

· 综述 ·

## 中国海洋生物多样性保护研究进展与几个热点问题

李纯厚, 贾晓平

(农业部渔业生态环境重点开放实验室, 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

**摘要:**根据近年最新研究成果, 对中国海洋生物多样性保护和研究进展进行了综述。文章重点阐述了海洋生物遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性状况、保护现状及其研究进展, 分析了目前海洋生物多样性保护所面临的主要威胁; 探讨了近期中国海洋生物多样性保护研究的几个热点问题。

**关键词:** 海洋生物多样性; 保护; 进展; 中国

中图分类号: Q178.53(2)

文献标识码: A

文章编号: 1673-2227-(2005)01-0066-05

## Advances and hot topics for the marine biodiversity protection in China

LI Chun-hou, JIA Xiao-ping

(Key Lab. of Fishery Ecology Environment, Ministry of Agriculture; South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

**Abstract:** To utilize orderly and protect reasonably the biodiversity resource in China Seas, the protection status and research development for the marine biodiversity was summarized, according to the newest research results as well as the historical surveying data. The main aspects were focused on the status and the research development for the genetic diversity, species diversity and ecosystem diversity of the marine organisms in China Seas, and also the main risk and several hot topics on the biodiversity protection were analyzed.

**Key words:** marine biodiversity; protection; advance; China

中国海包括渤海、黄海、东海、南海和台湾以东部分海域, 四海南北相连, 东北有朝鲜半岛, 西南有中南半岛(包括马来半岛), 其中东部和南部为九州岛、琉球群岛、菲律宾群岛、大巽他群岛所围绕, 面积总和为 470 万 km<sup>2</sup>。从北部的鸭绿江口, 到南端的北仑河口,  $1.8 \times 10^4$  km 的大陆岸线蜿蜒曲折, 6 500 多个岛屿星罗棋布。周边与朝鲜、韩国、日本、菲律宾、越南、马来西亚、印度尼西亚、文莱等国相邻。气候特征变化复杂, 覆盖寒带、温带、亚热带和热带气候区域, 既受热带海洋性季风环流影响, 也受大陆性季风环流影响。黄河、长江和珠江等河流将内陆主要江河湖泊淡水带入大海。由于广域的地理分布, 复杂的

气候特征, 多样的生态环境, 蕴育了丰富的生物多样性, 成为重要的海洋生物多样性资源宝库。对我国的海洋生物多样性状况, 已有不少学者进行过初步探讨<sup>[1-7]</sup>, 本文着重就我国海洋生物多样性研究的现状、生物多样性保护面临的主要威胁和近期我国海洋生物多样性保护研究的几个热点问题进行初步论述。

### 1 中国海洋生物多样性研究进展

#### 1.1 遗传多样性研究

广义的遗传多样性是地球上所有生物携带的遗传信息的总和。狭义的遗传多样性主要指种内不同群体之间或一

个群体内不同个体的遗传变异的总和。遗传多样性是生物多样性的重要组成部分, 是进化和适应的基础, 种内遗传性越丰富, 物种对环境的适应能力就越强。海洋生物的遗传多样性比陆地生物更为丰富和复杂, 许多类群基因序列的 5% ~ 15% 是复合型, 而陆生哺乳类和鸟类的平均值分别为 3.6% 和 4.3%。1990' 以来, 国际上对海洋生物遗传多样性的研究发展很快, 利用细胞遗传多样性、生化遗传多样性和分子遗传多样性, 对海洋生物的种质鉴定、系统演化以及群体遗传结构分析等方面均有较为广泛的应用<sup>[8]</sup> (权洁霞等, 1999), 当然, 与淡水生物遗传多样性研究比较仍存在很大差距。

李锡强等 (1994)<sup>[9]</sup> 研究了斑带石斑鱼与黑边石斑鱼、陈毅恒研究了六带石斑鱼的核型, 结果表明, 这些石斑鱼的核型均为  $2n=48$ 、 $48t$ ,  $NF=48$ ; 洪满贤等<sup>[10]</sup> (1996) 研究了网纹石斑鱼乳酸脱氢酶同工酶核型; 刘仁沿对中国北方 (青岛、烟台、兴城、大连、丹东) 5 个群体的菲律宾蛤仔的酯酶、超氧化物歧化酶、葡萄糖六磷酸脱氢酶、苹果酸脱氢酶、磷酸葡萄糖异构酶、苹果酸酶、过氧化氢酶等 13 种同工酶进行了比较研究, 计算了 9 种遗传参数, 确定了菲律宾蛤仔遗传多样性水平, 其平均杂合度为 0.303, 其遗传结构与地理位置和生态环境条件有明显的相关性, 确定了菲律宾蛤仔遗传多样性 (杂合度) 与铜、锌、镉、含量呈正相关, 与铅含量呈负相关。对扇贝生物种群遗传结构及遗传多样性的应用方面研究也取得了一定进展, 获得了日本栉孔扇贝与中国栉孔扇贝杂交品系, 建立了中国栉孔扇贝的 cDNA 文库。江世贵等 (1998, 2000)<sup>[11-13]</sup> 系统研究解决了几种主要珍稀鲷科鱼类精子的保存技术; 陈-琴等 2001 ~ 2003 年系统研究了南海超微型浮游植物的分子特征及遗传多样性、近岸海域微型浮游植物的生物多样性和中国海洋微型蓝藻资源的分子鉴定及多样性<sup>[14]</sup>; 施苏华等 2000 ~ 2003 年研究了红树林植物的遗传多样性; 徐安龙等自 1999 启动南海海洋特有生物资源功能基因组研究以来, 一直在进行海洋生物药用功能基因的研究与开发、药用海洋生物功能基因组的研究和开发, 启动了中国文昌鱼基因组计划。

## 1.2 物种多样性研究

物种多样性研究的主要内容包括物种多样性的现状 (包括受威胁状况)、物种多样性的形成、演化及维持机制等。据统计, 中国海域已记录的海洋生物物种共 20 278 种, 隶属于 44 门, 其中鱼类约占世界总数的 14%, 蔓足类约占 24%, 昆虫类约占 20%, 红树林植物约占 43%, 海鸟类占 23%, 头足类占 14%, 造礁珊瑚物种约占印度-西太平洋总数的  $1/3$ <sup>[2,15]</sup>。

我国海洋生物中有许多是中国特有物种和世界珍稀种, 如中华鲟 *Acipenser sinensis* Gray、中华白海豚 *Sousa chinensis*

(Osbeck)、儒艮 *Dugong dugon* (Muller)、海龟 *Chelonia mydas* (Linnaeus)、日本红珊瑚 *Corallium japonicum* Kishinouye、文昌鱼 *Branchiostoma belcheri* Gray、大珠母贝 *Pinctada maxima* (Jameson)、鹦鹉螺 *Nautilus pompilius* Linnaeus、鲎 *Tachypleus tridentatus* Leach 等。

我国海洋生物多样性的主要特点: (1) 物种数由北向南递增, (2) 中国海域是西北太平洋某些温水种分布的南界, 也是许多暖水种分布的北界, (3) 由于黑潮暖流使得许多暖水种分布的界限北移, (4) 有 12 个门类为海洋生物所特有<sup>[15]</sup>。

## 1.3 生态系统多样性研究

1.3.1 红树林生态系统 红树林是生长在热带、亚热带海岸潮间带的一种特殊的植物群落。主要分布在江河入海口及沿海岸线的海湾内, 对防风、防浪、保护海堤及海岸具有明显的效应, 同时对现代工业化所造成的污染具有一定净化作用和抗污染能力。

我国红树林的天然分布仅见于海南、广东、广西、福建、台湾、香港和澳门的部分海岸地区, 广东、广西和海南三省区是我国红树林分布最广、面积最大和种类最丰富的省份, 尤以广东的湛江、广西的合浦和海南的琼山分布面积最大, 生长最为繁茂。广东 20 世纪 50 年代仅雷州半岛的红树林面积就有  $140 \text{ km}^2$ , 但因砍伐、围垦、建虾塘等, 1985 年仅剩不足  $60 \text{ km}^2$ ; 2001 年全省红树林面积  $9\,084 \text{ hm}^2$ <sup>[16]</sup>; 广西曾有红树林湿地面积  $223 \text{ km}^2$ , 现在仅存  $56 \text{ km}^2$ ; 海南多数江河出海口及沿岸独立的海湾均有红树林生长, 20 世纪 50 年代初期琼山、文昌、陵水、三亚、儋州等地约有红树林  $100 \text{ km}^2$ , 但到 20 世纪 80 年代剩下不足  $50 \text{ km}^2$ , 主要分布在琼山的东寨港、文昌青澜港、三亚的牙龙湾青梅港和三亚河、澄迈的花场湾、儋州的新英、东场和夏兰等地。

1.3.2 珊瑚及珊瑚礁生态系统 珊瑚礁生态系是由造礁石珊瑚生物群体本身形成的底质所支持的特殊生态系, 提供了复杂的生物生态环境, 拥有海洋中最多的物种, 其丰富程度接近陆地上的热带雨林, 被称为“海底雨林”和生物多样性保存库。

我国南海诸岛及海南岛是珊瑚礁的重要分布区域, 广东、广西沿海地区也有分布。广东珊瑚礁主要分布在雷州半岛西南海岸的流沙港、东场港和滘尾湾一带, 以灯楼角岬角东西两侧最为完整; 海南岛的珊瑚礁则主要分布在文昌、琼海、三亚、东方、昌江、儋州、临高等沿海市县海岸, 西沙群岛、中沙群岛的离岸珊瑚礁大片存在; 广西主要分布在涠洲岛附近海域。

珊瑚礁的生长发育对环境条件有着特殊的要求, 在遭受人为和自然的双重压力下, 珊瑚礁生态系面临着严重的退化, 尤其是人类的活动对珊瑚礁影响形势更为严峻。

2002~2003年,中国水产科学研究院南海水产研究所在大亚湾首次成功地开展了珊瑚礁生态系统人工移植,取得明显效果。

**1.3.3 海草床生态系统** 南海北部的海草场主要分布在广东雷州半岛的流沙湾,湛江东海岛和阳江海陵岛、广西北部湾沿岸的潮间带和潮下带和海南东海岸的文昌高隆湾、琼海龙湾港和陵水新村港及西部的东方等海域。主要种类包括喜盐草、二药藻和贝克喜盐草。目前,海草的生境已受到围海养虾、海水养殖、非法渔业作业、环境污染、开挖港池航道等人类活动和台风等自然灾害的严重影响和威胁。

**1.3.4 海湾生态系统** 我国沿海拥有许多优良的港湾,如广东的大亚湾、大鹏湾、海陵湾、雷州湾,广西的廉州湾、大风江口、钦州湾、北仑河口,海南的月亮湾、高隆湾、冯家湾、春园湾、南燕湾、石梅湾、日月湾、香水湾、陵水湾、三亚湾等。

**1.3.5 河口生态系统** 我国典型河口生态系统主要分布在黄河口、长江口和珠江口。河口生物量高,生物多样性极为丰富,包括浮游植物、浮游动物、底栖生物、游泳生物、潮间带生物和红树林等,以低盐性和广盐性热带、亚热带种类为主,形成了一个独特的河口内湾类型的海洋生态系统。

**1.3.6 上升流生态系统** 上升流生态系统是海洋水团剧烈活动海域,由于水团的涌升,带动深层富含营养物质水上升至表层,并不断混合,因而是海洋生物重要汇集区,生物多样性极为丰富,如广东遮浪上升流生态系统和担杆岛以北海域上升流生态系统是生物多样性极为丰富的海域。

**1.3.7 重要产卵场生态系统** 我国主要经济渔业生物种类的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道,主要分布在近岸水深40 m等深线范围以内,但在100 m水深以外海域仍有重要鱼类产卵场和洄游通道。近年来,由于环境污染、海洋工程建设、违规捕捞作业等活动已对我国主要经济渔业生物的产卵场、索饵场、孵育场和洄游通道造成较大破坏,严重影响了生物资源补充群体的再生能力。

## 2 海洋生物多样性保护面临的主要威胁

### 2.1 围海、填海等工程建设,导致生态系统严重破坏

受局部和眼前利益驱使,沿海围海、填海等工程建设,特别是违规建设现象严重,如截止到1999年,广东省已围垦滩涂(海域)面积达 $15.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。这些人为的活动使得浅海滩涂(湿地)、海湾、珊瑚礁、产卵场、孵育场等生态系统碎化、退化和完全丧失,已给生物多样性带来毁灭性的威胁,不仅物种个体丧失,而且生态系统多样

性遭到破坏,生物资源补充群体减少甚至失去生存空间。

### 2.2 过度捕捞,资源衰退,物种发生明显演变

过度的捕捞活动造致了我国生物资源发生明显衰退,物种组成发生明显演变。统计表明,从20世纪80年代初开始,广东、广西和海南三省区机动渔船数量从1981年的 $1.45 \times 10^4$ 艘、 $30.82 \times 10^4 \text{ kW}$ 猛增至2000年的 $7.76 \times 10^4$ 艘、 $317.6 \times 10^4 \text{ kW}$ ,加上我国港澳特区、福建省以及越南在南海北部作业的渔船,南海北部海域捕捞渔船总功率大致为最适捕捞作业量 $210 \times 10^4 \text{ kW}$ 的3倍。

单位渔获量(CPUE)明显下降。1960年以前CPUE范围在 $1.8 \sim 2.4 \text{ t} \cdot \text{kW}^{-1}$ ,渔业资源开发处于未充分利用阶段;1960~1978年,CPUE范围在 $1.4 \sim 1.8 \text{ t} \cdot \text{kW}^{-1}$ ,渔业资源处于充分利用阶段;1978年以来CPUE大幅度下降,范围在 $0.69 \sim 1.0 \text{ t} \cdot \text{kW}^{-1}$ ,渔业资源明显利用过度。尤其是20世纪90年代以来,海洋捕捞业效益呈明显下降趋势,资源衰退更为严重。

渔获物种发生明显演变。20世纪70年代底拖网渔获组成中,经济渔获物占60%~70%;1973年和1983年调查显示,经济种类渔获量分别占总渔获量的68%和66%;1997~2000年调查结果,经济种类生物量仅占总生物量的51%,并主要由年龄不满1周岁的幼鱼所组成<sup>[17]</sup>。

### 2.3 环境污染,对生物多样性构成巨大威胁

沿海陆源污染源强仍持续增长。以广东省统计数据为例,自1992年以来,沿海地区城镇生活污水的排放量呈明显上升趋势。2002年工业废水排放总量 $11.92 \times 10^8 \text{ t}$ ,其中工业废水外排的COD、氨氮、石油类和7种一类有毒有害物质的总量分别为 $17.59 \times 10^4 \text{ t}$ 、 $7239 \text{ t}$ 、 $664 \text{ t}$ 、 $53 \text{ t}$ ,排放总量比1992年的 $10.96 \times 10^8 \text{ t}$ 多出约 $1 \times 10^8 \text{ t}$ ;沿海城镇生活污水排放量达到 $29.99 \times 10^8 \text{ t}$ ,明显高于1992年的 $11.64 \times 10^8 \text{ t}$ 。化肥及农药等农用化学制品的大量使用成为农业面源污染负荷的主体,2000年广东沿海各地区农业面源总氮、总磷和COD<sub>cr</sub>污染负荷量分别为 $6.79 \times 10^4 \text{ t}$ 、 $1.16 \times 10^4 \text{ t}$ 和 $142 \times 10^4 \text{ t}$ ,较1992年呈明显增长趋势。外源污染物的排放,对排放区域及附近海域的生物多样性已构成巨大威胁。

### 2.4 外来物种入侵和转基因生物释放,导致土著种遭受排挤、灭绝及遗传多样性破坏

入侵外来生物(invasive alien species)的生态代价是造成本地物种多样性不可弥补的消失、物种的灭绝和遗传物质资源的丢失,对生物多样性保护、持续利用及人类生存环境构成重要威胁,并对农林牧渔业造成产量与质量的惨重损失和高额的防治费用<sup>[18,19]</sup>。外来物种入侵对生物多样性的威胁及影响,目前关注和研究焦点主要在陆生微生物、动物和植物<sup>[20]</sup>。

转基因生物作为人类科技进步产品, 已突破了传统生物分类系统的概念, 具有普通物种不具备的优势特征, 释放到环境中后会改变物种间的竞争关系, 破坏原有自然生态平衡, 将导致物种灭绝和生物多样性丧失; 同时转基因生物通过基因漂移, 将破坏野生近缘种的遗传多样性<sup>[21,22]</sup>。

### 3 中国海洋生物多样性保护研究的几个热点问题

#### 3.1 生物多样性的调查、编目、监测及信息系统建设

根据生物多样性区划特点, 建立和完善统一的生物多样性保护监测网络, 按照统一的技术规范, 开展对重要目标生物多样性状况及生态环境的长期动态调查和监测, 开展游泳生物的种群结构、数量变动和群落演替规律及生物学特征研究, 开展渔业资源量和可捕量的研究, 积累、建立和完善中国海洋生物物种多样性数据库、珍稀濒危动物种数据库、经济动植物种数据库、生态系统数据库、遗传多样性数据库等, 建立生物多样性保护区域地理信息系统, 为生物多样性的保护、利用和科学管理提供决策依据, 协调国际性生物多样性保护战略和行动; 建立全国范围的海洋生物种质资源数据网络系统, 实现我国自然科技资源成果与实物的共享。建立外来海水养殖生物环境生态跟踪监测评价系统, 确保引进物种对我国海洋生态环境的安全; 建立我国海洋生物物种及其分布、种群数量变动、生态系中的地位、区系和生物地理学特点数据库, 探明海洋生物在全球变化、人类活动影响下的变化轨迹、方式、机制。

#### 3.2 濒危物种的濒危机制、重要经济种类的遗传多样性与系统进化研究

加强对珍稀濒危物种濒危机制研究, 重点研究气候变化、环境变化及人类活动的影响。开展野生原种调查, 查明资源组成、分布、数量变化以及遗传结构, 对水产种质资源进行物种多样性、生态系统多样性和种群遗传多样性三个层次多样性形成机理和变化规律的研究; 加强对现有海水养殖优良种质遗传资源的基础研究, 建立海水养殖生物的种质检测技术和综合评定标准, 查明重要养殖对象种群遗传结构及涉及各种抗性和经济性状的潜在基因资源, 建立种质标准, 保护现有种质资源, 发掘新种质资源, 构建核心种质, 实施优良种质资源的可持续利用; 开展水产基因资源的调查、收集、筛选、分离、克隆以及结构和序列的分析研究。选择特定物种开展基因组计划, 建立遗传图谱和分子标记, 为种质资源保存提供科学依据; 开展重要种类的遗传背景与遗传多样性评价, 重要种类的种群遗

传结构分析和重要类群的分子亲缘关系与分子系统学研究。

#### 3.3 生态系统功能与生态系统管理

全面系统研究中国近海生态系统在自然与人类活动影响下的动态变化过程与机制, 研究、提出相应的保护对策与方法。重点研究三大典型海洋生态系统和重要产卵场生态系统生境、生物群落和生态过程多样性及其特征, 研究重要产卵场物理、化学和生物环境特点, 重要生物种群的生理学、生物学和生态学特性及其洄游分布特征; 研究重要生物资源种群的早期生活史和补充机制; 研究鱼类区系划分策略及不同鱼类区系的结构特性, 鱼类区系与理化和生物环境因子的关系; 研究捕捞对鱼类区系结构及功能的影响, 优势种变动机制及变动趋势, 人类活动和全球气候变化对生态系统的结构、功能和完整性的影响; 研究渔业对生态系统影响的环境指标, 海洋生态系统功能和动态的生态指标, 捕捞对生态系统组成影响指标, 渔业基于生态系统管理策略。

#### 3.4 全球气候、环境变化及人类活动对生物多样性的影响

研究气候变化对生物种群产卵场关键物理过程、生源要素补充与更新的影响; 研究捕捞、污染、海水养殖对产卵场的影响; 研究关键功能生物种群的动态变化及与生物和非生物环境的关系, 探讨生物学过程与关键物理过程的耦合机制以及对气候变化的响应, 建立关键种群动力学模型, 揭示中国近海生态系统的结构、功能及其变化机制; 研究中国近海典型区域基础生产的结构、时空分布和动态变化, 特别是对人为和自然环境变异的响应; 研究沿海城市化、污染物排放、产业调整、水利工程等人类活动对近海海域环境质量的影响及其生态系统之响应, 探讨我国沿海环境质量的演变规律及其与人类活动之间的关系, 建立一些能够衡量海洋环境质量、污染程度的生物标识系统以及相应的快速监测方法; 研究控制我国近海生物多样性变化的关键生物地球化学过程, 揭示生源要素的生态学功能和生物过程作用下的生源要素的生物地球化学循环; 研究我国赤潮种类生物多样性及对环境变化的响应规律, 探讨赤潮生物营养机制及其海域富营养化对赤潮形成的影响。

#### 3.5 生物多样性保护、恢复和持续利用技术和对策

海洋生物多样性保护技术与对策研究, 包括海洋与水产自然保护区保护与建设、生物种质资源收集、整理与保存、海洋生物功能基因克隆等。海洋生态环境修复与生物资源恢复技术与对策研究, 包括主要河口区生态环境修复技术、重要港湾生态环境修复技术、生物多样性优良海湾的保护与恢复、生物资源恢复技术与对策。

### 3.6 外来物种入侵和转基因生物释放对生物多样性的影响

开展外来物种的综合调查, 加强外来物种对海洋生物多样性的影响及生态危害评估; 加强转基因生物释放到环境后物种间种群竞争与变化研究, 评价转基因生物的基因漂移对野生近缘种群遗传多样性的影响。

#### 参考文献:

[1] 王斌. 我国海洋生物多样性保护的进展 [J]. 海洋环保, 2002, (3): 28-32.

[2] 陈清潮. 中国海洋生物多样性的现状和展望 [J]. 生物多样性, 1997, 5 (2): 142-146.

[3] 王安利. 中国海洋生物多样性的研究 [J]. 河北大学学报(自然科学版), 2000, 20 (2): 204-208.

[4] 李纯厚, 贾晓平, 王云龙, 等. 中国海洋浮游动物多样性研究 [J]. 海洋学报, 2003, 25 (增刊1): 180-191.

[5] 李纯厚, 贾晓平, 蔡文贵. 南海北部浮游动物多样性研究 [J]. 中国水产科学, 2004, 11 (2): 139-146.

[6] 余勉余, 梁超愉, 李茂照, 等. 广东浅海滩涂增养殖业环境及资源 [M]. 北京: 科学出版社, 1990. 28-42.

[7] 郭金富, 李茂照, 余勉余主编. 广东海岛海域海洋生物和渔业资源 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1994. 82-99.

[8] 权洁霞, 戴继勋, 尚迅. 海洋生物遗传多样性研究现状 [J]. 青岛海洋大学学报, 1999, 29 (2): 283-288.

[9] 李锡强, 彭跃东. 斑带石斑鱼与黑边石斑鱼的核型研究 [J]. 湛江水产学院学报, 1994, 12 (2): 22-26.

[10] 洪满贤, 林凌涛. 网纹石斑鱼乳酸脱氢酶同工酶的研究 [J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1996, 35 (6): 952-954.

[11] 江世贵, 李加儿, 区又君, 等. 南海区4种鲷鱼精子的适盐性比较 [J]. 湛江海洋大学学报, 1998, 18 (4): 21-25.

[12] 江世贵, 李加儿, 区又君, 等. 不同温度保存对黑鲷精子活力的影响 [J]. 热带海洋, 1999, 18 (4): 81-85.

[13] 江世贵, 李加儿, 区又君, 等. 4种鲷科鱼类精子的激活条件与其生态习性的关系 [J]. 生态学报, 2000, 20 (3): 170-175.

[14] 陈月琴, 王宁, 周惠, 等. 棕囊藻赤潮原因种的分子鉴定和起源分析 [J]. 海洋学报, 2002, 24 (6): 99-103.

[15] 黄宗国主编. 中国海洋生物种类与分布 [M]. 北京: 海洋出版社, 1994.

[16] 林中大, 刘惠民. 广东红树林资源及其保护管理的对策 [J]. 中南林业调查规划, 2003, 22 (2): 35-38.

[17] 贾晓平, 李永振, 李纯厚, 等. 南海专属经济区和大陆架渔业生态环境与渔业资源 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[18] 柏成寿. 外来入侵种管理与生物多样性保护 [J]. 环境保护, 2002, (8): 21-23.

[19] 丁建清, 解焱. 中国外来种入侵机制及对策 [A]. 见: 汪松, 解彼德, 解焱主编. 保护中国的生物多样性(二) [C]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996. 107-128.

[20] 向言词, 彭少麟, 周厚诚, 等. 外来种对生物多样性的影响 [J]. 广西植物, 2002, 22 (5): 425-432.

[21] 钱迎倩, 魏伟, 桑卫国, 等. 转基因作物对生物多样性的影响 [J]. 生态学报, 2001, 21 (3): 337-343.

[22] 马桂荣. 转基因生物对生物多样性的影响 [J]. 职业与健康, 2003, 19 (10): 84-85.