

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 14 期 Vol.31 No.14 **2011**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 14 期 2011 年 7 月 (半月刊)

## 目 次

|                                       |                      |
|---------------------------------------|----------------------|
| 厦门市三个产业土地利用变化的敏感性·····                | 黄 静,崔胜辉,李方一,等 (3863) |
| 黄河源区沙漠化及其景观格局的变化·····                 | 胡光印,董治宝,逯军峰,等 (3872) |
| 岩溶山区景观多样性变化的生态学意义对比——以贵州四个典型地区为例····· | 罗光杰,李阳兵,王世杰,等 (3882) |
| 基于城市地表参数变化的城市热岛效应分析·····              | 徐涵秋 (3890)           |
| 北京市土地利用生态分类方法·····                    | 唐秀美,陈百明,路庆斌,等 (3902) |
| 长白山红松臭冷杉光谱反射随海拔的变化·····               | 范秀华,刘伟国,卢文敏,等 (3910) |
| 臭冷杉生物量分配格局及异速生长模型·····                | 汪金松,张春雨,范秀华,等 (3918) |
| 渔山岛岩礁基质潮间带大型底栖动物优势种生态位·····           | 焦海峰,施慧雄,尤仲杰,等 (3928) |
| 食物质量差异对树麻雀能量预算和消化道形态特征的影响·····        | 杨志宏,邵淑丽 (3937)       |
| 桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征·····     | 张明阳,王克林,刘会玉,等 (3947) |
| 隔沟交替灌溉条件下玉米根系形态性状及结构分布·····           | 李彩霞,孙景生,周新国,等 (3956) |
| 不同抗病性茄子根系分泌物对黄萎菌的化感作用·····            | 周宝利,陈志霞,杜 亮,等 (3964) |
| 镉在草-菇-土系统中的循环与生物富集效应·····             | 翁伯琦,姜照伟,王义祥,等 (3973) |
| 鄱阳湖流域泥沙流失及吸附态氮磷输出负荷评估·····            | 余进祥,郑博福,刘娅菲,等 (3980) |
| 柠条细根的分布和动态及其与土壤资源有效性的关系·····          | 史建伟,王孟本,陈建文,等 (3990) |
| 土壤盐渍化对尿素与磷酸脲氮挥发的影响·····               | 梁 飞,田长彦 (3999)       |
| 象山港海域细菌的分布特征及其环境影响因素·····             | 杨季芳,王海丽,陈福生,等 (4007) |
| 近地层臭氧对小麦抗氧化酶活性变化动态的影响·····            | 吴芳芳,郑有飞,吴荣军,等 (4019) |
| 抑制剂和安全剂对高羊茅根中酶活性和菲代谢的影响·····          | 龚帅帅,韩 进,高彦征,等 (4027) |
| 南苜蓿高效共生根瘤菌土壤的筛选·····                  | 刘晓云,郭振国,李乔仙,等 (4034) |
| 汉江上游金水河流域土壤常量元素迁移模式·····              | 何文鸣,周 杰,张昌盛,等 (4042) |
| 基于地理和气象要素的春玉米生育期栅格化方法·····            | 刘 勤,严昌荣,梅旭荣,等 (4056) |
| 日光温室切花郁金香花期与外观品质预测模型·····             | 李 刚,陈亚茹,戴剑锋,等 (4062) |
| 冀西北坝上半干旱区南瓜油葵间作的水分效应·····             | 黄 伟,张俊花,李文红,等 (4072) |
| <b>专论与综述</b>                          |                      |
| 鸟类分子系统地理学研究进展·····                    | 董 路,张雁云 (4082)       |
| 自然保护区空间特征和地块最优选择方法·····               | 王宜成 (4094)           |
| 人类活动是导致生物均质化的主要因素·····                | 陈国奇,强 胜 (4107)       |
| 冬虫夏草发生的影响因子·····                      | 张古忍,余俊锋,吴光国,等 (4117) |
| 自然湿地土壤产甲烷菌和甲烷氧化菌多样性的分子检测·····         | 余晨兴,全 川 (4126)       |
| <b>研究简报</b>                           |                      |
| 塔里木河上游典型绿洲不同连作年限棉田土壤质量评价·····         | 贡 璐,张海峰,吕光辉,等 (4136) |
| 高山森林凋落物分解过程中的微生物生物量动态·····            | 周晓庆,吴福忠,杨万勤,等 (4144) |
| 生物结皮粗糙特征——以古尔班通古特沙漠为例·····            | 王雪芹,张元明,张伟民,等 (4153) |
| 不同海拔茶园害虫、天敌种群及其群落结构差异·····            | 柯胜兵,党凤花,毕守东,等 (4161) |

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 306 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 33 \* 2011-07



封面图说:内地多呈灌木状的沙棘,在青藏高原就表现为高大的乔木,在拉萨河以及雅鲁藏布江沿岸常常可以看到高大的沙棘林和沼泽塔头湿地相映成趣的美丽景观。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

陈国奇, 强胜. 人类活动是导致生物均质化的主要因素. 生态学报, 2011, 31(14): 4107-4116.

Chen G Q, Qiang S. Human activities are the principle cause of biotic homogenization. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(14): 4107-4116.

# 人类活动是导致生物均质化的主要因素

陈国奇, 强 胜\*

(南京农业大学杂草研究室, 江苏南京市 210095)

**摘要:**随着全球化和现代化的持续发展, 生物均质化(不同地区的生物群落在物种组成、基因库和功能上趋向于相似或简单化)在全球范围内广泛发生, 给保护生物多样性和种质资源库带来严峻挑战。人类活动是当前全球生物均质化最为重要和直接的推动因素。农业耕作活动直接导致了农田生态系统的普遍生物均质化; 垦荒可直接导致生物多样性大幅减少, 大面积单一化的作物类型、品种和耕作管理模式, 农药化肥的大量使用, 机械化、集约化和转基因作物的推广所带来生物均质化问题都直接威胁粮食生产和安全。城市所带来的普遍相似的高强度人工干扰、交通运输和建设、规划、破坏自然生境等各种人类活动必然驱动全球生物大规模的均质化。人类活动直接导致的少数成功种恶性扩散并迅速取代大量失败种从而导致生物均质化的现象普遍。生物入侵和灭绝、本地种以及新的杂交种的恶性扩散都直接导致生物均质化。生物均质化的隐患严重威胁着我国生态环境和经济社会安定发展, 相关研究在我国尚未起步, 当前我国生物均质化研究的迫切任务主要有: (1) 建立有效的均质化评估方法体系; (2) 研究我国各种主要生态系统类型以及主要生物类群的均质化现状、规律和趋势; (3) 掌握我国农业生态系统生物均质化的现状、规律和趋势; (4) 建立和完善均质化长期监测研究的相关数据库资源。

**关键词:**生物均质化; 农业; 城市化; 生物入侵和灭绝

## Human activities are the principle cause of biotic homogenization

CHEN Guoqi, QIANG Sheng\*

Weed Research Laboratory, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

**Abstract:** With the development of globalization and modernization, biotic homogenization (BH, referring to the process by which the taxonomic, genetic or functional similarities of regional biotas increase over time) pervasively occurs worldwide. BH seriously challenges the conservations of biodiversity and germplasm resources. Human activities are the principle cause of current global BH. Agriculture directly cause pervasive BH in agro-ecosystems worldwide. Land reclamation usually results in great decrease of biodiversity. And BH caused by large areas of homogenized crop species, varieties and tillage management, heavy use of pesticides and fertilizers, mechanization, intensification and the popularizing of genetically modified crops seriously challenges the crop production and security. Unfortunately, information about BH situation, occurrence and trend in agro-ecosystems is rare. And thus the relative study is very urgent, in particular that the agricultural model in China is undergoing dramatic changes. Urbanization generally leads to large areas of uniform artificial habitats and habitat degradation which directly cause pervasive BH. Human-induced species distributions and extinctions can also directly cause BH, such as biological invasions and extinctions and the serious spread of local generalists and new hybrids. Generally speaking, in large scale, indigenous species lean to cause BH, while in small scale they may cause biotic differentiation. China is undoubtedly suffering from pervasive BH, however, relative research has not initiated. Currently, it is urgent to conduct BH researches in China to: (1) establish effective BH assessing model; (2) understand the BH situations of major ecosystems and species groups; (3) understand situation, regulation and trend of BH in arable

**基金项目:**国家基础研究(973)项目(2009CB119200); 国家公益性行业科研专项(200709017)

**收稿日期:**2010-06-26; **修订日期:**2010-11-22

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: qiangs@njau.edu.cn; wrl@njau.edu.cn

lands, and (4) excavate, build and improve the relative database for BH researches.

**Key Words:** biotic homogenization; agriculture; urbanization; biological invasion and extinction

在漫长的地质年代里,尤其是新的世界大陆形成以来,由于全球范围内广泛存在的自然地理隔离,世界各地的生物在各自特定的环境和空间内独立演化进而形成各具特色的生物群落和区系,当然,其中也包括人类和人类文化,从而构成方方面面丰富多彩的生物多样性。然而,自第一次工业革命开始,随着现代科学、技术、工业、商业和城市等,特别是交通的飞速发展,地球正变得“愈来愈小”、世界各地间的距离正变得“愈来愈近”<sup>[1]</sup>。由于人类活动能力增强,活动增多,世界在各个方面的趋同性趋势愈来愈明显。生物物种的趋同性尤其明显,其影响也更为深远。近期,包括一位诺贝尔奖得主在内的4位科学家在美国化学学会双周刊《Environmental Science & Technology》杂志撰文指出,地球或许正在迈入一个新的地质时期——人类世(Anthropocene)<sup>[2]</sup>。人类活动已经完全超过地质年代中的其他自然力量对地球产生的影响,在这过程中,可能会发生第6次生物大灭绝。而人类活动导致的全球生物均质化<sup>[3-6]</sup>是人类世发展过程中的主要表现形式。

生物均质化是指不同(时间或空间上)的生物群落在物种组成、遗传和功能上相似性不断上升的过程<sup>[7]</sup>。其给保护物种、生态系统和遗传多样性、种质资源库、以及人类应对未来种种灾害的能力都带来严峻的挑战。这一现象广泛存在于各种生物类群,总体上植被均质化现象最为严重,然后是鱼类、爬行类、两栖类和鸟类<sup>[8]</sup>。据研究预测,随着生物均质化的发生,58%的海洋生物,平均55%陆生生物将会灭绝<sup>[9]</sup>。生物均质化正在加速席卷全球,并且不可逆转<sup>[10-13]</sup>。由于其伴随着人类生产和生活的方方面面,生物均质化的防控不能单单通过保护生物学(如建立保护区)和生物入侵管理的方法实现,而需要大尺度景观水平的整体规划布局以及对当地及周边各种生态系统和群落长期跟踪研究管理。因而,如何有效地评估生物均质化的现状,准确预测其规律和趋势,从而通过人类的合理规划布局和干扰尽可能减少均质化的危害成为当今生态学研究的重要难题<sup>[7, 13-16]</sup>,因此,生物均质化研究迫切而意义重大。然而,生物均质化研究在全球范围内尚处于起步阶段,而国内相关的研究尚未开展。

王光美等<sup>[17]</sup>从生物均质化概念入手,对其3个方面的研究做了介绍和综述,指出外来生物入侵和本地生物灭绝是导致生物均质化的最主要原因,并且其探讨了生物均质化在生态、生物进化和人文经济方面的影响等,以及我国进行相关研究的必要性和需要解决的问题。人类活动是导致当前全球生物均质化的最重要最直接因素,例如,农业、城市化、生态和生境破坏、人类活动导致的生物恶性扩散和灭绝等。本文通过大范围的文献调研,对人类活动导致生物均质化的有关研究及其中存在的问题进行了讨论,并探讨了当前我国生物均质化研究的具体迫切任务,以期引起相关研究者的关注。

## 1 概念:“均质化”还是“同质化”

Olden 和 Rooney<sup>[7]</sup>定义了“Biotic homogenization”的定义,即不同地区的生物群落在遗传、谱系和功能性状上相似性增加的过程。王光美等<sup>[17]</sup>将其译为“生物同质化”,这反映了不同群落间趋同的过程。然而,“Biotic homogenization”本质上是适应性较高的物种、功能性状和基因库乃至群落类型(例如大范围的单优势群落、物种稀少的群落类型)和生态系统类型在一定范围内趋于均匀分布的进程,其中的一个重要方面是生物多样性的改变,原有的多样性聚集现象被打破,当地特色的物种、基因库、群落组成、生态系统丧失,尤其是在大尺度范围内<sup>[17-19]</sup>。此外,这一过程还体现在群落结构的简单化或单一化方面。因而,认为“生物均质化”这一名词更能反映“Biotic homogenization”的内涵。

## 2 当前生物均质化研究的主要内容

生物均质化现象得到越来越多的关注,而有关的研究内容最多的是生物均质化与生物入侵和灭绝的研究。以“Biotic homogenization”为关键词在 ISI web of knowledge 数据库(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)和 Pubmed 数据库(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)检索文献并去除重复和无关条目后共得到 236 条文献资料

(截止到 2010 年 5 月 20 日)。结果表明,有关生物均质化研究论文的发表量呈现明显的上升趋势,尤其是 2004 年以后(图 1)。当前生物均质化研究内容(图 1)最多集中在生物均质化与物种名录的比较分析、生物入侵和灭绝、城市化、群落结构调查研究、土地利用状况及农业、气候变化等方面。此外,在这 236 条文献资料中,综述和评述占 22%,这显示了相关研究重要性和紧迫性,同时也反应出均质化研究还不成熟<sup>[7]</sup>。

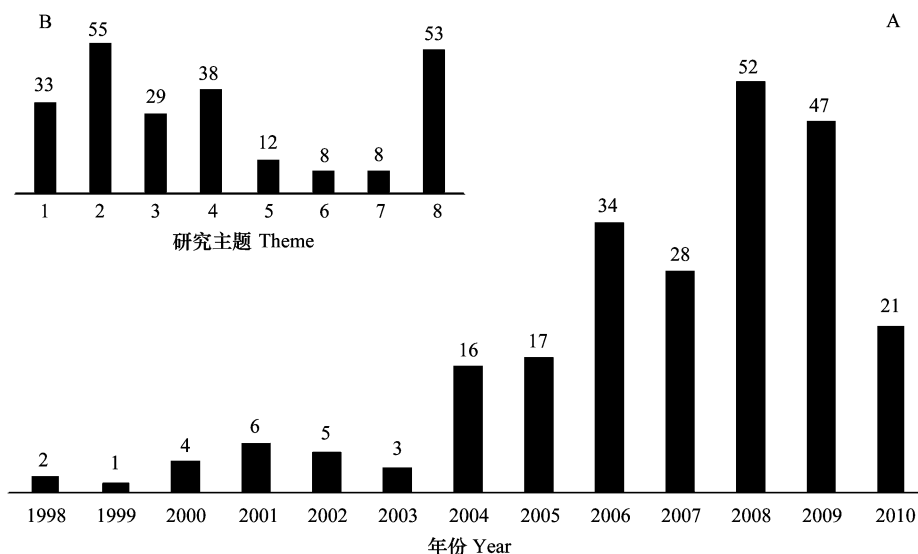


图 1 以“biotic homogenization”为关键词检索 ISI-web of knowledge (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) 以及 Pubmed 数据库 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) (截止到 2010 年 5 月 20 日)

Fig. 1 The number of published references searched from the ISI Web of Knowledge (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) and Pubmed database (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)

去除重复和无关信息后得到的各年份文献资料条目数(A)。图 B 展示这些文献条目(共计 236 条)的研究主题分布:生物均质化与 1(物种名录比较分析)、2(生物入侵和灭绝)、3(城市化)、4(群落结构变化)、5(土地利用状况及农业)、6(气候变化)、7(其它方面)、8(综述和综述),当一篇文章涉及到多个上述主题时,以其中最重要的主题进行归类

### 3 人类活动是当前全球生物均质化进程最为重要和直接的推动因素

生物均质化的本质是相似的干扰导致相似的生物群落的发展过程<sup>[20]</sup>,其成因较为复杂。

首先,生物均质化一直都存在<sup>[3]</sup>。生物均质化反映的是全球生物打破地理隔离趋向于均匀分布的过程<sup>[7-8]</sup>,因而,这一过程一直都存在并且在自然状态下缓慢发生,同时各地的生物进化分异现象又在抵抗均质化的发展。而当有全球性的大范围自然灾害和气候剧变的情况下生物均质化会迅速铺开<sup>[21-23]</sup>,如地质史上的几次物种大灭绝<sup>[24]</sup>。但是,在通常情况下,由于地理阻隔,生物的这种扩散很难逾越这种障碍。

不过,智人的出现和迁徙极大地推动了生物均质化进程。古代人的生活和生产过程中形成了特定的生物环境偏好,尤其是驯化、饲养和耕作活动极大地改变群落结构。并且随着它们的迁徙,重复构建类似的景观和生态系统,另一方面使得一些生物打破原有的地理隔离在新的生境下蔓延,从而有效推动了均质化<sup>[21, 25]</sup>。

更重要的是,伴随着人类社会的全球化和现代化,农业<sup>[11-13]</sup>、城市化<sup>[26-35]</sup>、生境破坏<sup>[36-40]</sup>、生物入侵和灭绝<sup>[41-51]</sup>等极大地推动了生物均质化。自工业革命以来,随着全球化的迅速发展,尤其是现代农业和城市化的兴起,单一化的人工生境迅速取代自然生境,因而全球各地的同类人工生境往往具有相似的景观和生物群落结构。另一方面,人类活动导致的原有的生态系统和生境破坏以及原有的地理隔离迅速瓦解,全球性的恶性广布种传播扩散和物种灭绝也成为生物均质化的主要推动力量之一,集中表现为少数成功种迅速取代大量的失败种<sup>[52-56]</sup>。

此外,全球气候变化<sup>[44, 57-61]</sup>和不适当的动物保护措施<sup>[55, 62]</sup>等也可能导致生物均质化。

#### 3.1 农业

农业生态系统直接以作物生产为目的,群落结构单一,是人工干扰最为强烈的生境类型,因而也是生物均

质化最为强烈的生境。人为操作导致不同地区农田生物群落在景观、功能性状和基因库组成上趋同的现象十分明显。例如,垦荒造田、农业大规模机械化和集约化、大范围使用农药控病虫草害、以及优良品种尤其是转基因作物推广等。这些措施一方面极大地提升了劳动生产率和作物产量,另外一方面,其所带来的生物均质化现象十分严重。

首先,农业生态系统本身作为自然环境的一部分,其中部分生物、功能性状以及基因不可避免地随着耕作过程以及耕作方式的转变而被淘汰掉至于灭绝。尤其是垦荒及农药的大范围长期使用必然导致生物多样性,尤其是植物多样性大幅下降<sup>[63]</sup>。Sutcliffe 和 Kay<sup>[64]</sup>通过野外调查比较了相同农田 30a 前后植物群落结构的变化,结果表明大多数农田稀有植物出现的频率显著下降,并且多种植物灭绝。同时,伴随着物种淘汰,一系列的功能性状和基因库也被淘汰掉,例如翻耕导致多年生植物被排除出去<sup>[63, 65]</sup>。Ekroos 等<sup>[13]</sup>的研究结果表明随着农作干扰强度的增加,蝴蝶和尺蛾群落  $\alpha$  多样性和  $\beta$  多样性均显著下降,当样地内耕地面积超过 60% 时,多样性指数的下降速度急剧上升。Dormann 等<sup>[11]</sup>的研究表明农业活动明显阻碍群落间的物种交流。

其次,大面积单一化的作物类型、品种和耕作管理方式体系导致物种、功能性状以及遗传上的均质化现象普遍,为粮食生产安全埋下隐患。因为在单一的耕作和作物体系下,病虫害一旦爆发即很容易大规模蔓延开来,一个简单的例子是,温室栽培模式的大范围推广使得一系列在传统农田中分布范围有限的病虫草如烟粉虱(*Bemisia* spp.)<sup>[66]</sup>的危害急剧增加。并且作物品种和耕作方式多样性的缺乏也使得粮食生产抵抗自然灾害(如旱涝冷害等)的能力减弱。此外,单一化过程中盲目淘汰大量的粮食品种和耕作方式进一步加剧了生物均质化的威胁。

第三,作物栽培过程中的定向选择作用导致的生物均质化现象普遍而危害严重。一方面,农田中非作物生物的性状被强烈地选择,生活史性状与作物生产相符合的生物大量爆发而导致的病虫草害严重。例如,稗草(*Echinochloa crusgalli*)由于其生活史性状等方面与栽培作物及其相似而成为全世界危害最重的农田杂草<sup>[67]</sup>,另一个更为典型的例子是杂草稻(*Oryza sativa* f. *spontanea*)<sup>[68]</sup>。另一方面,尤其在机械化和集约化的农田管理模式,农药的大量使用,定向杀灭了有害生物,使之种群显著下降,甚至灭绝。选择性除草剂选择性地杀灭一类作用靶标,则使得非作用靶标种群数量或密度增加。此外,导致抗药性种群不断爆发而导致的在单一基因水平的生物均质化现象,例如当前全球已经有 194 种植物的 346 个生物型<sup>[69]</sup>、以及 660 节肢动物生物型<sup>[70]</sup>被报道具有明显的对一种或多种除草剂的抗性。抗药生物型的出现和蔓延严重威胁着作物生产,尤其是有效的除草剂、杀虫、杀菌剂的开发成本高昂、难度大且耗时长<sup>[71]</sup>。

第四,转基因作物大面积栽培导致的生物均质化威胁<sup>[72]</sup>。首先,转基因作物大面积栽培导致作物品种单一化,遗传基因的均质化(含有抗性基因);其次,转基因抗性生物的大面积栽培导致非目的病虫草害或抗药性生物型危害日趋严重。例如,Lu 等<sup>[73]</sup>报道了中国大规模种植转基因抗虫(棉铃虫, *Helicoverpa armigera*)棉(*Gossypium herbaceum*)导致盲蝽(Heteroptera: Miridae)大爆发;在阿根廷,随着抗草甘膦作物的大面积栽培和草甘膦的大量使用,抗草甘膦假高粱(*Sorghum halepense*)生态型越来越多并危害越来越重<sup>[74]</sup>。再则,抗性基因可能随着野外的自然杂交漂移到非作物生物中而造成新的基因均质化,例如 Song 等<sup>[75]</sup>的研究表明,转基因抗除草剂油菜(*Brassica napus*)的抗性基因可能会漂移至野芥菜(*Brassica juncea* var. *gracilis*)中。

由于片面追求作物高产而连年大量施用各种化肥、农药导致土地退化、污染、微环境多样性急剧减少而导致的均质化问题严重。例如,Houghton<sup>[12]</sup>研究表明,各种农业活动对水体养分输入明显推动水体生物群落的均质化。此外,农药大量使用还导致了环境激素问题,这直接影响到动物的繁殖行为,从而导致生物均质化<sup>[76]</sup>。

农业直接关乎粮食生产和安全,其中的生物均质化问题和挑战亟待研究解决,遗憾的是,当前有关农业与生物均质化的研究甚少(图 1)。一系列相关的重要问题需要回答,例如:如何评估农田生物均质化? 农田生态系统生物均质化的现状、规律和趋势? 如何通过有关研究建模从而指导数字化调控和管理,以应对农田生物均质化的种种隐患和挑战? 眼下,我国农业耕作模式正处于巨大的变革期,机械化、集约化、设施栽培等在

各地迅速推广,在新的模式下农田生物均质化将呈现出怎样的规律和特点,如何应对?均是值得关注的问题。

### 3.2 城市化和生境破坏

在 1900 年,世界上城市人口占总人口的 10% 左右,现在已经达到 50%,并且预计到 2030 年,这一比例将达 60%<sup>[10]</sup>。伴随着全球人口的持续膨胀,城市化是当今人类社会无可避免发展趋势。而城市所带来的普遍相似的高强度人工干扰、交通运输和建设、规划、破坏自然生境等各种人类活动必然驱动全球生物更大规模的均质化,其作用甚至超越了生物入侵和灭绝<sup>[21,27,35]</sup>。另一方面,不同生物群落类群由于各不相同的适应性在城市化推动均质化过程中的表现也各有不同。

Devictor 等<sup>[77]</sup>通过对法国境内 657 个样地中鸟类的调查和样地城市化水平的研究表明城市化严重干扰鸟类狭域种分布的稳定性并推动了鸟类分布的均质化。Devictor 等<sup>[78]</sup>在更大范围内的研究同样证明了这一点。Carrete 等<sup>[36]</sup>对阿根廷猛禽的调查也表明城市化过程中的生境破碎化是导致该类生物个体数锐减的主要原因,并且由于不同物种的适应能力不同而导致少数物种迅速淘汰大量物种而呈现均质化的局面。此外,也有研究报道了城市化对生物性状的选择作用而推动均质化<sup>[31-32]</sup>。Clergeau 等<sup>[79]</sup>的研究结果表明城市鸟类群落结构较为简单,并且城市中心很少有狭域种的分布。Crooks 等<sup>[80]</sup>通过分析鸟类分布和城市化导致的景观破碎化之间的关系得到了类似的结论。Filippi-Codaccioni 等<sup>[81]</sup>的研究表明,城市化水平越高,城市间鸟类分布的相似性越高。La Sorte 等<sup>[82]</sup>对欧洲 22 个城市外来植物名录分析表明,与现代引入种相比,古代引入种在不同城市之间的  $\beta$  多样性指数较低,也就是说共有种的比例较高。Wittig<sup>[83]</sup>的研究表明,城市植被中古代引入种和本地种(尤其是生态幅较窄的种)的比例显著下降;而少数对人工生境适应能力较高的植物比例上升。Magura 等<sup>[26]</sup>考察了欧洲、加拿大和日本 9 个城市 3 种城市化梯度生境(偏远森林、郊区小片森林、城市公园森林)中甲虫类动物的分布情况,结果表明城市化并未推动所研究城市中甲虫类动物的均质化。Rogers 等<sup>[29]</sup>通过对 82 处森林植物相隔 55a 的两次调查研究表明,大片森林能明显更好地保护本地种而对均质化具有更好的抵抗力,并且周边城市化能明显降低森林的生物多样性指数。

不同的土地利用方式直接意味着不同类型和强度的人工干扰,因而其对于研究和预测生物均质化具有重要的意义。Devictor 等<sup>[78]</sup>通过法国境内 1028 个样地鸟类调查研究表明景观干扰和破碎程度与鸟类群落均质化程度极显著正相关。同时,土地利用方式与植被<sup>[21, 84]</sup>、鱼类<sup>[39, 54]</sup>均质化关系密切。

城市化是我国当前社会发展的主要特征之一,城市化造成大量的单一化的人工生境(城市生境),并且相关的各种建设和修路工程等导致了大量的生境破碎现象,此外,随着农田大量被征用,粮食生产压力变大,等方面都带来了生物均质化挑战。

### 3.3 人类活动引起的物种恶性扩散和灭绝

人类活动打破地理隔离引起少数入侵种恶性扩散并迅速取代大量的失败种<sup>[52-56]</sup>进而在短期内推动生物均质化的现象非常普遍,例如,人类活动引起的物种恶性扩散(尤其是生物入侵)和灭绝。本地种经历长期的演化,其分布相对较为集中,邻近区域间共有的本地种较多;而外来种由于人类活动引入的随机性而在较小的区域范围内分布容易呈现不均匀。较小的范围内,外来种容易导致地区间共有种比例下降而导向异质化<sup>[85]</sup>;而较大的空间范围内,外来种分布容易增加其共有种的比例从而导致生物均质化<sup>[82, 86]</sup>。此外,有研究表明来源于邻近区域的入侵种更容易导致均质化<sup>[87]</sup>。

Spyreas 等<sup>[41]</sup>通过对彩叶藨草(*Phalaris arundinacea*)重度入侵地和轻度入侵地调查比较考察了该种入侵给湿地植物和一些动物群落的影响,结果表明彩叶藨草重度入侵地植物的多样性、同翅类昆虫个体数和多样性都显著下降,并且其它节肢动物种类也有下降的趋势。

Winter 等<sup>[19]</sup>统计了德国每个地理栅格(110'经度  $\times$  6'纬度,约 130km<sup>2</sup>)中外来植物和本地植物的染色体倍性,并以抽样的方式随机抽查任意两个栅格之间的 Morisita-Horn 多样性指数进行统计分析,结果表明,在大尺度水平(全德国)外来种推动植物倍性水平趋向于均质化而在小的尺度范围内(栅格)外来种推动植物倍性水平趋向于异质化。Qian 和 Ricklefs<sup>[85]</sup>统计分析了北美地区 65 个省级区域的外来和本地维管植物名录,计

算两两区域间的物种相似性指数(Jaccard 指数)进而计算均质化指数(全部物种名录的 Jaccard 指数-本地种名录的 Jaccard 指数),然后分析 Jaccard 指数与空间距离、经纬度、气候指标、人口差值间的关系,结果表明与本地种相比,外来种的分布较为广泛而不均匀;并且在相邻区域外来种导致异质化,但在更大的空间尺度范围内外来种导致生物均质化。Qian 等<sup>[18]</sup>对加利福尼亚州和佛罗里达州各县的维管植物分析表明,在较小的空间尺度范围内,外来种倾向于导致异质化,但随着空间范围的放大(空间距离的增大)其趋向于推动均质化。动物的研究中也得到了类似的结论<sup>[49, 88-89]</sup>。Lambdon 等<sup>[90]</sup>对地中海地区岛屿植物名录的分析表明外来种可以导致小范围内的均质化。

同时,需要特别注意的是,越来越多的研究表明本地种在原有的地理隔离被打破后迅速在附近地区的入侵<sup>[91]</sup>、新的杂交种的迅速扩散<sup>[92]</sup>和成功的入侵种群的恶性扩散(包括入侵至原产地排挤本地种群)<sup>[93]</sup>都能迅速推动生物均质化。

### 3.4 其它因素

人类活动导致的全球性环境问题也可以间接导致全球生物均质化。例如,越来越多研究开始关注全球气候变暖很可能将导致大范围的生物均质化进程<sup>[37, 94]</sup>。Stachowicz 等<sup>[61]</sup>的研究表明,随着全球气候变暖,海洋温度升高将利于入侵种的扩散从而加速生物均质化的进程。此外,轮船压仓水<sup>[95]</sup>、不适当的动物保护措施<sup>[55]</sup>等人类活动都有可能产生生物均质化。

## 4 研究展望

生物均质化问题早在 1958 年就被提出来<sup>[17]</sup>,事实上当前关于均质化的研究尚处于起步阶段<sup>[7]</sup>。相关的研究中还有许多重大问题亟待解决。Olden<sup>[6]</sup>就生物均质化与生物入侵和灭绝、多样性破坏、时间和空间尺度研究以及群落对均质化响应等方面列出了相关研究的 8 个挑战。中国作为世界上生物种类和生态系统类型最为丰富的农业大国之一,同时也是遭受物种入侵和灭绝最为严重、经济发展和建设以及城市化最为快速的国家之一。中国正经历着广泛而深入持久的生物均质化威胁。国内相关的研究非常缺乏,以“biotic homogenization”、“生物均质化”为主题词在 CNKI 中国知网上搜索只检索到 1 条文献信息<sup>[17]</sup>。

当前全球生物均质化主要是人类活动导致的,各种各样的人工生境和人类活动导致生物均质化的隐患严重威胁着我国的环境和经济社会安定发展。当前中国生物均质化研究主要任务有:

(1)建立统一的生物均质化评估方法体系 生物均质化进程在各种各样的人工生境中极为普遍,不同生境和生物类群中,均质化的危害方式和程度也各有不同。因而,量化具体的各种人类干扰的影响,建立有效的均质化评估体系及相应的预警系统对于相关的判断、预测和防控至关重要。

(2)掌握我国各种主要生态系统类型以及主要生物类群的均质化现状,并探索其发展趋势 研究并掌握我国主要生态系统以及主要生物类群(如草本植物、木本植物、作物、杂草等)均质化的现状,并以此研究均质化的趋势对制定有效的防控策略体系至为重要。

(3)农业生态系统生物均质化的现状、格局和趋势研究 农业活动是推动生物均质化最为重要因素。农田中作物、杂草、病虫害以及各种其他生物在物种组成、基因库和功能性状上的均质化现象都极为明确。当前我国农业耕作生产方式正在经历巨大的变革,尤其是机械化、集约化、温室大棚和农药化肥的大范围使用下,原有的耕作模式和农田管理方式的多样性急剧下降,生物均质化的隐患也在迅速加剧。因此,及时掌握农田生态系统均质化的现状、规律、格局和趋势,了解各种典型的耕作模式和管理方式对农田生物均质化的影响并据此制定相关的措施尤为紧迫。

(4)建立和完善相关数据库资源的采集和积累体系 大型数据库(包括时间和空间范围)的研究和分析是揭示生物均质化的现状、格局和趋势的重要手段<sup>[17]</sup>。目前我国已经建立了一系列的生态和环境长期监测站点和机构,并已积累了大量数据。开放、共享的数据库资源还很有限;与生态、环境监测数据相应时空范围内的人工干扰数据是为数据采集和发掘的重要任务。因此,建立动态检测体系、构建开放的数据库平台,挖掘历史文献资料和数据,从而展开相应的研究也是亟待开展的工作。

致谢:Govindjee 教授(University of Illinois, Urbana, USA)润色英文摘要,特此致谢。

## References:

- [ 1 ] Cifrić I. Cultural homogenization and diversity. *Synthesis Philosophica*, 2008, 23(1): 25-52.
- [ 2 ] Zalasiewicz J, Williams M, Steffen W, Crutzen P. The new world of the anthropocene. *Environmental Science and Technology*, 2010, 44(7): 2228-2231.
- [ 3 ] Wilkinson D M. The long history of the biotic homogenization concept. *Trends in Ecology and Evolution*, 2004, 19(6): 282-283.
- [ 4 ] Taylor E B. Changes in taxonomy and species distributions and their influence on estimates of faunal homogenization and differentiation in freshwater fishes. *Diversity and Distributions*, 2010, 16(4): 676-689.
- [ 5 ] Qian H, Guo Q F. Linking biotic homogenization to habitat type, invasiveness and growth form of naturalized alien plants in North America. *Diversity and Distributions*, 2010, 16(1): 119-125.
- [ 6 ] Olden J D. Biotic homogenization: a new research agenda for conservation biogeography. *Journal of Biogeography*, 2006, 33(12): 2027-2039.
- [ 7 ] Olden J D, Rooney T P. On defining and quantifying biotic homogenization. *Global Ecology and Biogeography*, 2006, 15(2): 113-120.
- [ 8 ] Olden J D, Poff N L, McKinney M L. Forecasting faunal and floral homogenization associated with human population geography in North America. *Biological Conservation*, 2006, 127(3): 261-271.
- [ 9 ] McKinney M L. On predicting biotic homogenization: species-area patterns in marine biota. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 1998, 7(4): 297-301.
- [ 10 ] Grimm N B, Faeth S H, Golubiewski N E, Redman C L, Wu J G, Bai X M, Briggs J M. Global change and the ecology of cities. *Science*, 2008, 319(5864): 756-760.
- [ 11 ] Dormann C F, Schweiger O, Augenstein I, Bailey D, Billeter R, de Blust G, DeFilippi R, Frenzel M, Hendrickx F, Herzog F, Klotz S, Liira J, Maelfait J P, Schmidt T, Speelmans M, van Wingerden W K R, Zobel M. Effects of landscape structure and land-use intensity on similarity of plant and animal communities. *Global Ecology and Biogeography*, 2007, 16(6): 774-787.
- [ 12 ] Houghton D C. The effects of landscape-level disturbance on the composition of Minnesota caddisfly (Insecta: Trichoptera) trophic functional groups: evidence for ecosystem homogenization. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2007, 135(1/3): 253-264.
- [ 13 ] Ekroos J, Heliola J, Kuussaari M. Homogenization of lepidopteran communities in intensively cultivated agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 2010, 47(2): 459-467.
- [ 14 ] Shaw J D, Spear D, Greve M, Chown S L. Taxonomic homogenization and differentiation across Southern Ocean Islands differ among insects and vascular plants. *Journal of Biogeography*, 2010, 37(2): 217-228.
- [ 15 ] Keith S A, Newton A C, Morecroft M D, Bealey C E, Bullock J M. Taxonomic homogenization of woodland plant communities over 70 years. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2009, 276(1672): 3539-3544.
- [ 16 ] Vellend M, Verheyen K, Flinn K M, Jacquemyn H, Kolb A, van Calster H, Peterken G, Graae B J, Bellemare J, Honnay O, Brunet J, Wulf M, Gerhardt F, Hermy M. Homogenization of forest plant communities and weakening of species-environment relationships via agricultural land use. *Journal of Ecology*, 2007, 95(3): 565-573.
- [ 17 ] Wang G M, Yang J C, Jiang C D, Zhao H T, Zhang Z D. A literature review on biotic homogenization. *Biodiversity Science*, 2009, 17(2): 117-126.
- [ 18 ] Qian H, McKinney M L, Kühn I. Effects of introduced species on floristic similarity: Comparing two US states. *Basic and Applied Ecology*, 2008, 9(6): 617-625.
- [ 19 ] Winter M, Kühn I, Nentwig W, Klotz S. Spatial aspects of trait homogenization within the German flora. *Journal of Biogeography*, 2008, 35(12): 2289-2297.
- [ 20 ] van Calster H, Baeten L, De Schrijver A, De Keersmaeker L, Rogister J E, Verheyen K, Hermy M. Management driven changes (1967—2005) in soil acidity and the understorey plant community following conversion of a coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management*, 2007, 241(1/3): 258-271.
- [ 21 ] Foster D R, Motzkin G, Slater B. Land-use history as long-term broad-scale disturbance: regional forest dynamics in central New England. *Ecosystems*, 1998, 1(1): 96-119.
- [ 22 ] Angeler D G, Alvarez-Cobelas M, Rojo C, Sánchez-Carrillo S. The significance of water inputs to plankton biomass and trophic relationships in a semi-arid freshwater wetland (central Spain). *Journal of Plankton Research*, 2000, 22(11): 2075-2093.
- [ 23 ] Thomaz S M, Bini L M, Bozelli R L. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, 2007, 579(1): 1-13.
- [ 24 ] Clapham M E, Shen S Z, Bottjer D J. The double mass extinction revisited: reassessing the severity, selectivity, and causes of the end-Guadalupian biotic crisis (Late Permian). *Paleobiology*, 2009, 35(1): 32-50.
- [ 25 ] Ricciardi A. Are modern biological invasions an unprecedented form of global change?. *Conservation Biology*, 2007, 21(2): 329-336.

- [26] Magura T, Lövei G L, Tothmeresz B. Does urbanization decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages?. *Global Ecology and Biogeography*, 2010, 19(1): 16-26.
- [27] Catterall C P, Cousin J A, Piper S, Johnson G. Long-term dynamics of bird diversity in forest and suburb: decay, turnover or homogenization?. *Diversity and Distributions*, 2010, 16: 559-570.
- [28] van Rensburg B J, Peacock D S, Robertson M P. Biotic homogenization and alien bird species along an urban gradient in South Africa. *Landscape and Urban Planning*, 2009, 92(3/4): 233-241.
- [29] Rogers D A, Rooney T P, Hawbaker T J, Radeloff V C, Waller D M. Paying the extinction debt in Southern Wisconsin forest understories. *Conservation Biology*, 2009, 23(6): 1497-1506.
- [30] Ortega-Álvarez R, MacGregor-Fors I. Living in the big city: effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape and Urban Planning*, 2009, 90(3/4): 189-195.
- [31] Croci S, Butet A, Clergeau P. Does urbanization filter birds on the basis of their biological traits?. *The Condor*, 2008, 110(2): 223-240.
- [32] Kark S, Iwaniuk A, Schalimtzek A, Banker E. Living in the city: can anyone become an 'urban exploiter'?. *Journal of Biogeography*, 2007, 34(4): 638-651.
- [33] McKinney M L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 2006, 127(3): 247-260.
- [34] Kühn I, Klotz S. Urbanization and homogenization-comparing the floras of urban and rural areas in Germany. *Biological Conservation*, 2006, 127(3): 292-300.
- [35] Marzluff J M. Island biogeography for an urbanizing world: how extinction and colonization may determine biological diversity in human-dominated landscapes. *Urban Ecosystems*, 2005, 8(2): 157-177.
- [36] Carrete M, Tella J L, Blanco G, Bertellotti M. Effects of habitat degradation on the abundance, richness and diversity of raptors across Neotropical biomes. *Biological Conservation*, 2009, 142(10): 2002-2011.
- [37] Jiguet F, Gadot A S, Julliard R, Newson S E, Couvet D. Climate envelope, life history traits and the resilience of birds facing global change. *Global Change Biology*, 2007, 13(8): 1672-1684.
- [38] Beisel J N. The elusive model of a biological invasion process: time to take differences among aquatic and terrestrial ecosystems into account?. *Ethology Ecology and Evolution*, 2001, 13(2): 193-195.
- [39] Johnston C E, Maceina M J. Fish assemblage shifts and species declines in Alabama, USA streams. *Ecology of Freshwater Fish*, 2009, 18(1): 33-40.
- [40] Julliard R, Clavel J, Devictor V, Jiguet F, Couvet D. Spatial segregation of specialists and generalists in bird communities. *Ecology Letters*, 2006, 9(11): 1237-1244.
- [41] Spyreas G, Wilm B W, Plocher A E, Ketzner D M, Matthews J W, Ellis J L, Heske E J. Biological consequences of invasion by reed canary grass (*Phalaris arundinacea*). *Biological Invasions*, 2010, 12(5): 1253-1267.
- [42] Sato M, Kawaguchi Y, Nakajima J, Mukai T, Shimatani Y, Onikura N. A review of the research on introduced freshwater fishes: new perspectives, the need for research, and management implications. *Landscape and Ecological Engineering*, 2010, 6(1): 99-108.
- [43] Ficetola G F, Maiorano L, Falcucci A, Dendoncker N, Boitani L, Padoa-Schioppa E, Miaud C, Thuiller W. Knowing the past to predict the future: land-use change and the distribution of invasive bullfrogs. *Global Change Biology*, 2010, 16(2): 528-537.
- [44] Strubbe D, Matthysen E. Establishment success of invasive ring-necked and monk parakeets in Europe. *Journal of Biogeography*, 2009, 36(12): 2264-2278.
- [45] Hansen A K, Ortega Y K, Six D L. Comparison of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in Rocky Mountain savannas invaded and Un-invaded by an exotic forb, Spotted Knapweed. *Northwest Science*, 2009, 83(4): 348-360.
- [46] Francour P, Pellissier V, Mangialajo L, Buisson E, Stadelmann B, Veillard N, Meinesz A, Thibaut T, De Vaugelas J. Changes in invertebrate assemblages of *Posidonia oceanica* beds following *Caulerpa taxifolia* invasion. *Vie Et Milieu-Life and Environment*, 2009, 59(1): 31-38.
- [47] Wiser S K, Buxton R P. Context matters: matrix vegetation influences native and exotic species composition on habitat islands. *Ecology*, 2008, 89(2): 380-391.
- [48] Piazzì L, Balata D. The spread of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the Mediterranean Sea: an example of how biological invasions can influence beta diversity. *Marine Environmental Research*, 2008, 65(1): 50-61.
- [49] Olden J D, Kennard M J, Pusey B J. Species invasions and the changing biogeography of Australian freshwater fishes. *Global Ecology and Biogeography*, 2008, 17(1): 25-37.
- [50] Murria C, Bonada N, Prat N. Effects of the invasive species *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca) on community structure in a small Mediterranean stream. *Fundamental and Applied Limnology*, 2008, 171(2): 131-143.
- [51] Ciosi M, Miller N J, Kim K S, Giordano R, Estoup A, Guillemaud T. Invasion of Europe by the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*: multiple transatlantic introductions with various reductions of genetic diversity. *Molecular Ecology*, 2008, 17(16): 3614-3627.
- [52] McKinney M L, Lockwood J L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology and Evolution*, 1999, 14(11): 450-453.

- [53] McKinney M L. New pangea: homogenizing the future biosphere. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 2005, 56(S1): 119-129.
- [54] Scott M C. Winners and losers among stream fishes in relation to land use legacies and urban development in the southeastern US. *Biological Conservation*, 2006, 127(3): 301-309.
- [55] Wiegmann S M, Waller D M. Fifty years of change in northern upland forest understories: identity and traits of "winner" and "loser" plant species. *Biological Conservation*, 2006, 129(1): 109-123.
- [56] Maas B, Putra D D, Waltert M, Clough Y, Tschamtker T, Schulze C H. Six years of habitat modification in a tropical rainforest margin of Indonesia do not affect bird diversity but endemic forest species. *Biological Conservation*, 2009, 142(11): 2665-2671.
- [57] Buisson L, Grenouillet G. Contrasted impacts of climate change on stream fish assemblages along an environmental gradient. *Diversity and Distributions*, 2009, 15(4): 613-626.
- [58] Jiménez A, Pauchard A, Caviries L A, Marticorena A, Bustamante R O. Do climatically similar regions contain similar alien floras? A comparison between the mediterranean areas of central Chile and California. *Journal of Biogeography*, 2008, 35(4): 614-624.
- [59] White P J T, Kerr J T. Human impacts on environment-diversity relationships: evidence for biotic homogenization from butterfly species richness patterns. *Global Ecology and Biogeography*, 2007, 16(3): 290-299.
- [60] Schaffelke B, Smith J E, Hewitt C L. Introduced macroalgae — a growing concern. *Journal of Applied Phycology*, 2006, 18(3/5): 529-541.
- [61] Stachowicz J J, Terwin J R, Whitlatch R B, Osman R W. Linking climate change and biological invasions: Ocean warming facilitates nonindigenous species invasions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2002, 99(24): 15497-15500.
- [62] Rooney T P. High white-tailed deer densities benefit graminoids and contribute to biotic homogenization of forest ground-layer vegetation. *Plant Ecology*, 2009, 202(1): 103-111.
- [63] Nentwig N, Frank T, Lethmayer C. Sown weed strips: artificial ecological compensation areas as an important tool in conservation biological control // Barbosa P, ed. *Conservation Biological Control*, Vol 8. London: Academic Press, 1998: 133-153.
- [64] Sutcliffe O L, Kay Q O N. Changes in the arable flora of central southern England since the 1960s. *Biological Conservation*, 2000, 93(1): 1-8.
- [65] Chen G Q, Guo S L, Yin L P. Canonical correspondence analysis of relationship between botanical characters of exotic weeds and their environmental factors. *Journal of Zhejiang University: Agriculture and Life Sciences*, 2008, 34(5): 571-577.
- [66] Wang F H, Zheng X B, Guo J Y. *Biology and Management of Invasive Alien Species in Agriculture and Forestry*. Beijing: Science Press, 2005.
- [67] Li Y H. *Weed in China*. Beijing: China Agriculture Press, 1998.
- [68] Wu C, Dai W M, Song X L, Qiang S. Diversity of plant traits of weedy rice in Liaoning and Jiangsu provinces. *Biodiversity Science*, 2010, 18(1): 29-36.
- [69] International survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/In.asp>.
- [70] Arthropod pesticide resistance database. <http://www.pesticideresistance.org/>.
- [71] Powles S B. Gene amplification delivers glyphosate-resistant weed evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2010, 107(3): 955-956.
- [72] Powell J R, Levy-Booth D J, Gulden R H, Asbil W L, Campbell R G, Dunfield K E, Hamill A S, Hart M M, Lerat S, Nurse R E, Pauls K P, Sikkema P H, Swanton C J, Trevors J T, Klironomos J N. Effects of genetically modified, herbicide-tolerant crops and their management on soil food web properties and crop litter decomposition. *Journal of Applied Ecology*, 2009, 46(2): 388-396.
- [73] Lu Y H, Wu K M, Jiang Y Y, Xia B, Li P, Feng H Q, Wyckhuys K A G, Guo Y Y. Mirid Bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of bt cotton in China. *Science*, 2010, 328(5982): 1151-1154.
- [74] Binimelis R, Pengue W, Monterroso I. "Transgenic treadmill": responses to the emergence and spread of glyphosate-resistant johnsongrass in Argentina. *Geoforum*, 2009, 40(4): 623-633.
- [75] Song X L, Wang Z, Zuo J, Huangfu C H, Qiang S. Potential gene flow of two herbicide-tolerant transgenes from oilseed rape to wild *B. juncea* var. *gracilis*. *Tag Theoretical and Applied Genetics*, 2010, 120(8): 1501-1510.
- [76] Hayes T, Haston K, Tsui M, Hoang A, Haeffele C, Vonk A. Herbicides: feminization of male frogs in the wild. *Nature*, 2002, 419(6910): 895-896.
- [77] Devictor V, Julliard R, Couvet D, Lee A, Jiguet F. Functional homogenization effect of urbanization on bird communities. *Conservation Biology*, 2007, 21(3): 741-751.
- [78] Devictor V, Julliard R, Clavel J, Jiguet F, Lee A, Couvet D. Functional biotic homogenization of bird communities in disturbed landscapes. *Global Ecology and Biogeography*, 2008, 17(2): 252-261.
- [79] Clergeau P, Croci S, Jokimäki J, Kaisanlahti-Jokimäki M L, Dinetti M. Avifauna homogenisation by urbanisation; analysis at different European latitudes. *Biological Conservation*, 2006, 127(3): 336-344.
- [80] Crooks K R, Suarez A V, Bolger D T. Avian assemblages along a gradient of urbanization in a highly fragmented landscape. *Biological Conservation*, 2004, 115(3): 451-462.
- [81] Filippi-Codaccioni O, Devictor V, Clobert J, Julliard R. Effects of age and intensity of urbanization on farmland bird communities. *Biological Conservation*, 2008, 141(11): 2698-2707.

- [82] La Sorte F A, McKinney M L, Pyšek P, Klotz S, Rapson G L, Celesti-Grapo L, Thompson K. Distance decay of similarity among European urban floras: the impact of anthropogenic activities on  $\beta$  diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 2008, 17(3): 363-371.
- [83] Wittig R. The origin and development of the urban flora of Central Europe. *Urban Ecosystems*, 2004, 7(4): 323-339.
- [84] Smart S M, Thompson K, Marrs R H, Le Duc M G, Maskell L C, Firbank L G. Biotic homogenization and changes in species diversity across human-modified ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2006, 273(1601): 2659-2665.
- [85] Qian H, Ricklefs R E. The role of exotic species in homogenizing the North American flora. *Ecology Letters*, 2006, 9(12): 1293-1298.
- [86] Leprieur F, Olden J D, Lek S, Brosse S. Contrasting patterns and mechanisms of spatial turnover for native and exotic freshwater fish in Europe. *Journal of Biogeography*, 2009, 36(10): 1899-1912.
- [87] McKinney M L. Species introduced from nearby sources have a more homogenizing effect than species from distant sources: evidence from plants and fishes in the USA. *Diversity and Distributions*, 2005, 11(5): 367-374.
- [88] Spear D, Chown S L. Taxonomic homogenization in ungulates: patterns and mechanisms at local and global scales. *Journal of Biogeography*, 2008, 35(11): 1962-1975.
- [89] Cassey P, Lockwood J L, Blackburn T M, Olden J D. Spatial scale and evolutionary history determine the degree of taxonomic homogenization across island bird assemblages. *Diversity and Distributions*, 2007, 13(4): 458-466.
- [90] Lambdon P W, Lloret F, Hulme P E. Do non-native species invasions lead to biotic homogenization at small scales? The similarity and functional diversity of habitats compared for alien and native components of Mediterranean floras. *Diversity and Distributions*, 2008, 14(5): 774-785.
- [91] Benkman C W, Siepielski A M, Parchman T L. The local introduction of strongly interacting species and the loss of geographic variation in species and species interactions. *Molecular Ecology*, 2008, 17(1): 395-404.
- [92] Schierenbeck K A, Ellstrand N C. Hybridization and the evolution of invasiveness in plants and other organisms. *Biological Invasions*, 2009, 11(5): 1093-1105.
- [93] Ings T C, Schikora J, Chittka L. Bumblebees, humble pollinators or assiduous invaders? A population comparison of foraging performance in *Bombus terrestris*. *Oecologia*, 2005, 144(3): 508-516.
- [94] Jiguet F, Gregory R D, Devictor V, Green R E, Voříšek P, van Strien A, Couvet D. Population trends of European common birds are predicted by characteristics of their climatic niche. *Global Change Biology*, 2010, 16(2): 497-505.
- [95] Drake J M, Lodge D M. Global hot spots of biological invasions: evaluating options for ballast-water management. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2004, 271(1539): 575-580.

#### 参考文献:

- [17] 王光美, 杨景成, 姜闯道, 赵洪涛, 张志东. 生物同质化研究透视. *生物多样性*, 2009, 17(2): 117-126.
- [65] 陈国奇, 郭水良, 印丽萍. 外来入侵植物学性状和环境因子间关系的典范对应分析. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2008, 34(5): 571-577.
- [66] 万方浩, 郑小波, 郭建英. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制. 北京: 科学出版社, 2005.
- [67] 李扬汉. 中国杂草志. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [68] 吴川, 戴伟民, 宋小玲, 强胜. 辽宁和江苏两省杂草稻植物性状多样性. *生物多样性*, 2010, 18(1): 29-36.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 14 July, 2011 (Semimonthly)

## CONTENTS

|                                                                                                                                                              |                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| The sensitivity of Xiamen's three industrial sectors to land use changes .....                                                                               | HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al (3863)             |
| Desertification and change of landscape pattern in the Source Region of Yellow River .....                                                                   | ..... HU Guangyin, DONG Zhibao, LU Junfeng, et al (3872)      |
| Comparison of ecological significance of landscape diversity changes in karst mountains: a case study of 4 typical karst area in Guizhou Province .....      | ..... LUO Guangjie, LI Yangbing, WANG Shijie, et al (3882)    |
| Analysis on urban heat island effect based on the dynamics of urban surface biophysical descriptors .....                                                    | ..... XU Hanqiu (3890)                                        |
| Primary exploration on the ecological land use classification in Beijing .....                                                                               | TANG Xiumei, CHEN Baiming, LU Qingbin, et al (3902)           |
| Changes of spectral reflectance of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Abies nephrolepis</i> along altitudinal gradients in Changbai Mountain .....               | ..... FAN Xiuhua, LIU Weiguo, LU Wenmin, et al (3910)         |
| Biomass allocation patterns and allometric models of <i>Abies nephrolepis</i> Maxim .....                                                                    | ..... WANG Jinsong, ZHANG Chunyu, FAN Xiuhua, et al (3918)    |
| Niche analysis of dominant species of macrobenthic community at a tidal flat of Yushan Island .....                                                          | ..... JIAO Haifeng, SHI Huixiong, YOU Zhongjie, et al (3928)  |
| The influence of different food qualities on the energy budget and digestive tract morphology of Tree Sparrows <i>passer montanus</i> .....                  | ..... YANG Zhihong, SHAO Shuli (3937)                         |
| The response of ecosystem service values to ambient environment and its spatial scales in typical karst areas of northwest Guangxi, China .....              | ..... ZHANG Mingyang, WANG Kelin, LIU Huiyu, et al (3947)     |
| Root morphology characteristics under alternate furrow irrigation .....                                                                                      | LI Caixia, SUN Jingsheng, ZHOU Xinguo, et al (3956)           |
| Allelopathy of the root exudates from different resistant eggplants to verticillium wilt ( <i>Verticillium dahliae</i> Kleb. ) .....                         | ..... ZHOU Baoli, CHEN Zhixia, DU Liang, et al (3964)         |
| Biological cycle and accumulation of lanthanum in the forage-mushroom-soil system .....                                                                      | ..... WENG Boqi, JIANG Zhaowei, WANG Yixiang, et al (3973)    |
| Evaluation of soil loss and transportation load of adsorption N and P in Poyang Lake watershed .....                                                         | ..... YU Jinxiang, ZHENG Bofu, LIU Yafei, et al (3980)        |
| Effects of soil resource availabilities on vertical distribution and dynamics of fine roots in a <i>Caragana korshinskii</i> plantation .....                | ..... SHI Jianwei, WANG Mengben, CHEN Jianwen, et al (3990)   |
| Effects of soil salinization on ammonia volatilization characteristics of urea and urea phosphate .....                                                      | ..... LIANG Fei, TIAN Changyan (3999)                         |
| Distribution of marine bacteria and their environmental factors in Xiangshan Bay .....                                                                       | ..... YANG Jifang, WANG Haili, CHEN Fusheng, et al (4007)     |
| Concentration of O <sub>3</sub> at the atmospheric surface affects the changes characters of antioxidant enzyme activities in <i>Triticum aestivum</i> ..... | ..... WU Fangfang, ZHENG Youfei, WU Rongjun, et al (4019)     |
| Effects of inhibitor and safener on enzyme activity and phenanthrene metabolism in root of tall fescue .....                                                 | ..... GONG Shuaishuai, HAN Jin, GAO Yanzheng, et al (4027)    |
| Screening of highly-effective rhizobial strains on Alfalfa ( <i>Medicago polymorpha</i> ) in soil .....                                                      | ..... LIU Xiaoyun, GUO Zhenguo, LI Qiaoxian, et al (4034)     |
| Geochemical evolution processes of soil major elements in the forest-dominated Jinshui River Basin, the upper Hanjiang River .....                           | ..... HE Wenming, ZHOU Jie, ZHANG Changsheng, et al (4042)    |
| Integrating geographic features and weather data for methodology of rasterizing spring maize growth stages .....                                             | ..... LIU Qin, YAN Changrong, MEI Xurong, et al (4056)        |
| A model for predicting flowering date and external quality of cut tulip in solar greenhouse .....                                                            | ..... LI Gang, CHEN Yaru, DAI Jianfeng, et al (4062)          |
| Moisture effect analysis of pumpkin and oil sunflower intercropping in semi-arid area of northwest Hebei Province .....                                      | ..... HUANG Wei, ZHANG Junhua, LI Wenhong, et al (4072)       |
| <b>Review and Monograph</b>                                                                                                                                  |                                                               |
| Theoretical backgrounds and recent advances in avian molecular phylogeography .....                                                                          | DONG Lu, ZHANG Yanyun (4082)                                  |
| A review on spatial attributes of nature reserves and optimal site-selection methods .....                                                                   | WANG Yicheng (4094)                                           |
| Human activities are the principle cause of biotic homogenization .....                                                                                      | CHEN Guoqi, QIANG Sheng (4107)                                |
| Factors influencing the occurrence of <i>Ophiocordyceps sinensis</i> .....                                                                                   | ZHANG Guren, YU Junfeng, WU Guangguo, et al (4117)            |
| Molecular detection of diversity of methanogens and methanotrophs in natural wetland soil .....                                                              | SHE Chenxing, TONG Chuan (4126)                               |
| <b>Scientific Note</b>                                                                                                                                       |                                                               |
| Soil quality assessment of continuous cropping cotton fields for different years in a typical oasis in the upper reaches of the Tarim River .....            | GONG Lu, ZHANG Haifeng, LÜ Guanghui, et al (4136)             |
| Dynamics of microbial biomass during litter decomposition in the alpine forest .....                                                                         | ..... ZHOU Xiaoqing, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (4144)    |
| The aerodynamic roughness length of biological soil crusts: a case study of Gurbantungut Desert .....                                                        | ..... WANG Xueqin, ZHANG Yuanming, ZHANG Weimin, et al (4153) |
| Differences among population quantities and community structures of pests and their natural enemies in tea gardens of different altitudes .....              | KE Shengbing, DANG Fenghua, BI Shoudong, et al (4161)         |

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

| 排序<br>Order | 期刊<br>Journal                           | 总被引频次<br>Total citation | 排序<br>Order | 期刊<br>Journal | 影响因子<br>Impact factor |
|-------------|-----------------------------------------|-------------------------|-------------|---------------|-----------------------|
| 1           | 生态学报                                    | 11764                   | 1           | 生态学报          | 1.812                 |
| 2           | 应用生态学报                                  | 9430                    | 2           | 植物生态学报        | 1.771                 |
| 3           | 植物生态学报                                  | 4384                    | 3           | 应用生态学报        | 1.733                 |
| 4           | 西北植物学报                                  | 4177                    | 4           | 生物多样性         | 1.553                 |
| 5           | 生态学杂志                                   | 4048                    | 5           | 生态学杂志         | 1.396                 |
| 6           | 植物生理学通讯                                 | 3362                    | 6           | 西北植物学报        | 0.986                 |
| 7           | JOURNAL OF INTEGRATIVE<br>PLANT BIOLOGY | 3327                    | 7           | 兽类学报          | 0.894                 |
| 8           | MOLECULAR PLANT                         | 1788                    | 8           | CELL RESEARCH | 0.873                 |
| 9           | 水生生物学报                                  | 1773                    | 9           | 植物学报          | 0.841                 |
| 10          | 遗传学报                                    | 1667                    | 10          | 植物研究          | 0.809                 |

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报  
(SHENGTAI XUEBAO)  
(半月刊 1981 年 3 月创刊)  
第 31 卷 第 14 期 (2011 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 14 2011

|               |                                                                                                                    |                 |                                                                                                                                                                                 |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 编 辑           | 《生态学报》编辑部<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085<br>电话:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by       | Editorial board of<br>ACTA ECOLOGICA SINICA<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China<br>Tel:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>Shengtaixuebao@rcees.ac.cn |
| 主 编           | 冯宗炜                                                                                                                | Editor-in-chief | FENG Zong-Wei                                                                                                                                                                   |
| 主 管           | 中国科学技术协会                                                                                                           | Supervised by   | China Association for Science and Technology                                                                                                                                    |
| 主 办           | 中国生态学会<br>中国科学院生态环境研究中心<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085                                                         | Sponsored by    | Ecological Society of China<br>Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China                                 |
| 出 版           | 科 学 出 版 社<br>地址:北京东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717                                                                       | Published by    | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North Street,<br>Beijing 100717, China                                                                                                |
| 印 刷           | 北京北林印刷厂                                                                                                            | Printed by      | Beijing Bei Lin Printing House,<br>Beijing 100083, China                                                                                                                        |
| 发 行           | 科 学 出 版 社<br>地址:东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717<br>电话:(010)64034563<br>E-mail:journal@csppg.net                         | Distributed by  | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China<br>Tel:(010)64034563<br>E-mail:journal@csppg.net                                               |
| 订 购           | 全国各地邮局                                                                                                             | Domestic        | All Local Post Offices in China                                                                                                                                                 |
| 国外发行          | 中国国际图书贸易总公司<br>地址:北京 399 信箱<br>邮政编码:100044                                                                         | Foreign         | China International Book Trading<br>Corporation<br>Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China                                                                                      |
| 广告经营<br>许 可 证 | 京海工商广字第 8013 号                                                                                                     |                 |                                                                                                                                                                                 |



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元