

# 城市化对鸟类的影响: 从群落到个体

张 琴<sup>①</sup> 兰思思<sup>①</sup> 黄 秦<sup>②</sup> 陈水华<sup>①②\*</sup>

① 浙江师范大学化学与生命科学学院 金华 321004; ② 浙江自然博物馆 杭州 310014

**摘要:** 世界范围急剧的城市化进程所带来的生态问题, 尤其是城市化对鸟类的影响引起了生态学家越来越多的关注。关注点从最初的群落水平, 逐渐向种群水平和个体水平深入。在群落水平上, 现有的研究展示了城市化对鸟类群落组成、物种的丰富度、多度、生物量和多样性等多方面存在的不同程度的影响; 而物种水平的研究探讨了城市化影响鸟类群落格局的内在原因; 不同的鸟类物种对城市化具有不同的反应; 而个体水平的研究, 更是进一步从鸟类行为、生活史特征等方面揭示城市化压力和鸟类的适应对策。大量的证据说明, 城市化所带来的土地使用的改变、人为干扰、热岛效应、食物资源改变、巢捕食、夜间灯光等, 不同程度地对城市鸟类产生了影响。

**关键词:** 城市化影响; 鸟类; 群落; 物种; 个体; 人为活动

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2013)05-808-09

## Urbanization Effects on Birds: from Community to Individual

ZHANG Qin<sup>①</sup> LAN Si-Si<sup>①</sup> HUANG Qin<sup>②</sup> CHEN Shui-Hua<sup>①②\*</sup>

① College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004;

② Zhejiang Museum of Natural History, Hangzhou 310014, China

**Abstract:** Increasing urbanization worldwide resulted in increased human impacts on ecosystems. Urbanization effects on birds have drawn much attention from community to individual. At community level, urbanization impacts on assemblage, species richness, abundance, biomass, biodiversity, etc. were documented; Species level studies indicated the causes underlying bird community patterns in urbanization environment; different species have various responses to urbanization; Recent studies went further to detect urbanization pressures on birds by comparing individuals in behaviors and life history traits between urban environments and native habitats. Many evidences showed that a variety of factors induced with urbanization, including land use change, human disturbance, heat island effect, food change, nest predation, artificial light, etc. contributed more or less to the urbanization effects on birds.

**Key words:** Urbanization effect; Bird; Community; Species; Individual; Human activity

人类活动加速了全球生态系统的变化进程 (Palumbi 2001), 而城市化 (urbanization) 正是对地球生态系统最为显著的影响之一 (Vitousek et al. 1994)。Marzluff (2002) 对城市化给出了较为清晰的定义: 城市化就是指相对自然的土地向城市用地转化的过程。该过程的特点是人造景观尤其是高大建筑和硬化路面取代自然景观 (Fernandez-Juricic et al. 2001)。

随着人口迅速增长, 人类不断开拓土地, 建造无限延伸的城市 (Marzluff et al. 2001)。20 世纪末, 人类住宅已经占用地球表面的 1% ~ 6%,

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 31071908);

\* 通讯作者, E-mail: birdchen@hotmail.com;

**第一作者介绍** 张琴, 女, 硕士研究生; 研究方向: 鸟类生态学; E-mail: zhangxifeng330@126.com。

收稿日期: 2013-06-30, 修回日期: 2013-09-05

农田占用 12% (Meyer et al. 1992)。至 2010 年,居住在城市的总人口已经超过人口总数的 50%,至 2050 年,地球上人口预计 70% 将会居住在城市中 (United Nations 2013)。世界范围急剧的城市化进程及其所带来的生态问题已经成为生态学和保护生物学重要的关注点 (Miller et al. 2002)。近年来,人类活动对城市生态系统和生物群落的影响受到了生态学家、人类学家和社会科学家越来越普遍的关注 (Grimm et al. 2000)。城市化所带来的生态过程,包括生境片段化、生态隔离、自然栖息地消失、道路建筑等人工栖息地的产生、人类活动干扰、热岛效应、污染和噪音等,已在不同方面对生活在城市中的兽类 (Mahan et al. 2005)、鸟类 (Melles et al. 2003, Marzluff et al. 2008)、爬行类 (Germaine et al. 2001) 和两栖类 (Parris 2006, Riley 2005) 等动物产生了影响。城市化被认为是生物多样性丧失的主要原因 (Czech et al. 1997, 2000, McKinney 2008)。鸟类作为城市中最常见的动物类群,其对城市化的反应引起生态学家的特别关注 (Savard et al. 2000, Marzluff et al. 2001, Chace et al. 2006)。城市化对鸟类的影响研究也从最初的群落水平,逐渐向物种水平和个体水平深入。为了系统了解城市化对鸟类影响的研究现状,我们对现有的研究文献进行了收集、整理和总结,供相关研究者参考,以促进我国同类研究的开展。

## 1 城市化对鸟类群落的影响

城市化对鸟类的影响早期的研究热点主要集中在区系和群落水平 (郑光美 1962, Hounscome 1979, Aldrich et al. 1979, 郑光美 1984, Gering et al. 1999)。研究不同城市化阶段鸟类分布或鸟类种群的变化 (Walcott 1974, 诸葛阳等 1983, 魏湘岳等 1989)。有研究发现,随着自然栖息地的减少,该地区鸟类种类也随之减少,且减少的种类多是迁徙繁殖的鸟类,保留下来的多是留鸟 (Walcott 1974)。但也有不同的结果,随着落叶林地被住宅区慢慢取代,鸟类种类增加且鸟类的密度也随之增加 (Aldrich

et al. 1979)。在群落组成中,多度最高的物种中有些物种之前并不存在于该地区,但随着城市化的进程又重新建立种群 (Aldrich et al. 1979)。城市化对鸟类群落结构的其他特征,包括物种的丰富度 (richness)、多度 (abundance)、密度 (density)、均匀度 (evenness)、生物量 (biomass) 和多样性 (diversity) 等均存在不同程度的影响。城市化可导致鸟类群落生物量增加,鸟类的密度和多度随城市化程度的提高而上升 (Emlen 1974),而鸟类群落的物种丰富度和物种多样性则随城市化程度的提高而降低 (Emlen 1974, Beissinger et al. 1982, Clergeau et al. 1998, Marzluff et al. 2001, Melles et al. 2003, Lee et al. 2004, Clergeau et al. 2006, McKinney 2006, Li et al. 2010)。但也有研究发现适度的城市化反而有助于提高鸟类群落的丰富度和物种多样性 (Blair 1996, Crooks et al. 2004)。城市化导致植物群落组成和结构的改变,某种程度上可提高植物群落结构的多样性,从而提高鸟类群落的物种丰富度 (Blair 1996)。此外,与原有的自然生境相比,城市环境中,鸟类群落的组成出现了同质化倾向 (Blair 2001, Crooks et al. 2004, Olden et al. 2004, McKinney 2006, Wang et al. 2013),即随着城市化的加剧,虽然城市鸟类群落与原来的自然生境鸟类群落不一样,但相对于附近其他城市来说,各城市间鸟类群落差异却不大 (Chace et al. 2006)。通过对城市鸟类功能集团的研究发现,由于城市中的树种比较单一,且昆虫类资源较少,所以城市化环境更适于杂食性和食种子的鸟类 (Chace et al. 2006)。随着城市化程度的提高,鸟类取食集团的数量、单个集团的物种数呈现下降趋势,集团的结构和组成发生了明显的变化 (王彦平等 2004b)。把巴拿马 11 个栖息地按人为干扰梯度划分并观察,发现与原生森林地区相比,在住宅区有更多食果、食蜜的鸟类 (Petit et al. 1999)。同样有研究者发现,城市化环境排斥在地面筑巢的鸟类,而更适于利用现成洞穴筑巢的鸟类 (Lim et al. 2004)。Fernández-Juricic (2002) 通过对

西班牙马德里城市林地鸟类的调查发现,城市林地鸟类虽然与绝大多数自然斑块栖息地类似,呈现出明显的嵌套结构(nestedness),但形成的原因不尽相同。城市林地的人为干扰可限制部分鸟类的觅食和繁殖机会,降低斑块栖息地的适宜性,从而提高嵌套程度;而 Wang 等(2013)对杭州园林鸟类群落的研究则显示,虽然人类干扰对于城市斑块栖息地鸟类嵌套格局的形成具有重要作用,但主要影响夏季繁殖鸟类,对越冬鸟类的影响较小,在制订城市鸟类保护对策时应该区别对待。

## 2 城市化对鸟类物种的影响

不同鸟类对城市化的不同反应是城市鸟类群落格局形成的内在原因。有学者根据鸟类对城市化所表现出的不同反应,将城市鸟类总体上区分为城市适应种和城市敏感种两大类(Blair 1996, Croci et al. 2008),或者分为城市开拓种、乡村适应种和城市回避种(Conole et al. 2011)。城市环境似乎为鸟类设置了许多障碍,诸如栖息地片断化、栖息地隔绝、噪音、污染、食物资源改变、人类活动干扰和栖息地质量下降等,只有那些在生物学上具有相应适应特性的种类才能忍受(Blair 1996, Kark et al. 2007)。因此,城市化被认为如同筛子,根据鸟类的生物学特性过滤鸟类物种(Croci et al. 2008)。由于不同城市化环境大多类似,城市栖息地往往基于相似的特征“选择”物种,因而也造成了城市鸟类组成功能同质化的倾向(Clergeau et al. 2006, McKinney 2006)。

猛禽由于飞行高度较高,活动范围大,较少受到人为干扰的限制,加上城市中有比较充足的食物资源,城市被认为较适于猛禽的栖息(Newton 1986)。小型猛禽经常栖息在绿化带和公园中(Clark et al. 1984, Newton 1986)。在美国西雅图城区,美洲雕鸮(*Bubo virginianus*)非常常见(Lambert 1981)。那些能在城区找到所需食物的猛禽对城市化表现出积极的反应。由于大量小型鸟类的存在,许多隼类更愿意亲近城市环境,且在城市中有较高的繁殖成功率

(Newton 1986, James et al. 1987)。像王鸢(*Buteo regalis*)和毛脚鸢(*B. lagopus*)这类以相对大型的哺乳动物为食的猛禽,在城市中的境遇就比较差。而鸢类一般在城市化早期较为繁盛,而随着城市化程度的提高,垃圾的减少而逐渐从城市中消失(Inigo 1986)。

有研究认为,城市化环境倾向于选择外来种,例如麻雀(*Passer montanus*)、原鸽(*Columba livia*)等,而排斥本地种类(Chace et al. 2006)。这可能是由于城市中的植被相对单一,且多数植物为引进的外来种,从而导致本地鸟种随着本地植物的减少而减少,甚至消失。取而代之的是适应新环境和资源的外来种(MacGregor-Fors 2007)。例如在美国亚利桑那州的图森,许多住宅区保留本地植物,因此也保留了本地鸟类。随着图森城市化进程的加剧,本地植物被逐渐移除,使得本地鸟种减少。而像小嘲鸫(*Mimus polyglottos*)、印加地鸠(*Scardafella inca*)、家麻雀(*P. domesticus*)等非本地物种则相对增多(Mills et al. 1989)。还有一些种类对栖息地的面积大小十分敏感,面对栖息地破碎化严重的城市环境往往无法适应(Dawson et al. 1993)。而那些对城市化适应的种类,它们会通过改变食性(Fleischer et al. 2003)、鸣叫(Wood et al. 2006)、巢材(Wang et al. 2008, 2009),乃至形态大小(Liker et al. 2008),来适应城市环境。例如主要食种子、食蜜的物种,在城市环境中会把人为投递的食物作为觅食资源的一部分(Geis et al. 1993)。

## 3 城市化对鸟类个体水平的影响

城市化栖息地与自然栖息地在巢址资源、食物资源、干扰类型和强度、天敌等方面都有很大差异,为探究不同鸟类适应能力差异性的原因以及适应种对城市化适应的内在机制,部分学者开始在鸟类个体水平上寻找答案(Ambuel et al. 1983, Harrison 2000, Fleischer et al. 2003)。为了适应城市化的压力,鸟类在求偶鸣声(Slabbekoorn et al. 2003, Wood et al. 2006)、巢材选择(Wang et al. 2008, 2009)上发

生改变。对麻雀鸣声的研究发现,在城市环境中,人为噪声对鸟类鸣声有遮蔽作用,特别是对鸣声中的低频部分。生活在城市环境中的个体会对低频部分的鸣声做出调整,使其受人为噪声遮蔽的影响降到最低(Wood et al. 2006)。Wang 等(2009)发现,适应城市的鸟类在城市栖息地中会通过改变巢材来适应城市环境。而有些城市中的鸟类会使用烟蒂中的聚丙烯纤维作为巢材,并且证明这种行为可以有效减少巢内的外寄生生物数量(Suárez-Rodríguez 2012)。有研究发现,家麻雀的体重在城市环境和乡村环境有明显差异,栖息于城市化程度高的个体体型相对较小(Liker et al. 2008)。城市化的压力同时也导致城市麻雀的多种生理指标发生改变(张淑萍等 2007)。

城市鸟类的繁殖成功率受到较多的关注。Schnack (1991)发现,栖息在维也纳城区的欧歌鸫(*Turdus philomelos*)和乌鸫(*T. merula*)繁殖成功率较临近林区低;而乌鸫由于比欧歌鸫能更多地利用人工巢址和食物资源,因而在城区的繁殖密度相对更高。城区乌鸫雏鸟的食物中动物性食物的比例较林区低,它们可部分利用人工食物,而在城区的欧歌鸫则完全排斥人工食物。它们的繁殖成功率与其获得食物资源的能力,尤其是动物性食物的比例密切相关。而城市中的猛禽由于可以利用人工巢址,比其在野外的同类具有更高的繁殖成功率(Chace et al. 2006)。栖息在美国亚利桑那州图桑的库氏鹰(*Accipiter cooperii*)比郊外个体更早进入繁殖,且具有更大的窝卵数(Boal et al. 1999)。城市中的喜鹊(*Pica pica*)通常产更大的卵(Vengerov 1992),且产卵时间早于农村地区,孵化成功率也高于农村地区(Antonov et al. 2003)。

#### 4 不同城市化因素对鸟类的影响

**4.1 土地使用的改变** 城市景观和栖息地的改变在不同尺度上影响鸟类的分布(张淑萍等 2006)。城市环境中土地使用的变化与鸟类繁殖生态之间关系密切(Lloyd et al. 2005)。多

数研究认为,土地使用变化会给鸟类繁殖带来消极影响(Gannon 2005)。例如在繁殖季节,雀形目鸟类的食物主要来自土壤中的无脊椎动物,但由于土地使用的转变而导致鸟类可获得的食物减少(Campbell et al. 1997)。在BBS(The North American Breeding Bird Survey)的计划执行中,发现沿公路样线进行鸟类计数会少于其他地区,推测可能是因为交通噪音会干扰鸟类,使公路附近的鸟类数量减少。自1997年开始,沿公路样线的鸟类计数调查会同时收集经过的车辆数,结果发现对于被调查的大多数物种,车辆计数的增加总是伴随着鸟类计数的减少(Griffith et al. 2010)。有人基于Wilcoxon signed-ranks的检测和回归分析认为,临近公路会导致种群密度减小,且这种现象最主要是由于噪音,而不是车辆的可见度、污染等(Reijnen et al. 1995)。

**4.2 人为干扰** 在城市环境中,沿不同城市化梯度,人口的分布和活动强度呈现显著的差异。人为活动被认为是城市鸟类分布和栖息地选择的主要影响因素(陈水华等 2000, 2002a)。惊飞距离体现了不同鸟类对人为干扰具有不同的反应(王彦平等 2004a)。繁殖鸟类对人为干扰更为敏感,人为干扰直接影响城市鸟类的巢位选择(王彦平等 2003),并导致繁殖失败(兰思思等 2013)。人为干扰会影响雄性在繁殖季鸣唱的时间选择,进而影响领域的确定、配偶的吸引、配对的形成、产卵和传递信息等(Gutzwiller et al. 1997)。此外,人为干扰还会影响亲鸟的孵卵行为,无人照料的卵要承担更多捕食风险或者暴露在极端致命温度下的机会(Baudains et al. 2007)。在城市环境中更为直接的干扰是人为破坏繁殖巢,或因绿化工程的需要修剪枝杈而直接导致繁殖巢的破坏。但并不是所有与人相关的环境都是消极的,例如有研究发现在人为景观中,森林覆盖达到50%~60%时,鸣鸟的多样性会达到顶峰(Marzluff 2005);尽管在居民区的筑巢环境比城市林地差,但大山雀(*Parus major*)在居民区的繁殖密度会高于城市林地(Hedblom et al. 2007);与农村地区相

比,生活在城市中的林鸟表现出增长的定居趋势(Partecke et al. 2007);甚至有人认为非致命干扰能增加收益,特别在生活史的敏感时期,例如繁殖期能减少捕食风险(Clair et al. 2010)。有研究发现交通噪声在筑巢期和育雏期会干扰捕食者,间接保护了繁殖巢(Forman et al. 1998)。

**4.3 热岛效应** 气候变化同样会影响鸟类繁殖(Stephens et al. 2004, Lloyd et al. 2005)。不断加速的城市化对城市气候有深远影响,其中最显著的特征之一就是热岛效应。Manley (1958)为此提出了城市热岛(urban heat island, UHI)概念。由于城市比周边环境温度要高,导致在城市繁殖的鸟类能较早获得无脊椎动物作为食物,从而较早开始繁殖(Eden 1985)。此外,由于城市中温度较高,允许繁殖较早开始,结束相对推迟,使得在城市中繁殖的鸟类有相对较长的繁殖期(Beck et al. 2006)。

**4.4 食物资源** 由于食物资源的类别和可获得性在很大程度上影响鸟类对栖息地的选择,鸟类更愿意选择在可获得稳定食物资源的地方繁殖(Small et al. 2005)。如果在城市环境能获得所需的食物,那么鸟类会选择在城市环境中繁殖,甚至定居。对于某些鸟类来说,城市比乡村更易获得稳定的食物(Small et al. 2005)。一般来说,由于猛禽需要广大猎食区域,所以较难在城市中繁殖,但研究却发现,某些猛禽随城市化程度提高数量反而增加(Bird et al. 1996)。在德国汉堡,由于在城市中的捕食效率更高,城市化环境更适合苍鹰(*A. gentilis*)的生活(Rutz 2006)。

**4.5 夜间灯光** 人造夜间光源一直是影响动物行为的因素(Baker et al. 2006)。光污染现象存在已久,但是对其生态影响评估还没有引起足够重视。夜间人工光照不仅干扰鸟类在栖息地的正常休息,而且会误导其对季节及迁徙时机的判断。光照是影响鸟类繁殖行为的一个重要的环境条件。光照时数的增加可刺激脑垂体释放促性腺激素(follicle-stimulating hormone, FSH),使性腺机能活跃(Van

Tienhoven et al. 1973)。特别是那些对光敏感的鸟类,比如麻雀、鹌鹑(*Coturnix japonica*)和雉鸡(*Phasianus colchicus*)等。大部分鸟类具有季节性繁殖的特性,而光周期被认为是鸟类季节性繁殖最重要的信号(Jacquet 1997)。

**4.6 巢捕食** 鸦科鸟类、猛禽和猫(*Felis silvestris catus*)被认为是城市鸟类的主要捕食者。沿城市化梯度,这些捕食者的分布和数量各不相同(Haskell et al. 2001, Sorace 2002, Sims et al. 2008)。巢捕食可能是限制鸟类种群动态的重要因素(Martin 1993)。较早的研究认为,由于城市中缺乏大型食肉动物,使得城市中的自然捕食者数量较低,从而使巢捕食率在市区区域较低(Eden 1985)。但越来越多的人相信,由于野猫数量增多,使城市中鸟类的被捕食风险更高(Lepczyk et al. 2003)。对人工巢的研究发现,城市比郊区具有更高的巢捕食率,人为管理的公园比不管理的公园巢捕食率高(Jokimäki et al. 2000)。

**4.7 其他因素** 鸟类撞击建筑物玻璃致死已经成为城市鸟类死亡的重要原因之一。美国鸟类物种中有25%有过撞击窗户的记录(Klem 1990)。在康涅狄格州,发现大量的撞击事件发生在秋季和春季的迁徙时段(Codoner 1995)。汽车撞击的高峰在5~6月份,正是成鸟频繁活动照顾幼鸟的时期。像原鸽等适应高密度人口的鸟类更容易发生汽车碰撞(Codoner 1995)。输电线是另一个城市中的危险物。在密歇根州,由于与输电线发生撞击,导致11个物种87只鸟类个体死伤(Rusz et al. 1986)。

## 5 结 语

在城市鸟类研究方面,我国起点较早(郑光美 1962, 1984),但发展缓慢。近十多年来,较多的学者开始关注城市鸟类群落,包括城市鸟类群落的特征(赵欣如等 1996, 栾晓峰等 2003, 陈水华等 2005, 石春芳等 2005, 王玉军等 2005, 李慧等 2008)、城市栖息地与鸟类群落的关系(魏湘岳等 1989, 陈水华等 2002a, b, 葛振鸣等 2005, 隋金玲等 2006, 陆祎玮等 2007),并

进而关注城市化对鸟类群落的影响(陈水华等 2000,唐仕敏等 2003,王彦平等 2004b,李鹏等 2009, Wang et al. 2013)。同时,也出现了物种水平(王彦平等 2004a,兰思思等 2013)乃至个体水平(张淑萍等 2007, Wang et al. 2008, 2009)的研究。当前,中国的城市化进程十分迅速,且具有自己的特征。如何记录这一全球性的、又带有中国特点的环境变化过程,准确捕捉并反映其生态影响,是值得中国鸟类学家关注的问题。

## 参 考 文 献

- Aldrich J W, Coffin R W. 1979. Breeding bird populations from forest to suburban after thirty-seven year. *American Birds*, 34(1): 3-7.
- Ambuel B, Temple S A. 1983. Area dependent changes in the bird communities and vegetation of southern Wisconsin forests. *Ecology*, 64(5): 1057-1068.
- Antonov A, Dimitrinka A. 2003. Small-scale differences in the breeding ecology of urban and rural Magpies *Pica pica*. *Ornis Fennica*, 80: 21-30.
- Baker B J, Richardson J M L. 2006. The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, *Rana clamitans melanota*. *Canadian Journal of Zoology*, 84(10): 1528-1532.
- Baudains T P, Lloyd P. 2007. Habituation and habitat changes can moderate the impacts of human disturbance on shorebird breeding performance. *Animal Conservation*, 10(3): 400-407.
- Beck N R, Heinsohn R. 2006. Group composition and reproductive success of cooperatively breeding white-winged choughs (*Corcorax melanorhamphos*) in urban and non-urban habitat. *Austral Ecology*, 31(5): 588-596.
- Beissinger S R, Osborne D R. 1982. Effects of urbanization on avian community organization. *The Condor*, 84(1): 75-83.
- Bird D M, Varland D E, Negro J J. 1996. *Raptors in Human Landscapes: Adaptations to Built and Cultivated Environments*. London: Academic Press.
- Blair R B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications*, 6(2): 506-519.
- Blair R B. 2001. Creating a homogeneous avifauna // Marzluff J M, Bowman R, Donnelly R. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 459-486.
- Boal C W, Mannan R W. 1999. Comparative breeding ecology of Cooper's hawks in urban and exurban areas of southeastern Arizona. *The Journal of Wildlife Management*, 63(1): 77-84.
- Campbell L H, Avery M I, Donald P, et al. 1997. *A Review of the Indirect Effects of Pesticides on Birds*. Peterborough: Joint Nature Conservation Committee.
- Chace J F, Walsh J J. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning*, 74(1): 46-69.
- Clair J J H St, García-Peña G E, Woods R W, et al. 2010. Presence of mammalian predators decreases tolerance to human disturbance in a breeding shorebird. *Behavioral Ecology*, 21(6): 1285-1292.
- Clark K L, Euler D L, Armstrong E. 1984. Predicting avian community response to lakeshore cottage development. *The Journal of Wildlife Management*, 48(4): 1239-1247.
- Clergeau P, Croci S, Jokimäki J, et al. 2006. Avifauna homogenisation by urbanisation: analysis at different European latitudes. *Biological Conservation*, 127(3): 336-344.
- Clergeau P, Savard J P L, Mennechez G, et al. 1998. Bird abundance and diversity along an urban-rural gradient: a comparative study between two cities on different continents. *The Condor*, 100(3): 413-425.
- Codoner N A. 1995. Mortality of Connecticut birds on roads and buildings. *Connecticut Warbler*, 15: 89-98.
- Conole L E, Kirkpatrick J B. 2011. Functional and spatial differentiation of urban bird assemblages at the landscape and scale. *Landscape and Urban Planning*, 100(1/2): 11-23.
- Croci S, Butet A, Clergeau P. 2008. Does urbanization filter birds on the basis of their biological traits? *The Condor*, 110(2): 223-240.
- Crooks K R, Suaarez A V, Bolger D T. 2004. Avian assemblages along a gradient of urbanization in a highly fragmented landscape. *Biological Conservation*, 115(3): 451-462.
- Czech B, Krausman P R. 1997. Distribution and causation of species endangerment in the United States. *Science*, 277(5329): 1116-1117.
- Czech B, Krausman P R, Devers P K. 2000. Economic associations among causes of species endangerment in the United States. *BioScience*, 50(7): 593-601.
- Dawson D K, Darr L J, Robbins C S. 1993. Predicting the distribution of breeding forest birds in a fragmented landscape. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*, 58: 35-43.
- Eden S F. 1985. The comparative breeding biology of magpies *Pica pica* in an urban and a rural habitat (Aves: Corvidae).

- Journal of Zoology, 205(3): 325 – 334.
- Emlen J T. 1974. An urban bird community in Tucson, Arizona: derivation, structure, regulation. *The Condor*, 76(2): 184 – 197.
- Fernández-Juricic E. 2002. Can human disturbance promote nestedness? A case study with breeding birds in urban habitat fragments. *Oecologia*, 131(2): 269 – 278.
- Fernández-Juricic E, Jokimäki J. 2001. A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: Case studies from southern and northern Europe. *Biodiversity and Conservation*, 10(12): 2023 – 2042.
- Fleischer J L Jr, Bowman R, Woolfenden G E. 2003. Variation in foraging behavior, diet and time of breeding of Florida Scrub-jays in suburban and wildland habitats. *The Condor*, 105(3): 515 – 527.
- Forman R T T, Alexander L E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(1): 207 – 231.
- Gannon J J. 2005. Nest predation and brood parasitism of two bottomland hardwood forest songbirds: The importance of habitat characteristics at multiple spatial scales. Athens: Ph. D. dissertation, University of Georgia.
- Geis A D, Pomeroy L N. 1993. Reaction of wild bird populations to a supplemental food source. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*, 58: 44 – 61.
- Gering J C, Blair R B. 1999. Predation on artificial bird nests along an urban gradient: predatory risk or relaxation in urban environments? *Ecography*, 22(5): 532 – 541.
- Germaine S S, Wakeling B F. 2001. Lizard species distributions and habitat occupation along an urban gradient in Tucson, Arizona, USA. *Biological Conservation*, 97(2): 229 – 237.
- Griffith E H, Sauer J R, Royle J A. 2010. Traffic effects on bird counts on north American breeding bird survey routes. *The Auk*, 127(2): 387 – 393.
- Grimm N, Grove J M, Pickett S T A, et al. 2000. Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. *BioScience*, 50(7): 571 – 584.
- Gutzwiller K J, Elizabeth A K, Anderson S H, et al. 1997. Does human intrusion alter the seasonal timing of avian song during breeding periods? *The Auk*, 114(1): 55 – 65.
- Harrison J A. 2000. Changing suburban birds -Terrestrial species. *Bird Numbers*, 9(2): 46 – 51.
- Haskell D G, Knupp A M, Schneider M C. 2001. Nest predator abundance and urbanization // Marzluff J M, Bowman R, Donnelly R. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 243 – 258.
- Hedblom M, Söderström B. 2007. Density and reproductive performance of Great Tits (*Parus major*) at different types of urban woodland ecotones // Hedblom M. *Birds and butterflies in Swedish urban and peri-urban habitats: a landscape perspective*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, doctoral thesis.
- Hounscome M. 1979. Bird life in the city // Laurie I C. *Nature in Cities*. Chichester: John Wiley, 179 – 201.
- Inigo E E. 1986. Food habits and plastic products in one population of black vulture (*Coragyps atratus*) in the Central Plateau of Chiapas, Mexico // Ouellet H. *Proceedings of the 19th International Ornithological Congress*, Abstract, 439. Ottawa, Ont: University of Dttawa Press.
- Jacquet J M. 1997. Photorefractory period of the Muscovy duck (*Cairina moschata*): endocrine and neuroendro crines response to day length after a full reproductive cycle. *British Poultry Science*, (38): 209 – 216.
- James P C, Smith A R, Oliphant L W, et al. 1987. Northward expansion of the wintering range of Richardson's merlin. *Journal of Field Ornithology*, 58(2): 112 – 117.
- Jokimäki J, Huhta E. 2000. Artificial nest predation and abundance of birds along an urban gradient. *The Condor*, 102(4): 838 – 847.
- Kark S, Iwaniuk A, Schalimtzek A, et al. 2007. Living in the city: can anyone become an 'urban exploiter'? *Journal of Biogeography*, 34(4): 638 – 651.
- Klem D Jr. 1990. Collisions between birds and windows: mortality and prevention. *Journal of Field Ornithology*, 61: 120 – 128.
- Lambert A. 1981. Presence and food preferences of the great horned owl in the urban parks of Seattle. *Murrelet*, 62(1): 2 – 5.
- Lee P F, Ding T S, Hsu F H, et al. 2004. Breeding bird species richness in Taiwan: distribution on gradients of elevation, primary productivity and urbanization. *Journal of Biogeography*, 31(2): 307 – 304.
- Lepczyk C A, Mertig A G, Liu J G. 2003. Landowners and cat predation across rural-to-urban landscapes. *Biological Conservation*, 115(2): 191 – 201.
- Li P, Ding P, Feeley K J, et al. 2010. Patterns of species diversity and functional diversity of breeding birds in Hangzhou across an urbanization gradient. *Chinese Birds*, 1(1): 1 – 8.
- Liker A, Papp Z, Bókony V, et al. 2008. Lean birds in the city: body size and condition of house sparrows along the urbanisation gradient. *Animal Ecology*, 77(4): 789 – 795.
- Lim H C, Sodhi N S. 2004. Responses of avian guilds to

- urbanization in a tropical city. *Landscape and Urban Planning*, 66: 199–215.
- Lloyd P, Martin T E, Redmond R L, et al. 2005. Linking demographic effects of habitat fragmentation across landscapes to continental source-sink dynamics. *Ecological Applications*, 15(5): 1504–1514.
- MacGregor-Fors I. 2007. Relation between habitat attributes and bird richness in a western Mexico suburb. *Landscape and Urban Planning*, 84(1): 92–98.
- Mahan C G, O'Connell T J. 2005. Small mammal use of suburban and urban parks in central Pennsylvania. *Northeastern Naturalist*, 12(3): 307–314.
- Manley G. 1958. On the frequency of snowfall in metropolitan England. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 84(359): 70–72.
- Martin T E. 1993. Nest predation and nest sites. *BioScience*, 43(8): 523–532.
- Marzluff J M. 2002. Worldwide urbanization and its effects on birds//Marzluff J M. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 19–47.
- Marzluff J M. 2005. Island biogeography for an urbanizing world: how extinction and colonization may determine biological diversity in human-dominated landscapes. *Urban Ecosystems*, 8(2): 157–177.
- Marzluff J M, Bowman R, Donnelly R. 2001. A historical perspective on urban bird research: trends, terms, and approaches//Marzluff J M. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1–15.
- Marzluff J M, Rodewald A D. 2008. Conserving biodiversity in urbanizing areas: nontraditional views from a bird's perspective. *Cities and the Environment*, 1(2): 6–27.
- McKinney M L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3): 247–260.
- McKinney M L. 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems*, 11(2): 161–176.
- Melles S, Glenn S, Martin K. 2003. Urban bird diversity and landscape complexity: Species-environment associations along a multiscale habitat gradient. *Conservation Ecology*, 7(1): 5.
- Meyer W B, Turner B L II. 1992. Human population growth and global land-use/cover change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23(1): 39–61.
- Miller J, Hobbs R J. 2002. Conservation where people live and work. *Conservation Biology*, 16(2): 330–337.
- Mills G S, Dunning J B Jr, Bates J M. 1989. Effects of urbanization on breeding bird community structure in southwestern desert habitats. *The Condor*, 91(2): 416–428.
- Newton I. 1986. *The Sparrowhawk*. Calton, Staffordshire, England: T & A D Poyser Ltd.
- Olden J D, Poff N L, Douglas M R, et al. 2004. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(1): 18–24.
- Palumbi S R. 2001. Humans as the world's greatest evolutionary force. *Science*, 293(5536): 1786–1790.
- Parris K M. 2006. Urban amphibian assemblages as metacommunities. *Journal of Animal Ecology*, 75(3): 757–764.
- Partecke J, Gwinner E. 2007. Increased sedentariness in European blackbirds following urbanization: A consequence of local adaptation? *Ecology*, 88(4): 882–890.
- Petit L J, Petit D R, Christian D G, et al. 1999. Bird communities of natural and modified habitats in Panama. *Ecography*, 22(3): 292–304.
- Reijnen R, Foppen R, Braak C T, et al. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *Journal of Applied Ecology*, 32(1): 187–202.
- Riley S P D, Busteed G T, Kats L B, et al. 2005. Effects of urbanization on the distribution and abundance of amphibians and invasive species in southern California streams. *Conservation Biology*, 19(6): 1894–1907.
- Rusz P J, Prince H H, Rusz R D, et al. 1986. Bird collisions with transmission lines near a power plant cooling pond. *Wildlife Society Bulletin*, 14(4): 441–444.
- Rutz C. 2006. Home range size, habitat use, activity patterns and hunting behaviour of urban-breeding Northern Goshawks *Accipiter gentilis*. *Ardea*, 94(2): 185–202.
- Savard J P L, Clergeau P, Mennechez G. 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning*, 48(3/4): 131–142.
- Schnack S. 1991. The breeding biology and nestling diet of the blackbird *Turdus merula* L. and the song thrush *Turdus philomelos* C. L. Brehm in Vienna and in an adjacent wood. *Acta Ornithologica*, 26(2): 85–106.
- Sims V, Evans K L, Newson S E, et al. 2008. Avian assemblage structure and domestic cat densities in urban environments. *Diversity and Distributions*, 14(2): 387–399.
- Slabbekoorn H, Peet M. 2003. Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature*, 424(6946): 267.



- Small M F, Schaefer C L, Baccus J T, et al. 2005. Breeding ecology of White-winged Doves in a recently colonized urban environment. *The Wilson Bulletin*, 117(2): 172–176.
- Sorace A. 2002. High density of bird and pest species in urban habitats and the role of predator abundance. *Ornis Fennica*, 79: 60–71.
- Stephens S E, Koons D N, Rotella J J, et al. 2004. Effects of habitat fragmentation on avian nesting success: A review of the evidence at multiple spatial scales. *Biological Conservation*, 115(1): 101–110.
- Suárez-Rodríguez M, López-Rull I, García C M. 2012. Incorporation of cigarette butts into nests reduces nest ectoparasite load in urban birds: new ingredients for an old recipe. *Biology Letters*, 9(1): 20120931.
- United Nations. 2013. Urban Population, Development and the Environment 2011. [EB/OL] [2013-08-20]. [http://www.un.org/esa/population/publications/2011UrbanPopDev Env\\_Chart/urban\\_wallchart\\_2011-web-smaller.pdf](http://www.un.org/esa/population/publications/2011UrbanPopDevEnv_Chart/urban_wallchart_2011-web-smaller.pdf).
- Van Tienhoven A, Plank R J. 1973. The effects of light on avian reproductive activity//Greep R O, Astwood E B. *Handbook of Physiology*. Vol. 2, Part 1. Washington DC: American Physiological Society, 79–107.
- Vengerov P D. 1992. Comparison of oomorphological parameters of birds from natural and urbanized habitats. *Soviet Journal of Ecology*, 23(1): 16–21.
- Vitousek P M. 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 75(7): 1861–1876.
- Walcott C F. 1974. Changes in bird life in Cambridge, Massachusetts from 1860 to 1964. *The Auk*, 91(1): 151–160.
- Wang Y P, Chen S H, Blair R B, et al. 2009. Nest composition adjustments by Chinese Bulbuls *Pycnonotus sinensis* in an urbanized landscape of Hangzhou (E China). *Acta Ornithologica*, 44(2): 185–192.
- Wang Y P, Chen S H, Jiang P P, et al. 2008. Black-billed Magpies (*Pica pica*) adjust nest characteristics to adapt to urbanization in Hangzhou, China. *Canadian Journal of Zoology*, 86(7): 676–684.
- Wang Y P, Ding P, Chen S H, et al. 2013. Nestedness of bird assemblages on urban woodlots: Implications for conservation. *Landscape and Urban Planning*, 111: 59–67.
- Wood W E, Yezrinac S M. 2006. Song sparrow (*Melospiza melodia*) song varies with urban noise. *The Auk*, 123(3): 650–659.
- 陈水华, 丁平, 范忠勇, 等. 2002a. 城市鸟类对斑块状园林栖息地的选择性. *动物学研究*, 23(1): 31–38.
- 陈水华, 丁平, 郑光美, 等. 2000. 城市化对杭州市湿地水鸟群落的影响研究. *动物学研究*, 21(4): 279–285.
- 陈水华, 丁平, 郑光美, 等. 2002b. 岛屿栖息地鸟类群落的丰富度及其影响因子. *生态学报*, 22(2): 141–149.
- 陈水华, 丁平, 郑光美, 等. 2005. 园林鸟类群落的岛屿性格局. *生态学报*, 25(4): 657–663.
- 葛振鸣, 王天厚, 施文彧, 等. 2005. 环境因子对上海城市园林春季鸟类群落结构特征的影响. *动物学研究*, 26(1): 17–24.
- 兰思思, 张琴, 黄秦, 等. 2013. 杭州城市环境中白头鸭的繁殖生态. *动物学研究*, 34(3): 182–189.
- 李慧, 洪永密, 邹发生, 等. 2008. 广州市中心城区公园鸟类多样性及季节动态. *动物学研究*, 29(2): 203–211.
- 李鹏, 张亮成, 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): 295–230.
- 陆伟玮, 唐仕贤, 史慧玲, 等. 2007. 上海城市绿地冬季鸟类群落特征与生境的关系. *动物学杂志*, 42(5): 125–130.
- 栾晓峰, 刘俊峰, 胡忠军, 等. 2003. 上海郊区冬夏季鸟类群落特征比较. *动物学杂志*, 38(3): 69–76.
- 石春芳, 杨贵生, 赵明华, 等. 2005. 呼和浩特市春季鸟类群落结构及多样性研究. *内蒙古大学学报: 自然科学版*, 36(2): 197–201.
- 隋金玲, 胡德夫, 李凯, 等. 2006. 北京市区不同绿化带内夏季鸟类的群落特征. *林业科学*, 42(7): 66–72.
- 唐仕敏, 唐礼俊, 李惠敏. 2003. 城市化对上海市五角场地区鸟类群落的影响. *上海环境科学*, 22(6): 406–410.
- 王彦平, 陈水华, 丁平. 2003. 杭州城市行道树带的繁殖鸟类及其鸟巢分布. *动物学研究*, 24(4): 259–264.
- 王彦平, 陈水华, 丁平. 2004a. 惊飞距离——杭州常见鸟类对人为侵扰的适应性. *动物学研究*, 25(3): 214–220.
- 王彦平, 陈水华, 丁平. 2004b. 城市化对冬季鸟类取食集团的影响. *浙江大学学报: 理学版*, 31(3): 330–336.
- 王玉军, 陈水华, 丁平. 2005. 杭州市园林鸟类群落结构及其季节变化. *浙江大学学报: 理学版*, 32(3): 320–326.
- 魏湘岳, 朱靖. 1989. 北京城市及近郊区环境结构对鸟类的影响. *生态学报*, 9(4): 285–289.
- 张淑萍, 郑光美. 2007. 北京市城区与郊区麻雀 (*Passer montanus*) 环境压力的比较研究. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 43(2): 187–190.
- 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.
- 赵欣如, 房继明, 宋杰, 等. 1996. 北京的公园鸟类群落结构研究. *动物学杂志*, 31(3): 17–20.
- 郑光美. 1962. 北京及其附近地区冬季鸟类的生态分布. *动物学报*, 14(3): 321–336.
- 郑光美. 1984. 北京及其附近地区夏季鸟类的生态分布. *动物学研究*, 5(1): 29–40.
- 诸葛阳, 姜仕仁. 1983. 杭州鸟类调查. *杭州大学学报*, 10(增刊1): 50–64.