also have serious ecological effects on native species. Birds are positioned at high trophic level within the food web in the ecosystem, and thus any changes within the system can affect the birds in one way or another. The ecological effects of different exotic taxa like mammals, birds, invertebrates and plants on native birds are reviewed in this paper. In summary, the exotic species can affect native bird species in four main ways, 1) predation of birds or eggs by the exotic mammals; 2) competition for habitats and foods with exotic birds, and loss of genetic diversity by hybridization with the closely-related exotic species; 3) direct and indirect alterations of native habitats and food resources, and predation by the exotic invertebrates; and 4) loss and fragmentation of habitats for native birds through altering species composition and structure of native plant communities by exotic plants. The unsolved questions and future research directions in this field are also addressed.

**Key words:** biological invasion, ecological effects, invasive species, bird

随着全球化进程的加快以及国际贸易和旅游业的发展, 入侵物种通过多种渠道进入其分布区之外的区域(Ruiz & Carlton, 2003), 对入侵地的生物多样性带来了一系列的影响。目前, 生物入侵已成为全球三大环境问题之一, 严重威胁着全球生物多

样性(Forys & Allen, 1999; Martin *et al.*, 2000; Sala *et al.*, 2000; Wiles *et al.*, 2003)。由于鸟类在生态系统中处于较高的营养级, 整个生态系统中任何一个环节的变化都可能对鸟类造成一定的影响。Owens和Bennett (2000)分析了全球1,012种受胁鸟类的资料,

收稿日期: 2007-01-15; 接受日期: 2007-06-15

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助(2006CB403305)和上海市科委项目(04DZ19303)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhijunm@fudan.edu.cn

发现其中35%受到了外来捕食者入侵的威胁。而在美国, 受到外来生物威胁的鸟类比例高达69% (Rodríguez, 2001)。生物入侵已成为鸟类灭绝的首要原因: 自16世纪以来, 全世界已灭绝的129种鸟类中有65种主要是由于生物入侵造成的(Owens & Bennett, 2000; Jackson, 2001; Clavero & Garcia-Berthou, 2005)。

近年来, 随着人们对生物入侵问题的重视, 生物入侵对鸟类的影响也受到了越来越多的关注(Lockwood, 1999; Fitzpatrick, 2001; Blackburn *et al.*, 2004a; Briskie, 2006)。本文回顾了哺乳动物、鸟类、无脊椎动物和植物等不同生物类群的入侵对本地鸟类生态影响方面的研究进展, 并提出该领域有待解决的问题和今后可能的研究方向。

## 1 外来哺乳动物对鸟类的影响

自从哥伦布发现美洲大陆以来, 人类在全球范围的殖民活动便伴随着外来哺乳动物的引入和扩散(Steadman, 1995)。外来哺乳动物不仅改变了当地生态系统的食物链结构, 过度消耗自然资源, 并通过捕食作用对本地鸟类带来严重威胁(Scott *et al.*, 1986; Blackburn *et al.*, 2004a; Tadey & Farji-Brener, 2007)。由于入侵地的鸟类缺少与外来捕食者之间的协同进化过程, 外来哺乳动物的捕食作用往往会导致鸟类种群数量迅速下降, 甚至很快走向灭绝的境地(Fitzpatrick, 2001)。

大量研究表明, 岛屿上的鸟类比大陆的鸟类更易受到外来生物的威胁(Fitzpatrick, 2001; Roemer *et al.*, 2002; Wiles *et al.*, 2003; Nordström & Korpimäki, 2004)。在18世纪欧洲殖民者开始在夏威夷定居时, 夏威夷有145种特有鸟类, 但黑家鼠(*Rattus rattus*)、缅甸鼠(*R. exulans*) (Atkinson, 1977)、野猪(*Sus scrofa*)及其他有蹄类(Scott *et al.*, 1986)动物的引入, 导致了夏威夷鸟类的快速灭绝, 目前只剩下35种, 平均每15年就有一种鸟类灭绝。而在剩下的35种鸟类中, 有24种已濒临灭绝(Caum, 1934; Williams & Nowak, 1986)。目前夏威夷的大部分林鸟特有种只分布于范围狭窄的本地高山森林中(Benning *et al.*, 2002)。据统计, 自人类开始殖民扩张至今, 上千种生活在岛屿上的鸟类已经灭绝(Milberg & Tyrberg, 1993; Steadman, 1995; Blackburn *et al.*, 2004a)。

Blackburn等(2004a)对220个岛屿的研究结果表

明, 肉食性哺乳动物的入侵是岛屿鸟类灭绝的最重要原因, 每一次肉食性哺乳动物的引入都增加了岛屿上鸟类灭绝的比例。这是因为缺乏捕食者的本地鸟类往往出现岛屿温顺(island tameness)现象, 即对外来捕食者缺少防御对策(Quammen, 1996), 防御能力差的一些本地鸟类会迅速灭绝。例如, 史岛异鹑(*Xenicus lyalli*)曾是新西兰史蒂芬岛上的特有鸟类。灯塔看守者在1894年将一只猫带到岛上, 由于史岛异鹑的飞行能力极差, 这只猫在短短一年时间便使史岛异鹑灭绝(Errol, 1987; 谢伯娟和林曜松, 1999)。Nordström和Korpimäki (2004)比较了20世纪70年代和90年代刀嘴海雀(*Alca torda*)在波罗的海阿维南马群岛的种群数量和分布, 数据表明由于北美水貂(*Mustela vison*)的入侵和捕食作用, 刀嘴海雀在20年间的数量减少了60%, 其巢址也更加隐蔽, 部分鸟则扩散到没有北美水貂分布的岛屿。

King(1985)的研究表明, 54%的岛屿鸟类灭绝是由于外来鼠类的捕食作用造成的。暴风海燕(*Hydrobates pelagicus*)在英国的岛屿曾有着广泛的分布, 但自从褐家鼠(*Rattus norvegicus*)被引入之后, 暴风海燕种群迅速消失。目前, 暴风海燕繁殖地只分布于没有褐家鼠等外来捕食者的岛屿上, 与褐家鼠的分布区域完全分离(León *et al.*, 2006)。美国阿拉斯加的吉斯卡岛是小海雀(*Aethia pusilla*)的繁殖地。由于入侵的褐家鼠在繁殖期大量捕食小海雀的成鸟、幼鸟以及鸟卵, 导致小海雀的繁殖成功率、幼鸟生长率、离巢体重以及成鸟存活率都低于没有褐家鼠分布的岛屿(Major *et al.*, 2006)。

由于外来捕食者的捕食作用常造成本地鸟类数量急剧下降, 通过对外来捕食者进行有效的控制, 可使本地鸟类得到保护。在苏格兰西部岛屿, 入侵种刺猬(*Erinaceus europaeus*)偷食鸟蛋, 导致了黑腹滨鹬(*Calidris alpina*)、凤头麦鸡(*Vanellus vanellus*)、红脚鹬(*Tringa totanus*)和扇尾沙锥(*Gallinago gallinago*)等本地涉禽的繁殖成功率下降, 种群数量减少。后来通过用栅栏将刺猬隔开, 使实验区域恢复到刺猬入侵前的自然状况, 结果本地鸟类的繁殖成功率上升, 种群数量很快得到恢复(Jackson, 2001)。

## 2 外来鸟类对本地鸟类的影响

据估计, 目前全球约有200种鸟类被成功引入

到其自然分布区以外的区域(Lockwood, 1999; Cassey, 2001), 其中70%属于5个科: 雉科、雀科、燕雀科、鸠鸽科和鸚鵡科。这些外来鸟类中的大部分是在猎禽和宠物贸易中逃逸到引入地区的自然环境中去的, 少部分是由于有观赏价值或是出于生物防治的目的被人类有意释放的。这些外来鸟类适应新环境的能力较强, 一些驯养鸟类(如鸽类)在野外建立稳定种群的概率甚至可达100%(Ruiz & Carlton, 2003)。Case(1996)对全球70多个有代表性的岛屿的研究表明, 外来鸟类的成功入侵和本地鸟类的种群衰退及灭绝之间有着显著的相关性。

### 2.1 外来鸟类与本地鸟类对栖息地和食物资源的竞争

“生态位替换假说”认为, 入侵种在入侵地可以取代生态位相同或相似的本地种(Forys & Allen, 1999; 徐汝梅和叶万辉, 2003)。很多外来鸟类和本地鸟类占有相近的生态位, 它们与本地鸟类竞争食物或栖息地, 使得本地鸟类受到严重威胁。在美国亚利桑那州, 本地种吉拉啄木鸟(*Melanerpes uropygialis*)在仙人掌里挖洞筑巢, 而入侵的紫翅椋鸟(*Sturnus vulgaris*)抢占了吉拉啄木鸟的巢穴, 造成吉拉啄木鸟的繁殖率下降, 种群数量减少(Kerpez & Smith, 1990)。北美本地种东蓝鸫(*Sialia sialis*)也因被入侵的紫翅椋鸟抢占巢穴而导致种群数量降低(Zerhusen, 1994)。尽管紫翅椋鸟的入侵对一些本地的穴居鸟类造成了不利影响, 但并没有对纽约地区的本地穴居鸟类产生明显的不利影响。这可能是因为: 一方面纽约地区的本地穴居鸟类和紫翅椋鸟在分布空间上较少重叠; 另一方面, 本地鸟类和紫翅椋鸟的繁殖时间不同, 从而在时间和空间上避开了与紫翅椋鸟的竞争(Kerpez & Smith, 1990)。

另外, 并非所有的外来近缘种都会对本地鸟类带来不利的影响。Kawakami 和Higuchi (2003)的研究表明, 暗绿绣眼鸟(*Zosterops japonicus*)引入日本小笠原群岛后并没有与本地种笠原吸蜜鸟(*Apalopteron familiare*)发生竞争。由于暗绿绣眼鸟喜欢栖息于开阔的栖息地, 而笠原吸蜜鸟栖息于树林中, 暗绿绣眼鸟恰好占据了被入侵生态系统中的空生态位。由于目前暗绿绣眼鸟的种群数量较低, 它们与当地其他鸟类之间的竞争也很弱, 甚至对笠原吸蜜鸟的幼鸟具有一定的好处: 在非繁殖季节, 笠原吸蜜鸟的幼鸟常受到成鸟的攻击, 幼鸟通常会

在暗绿绣眼鸟和笠原吸蜜鸟的栖息地重叠区域与暗绿绣眼鸟混群活动(Kawakami & Higuchi, 2003)。

### 2.2 外来鸟类对本地鸟类的遗传侵蚀

外来种(或亚种)可以通过杂交和基因渗入使得本地物种濒临灭绝(Rhymer & Simberloff, 1996)。在自然状态下, 地理隔离能够避免近缘物种之间发生杂交, 使得大陆及其邻近岛屿的鸟类在长期的进化过程中分化形成了不同的亚种和种。然而, 人为引入外来鸟类会造成入侵种与同属近缘种, 甚至不同属鸟类之间的杂交, 使得本地鸟类的特有基因流失, 稀有物种的适合度降低(Rhymer & Simberloff, 1996)。而杂交后代常具有较强的适应能力, 产生很强的入侵性, 有时还会排挤本地种的亲本(徐汝梅和叶万辉, 2003)。例如, 台湾岛有着众多的特有种(亚种)鸟类, 但近年来, 随着两岸交流的增加, 产于中国大陆的画眉指名亚种(*Garrulax canorus canorus*)与环颈雉的朝鲜亚种(*Phasianus colchicus karpowi*)分别被作为宠物和肉禽引入台湾; 其中少数个体被放生或逃逸到野外后生存下来, 它们分别与台湾特有的画眉台湾亚种(*G. c. taewanus*)、环颈雉台湾亚种(*P. c. formosanus*)杂交(谢伯娟和林曜松, 1999; Severinghaus & Tu, 2004), 这种基因交流可能使得具有特殊基因型的本地种群逐渐消失(Rhymer & Simberloff, 1996)。

棕硬尾鸭(*Oxyura jamaicensis*)原分布于北美大陆, 20世纪前期被引入到英国后逃逸到野外形成自然种群并迅速扩张。到70年代, 棕硬尾鸭的分布区域已扩展到了欧洲大陆的大部分地区。棕硬尾鸭和当地的近缘种白头硬尾鸭(*O. leucocephala*)杂交, 并且在繁殖区域、巢址选择上和白头硬尾鸭相重叠, 导致全球濒危物种白头硬尾鸭的特有基因流失, 并面临灭绝的威胁(Perennou, 1997)。目前, 白头硬尾鸭在西欧的种群数量仅为约1,000只, 并且仅在没有棕硬尾鸭分布的西班牙繁殖(BirdLife International, 2000)。同样, 原本仅在北半球地区繁殖的绿头鸭(*Anas platyrhynchos*)曾被引入世界许多地区。在新西兰, 绿头鸭与本地的太平洋黑鸭(*A. superciliosa*)杂交, 导致现在纯种太平洋黑鸭的种群数量不到原来的5%(Rhymer *et al.*, 1994; Rhymer & Simberloff, 1996)。

此外, 人类活动引起的栖息地变化也会打破本地物种之间的地理隔离, 从而增加杂交的可能。例

如, 白头鹎(*Pycnonotus sinensis*)原分布于台湾西部地区, 但土地利用方式的改变为白头鹎创造了适宜的新栖息地, 白头鹎逐渐扩散到台湾东部地区, 并与当地的特有种台湾鹎(*P. taivanus*)杂交, 致使纯种的台湾鹎目前处于濒危状态(谢伯娟和林曜松, 1999; 许育诚, 2002)。

### 3 外来无脊椎动物对鸟类的影响

无脊椎动物是外来生物的重要类群, 它们不仅可以直接或间接改变鸟类的栖息环境和食物资源, 甚至可通过捕食作用而对鸟类带来影响。

#### 3.1 外来无脊椎动物对鸟类栖息地的影响

外来入侵的无脊椎动物常常会造成病虫害的爆发, 导致本地植物大面积死亡, 从而影响到鸟类的栖息。例如, 冷杉球蚜(*Adelges piceae*)入侵阿帕拉契亚山脉使当地森林中的主要植物冷杉(*Abies fraseri*)大量死亡, 栖息环境的改变导致森林中鸟类的密度降低到冷杉球蚜入侵前的一半。原先记载的11种鸟类中有10种数量下降, 其中6种数量下降了50%以上, 黑顶山雀 (*Parus atricapillus*)和旅鸫(*Turdus migratorius*)等物种在当地濒临灭绝(Rabenold *et al.*, 1998)。

另一方面, 无脊椎动物入侵导致的病虫害有时也会改变当地植被的结构, 从而给更多鸟类提供适宜的栖息地。例如, 蒋科毅等(2005)发现, 原产于北美的松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)入侵浙江象山马尾松(*Pinus massoniana*)林后导致森林生态系统急剧退化, 植被回到次生演替的早期阶段。由于这个阶段可为鸟类提供多样的栖息地类型, 鸟类的物种多样性和丰富度都明显增加。

#### 3.2 外来无脊椎动物对鸟类食物资源的影响

无脊椎动物是鸟类重要的食物资源, 但是外来无脊椎动物入侵也会对鸟类产生不利的影 响。斑马纹贻贝(*Dreissena polymorpha*)于20世纪80年代中期入侵到美国五大湖地区, 导致当地的底栖动物大量减少。尽管斑马纹贻贝也可以作为水鸟的食物, 但由于它所提供的能量很低, 从而导致了水鸟的觅食量和觅食时间大大增加(Custer & Custer, 1996)。另外, 与当地的底栖动物相比, 斑马纹贻贝、黑龙江河兰蛤(*Potamocorbula amurensis*)等外来双壳类能够大量富集环境中的硒及多氯联苯等有毒物质, 导致以这些外来底栖动物为主要食物的水鸟的繁殖

率下降。例如, Fox等(2005)对小潜鸭(*Aythya affinis*)种群动态的研究发现, 尽管这些外来双壳类可以替代当地的底栖动物而成为小潜鸭的主要食物, 但由于小潜鸭摄食外来双壳类在体内富集了高浓度的硒, 导致雌鸟的存活率和种群的繁殖成功率都显著下降, 从而造成种群数量迅速减少。更为严重的是, 这些有毒物质还可以通过食物链富集到猛禽体内(Brieger & Hunter, 1993; Custer & Custer, 1996)。

#### 3.3 外来无脊椎动物对鸟类的捕食作用

社会性昆虫的繁殖率高, 扩散能力强, 并具有有效的防御手段, 这使其具有很强的入侵能力(董慧和杨定, 2005)。红火蚁(*Solenopsis invicta*)原产于南美洲, 是世界100种最具有危害性的外来入侵种之一, 对全球大部分区域构成入侵威胁(张润志和薛大勇, 2005)。红火蚁不仅能够捕食地面营巢的鸟的卵和雏鸟, 甚至可以杀死孵卵的成鸟(Emlen, 1938), 例如, 在美国田纳西州东部地区, 红火蚁导致山齿鹑(*Colinus virginianus*)的种群数量急剧下降(Allen *et al.*, 1995)。根据Suarez等(2005)的统计, 在美国至少有9种鸟受到红火蚁的攻击, 这些鸟的繁殖成功率降低了27-92%。

### 4 外来植物对鸟类的影响

外来植物入侵不仅会改变入侵地植物群落的物种组成和结构, 造成鸟类的栖息地丧失或破碎化(Roemer *et al.*, 2002), 而且还可以通过影响入侵地生态系统的食物链结构而对高营养级的鸟类产生影响(Ortega *et al.*, 2006)。

#### 4.1 外来植物对鸟类栖息地的影响

岛屿生物地理学理论认为: 栖息地多样性是影响物种多样性的最主要因素(MacArthur & Wilson, 1967)。外来植物入侵常使植物种类单一化, 栖息地的多样性下降, 从而影响入侵地鸟类的群落结构(Flanders *et al.*, 2006)。例如, 以色列的内盖夫地区引入地中海白松(*Pinus halepensis*)、意大利五针松(*P. pinea*)以及法国丝柏(*Cupressus sempervirens*)等外来针叶树种后, 这些外来植物很快在当地形成单种植物群落, 导致鸟类多样性明显降低(Shochat *et al.*, 2001)。在美国康涅狄格湿地, 以本地植物香蒲(*Typha* sp.)和米草(*Spartina* sp.)为优势种的植被是本地鸟类的重要栖息地, 芦苇(*Phragmites australis*)入侵后排斥本地植物而形成单优群落, 高而

密的芦苇还影响到鸟类对植被下水域的利用, 鸟类适宜的栖息地面积大大减少, 种类和数量均明显下降(Benoit & Askins, 1999)。在英国, 大米草(*S. anglica*)入侵河口区域并迅速扩散, 形成大面积的茂密植被, 在此越冬的黑腹滨鹬由于无法在茂密植被中觅食, 种群的死亡率和迁出率均明显增加(Goss-custard & Moser, 1988)。

外来植物入侵还会改变鸟类繁殖地的植被特征及物理环境, 从而影响鸟类的繁殖成功率。例如, 在美国温带地区, 一些忍冬属(*Lonicera*)和鼠李属(*Rhamnus*)的外来植物由于其枝条结构适合筑巢, 旅鸫等鸟类可在这两种植被中营巢繁殖。但由于这些外来植物的枝条缺少尖锐的刺, 茎秆密度较低, 肉食性哺乳动物可在植被中穿行, 因此巢被捕食的几率要显著高于本地植物(Schmidt & Whelan, 1999)。在加利福尼亚盐沼湿地, 尽管歌带鹀(*Melospiza melodia*)可以在外来种互花米草植被中筑巢和觅食, 但是由于互花米草植被位于低潮带, 容易被潮水淹没, 从而导致鸟类无法成功繁殖。Guntenspergen和Nordby (2006)认为, 对于歌带鹀而言, 互花米草群落是一个“生态陷阱”, 虽然互花米草可为鸟类提供筑巢地, 但在此筑巢的鸟类却难以成功繁殖。

然而, 在入侵历史较长的一些地区, 由于外来植物和本地鸟类之间的协同进化, 鸟类已适应了入侵植物群落。当入侵植物被清除后, 环境条件的快速变化可能会导致鸟类多样性下降。例如, 美国西部的多枝桤柳(*Tamarix ramosissima*)引入有200多年的历史, 一些本地鸟类已经逐渐适应了以桤柳灌丛作为其栖息地。多枝桤柳被去除后, 鸟类群落的多样性反而下降(Kennedy *et al.*, 2005)。这表明, 在对外来植物进行有效控制的同时, 还应该迅速恢复当地原有的植被类型, 以便为当地生物提供适宜的栖息地(Fleishman *et al.*, 2003)。

#### 4.2 外来植物对鸟类食物资源的影响

由于外来植物和当地生物类群之间缺少协同进化的关系, 外来植物群落中的无脊椎动物等相对较少, 无法为食虫鸟类提供充足的食物资源(Flanders *et al.*, 2006)。对于繁殖鸟类来说, 即使一些鸟类可以在外来植物群落中繁殖, 但是由于缺乏食物资源, 其繁殖成功率也相对较低(Schmidt & Whelan, 1999; Ortega *et al.*, 2006)。Ortega等(2006)

对在外来植物斑点矢车菊(*Centaurea maculosa*)和本地植物群落内棕顶雀鹀(*Spizella passerina*)的繁殖成功率的比较表明: 虽然两种植物群落中鸟巢的被捕食率没有明显差异, 但因为入侵植物群落中可利用的食物资源较少, 棕顶雀鹀在斑点矢车菊中的巢中雏鸟的离巢日期要比本地植被中的晚, 繁殖成功率较低。大米草入侵英国河口湿地不仅改变了当地的植被组成, 同时也使底栖动物的群落特征发生了变化。尽管一些区域因大米草自然死亡而恢复到原来的栖息地类型, 但底栖动物群落在短时间内无法恢复, 黑腹滨鹬由于缺乏食物资源而仍无法恢复到原来的数量(Goss-custard & Moser, 1988)。

尽管大部分入侵生物对本地鸟类具有不利的影响, 但少数入侵物种不但对本地鸟类没有明显的不利影响, 还可能为鸟类提供栖息地或食物资源(Sax *et al.*, 2005; Gosper *et al.*, 2006)。在夏威夷, 外来植物金雀花(*Cytisus palmensis*)和本地的食蜜鸟可能存在互利关系(Waring *et al.*, 1993), 本地鸟类更偏好取食金雀花的花蜜。在美国田纳西州, 入侵植物乌柏(*Sapium sehiferum*)的种子富含油脂, 可为本地的食果肉鸟类提供大量能量, 同时这些鸟类也可帮助乌柏传播种子, 协助这种植物的扩散(Conway *et al.*, 2002)。

## 5 小结与展望

### 5.1 生物入侵对鸟类的主要影响和特点

总的来说, 外来生物对鸟类的影响主要表现在以下几方面: (1) 外来哺乳动物对成鸟、幼鸟或鸟卵的直接捕食作用; (2) 外来鸟类与本地鸟类竞争栖息地和食物资源, 与当地的近缘种杂交而造成基因流失; (3) 外来无脊椎动物直接或间接改变本地鸟类的栖息环境和食物状况, 甚至直接捕食本地鸟类; (4) 外来植物入侵改变入侵地的植物群落结构, 造成本地鸟类的栖息地丧失或破碎化, 并通过改变入侵地生态系统的食物链结构而对高营养级的鸟类产生影响。外来生物对本地鸟类之外的生物类群的影响也会随食物链传递, 从而间接作用于本地鸟类(Benning *et al.*, 2002) (图1)。

从目前的研究结果来看, 外来生物对鸟类的影响具有以下特点:

#### (1) 岛屿鸟类受外来生物的影响更大

尽管岛屿鸟类的灭绝与人类的捕猎、栖息地破

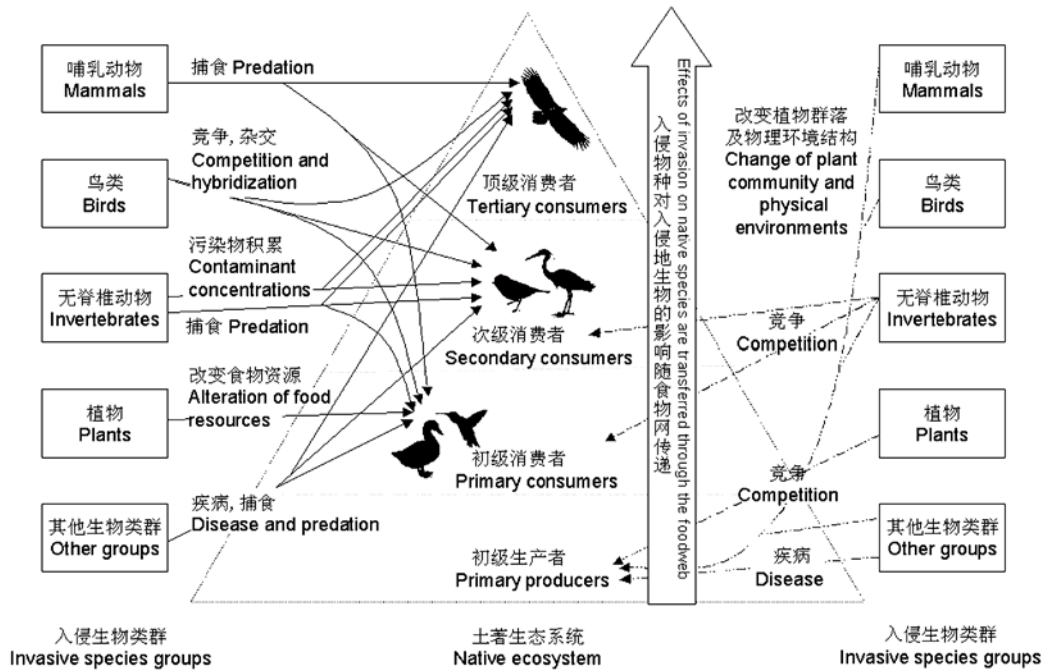


图1 入侵生物对鸟类的直接和间接影响(实线箭头: 直接影响; 虚线箭头: 间接影响)  
 Fig. 1 Direct and indirect effects of the invasive species on native birds. Continuous arrows indicate direct effects, dotted arrows indicate indirect effects.

坏以及引入外来生物等都有着密切的关系, 但外来生物入侵是造成岛屿鸟类灭绝的最主要原因(King, 1985; Case, 1996; Cassey, 2001; Blackburn *et al.*, 2004a, b; Clavero & Garcia-Berthou, 2005)。第一, 岛屿常常能够为外来生物提供“空生态位”, 从而使外来生物能够容易成功入侵(Simberloff, 1997); 第二, 岛屿孤立的自然环境使得很多岛屿上的鸟类缺少抵御外来生物的适应机制(如飞行能力差、巢址暴露、防御能力缺乏等)。另外, 岛屿有限的面积也使本地鸟类在受到攻击的时候难以找到有效的避难场所或缓冲空间。Mooney和Cleland(2001)认为, 岛屿是进化的热点地区, 而外来生物引起的物种灭绝会使岛屿的进化潜力不可逆转地消失。

(2) 与其他生物类群相比, 外来捕食者对本地鸟类的影响最大

相对而言, 外来生物虽造成本地鸟类栖息地丧失和食物资源的减少, 但其影响要比外来生物的捕食作用造成的影响小。因为前者的影响过程一般相对比较缓慢, 而鸟类可以逐渐适应新的环境, 甚至可通过协同进化过程与外来生物建立一定的种间联系; 而后者对鸟类的影响则相对直接和严重得

多, 鸟类很难在短时间内就进化出抵御捕食者的策略。例如, Siemann等(2006)发现, 随着外来植物入侵时间的增长, 群落内的昆虫多样性逐渐增高, 这些昆虫一方面会对外来植物产生抑制作用, 另一方面又可以成为本地鸟类的食物。一些外来植物的果实也可以作为本地植食性鸟类的食物 (Conway *et al.*, 2002; Drummond, 2005; Buddenhagen & Jewell, 2006)。在20世纪60年代, 关岛的热带森林里曾经有13种常见鸟类。在第二次世界大战期间, 棕树蛇 (*Boiga irregularis*)随着美国军队运输的货物被带到了关岛。它们定居下来并迅速扩散, 不仅吞食鸟蛋和雏鸟, 甚至有时连成鸟也会吃掉(Williams & Nowak, 1986)。据1998年调查, 13种森林常见鸟类中的10种已经灭绝, 其余3种也处于濒危状态(Fritts & Rodda, 1998; Fitzpatrick, 2001; Wiles *et al.*, 2003)。

(3) 绝大部分生物入侵对本地鸟类有不利的影响

大量研究表明, 外来生物的引入会通过直接或间接的作用而对本地鸟类产生不利的影响。虽然有些外来生物对本地的鸟类会表现出有利的一面, 但由于生物入侵的后果在短期内可能无法表现出来, 使得预测外来生物入侵的生态后果非常困难

(Koenig, 2003), 需要长时间的研究才能确定外来生物对入侵地的鸟类及其栖息地的影响。即使一些生物对本地的某种鸟类具有好处, 但对其他鸟类或其他生物类群可能具有不利的影响。因此, 对外来生物的生态影响的评价要综合考虑本地不同的生物类群和生态系统的各个组成成分。

## 5.2 未来可能的研究热点

### (1) 外来生物入侵性的预测

由于外来生物对全球生物多样性带来了巨大威胁, 预测入侵的生态学后果成为保护生物学现在及未来的一个研究热点(Koenig, 2003)。外来生物的入侵性不仅与其生物学特性和入侵方式有关(Cassey, 2001; Gamarra *et al.*, 2005), 也与本地生物群落的可入侵性(如群落的物种组成、食物网结构以及群落的发展过程)有关(Sol, 2000)。另外, 生物入侵的效应可能有一定的时间性, 显著的影响多发生在入侵的早期阶段, 经过一段时间, 鸟类也许可以适应改变的环境。因此, 时间可能是预测生物入侵的生态学后果的一个重要生态因子。

### (2) 鸟类对外来生物入侵的抵抗力的预测

由于每种鸟类对环境变化的适应能力不同, 外来生物的入侵对不同鸟类的影响程度也存在差异。Owens和Bennett(2000)认为, 外来捕食者对体型较大的鸟类的威胁高于体型较小的鸟类, 但生物入侵造成的栖息地丧失对体型较小的鸟类的威胁程度更高。另外, 与分布区域较广的鸟类相比, 仅在岛屿上分布的地方种由于缺少和捕食者协同进化的历史, 它们受到外来生物的影响更大(Case, 1996; Blackburn *et al.*, 2004a, b)。例如仅在新西兰分布的地方特有种的灭绝比例比在其他地区有分布的本地种的灭绝比例高6倍以上(McDowall, 1969)。而岛屿的地理特征, 如面积大小、地理隔离程度、地形特征(海拔高度)都对鸟类的灭绝有一定影响(Case, 1996; Biber, 2002)。但是这些论点目前还存在争议, 有的学者认为研究者可能过分强调了外来捕食者对岛屿鸟类的影响而忽视了其他全球变化因素所带来的影响(Didham *et al.*, 2005; Blackburn *et al.*, 2005), 这些观点还有待更多的研究来验证。

### (3) 外来生物入侵对大陆鸟类的影响

尽管Levi (1952)在半个世纪以前就提到引入外来生物会对本地的鸟类带来很多不良后果, 但是生物入侵对鸟类影响的研究一直集中在外来生物入

侵历史较长的岛屿, 而对大陆鸟类的研究相对较少。大陆鸟类对生物入侵的反应不仅与鸟类的种间竞争能力以及适应能力等有关, 也与外来物种的种间竞争能力、对当地环境的适应能力有关。相对岛屿, 大陆的生态系统更为复杂, 生物入侵的后果也更难以预测, 仍有待开展进一步的研究。

### (4) 从食物网的特征分析生物入侵对鸟类的影响

目前已开展的大部分研究都是针对某种外来生物对一种鸟类或本地鸟类群落的影响开展工作。由于生态系统的各个组成成员之间有着密切的联系, 在研究生物入侵对鸟类的影响时, 应从整个生态系统的角度进行分析。例如, 克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)入侵西班牙淡水水域30多年, 使水体植被的覆盖面积减少了99%; 无脊椎动物由于食物资源减少而种群数量下降; 两栖动物不仅受到克氏原螯虾的捕食, 还缺少卵附着的植被和幼体的栖息地, 两栖类的数量减少了71%。植食性水鸟的数量也因为食物的缺乏而明显下降(Rodríguez *et al.*, 2005)。因此, 深入研究外来生物对生态系统的食物网及各个营养级的影响, 对于理解外来生物对鸟类的影响具有很大帮助。

## 5.3 我国的研究现状及展望

我国是鸟类多样性最丰富的国家之一(郑光美, 2005), 也是受生物入侵威胁最严重的国家之一(李博和陈家宽, 2002)。初步调查表明, 入侵生物对我国各种类型生态系统都已经造成了影响(李振宇和解焱, 2002), 并对本地鸟类及其栖息地带来了直接或间接的威胁。随着土地利用类型改变、快速城市化、气候变暖等的进一步加剧, 生物入侵的问题将会越来越严重(Hoffman *et al.*, 1999)。然而, 目前我国有关生物入侵对鸟类影响方面的研究还不多, 而且大部分工作是有关生物入侵对本地鸟类影响的简单报道, 例如台湾地区的一些特有种或亚种鸟类(如画眉台湾亚种、环颈雉台湾亚种和台湾鹇等)受到人为引入的外来近缘种的竞争和遗传侵蚀而数量减少(谢伯娟和林曜松, 1999; 许育诚, 2002; Severinghaus & Tu, 2004); 西沙群岛引入的牛群对红脚鲣鸟(*Sula sula*)筑巢区域植被的破坏(Cao *et al.*, 2005)等。仅在个别方向, 如生物入侵对鸟类群落影响方面有较深入的研究(蒋科毅等, 2005; Gan *et al.*, 2006)。因此, 在我国系统开展生物入侵对鸟类及其栖息地影响的研究, 对于鸟类的保护, 特别是我国

特有鸟类和珍稀濒危鸟类的保护具有重要意义。

### 参考文献

- Allen CR, Lutz RS, Demarais S (1995) Red imported fire ant impacts on northern bobwhite populations. *Ecological Applications*, **5**, 632–638.
- Atkinson IAE (1977) A reassessment of factors, particularly *Rattus rattus*, that influenced the decline of endemic forest birds in the Hawaiian Islands. *Pacific Science*, **31**, 109–133.
- Benning TL, LaPointe D, Atkinson CT, Vitousek PM (2002) Interactions of climate change with biological invasions and land use in the Hawaiian Islands: modeling the fate of endemic birds using a geographic information system. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **99**, 14246–14249.
- Benoit LK, Askins RA (1999) Impact of the spread of *Phragmites* on the distribution of birds in Connecticut tidal marshes. *Wetlands*, **19**, 194–208.
- Biber E (2002) Patterns of endemic extinctions among island bird species. *Ecography*, **25**, 661–676.
- BirdLife International (2000) *Threatened Birds of the World*. Lynx Editions and BirdLife International, Barcelona and Cambridge, UK.
- Blackburn TM, Cassey P, Duncan RP, Evans KL, Gaston KJ (2004a) Avian extinction and mammalian introductions on oceanic islands. *Science*, **305**, 1955–1958.
- Blackburn TM, Cassey P, Duncan RP (2004b) Extinction in island endemic birds reconsidered. *Ecography*, **27**, 124–128.
- Blackburn TM, Cassey P, Duncan RP, Evans KL, Gaston KJ (2005) Response to comment on “Avian extinction and mammalian introductions on oceanic islands”. *Science*, **307**, 1212.
- Brieger G, Hunter RD (1993) Uptake and depuration of PCB77, PCB169, and hexachlorobenzene by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **26**, 153–165.
- Briskie JV (2006) Introduced birds as model systems for the conservation of endangered native birds. *Auk*, **123**, 949–957.
- Buddenhagen C, Jewell KJ (2006) Invasive plant seed viability after processing by some endemic Galapagos birds. *Ornithologia Neotropical*, **17**, 73–80.
- Cao L, Pang YL, Liu NF (2005) Status of the red-footed booby on the Xisha Archipelago, South China Sea. *Waterbirds*, **28**, 411–419.
- Case TJ (1996) Global patterns in the establishment and distribution of exotic birds. *Biological Conservation*, **78**, 69–96.
- Cassey P (2001) *Comparative Analyses of Successful Establishment Among Introduced Land Birds*. PhD dissertation, Griffith University, Australia. <http://www4.gu.edu.au:8080/adt-root/uploads/approved/adt-QGU20030915.094001/public/02Whole.pdf>
- Caum EL (1934) Exotic birds of Hawaii. *Auk*, **51**, 109.
- Clavero M, Garcia-Berthou E (2005) Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology and Evolution*, **20**, 110.
- Conway WC, Smith LM, Bergan JF (2002) Avian use of Chinese tallow seeds in coastal Texas. *Southwestern Naturalist*, **47**, 550–556.
- Custer CM, Custer TW (1996) Food habits of diving ducks in the Great Lakes after the zebra mussel invasion. *Journal of Field Ornithology*, **67**, 86–99.
- Didham RK, Ewers RM, Gemmill NJ (2005) Comment on “Avian extinction and mammalian introductions on oceanic islands”. *Science*, **307**, 1412.
- Dong H (董慧), Yang D (杨定) (2005) Population biology and behavioral genetics of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. *Plant Protection (植物保护)*, **31**, 18–23. (in Chinese with English abstract)
- Drummond BA (2005) The selection of native and invasive plants by frugivorous birds in Maine. *Northeastern Naturalist*, **12**, 33–44.
- Emlen JT (1938) Fire ants attacking California quail chicks. *Condor*, **40**, 85–86.
- Errol F (1987) *Extinct Birds*. Facts on File Publications, New York.
- Fitzpatrick JW (2001) Bird conservation. In: *Handbook of Bird Biology* (eds Podulka S, Rohrbaugh R Jr, Bonney R), 2nd edn. The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York.
- Flanders AA, Kuvlesky WP, Ruthven DC, Zaiglin RE, Bingham RL, Fulbright TE, Gernández F, Brennan LA (2006) Effects of invasive exotic grasses on South Texas rangeland breeding birds. *Auk*, **123**, 171–182.
- Fleishman E, Mcdinal N, Nally R, Murphy DD, Walters J, Floyd T (2003) Effects of floristics, physiognomy and non-native vegetation on riparian bird communities in a Mojave Desert watershed. *Journal of Animal Ecology*, **72**, 484–490.
- Forys EA, Allen CR (1999) Biological invasions and deletions: community change in south Florida. *Biological Conservation*, **87**, 341–347.
- Fox GA, MacCluskie MC, Brook RW (2005) Are current contaminant concentrations in eggs and breeding female lesser scaup of concern? *The Condor*, **107**, 50–61.
- Fritts TH, Rodda GH (1998) The role of introduced species in the degradation of island ecosystems: a case history of Guam. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **29**, 113–140.
- Gan XJ, Zhang KJ, Ma ZJ, Chen JK, Li B (2006) The effect of invasions of the grass *Spartina alterniflora* on wintering birds on Chongming Island, Dongtan Reserve, China. *Journal of Ornithology*, **147** (Suppl.), 169.
- Gamarra JGP, Montoya JM, Alonso D, Sole RV (2005) Competition and introduction regime shape exotic bird communities in Hawaii. *Biological Invasions*, **7**, 297–307.
- Gosper CR, Whelan RJ, French K (2006) The effect of invasive plant management on the rate of removal of verte-



- brate-dispersed fruits. *Plant Ecology*, **184**, 351–363.
- Goss-custard JD, Moser ME (1988) Rates of change in the numbers of dunlin, *Calidris alpina*, wintering in British estuaries in relation to the spread of *Spartina anglica*. *Journal of Applied Ecology*, **25**, 95–109.
- Guntenspergen GR, Nordby JC (2006) The impact of invasive plants on tidal-marsh vertebrate species: common reed (*Phragmites australis*) and smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) as case studies. *Studies in Avian Biology*, **32**, 229–237.
- Hsieh PC (谢伯娟), Lin YS (林曜松) (1999) Effect of exotic species to the ecosystem. In: *Stride Forward to the 21st Century – The Projects of Development of National Parks and Conservation of Biodiversity* (迈向二十一世纪—国家公园永续发展行动方案生物多样性保育训练论文集) (ed. Lin YS (林曜松)), pp. 244–257. Ministry of Interior Press, Taipei. (in Chinese)
- Hoffman W, Woolfenden GE, Smith PW (1999) Antillean short-eared owls invade southern Florida. *Wilson Bulletin*, **111**, 303–313.
- Jackson DB (2001) Experimental removal of introduced hedgehogs improves wader nest success in the Western Isles, Scotland. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 802–812.
- Jiang KY (蒋科毅), Yu MJ (于明坚), Ding P (丁平), Xu XH (徐学红), Jiang P (蒋平), Zhou CM (周成枚), Lu G (陆高) (2005) Avian community response to vegetation succession caused by the pine wood nematode in Zhejiang, China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 496–506. (in Chinese with English abstract)
- Kawakami K, Higuchi H (2003) Interspecific interactions between the native and introduced white-eyes in the Bonin Islands. *Ibis*, **145**, 583–592.
- Kennedy TA, Finlay JC, Hobbie SE (2005) Eradication of invasive *Tamarix ramosissima* along a desert stream increases native fish density. *Ecological Applications*, **15**, 2072–2083.
- Kerpez TA, Smith NS (1990) Competition between European starlings and native woodpeckers for nest cavities in Sagueros. *Auk*, **107**, 367–375.
- King WB (1985) Island birds: will the future repeat the past? In: *Conservation of Island Birds* (ed. Moors PJ), pp. 3–15. Page Brothers, Norwich, United Kingdom.
- Koenig WD (2003) European starlings and their effect on native cavity-nesting birds. *Conservation Biology*, **17**, 1134–1140.
- Levi HW (1952) There are a number of dangers inherent in the introduction of exotics. *Science*, **74**, 315.
- León AD, Mínguez E, Harvey P, Meek E, Crane JE, Furness RW (2006) Factors affecting breeding distribution of storm-petrels *Hydrobates pelagicus* in Orkney and Shetland. *Bird Study*, **53**, 64–72.
- Li B (李博), Chen JK (陈家宽) (2002) Ecology of biological invasions: achievements and challenges. *World Science-Technology Research and Development* (世界科技研究与发展), **24**(2), 26–36. (in Chinese with English abstract)
- Li ZY (李振宇), Xie Y (解焱) (2002) *Invasive Alien Species in China* (中国外来入侵种). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Lockwood JL (1999) Using taxonomy to predict success among introduced avifauna: relative importance of transport and establishment. *Conservation Biology*, **13**, 560–567.
- MacArthur RH, Wilson EO (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Major HL, Jone IL, Byrd GV, Williams JC (2006) Assessing the effects of introduced Norway rats (*Rattus norvegicus*) on survival and productivity of least auklets (*Aethia pusilla*). *Auk*, **123**, 681–694.
- Martin JL, Thibault JC, Bretagnolle V (2000) Black rats, island characteristics, and colonial nesting birds in the Mediterranean: consequences of an ancient introduction. *Conservation Biology*, **14**, 1452–1466.
- McDowall RM (1969) Extinction and endemism in New Zealand birds. *Tuatara*, **17**, 1–12.
- Milberg P, Tyrberg T (1993) Naive birds and noble savages—a review of man-caused prehistoric extinctions of island birds. *Ecography*, **16**, 229–250.
- Mooney HA, Cleland EE (2001) The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **98**, 5446–5451.
- Nordström M, Korpimäki E (2004) Effects of island isolation and feral mink removal on bird communities on small islands in the Baltic Sea. *Journal of Animal Ecology*, **73**, 424–433.
- Ortega YK, McKelvey KS, Six DL (2006) Invasion of an exotic forb impacts reproductive success and site fidelity of a migratory songbird. *Oecologia*, **149**, 340–351.
- Owens IPF, Bennett PM (2000) Ecological basis of extinction risk in birds: habitat loss versus human persecution and introduced predators. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **97**, 12144–12148.
- Perennou C (1997) The problem of the introduction of an aquatic bird, the ruddy duck (*Oxyura jamaicensis*). *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, (344–345), 143–151.
- Quammen D (1996) *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinction*. Scribner's, New York.
- Rabenold KN, Fauth PT, Goodner BW, Sadowski JA, Parker PG (1998) Response of avian communities to disturbance by an exotic insect in spruce-fir forests of the southern Appalachians. *Conservation Biology*, **12**, 177–189.
- Rhymer JM, Simberloff D (1996) Extinction by hybridization and introgression. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **27**, 83–109.
- Rhymer JM, Williams MJ, Braun MJ (1994) Mitochondrial analysis of gene flow between New Zealand mallards (*Anas platyrhynchos*) and grey ducks (*A. superciliosa*). *Auk*, **111**, 970–978.
- Rodríguez CF, Bécarea E, Fernández-Aláez M, Fernández-

- Aláez C (2005) Loss of diversity and degradation of wetlands as a result of introducing exotic crayfish. *Biological Invasions*, **7**, 75–85.
- Rodríguez JP (2001) Exotic species introductions into South America: an underestimated threat? *Biodiversity and Conservation*, **10**, 1983–1996.
- Roemer GW, Donlan CJ, Courchamp F (2002) Golden eagles, feral pigs, and insular carnivores: how exotic species turn native predators into prey. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **99**, 791–796.
- Ruiz GM, Carlton JT (2003) *Invasive Species: Vector and Management Strategies*. Island Press, Washington.
- Sala OE, Chapin FS, Axmesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NL, Sykes MT, Walker BH, Walker M, Wall DH (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, **287**, 1770–1774.
- Sax DF, Kinlan BP, Smith KF (2005) A conceptual framework for comparing species assemblages in native and exotic habitats. *Oikos*, **108**, 457–464.
- Schmidt KA, Whelan CJ (1999) Effects of exotic *Lonicera* and *Rhamnus* on songbird nest predation. *Conservation Biology*, **13**, 1502–1506.
- Scott JM, Mountainspring S, Ramsey FL, Kepler CB (1986) *Forest Bird Communities of the Hawaiian Islands: Their Dynamics, Ecology, and Conservation. Study in Avian Biology No. 9*. Allen Press, Lawrence, Kansas.
- Severinghaus LL, Tu HW (2004) Geographic variation of the highly complex hwamei (*Garrulax canorus*) songs. *Zoological Studies*, **43**, 629–640.
- Shochat E, Abramsky Z, Pinshow B (2001) Breeding bird species diversity in the Negev: effects of scrub fragmentation by planted forests. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 1135–1147.
- Siemann E, Rogers WE, Dewalt SJ (2006) Rapid adaptation of an invasive plant and its insect herbivores. *Proceedings of the Royal Society of London (Series B)*, **273**, 2763–2769.
- Simberloff D (1997) The biology of invasion. In: *Strangers in Paradise: Impact and Management of Nonindigenous Species in Florida* (eds Simberloff D, Schmitz C, Brown TC). Island Press, Washington, DC.
- Sol D (2000) Are islands more susceptible to be invaded than continents? Birds say no. *Ecography*, **23**, 687–692.
- Steadman DW (1995) Prehistoric extinctions of Pacific island birds: biodiversity meets zooarchaeology. *Science*, **267**, 1123–1131.
- Suarez AV, Yeh P, Case TJ (2005) Impacts of Argentine ants on avian nesting success. *Insectes Sociaux*, **52**, 378–382.
- Tadey M, Farji-Brener AG (2007) Indirect effects of exotic grazers: livestock decreases the nutrient content of refuse dumps of leaf-cutting ants through vegetation impoverishment. *Journal of Applied Ecology*. [http://www. blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2664.2007.01338.x](http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2664.2007.01338.x).
- Waring GH, Loope LL, Medeiros AC (1993) Study on use of alien versus native plants by nectarivorous forest birds on Maui, Hawaii. *Auk*, **110**, 917–920.
- Wiles GJ, Bart J, Beck RE, Aguon CF (2003) Impacts of the brown tree snake: patterns of decline and species persistence in Guam's avifauna. *Conservation Biology*, **17**, 1350–1360.
- Williams JD, Nowak RM (1986) Vanishing species in our own backyard: extinct fish and wildlife of the United States and Canada. In: *The Last Extinction* (eds Kaufman L, Mallory K). The MIT Press, Cambridge, MA.
- Xu RM (徐汝梅), Ye WH (叶万辉) (2003) *Biological Invasions: Theory and Practice* (生物入侵: 理论与实践). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Xu YC (许育诚) (2002) The hybridization between *Pycnonotus sinensis* and *P. taivanus*. In: *Love Taiwan: Know Endemic Species* (爱恋台湾: 探究台湾特有种鸟类) (ed. Jiang KD (江昆达)), pp. 22–23. Wild Bird Society of Taipei, Taipei. (in Chinese)
- Zerhusen PA (1994) European starling – eastern bluebird nest site competition. V. *Sialia*, **16**, 89–93, 98.
- Zhang RZ (张润志), Xue DY (薛大勇) (2005) What is the best strategy to against the invasion of red imported fire ant in China. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences* (中国科学院院刊), **20**, 283–287. (in Chinese with English abstract)
- Zheng GM (郑光美) (2005) *A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China* (中国鸟类分类与分布名录). Science Press, Beijing. (in Chinese)