

# 城市公共绿地常见木本植物组成对鸟类群落的影响

王 勇<sup>1</sup> 许 洁<sup>1</sup> 杨 刚<sup>1</sup> 李宏庆<sup>1</sup> 吴时英<sup>2</sup> 唐海明<sup>2</sup> 马 波<sup>4</sup> 王正寰<sup>1,3\*</sup>

1 (华东师范大学生命科学学院, 上海 200062)

2 (上海浦东新区林业站, 上海 200120)

3 (上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室, 华东师范大学, 上海 200062)

4 (上海野生动物保护管理站, 上海 200233)

**摘要:** 快速城市化背景下, 城市公共绿地已经成为重要的鸟类栖息地, 其中的木本植物群落构成对鸟类群落结构有显著影响, 研究木本植物配置与鸟类多样性的关系对提升城市公共绿地作为鸟类栖息地的生态服务功能有重要的理论和应用价值。我们于2009–2010年间在上海市滨江森林公园就木本植物和鸟类群落的相互关系展开研究。样线法结合样点调查共记录到鸟类10目25科64种5,368只(次), 鸟类多度全年变化显著, 峰值分别出现在4月和11月。丰富度全年也呈现双峰型变化, 峰值出现在4月和12月。全年鸟类多样性(Simpson指数)差异显著, 10月最高, 8月最低。样方调查共记录到77种木本植物, 其中有14种(乔木9种、灌木5种)出现率超过5个样方, 定义为常见种, 其果期主要集中在9月到翌年2月, 其上常见林业致病虫害的发生盛期集中在5–11月。主成分分析显示, 常见木本植物上观察到的鸟类可划分为8个鸟类集团, Spearman秩相关检验显示秋冬季常见木本植物果期与植食性、肉食性、食虫性、杂食性等多个鸟类集团的多度均呈显著正相关。说明在秋冬季鸟类迁徙高峰期不同鸟类集团均能获得丰富的食物资源。就常见木本植物对鸟类群落的重要值进行排序, 结果显示, 大叶杨(*Populus lasiocarpa*)、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、香樟(*Cinnamomum camphora*)等乔木对鸟类重要值较高, 而灌木层对鸟类的重要性整体偏低, 说明滨江森林公园的灌木层作为鸟类栖息地的功能建设尚需加强。根据以上研究结果, 我们提出了提高上海城市公园鸟类多样性的植被配置建议。

**关键词:** 城市化, 城市绿地, 上海, 鸟类集团, 植物群落, 木本植物

## The composition of common woody plant species and their influence on bird communities in urban green areas

Yong Wang<sup>1</sup>, Jie Xu<sup>1</sup>, Gang Yang<sup>1</sup>, Hongqing Li<sup>1</sup>, Shiyong Wu<sup>2</sup>, Haiming Tang<sup>2</sup>, Bo Ma<sup>4</sup>, Zhenghuan Wang<sup>1,3\*</sup>

1 School of Life Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062

2 Forestry Station of Pudong, Shanghai 200120

3 Shanghai Key Laboratory of Urbanization and Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai 200062

4 Department of Wildlife Protection Administration, Shanghai 200233

**Abstract:** Urban green areas are important habitats for birds in rapidly urbanized areas. The composition of woody plant species has a significant influence on the structure of bird communities in urban green areas. Therefore, to enhance the function of public green areas as wild bird habitats, we studied how woody plants influenced the composition of the bird community in Binjiang Forest Park, a typical urban green area in Shanghai city. A total of 5,368 individual birds belonging to 64 species from 25 families and 10 orders were recorded during line transect and point-count surveys conducted between 2009 and 2010. Data on bird abundance showed significant differences among months, with the two highest abundances recorded in April and November. A plot of the data on bird species richness against time (months) showed a curve with two peaks, with the highest abundance recorded in April and December. The values of the Simpson index showed sig-

收稿日期: 2013-07-19; 接受日期: 2013-12-09

基金项目: 浦东新区科技发展基金(PKJ2011-N020)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhwang@bio.ecnu.edu.cn

nificant variation in bird diversity over the year, with the highest value recorded in October and the lowest in August. With square-plot (400 m<sup>2</sup>) sampling analysis, a total of 77 woody plant species in the park was identified. Only 14 of these species were recorded in at least five plots (nine trees and five shrubs). These species were considered common woody species. The fruiting seasons of 12 of these species occurred during periods between September and the following February. The principal outbreaks of insects with significance to forestry occurred from May to November. A principal component analysis was used to group all birds observed on the 14 woody plant species into 8 guilds according to their diets, foraging behaviors, and distributions in various vegetation layers. A Spearman correlation analysis indicated that the autumn-winter fruiting season was significantly positively correlated with 5 bird guilds, including vegetarians, omnivores, raptors, and insectivores. The abundant food supply coincided with the highest bird abundance and richness in autumn and winter. An analysis of the importance of each common woody plant species for the bird community was also performed based on the evaluation of the relative richness, relative abundance, and relative number of bird guilds. The results showed that during autumn and winter, fruiting plants provided rich food resources for terrestrial migratory birds; trees such as *Populus lasiocarpa*, *Pterocarya stenoptera*, and *Cinnamomum camphora* had a greater importance than shrubs. The relatively lower importance of the common shrub species to birds implies that the shrub community of the park needs to be reviewed. Comments and recommendations are provided based on our research results.

**Key words:** urbanization, urban green area, Shanghai, guild of birds, vegetation community, woody plant species

快速城市化所导致的生物多样性丧失已经成为一个全球性的生态问题(Grimm *et al.*, 2008)。鸟类是生态系统的重要组成部分和重要指示物种,是城市生态系统健康水平的重要指示类群(Padoa-Schioppa *et al.*, 2006; Sandström *et al.*, 2006),因此城市鸟类多样性成为世界范围内城市生态学的研究热点(Goode, 1989; Adams, 1994; 陈水华等, 2000)。上海是一个鸟类资源较丰富的城市,从20世纪初至今共整理记录到438种鸟类。所以,保护上海的城市鸟类多样性是上海市城市生态系统健康的需要。

城市公共绿地对鸟类的作用越来越重要,甚至成为很多鸟类尤其是陆生鸟类的唯一避难所(Davids & Glick, 1978; Jokimäki, 1999)。公共绿地植被不但为鸟类提供了庇护所,而且还直接或间接地为鸟类提供食物(李新华等, 2001; 陈宇等, 2012),因此,公共绿地的建设和保护一直是加强城市环境中陆生鸟类保护的重要内容,长期受到学术界的关注(Gavareski, 1976; Robinson & Wilcove, 1994; Mehlman *et al.*, 2005; Fontana *et al.*, 2011)。上海市一贯重视城市公共绿地的建设。然而一直以来,公共绿地的植被配置主要考虑景观和休闲的需要,而限制了其作为野生动物栖息地的生态服务功能(葛振鸣等, 2005; 徐骁俊等, 2007)。已有研究指出,通过

改进植被组成和结构可以有效提高城市绿地的鸟类多样性水平(Camprodon & Brotons, 2006; Shanahan *et al.*, 2011)。因此,在公园景观设计中,如何通过合理配置植被组成来有效提高公园绿地作为城市鸟类栖息地的生态服务功能是我们关注的问题。而要回答上述问题则必须对上海的城市鸟类多样性组成与公共绿地植被构成的相关性有深入的了解。

许多研究指出,对于陆生鸟类而言,乔木层和灌木层的结构和组成对栖息地质量起到决定性作用(Mehlman *et al.*, 2005; Heyman, 2010; Fontana *et al.*, 2011)。因此本文将以上海市典型的大型城市公共绿地——滨江森林公园为研究地点,通过调查公园内常见木本景观植物的物候期和鸟类群落结构的月变化,分析常见木本植物和公共绿地鸟类多样性的相关性,以期了解常见城市公共绿地景观植物对鸟类群落的作用,为公园如何通过有效配置植被,在确保城市绿地景观、休闲功能的同时提高其野生动物栖息地服务功能的价值提供理论基础和建议。

## 1 研究区域

上海(120°51'–122°12' E, 30°40'–31°53' N)位于中国东部长江三角洲东南缘,全市面积6,340.5

km<sup>2</sup>。上海属于亚热带季风气候, 夏季炎热多雨, 冬季阴凉干燥, 年均降水量1,213 mm, 年平均气温16.9℃。上海市是候鸟的重要迁徙中转站(葛振鸣等, 2006), 迁徙时间主要集中在每年的3月下旬至5月中旬, 以及8月中旬至11月上旬(栾晓峰, 2003)。在上海已有记录的260种陆生鸟类中, 留鸟仅42种, 迁徙鸟类218种, 占全部已知陆生鸟类的84%(蔡音亭等, 2011)。

上海滨江森林公园(31°14' N, 121°29' E)位于上海市浦东新区高桥镇, 黄浦江、长江、东海在此汇聚, 该公园由28年的苗圃改建而成, 并在2007年对公众开放。总面积约120 ha, 是一个典型的大型城市公园。目前已在园区记录到204种野生植物, 其中木本植物160种, 主要景观类型包括次生人工林, 人造林以及遍布全园的水网湿地, 其森林覆盖率达90%(滨江森林公园2009–2010年未发表数据)。

## 2 研究方法

### 2.1 抽样设计

随机设置40个样点, 样点间隔≥100 m。在进行植被调查时, 以样点为中心设置植被调查样方, 样方大小为20 m × 20 m。进行鸟类调查时, 将连接相邻2个样点间的路线作为样线, 设计了样点样线相结合的调查方法。

### 2.2 植被调查

2010年8月, 调查40个样方内木本植物的种类和数量, 把在≥5个样方中出现的乔木和灌木定义为滨江森林公园常见植物, 并对其进行花期和果期分析。植物物候期的确定依据章绍尧和丁炳扬(1993), 并结合实际观测。此外, 为评估木本植物可以提供的动物性食物资源, 我们依据吴时英(2005), 统计了本研究确定的常见木本植物物种可能出现的林业致病虫害及其在一年中各月份的发生情况。

### 2.3 鸟类调查

2009年10月至2010年9月, 选择晴朗无风的工作日, 在鸟类活动的高峰时段(7:00–10:00; 16:00–18:00)用双筒望远镜对公园鸟类进行调查, 每月调查2次。样点法调查时, 调查者记录以样点为中心, 半径25 m的圆内所有看到、听到的鸟类, 每个样点停留时间为5 min。样线调查时, 以1.5–2.0 km/h的速度沿样线前进, 记录样线左右两侧各25 m内出现及鸣叫的鸟类, 与行进同方向飞行的鸟类将不予重复

记录。对于栖息在植被上的鸟类, 记录鸟种和栖息的植物物种和位置, 并记录鸟类的行为类型和所在的植被层(王彦平等, 2004; 刘彬等, 2009)。

### 2.4 鸟类集团的划分

根据鸟类的食性、取食方式以及在植物群落各层的活动情况划分鸟类集团。其中食性和取食方式参考赵正阶(2001)、刘菡和韩联宪(2008)、刘彬等(2009)。并结合本研究鸟类行为观察, 设立以下分类原则: 食性分为食虫、杂食性、植食性、食肉4类(尚玉昌, 2007; 刘菡和韩联宪, 2008)。取食方式分为拾取、探取、飞取3类(刘菡和韩联宪, 2008)。活动层次也分为3类: (1)乔木层( $h > 2.5$  m); (2)灌木层( $0.5 \text{ m} \leq h \leq 2.5$  m); (3)地被层( $h < 0.5$  m)。如此, 共获得10个鸟类集团变量。

### 2.5 数据分析

对每种鸟就10个鸟类集团变量进行评估, 符合变量要求的赋值为1, 其余的赋值为0。对各鸟种的得分情况进行主成分分析(PCA), 截取特征值≥1的主成分用于最终的降维分析。在各主成分中选取载荷量(loading)绝对值≥0.7的变量作为该主成分的显著变量(陈锦云和周立志, 2011), 本研究最终确定使用4个主成分(PC1–PC4, 详见3.3部分)。根据各主成分中显著变量的构成确定该主成分主要反映的鸟类集团信息。将各鸟种的10个鸟类集团变量数据分别代入4个主成分, 以其在各主成分中的最终得分来判断该鸟种的鸟类集团归属。

用卡方适合度检验分析常见木本植物的花期和果期在全年各月份的分布规律, 以及各月林业致病虫害发生物种数的分布情况。按月统计鸟类个体总数(以下统称鸟类多度)和鸟种物种丰富度(以下统称鸟类丰富度), 用卡方适合度检验分析两者在全年的分布和变化情况(邓文洪和高玮, 2005)。用Simpson指数计算每个月鸟类多样性指数(Heyman, 2010), 使用单样本 $t$ 检验分析鸟类多样性在全年的分布和变化情况。用Spearman秩相关检验分别分析植被花果期与鸟类多度、鸟种丰富度、鸟类多样性以及各取食集团的相关性(张竞成等, 2008)。

此外, 我们依据上海气象局(<http://sowweather.com/>)资料, 定义3–5月为春季, 6–8月为夏季, 9–11月为秋季, 12月至翌年2月为冬季, 来分析鸟类多样性数据和植物、林业致病虫害物候期的相关性的季节变化。

以常见木本植物物种对鸟类群落的重要值的高低对常见木本植物重要性进行排序。考虑到不同植物在公园中的数量有差异, 而更多的植株数量可能会导致在该种植物上发现更多的鸟类个体, 为此我们参考了Lamont等(1977)的方法, 定义每个植物物种对鸟类群落的重要值=(相对鸟类丰富度+相对鸟类多度+相对鸟类集团数)/该种植株数。相对鸟类丰富度表示每个植物物种上观察到的鸟种丰富度占常见植物上观察到鸟种丰富度的比例; 相对鸟类多度表示每个植物物种上观察到的鸟类多度占常见植物上鸟类多度的比例; 相对鸟类集团数表示每个植物物种上鸟类集团数占常见植物上鸟类集团数的比例。

$\chi^2$  检验使用 R2.15.2(<http://www.r-project.org>) 完成。

3 结果

3.1 常见木本植物物种

本研究共记录到木本植物77种, 其中常见种14种, 包括乔木9种, 分别是落羽杉(*Taxodium distichum*)、香樟(*Cinnamomum camphora*)、广玉兰(*Magnolia grandiflora*)、大叶杨(*Populus lasiocarpa*)、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、女贞(*Ligustrum lu-*

*cidum*)、池杉(*Taxodium ascendens*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、棕榈(*Trachycarpus fortunei*); 灌木5种, 分别是八角金盘(*Fatsia japonica*)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)、海桐(*Pittosporum tobira*)、珊瑚树(*Viburnum odoratissimum*)、罗汉松(*Podocarpus macrophyllus*)。14种常见木本植物中除八角金盘为秋季(10–11月)开花外, 其余13种花期均集中在春、夏季(3–8月, 表1)。不同木本植物的花期在全年的分布存在极显著差异( $\chi^2=36.92$ ,  $df=11$ ,  $P<0.001$ ), 开花的盛期出现在春、夏季(3–6月, 图1a)。与之对应的是, 14种植物的果期在全年的分布也存在显著差异( $\chi^2=35.98$ ,  $df=11$ ,  $P<0.05$ ), 结果的盛期出现在秋、冬季(9–12月, 图1a)。夏季结果的仅有大叶杨1种, 而春季结果的仅有八角金盘1种(表1)。从14种常见木本植物上共统计到林业致病虫害30种, 它们的爆发时期在全年的分布存在极显著性差异( $\chi^2=124.04$ ,  $df=11$ ,  $P<0.001$ ), 夏、秋季(5–11月)是林业致病虫害的发生盛期(图1a)。

3.2 全年鸟类群落结构动态

本次调查共记录鸟类10目22科64种5,368只(次), 其中雀形目38种, 非雀形目共26种。根据鸟类的主要生境类型, 将观察到的雀形目、隼形目、鸽形目、鸮形目和鸢形目的鸟类定义为森林鸟类, 共

表1 14种常见木本植物物候期及在40个样方中的出现频率  
Table 1 Phenophases and the frequency of presence of the 14 common woody plant species in 40 sampling plots

	花期 Flowering period	果期 Fruiting period	出现的样方数 Number of plots presented
落羽杉 <i>Taxodium distichum</i>	3–4月 From Mar. to Apr.	10月至1月 From Oct. to Jan.	13
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	4–5月 From Apr. to May	8月至2月 From Aug. to Feb.	13
广玉兰 <i>Magnolia grandiflora</i>	5–6月 From May to Jun.	10月至11月 From Oct. to Nov.	8
女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	7月 Jul.	10月至2月 From Oct. to Feb.	7
枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	4月 Apr.	8月至9月 From Aug. to Sep.	8
大叶杨 <i>Populus lasiocarpa</i>	4–5月 From Apr. to May	6月 Jun.	7
池杉 <i>Taxodium ascendens</i>	3–4月 From Mar. to Apr.	10月至1月 From Oct. to Jan.	7
水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	3月 Mar.	10月至1月 From Oct. to Jan.	5
棕榈 <i>Trachycarpus fortunei</i>	5–6月 From May to Jun.	8月至10月 From Aug. to Oct.	11
八角金盘 <i>Fatsia japonica</i>	10–11月 From Oct. to Nov.	4月 Apr.	9
海桐 <i>Pittosporum tobira</i>	4–6月 From Apr. to Jun.	9月至12月 From Sep. to Dec.	7
珊瑚树 <i>Viburnum odoratissimum</i>	5–6月 From May to Jun.	9月至11月 From Sep. to Nov.	5
罗汉松 <i>Podocarpus macrophyllus</i>	4–5月 From Apr. to May	8月至9月 From Aug. to Sep.	5
小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>	7月 Jul.	10月 Oct.	5

14种常见木本植物物候信息主要参考章绍尧和丁炳扬(1993)并结合实际观察矫正  
Phenophase information of the 14 common woody plant species was mainly according to Zhang and Ding (1993) and was adjusted to fit the climate in Shanghai City based on our observation during the research.

46种4,800只(次)。全年鸟类多度存在极显著差异( $\chi^2=693.6$ ,  $df=11$ ,  $P<0.001$ )。一年中有2个峰值,分别出现在4月(447只)和11月(650只)(图1b)。全年鸟类丰富度也存在差异( $\chi^2=19.127$ ,  $df=11$ ,  $P=0.059$ ),呈现2个峰值,分别是4月(31种)和12月(35种)(图1c)。综合鸟种数和多度信息,我们发现全年鸟类多样性水平有显著性差异( $t=79.99$ ,  $df=11$ ,  $P<0.001$ )(图1d),最高在10月份(0.916),最低出现在8月份(0.795)。

### 3.3 鸟类集团

鸟类集团的主成分分析结果显示,前4个主成分(PC1–PC4)的特征值均大于1,累积贡献率达到79.49%,因此截取前4个主成分进入下一步分析(表2)。在PC1中,显著的变量为食肉和飞取,因此该主成分主要定义食肉飞取的取食方式。PC2主要定义拾取和探取的取食方式,PC3主要定义杂食性和食虫的鸟类食性,PC4主要定义植食性的鸟类食性(表2)。

以PC1和PC2以及PC3和PC4分别建立直角坐标系,对46种陆生鸟类进行数量分类,生成8个鸟类集团(图2a, b),分别是:(1)食虫飞取集团(Insectivorous flying catching, IF),包括2种鸟类,即北灰鹡(*Muscicapa dauurica*)和灰纹鹡(*M. griseisticta*);(2)食虫拾取集团(Insectivorous collecting, IC),包括15种鸟类,代表物种有白鹡鹑(*Motacilla alba*)、斑鹡(*Turdus naumanni*);(3)食虫探取集团(Insectivorous pecking, IP),包括7种鸟类,代表物种有北红尾鹡(*Phoenicurus aureus*)、红胁蓝尾鹡(*Tarsiger cyanurus*);(4)食肉飞取集团(Raptorial flying catching, RF),包括3种鸟类,雀鹰(*Accipiter nisus nisosimilis*)、普通鵟(*Buteo buteo*)和棕背伯劳(*Lanius schach*);(5)杂食性拾取集团(Omnivorous collecting, OC),包括14种鸟类,代表物种有白头鹡(*Pycnonotus sinensis*)、灰椋鸟(*Sturnus cineraceus*);(6)植食性拾取集团(Herbivorous collecting, HC),包括3种鸟类,代表物种有黑尾蜡嘴雀(*Eophona migratoria*)、

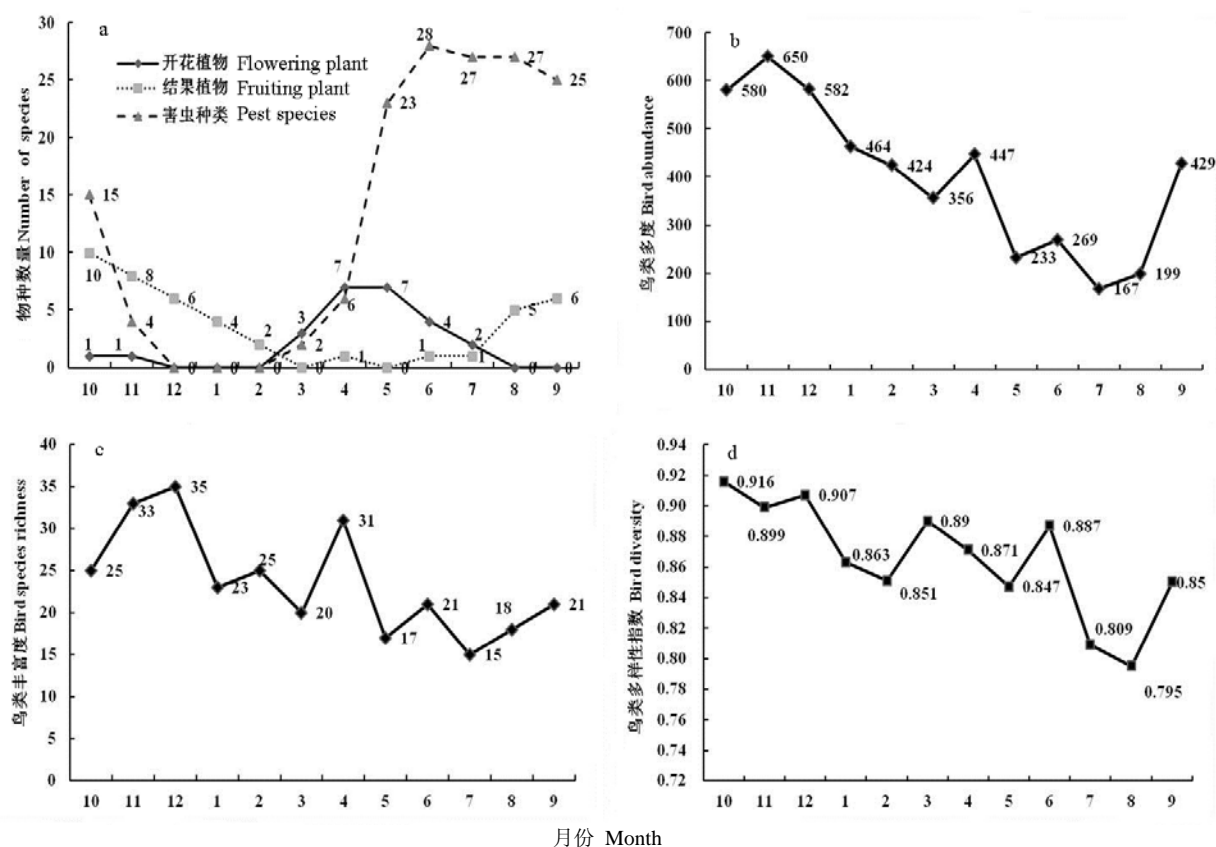


图1 滨江森林公园森林鸟类群落年变化及常见木本植物物候期

Fig. 1 Variations of the bird community composition during the research year and the phenophases of common woody plants in Binjiang Forest Park

表2 基于10个鸟类集团变量的PCA分析结果  
Table 2 PCA analysis results based on 10 bird guild variables

变量 Variables	主成分 Principal components			
	PC1	PC2	PC3	PC4
食虫 Insectivorous	-0.150	-0.190	-0.865	0.281
杂食性 Omnivorous	-0.172	0.258	0.891	0.236
植食性 Phytophagous	-0.230	-0.043	0.003	-0.861
食肉 Carnivorous	0.892	-0.056	0.056	-0.033
乔木 Tree layer	0.344	-0.329	0.371	-0.396
灌木 Shrub layer	-0.345	-0.021	0.003	0.683
地被 Ground layer	-0.278	0.608	0.402	0.210
拾取 Picking feeding	-0.440	0.842	0.165	-0.002
探取 Probing feeding	-0.248	-0.924	-0.137	0.043
飞取 Plunging feeding	0.938	-0.094	-0.071	-0.050
解释方差的百分比 Explained variance (%)	23.494	21.575	18.951	15.480
特征值 Eigenvalue	3.203	2.256	1.405	1.086

表3 滨江森林公园常见木本植物物候期与鸟类群落组成的月变化  
Table 3 Monthly variations of phenophases of common woody plants and the bird community composition in Binjiang Forest Park

月份 Month	开花植物数量 Number of flower- ing species	结果植物数量 Number of fruiting species	鸟类群落变量 Variables of the bird community			各鸟类集团的鸟类多度 Abundance of birds in each guild*							
			多度 Abundance	丰富度 Species richness	多样性 Diversity	HC	OC	RF	IP	IC	OP	HP	IF
1	0	4	468	25	0.865	198	161	4	11	37	0	0	0
2	0	2	455	31	0.868	61	227	15	6	109	5	2	0
3	3	1	374	35	0.900	31	215	23	7	79	0	1	0
4	7	1	475	44	0.884	93	223	21	21	37	0	44	1
5	7	1	361	34	0.893	56	131	23	3	13	0	0	0
6	4	1	310	28	0.908	12	188	28	5	26	0	0	0
7	2	1	282	27	0.896	17	115	23	4	8	0	0	0
8	0	5	261	33	0.871	35	124	22	4	15	0	0	0
9	0	6	435	24	0.854	68	269	9	24	57	0	0	0
10	1	10	627	36	0.906	114	282	11	29	253	0	0	0
11	1	8	709	49	0.909	79	315	11	14	191	3	0	0
12	0	6	610	44	0.912	87	312	12	18	113	0	29	0

\* HC: 植食性拾取; HP: 植食性探取; IC:食虫拾取; IF: 食虫飞取; IP: 食虫探取; OC: 杂食性拾取; OP: 杂食性探取; RF: 食肉飞取。  
HC, Herbivorous collecting; HP, Herbivorous pecking; IC, Insectivorous collecting; IF, Insectivorous flying catching; IP, Insectivorous pecking; OC, Omnivorous collecting; OP, Omnivorous pecking; RF, Raptorial flying catching.

金翅 (*Carduelis sinica*); (7) 植食性探取集团 (Herbivorous pecking, HP), 仅包括燕雀 (*Fringilla montifringilla*) 1 种; (8) 杂食性探取集团 (Omnivorous pecking, OP), 仅有暗绿绣眼鸟 (*Zosterops japonicus*) 1 种。

3.4 常见木本植物物候期对鸟类集团的影响

在常见木本植物上共记录到 3 目 36 种 1,393 只 (次) 的鸟类。其中鸛形目 1 种, 隼形目 1 种, 雀形目 34 种。根据本文鸟类集团的划分标准, 分别隶属 7 个鸟类集团 (附录 I)。Spearman 秩相关检验显示, 常见木本

植物花期仅与食肉飞取取食集团 ( $\rho=0.661, P=0.019$ ) 呈显著相关。常见木本植物果期与鸟类多度存在显著的相关性 ( $\rho=0.610, P=0.035$ ) (表 3)。具体而言, 果期与植食性拾取集团 ( $\rho=0.581, P=0.047$ )、杂食性拾取集团 ( $\rho=0.676, P=0.016$ )、食虫探取集团 ( $\rho=0.615, P=0.033$ )、食虫拾取集团 ( $\rho=0.710, P=0.01$ ) 等 4 个集团的鸟类多度呈显著正相关。其他各取食集团鸟类数量与常见植物花、果期均未见显著相关性 (表 3)。

3.5 常见植物物种对鸟类群落的重要性排序的贡献  
在全部常见木本植物中只有小叶女贞的重要

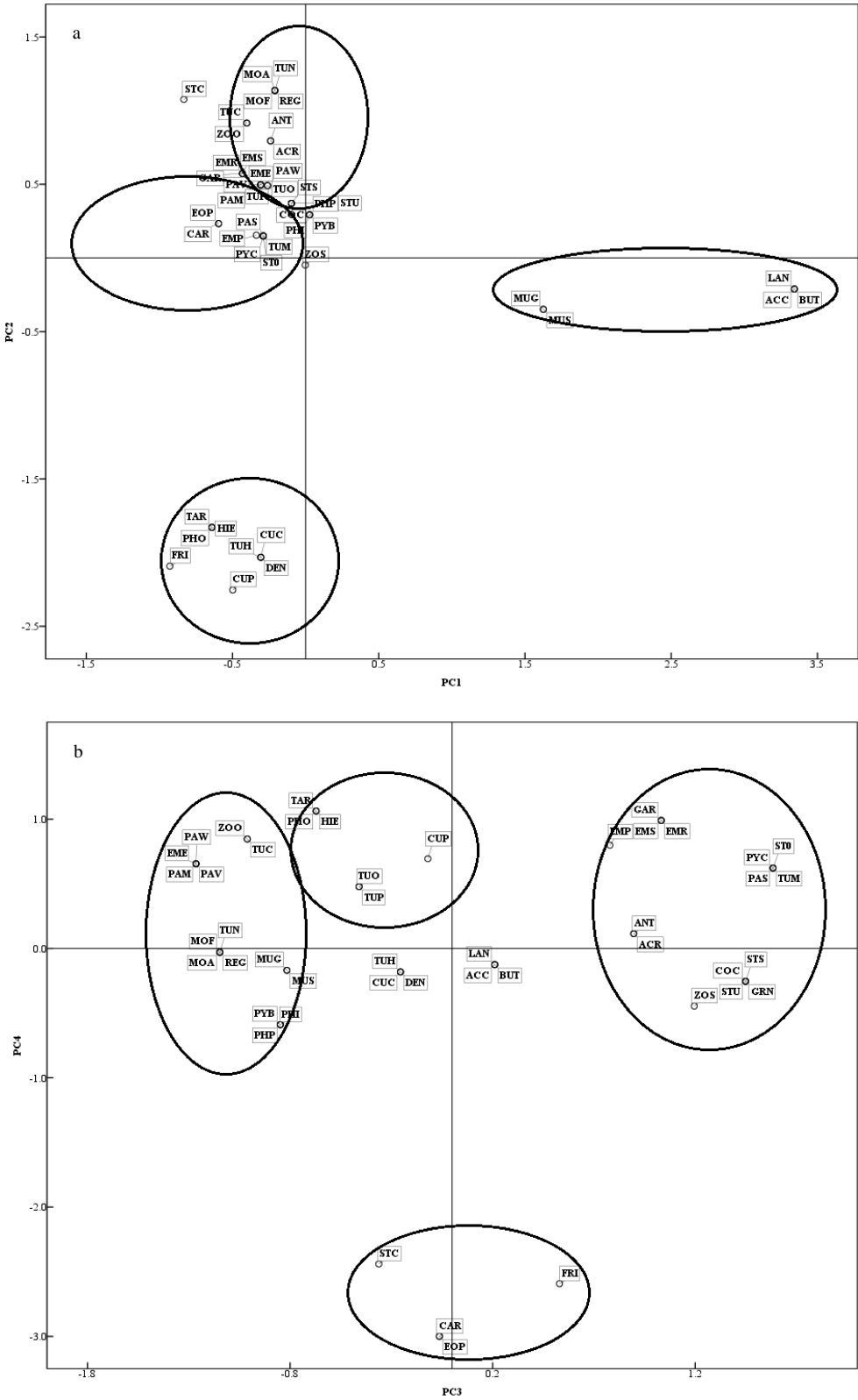


图2 上海滨江森林公园鸟类集团的PCA分析。a: 在第1、2轴上的排序; b: 在第3、4轴上的排序。  
Fig. 2 PCA analysis on bird guilds in Binjiang Forest Park. a, sort of birds in the first and second axis; b, sort of birds in the third and fourth axis. Alphabetical abbreviations in the figure represent Latin name abbreviations of birds.

←

ACC: 雀鹰 <i>Accipiter nisus nisosimilis</i>	BUT: 普通鵟 <i>Buteo buteo</i>	STO: 山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>
STC: 珠颈斑鸠 <i>S. chinensis</i>	HIE: 棕腹杜鹃 <i>Hierococcyx fugax</i>	CUC: 大杜鹃 <i>Cuculus canorus</i>
CUP: 小杜鹃 <i>C. poliocephalus</i>	DEN: 大斑啄木鸟 <i>Dendrocopos major</i>	MOF: 黄鹌鸽 <i>Motacilla flava macronyx</i>
MOA: 白鹌鸽 <i>M. alba</i>	ANT: 树鹊 <i>Anthus hodgsoni</i>	PYC: 白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>
LAN: 棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>	STS: 丝光椋鸟 <i>Sturnus sericeus</i>	STU: 灰椋鸟 <i>S. cineraceus</i>
GRN: 黑领椋鸟 <i>Gracupica nigricollis</i>	ACR: 八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	REG: 戴菊 <i>Regulus regulus</i>
TUC: 乌灰鸫 <i>Turdus cardis</i>	TAR: 红胁蓝尾鸫 <i>Tarsiger cyanurus</i>	PHO: 北红尾鸫 <i>Phoenicurus aureoreus</i>
ZOO: 虎斑地鸫 <i>Zoothera dauma aurea</i>	TUH: 灰背鸫 <i>Turdus hortulorum</i>	TUM: 乌鸫 <i>T. merula</i>
TUP: 白腹鸫 <i>T. pallidus</i>	TUN: 斑鸫 <i>T. naumanni</i>	GAR: 画眉 <i>Garrulax canorus</i>
PAW: 棕头鸦雀 <i>Paradoxornis webbianus</i>	PHI: 黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus</i>	PHP: 黄腰柳莺 <i>P. proregulus</i>
PYB: 极北柳莺 <i>P. borealis</i>	TUO: 白眉鸫 <i>Turdus obscurus</i>	MUS: 北灰鹀 <i>Muscicapa dauurica</i>
MUG: 灰纹鹎 <i>M. griseisticta</i>	PAV: 黄腹山雀 <i>Parus venustus</i>	PAM: 大山雀 <i>P. major</i>
ZOS: 暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops japonicus</i>	PAS: [树]麻雀 <i>Passer montanus</i>	FRI: 燕雀 <i>Fringilla montifringilla</i>
CAR: 金翅 <i>Carduelis sinica</i>	EOP: 黑尾蜡嘴雀 <i>Eophona migratoria</i>	COC: 锡嘴雀 <i>Coccothraustes coccothraustes</i>
EME: 黄喉鹀 <i>Emberiza elegans</i>	EMS: 灰头鹀 <i>E. spodocephala</i>	EMR: 田鹀 <i>E. rustica</i>
EMP: 小鹀 <i>E. pusilla</i>		

表4 14种常见木本植物对鸟类群落的重要值排序(括号内数值表示相对数量)  
Table 4 The order of importance of the plant to bird communities (Relative values were presented in brackets)

植被分层 Vegetation layer	常见木本 Species	数量 Amount	鸟类丰富度 Richness <sup>*</sup>	鸟类多度 Abundance <sup>*</sup>	鸟类集团数 Amount of bird guild <sup>*</sup>	植物重要值 Importance value of the plant (IP)
乔木层 Tree layer	大叶杨 <i>Populus lasiocarpa</i>	52	18 (0.5)	231 (0.19)	5 (0.71)	0.026
	枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	48	12 (0.33)	79 (0.07)	5 (0.71)	0.023
	香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	100	15 (0.42)	239 (0.2)	5 (0.71)	0.013
	池杉 <i>Taxodium ascendens</i>	73	9 (0.25)	64 (0.05)	4 (0.57)	0.012
	落羽杉 <i>T. distichum</i>	180	27 (0.75)	292 (0.24)	7 (1)	0.011
	棕榈 <i>Trachycarpus fortunei</i>	55	5 (0.14)	15 (0.01)	3 (0.43)	0.010
	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	55	5 (0.14)	7 (0.006)	3 (0.43)	0.010
	广玉兰 <i>Magnolia grandiflora</i>	93	5 (0.14)	17 (0.01)	4 (0.57)	0.008
	水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	143	11 (0.31)	29 (0.02)	5 (0.71)	0.007
	八角金盘 <i>Fatsia japonica</i>	58	8 (0.22)	110 (0.09)	4 (0.57)	0.015
灌木层 Shrub layer	罗汉松 <i>Podocarpus macrophyllus</i>	30	2 (0.06)	35 (0.03)	2 (0.29)	0.012
	珊瑚树 <i>Viburnum odoratissinum</i>	48	8 (0.22)	53 (0.04)	2 (0.29)	0.011
	海桐 <i>Pittosporum tobira</i>	70	7 (0.19)	24 (0.02)	4 (0.57)	0.011
	小叶女贞 <i>Ligustrum quihoui</i>	11	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0

值为0(表4), 即研究期间没有观察到鸟类在该种植物上停留, 而在其余13个物种的植株上均可观察到鸟类栖息和觅食行为。尤其是在果期, 此13种植物均可见鸟类取食果实的行为或在果实上留有鸟类取食的痕迹。大叶杨对公园鸟类群落的重要性最高, 重要值为0.026; 水杉最低, 为0.007。在灌木中, 八角金盘的重要性最高, 重要值为0.015(表4)。

4 讨论

上海的野生鸟类群落组成以迁徙性鸟类为主(黄正一, 1993; 蔡音亭等, 2011)。本研究显示滨江森

林公园陆生鸟类群落的年际动态体现了上海地区鸟类典型的春季和秋冬季高峰现象(图1b, c), 且秋冬季鸟类多度和多样性水平均为全年最高。陆生鸟类对林地有高度的依赖性(Holmes & Sherry, 2001), 而迁徙期的陆生鸟类更是有90%以上的时间在停留地(stopover site)栖息和觅食(Hedenström & Alerstam, 1997; Wikelski *et al.*, 2003)。因此, 上海作为高度城市化的地区和鸟类迁徙的中转站, 其城市公共绿地植被的配置将直接关系到城市环境能够为鸟类提供的栖息地和食物资源的丰富度, 最终影响到上海城市环境的生物多样性水平。



#### 4.1 常见木本植物物候期和鸟类群落动态

乔木和灌木被认为是陆生鸟类栖息地中最重要的生态因子,因为木本植物是陆生鸟类主要的栖息、繁殖、觅食和躲避敌害和人类干扰的场所(Heyman, 2010; MacGregor-Fors & Schondube, 2011)。在木本植物的这些功能中,首先应关注的是食物资源,因为无论是留鸟还是迁徙鸟,栖息地食物资源对其生存和繁殖有着直接作用。对于迁徙性鸟类而言,迁徙过程是一段能量快速消耗的时期(Ramenofsky, 1990),中途停留的重要目的在于迅速补充能量(McNeil & Cadieux, 1972; Drent & Piersma, 1990),因此中转站食物资源状况更加重要。在滨江森林公园迁徙性鸟类占73.4%,这意味着在春季和秋冬季迁徙期,公园鸟类的食物需求量会显著增加。无论是食肉、食虫还是植食性鸟类,植物都是它们食物的最终来源(郑光美, 1995)。对滨江森林公园常见木本植物的物候期进行分析发现,更多的木本植物在秋冬季节挂果(表1, 图1a)。整理吴时英(2005)的数据发现整个下半年又是相关树种虫害的爆发期。因此,从食物资源的角度分析,滨江森林公园秋冬季比春季具有更高的鸟类承载力。而这一结果也与秋冬季拥有一年中最高的鸟类丰度和鸟类多度(图1b, c)的统计结果一致。事实上,公园内常见木本植物果期与鸟类植食性拾取集团、杂食性拾取集团、食虫探取集团、食虫拾取集团等4个鸟类集团的鸟类多度存在显著的相关性,这也说明相比春季,在秋冬季各集团的鸟种都能获得更加充足的食物。食物、温度、湿度等因素是导致昆虫种群季节性消长的重要原因(Wolda, 1988),秋冬季节植物挂果无疑丰富了植食性昆虫的食物来源,进而丰富了以植食性昆虫为初级消费者的整个食物链上的鸟类动物性食物资源。因此植物果期与昆虫爆发期的重叠并非偶然,而这种重叠必然为各个鸟类集团提供更多的食物,因而有益于这些鸟类集团的生存。

本文仅从食物资源丰度的角度探讨了秋冬季鸟类丰富度和多度大于春季的可能原因。但是这不能解释在食物匮乏的春季为全年鸟类生物量第二高峰的原因。Mehlman等(2005)指出陆生鸟类迁徙期不同类型中转站可为鸟类提供从简单地停留休息功能到完整栖息地服务功能(食物、水源、庇护所)的多个层次的“服务”。据此我们推测,虽然春季滨

江森林公园也可以迎来数量众多的迁徙陆生鸟类,但是与秋冬季不同,早春食物匮乏,因此鸟类可能仅作短暂停留即飞往下一站。这方面的直接证据尚需通过对比具体鸟种不同迁徙季节在研究地区的停留时间(Mehlman *et al.*, 2005)、营养状况变化(Delingat *et al.*, 2009)等方面进行深入研究来获得。

#### 4.2 常见木本植物物种对陆生鸟类的重要性

长期以来,木本植物群落的结构对鸟类群落的影响一直备受关注(Erdelen, 1984; Fontana *et al.*, 2011)。然而本研究显示,不同木本植物物种对鸟类的重要性是不同的(表4),因此在进行城市绿地木本植物配置时,物种的选择尤其重要。研究期间共记录到木本植物77种,常见种仅有14种,其余植物物种的出现率均小于5个样方,说明滨江森林公园的植被物种空间分布是不均匀的,这直接导致了该公园木本植物均匀度不高。就9种常见乔木物种而言,大叶杨、枫杨、香樟是对鸟类重要值最高的3种被子植物,而以池杉和落羽杉为代表的裸子植物次之(表4)。Díaz(2006)在西班牙瓜达拉马山脉林地研究发现橡木和松树的混交林鸟类多度和丰富度均高于单一林种。Fontana等(2011)在瑞士3个城市林地研究发现针叶树种和阔叶树种混交可以观察到最高的鸟类多样性。事实上,我们的观察显示,鸟类除了以针叶树为栖息场所外,秋冬季池杉和落羽杉大量结果,成为植食鸟和杂食鸟如蜡嘴雀、斑鸠、白头鹎等的重要食物资源(unpublished data)。而在本研究中的水杉上虽然也记录到了11个鸟种,但是其整体重要性较低,原因很可能与研究期间正值滨江森林公园水杉种群的繁殖小年,因而对觅食鸟类吸引力减弱有关。正如Palomino和Carrascal(2006)所言,两种林型若能合理搭配种植,可以有效丰富栖息地类型,对于提高城市公共绿地的鸟类多样性是大有裨益的。

灌木对陆生鸟类而言,通常被认为是乔木层的重要补充(Fernández-Juricic *et al.*, 2001; Melles *et al.*, 2003; Leston & Rodewald, 2006)。从表4可以看出,本研究中5种灌木物种对鸟类的重要性低于乔木,而小叶女贞上未观察到鸟类,说明此种灌木对鸟类的重要性很低。八角金盘是公园中重要值最高的灌木,且是全部14种常见木本植物中唯一于早春季节结果的植物(表1)。而早春食物资源匮乏,八角金盘的果实成为鸟类重要的食物来源。Melles等

(2003)指出,灌木层是陆生鸟类重要的觅食场所。Camprodon和Brotons(2006)则进一步指出,灌木层提供食物资源的价值甚至高于乔木层。而滨江森林公园灌木层常见物种少于乔木物种且对鸟类的重要性整体偏低的现实说明,滨江森林公园的灌木层作为鸟类栖息地的功能建设尚需加强。而我们的实际观察也显示,一些喜好在地表活动的鸟类如虎斑地鸫(*Zoothera dauma aurea*)、山斑鸠(*Streptopelia orientalis*)、画眉(*Garrulax canorus*)等仅出现在有较好的灌木层的林地生境中。

#### 4.3 对上海城市公共绿地建设和维护的建议

(1)本研究共记录木本植物77种,但是常见种仅有14种,其余物种的种植数量偏少,空间分布不均匀。建议加强植物物种配置的均匀度,以提高整体的植物多样性水平。

(2)公园配置植物物种时应考虑其对鸟类招引的生态学效应。本研究显示上半年是公园鸟类食物资源相对匮乏的时期,因此可以适当增加早春季节挂果的植物种类,如苦楝(*Melia azedarach*)、枸骨(*Ilex comuta*)、冬青(*Ilex chinensis*)等(毛志滨和郝日明, 2005),以改善早春公园内食物资源匮乏的现状。同时适当增加夏季结果的果树,如桃(*Prunus persica*)、李(*P. salicina*)、杏(*P. armeniaca*)、樱桃(*P. pseudocerasus*)、枇杷(*Eriobotrya japonica*)等的种植(王绪平等, 2007)。而且这些物种本身也是优秀的景观植物。

(3)尽管出于园林造景的需要,公园中配置有较大面积的纯林(如:纯樟树林、纯落羽杉林等),但是加强混交林的建设可以为鸟类提供更丰富的栖息地类型(Melles *et al.*, 2003; Díaz, 2006; Fontana *et al.*, 2011)。

(4)进一步丰富灌木层的物种构成,配置更多的浆果类灌木,对提高鸟类多样性意义明显(Melles *et al.*, 2003)。同时,我们建议通过针对性地配置植物物种、合理减少对林地凋落物的清理来增加林下层(灌木层和地被层)的复杂度,以提高城市绿地作为鸟类栖息地的生态服务功能(Camprodon & Brotons, 2006)。

**致谢:** 毕玉科、周青梅同学在植物物种鉴定和植被参数测定方面给予了大力支持;上海市野生动植物保护管理站和浦东林业站为项目顺利开展作了大

量的协调工作,并提出许多宝贵意见;在此一并致谢。

#### 参考文献

- Adams LW (1994) *Urban Wildlife Habitats*. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Cai YT (蔡音亭), Tang S (唐仕), Yuan X (袁晓), Wang JY (王吉衣), Ma ZJ (马志军) (2011) Checklist and change of birds in Shanghai. *Journal of Fudan University (Natural Science)* (复旦大学学报(自然科学版)), **50**, 334–343. (in Chinese with English abstract)
- Camprodon J, Brotons L (2006) Effects of undergrowth clearing on the bird communities of the Northwestern Mediterranean Coppice Holm oak forests. *Forest Ecology and Management*, **221**, 72–82.
- Chen JY (陈锦云), Zhou LZ (周立志) (2011) Guild structure of wintering waterbird assemblages in shallow lakes along Yangtze River in Anhui Province, China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **31**, 5323–5331. (in Chinese with English abstract)
- Chen SH (陈水华), Ding P (丁平), Zheng GM (郑光美), Zhuge Y (诸葛阳) (2000) Research perspective on ecology of urban avian community. *Zoological Research* (动物学研究), **21**, 165–169. (in Chinese with English abstract)
- Chen Y (陈宇), Wang JF (王军馥), Zhang H (张航), Ding HL (丁虎林), Tang SX (唐思贤) (2012) Observation on feeding habit of dominant birds and forage sites in an evergreen broadleaved forest, Tiantong Forest Park, Zhejiang. *Chinese Journal of Zoology* (动物学杂志), **47**(5), 46–53. (in Chinese with English abstract)
- Davids AM, Glick TF (1978) Urban ecosystems and island biogeography. *Environmental Conservation*, **5**, 299–304.
- Delingat J, Dierschke V, Schmaljohann H, Bairlein F (2009) Diurnal patterns of body mass change during stopover in a migrating songbird, the northern wheatear *Oenanthe oenanthe*. *Journal of Avian Biology*, **40**, 625–634.
- Deng WH (邓文洪), Gao W (高玮) (2005) Comparison of bird species richness and individual abundance among different forest edges. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **25**, 2804–2810. (in Chinese with English abstract)
- Díaz L (2006) Influences of forest type and forest structure on bird communities in oak and pine woodlands in Spain. *Forest Ecology and Management*, **223**, 54–65.
- Drent R, Piersma T (1990) An exploration of the energetics of leap-frog migration in Arctic breeding waders. In: *Bird Migration: Physiology and Ecophysiology* (ed. Gwinner E), pp. 399–412. Springer-Verlag, Berlin.
- Erdelen M (1984) Bird communities and vegetation structure. I. Correlations and comparisons of simple and diversity indexes. *Oecologia*, **61**, 277–284.
- Fernández-Juricic E, Jimenez MD, Lucas E (2001) Bird tolerance to human disturbance in urban parks of Madrid (Spain): management implications. In: *Avian Conservation*

- and Ecology in an Urbanizing World (eds Marzluff JM, Bowman R, Donnelly R), pp. 259–273. Kluwer Academic, Boston.
- Fontana S, Sattler T, Bontadina F, Moretti M (2011) How to manage the urban green to improve bird diversity and community structure. *Landscape and Urban Planning*, **101**, 278–285.
- Gavareski GA (1976) Relation of park size and vegetation to urban bird populations in Seattle, Washington. *The Condor*, **78**, 375–382.
- Ge ZM (葛振鸣), Wang TH (王天厚), Zhou X (周晓), Zhao P (赵平), Shi WY (施文戔) (2006) Factor-analysis on habitat-selection of the avian community at the artificial wetlands behind the Chongming Dongtan seawall during winter and spring. *Zoological Research (动物学研究)*, **27**, 144–150. (in Chinese with English abstract)
- Ge ZM (葛振鸣), Wang TH (王天厚), Shi WY (施文戔), Zhou LC (周立晨), Xue WJ (薛文杰) (2005) Impacts of environmental factors on the structure characteristics of avian community in Shanghai woodlots in spring. *Zoological Research (动物学研究)*, **26**, 17–24. (in Chinese with English abstract)
- Goode DA (1989) Urban nature conservation in Britain. *Journal of Applied Ecology*, **26**, 859–873.
- Grimm NB, Faeth SH, Golubiewski NE, Redman CL, Wu JG, Bai XM, Briggs JM (2008) Global change and the ecology of cities. *Science*, **319**, 756–760.
- Hedenström A, Ålerstam T (1997) Optimal fuel loads in migratory birds: distinguishing between time and energy minimization. *Journal of Theoretical Biology*, **189**, 227–234.
- Heyman E (2010) Clearance of understory in urban woodlands: assessing impact on bird abundance and diversity. *Forest Ecology and Management*, **260**, 125–131.
- Holmes RT, Sherry TW (2001) Thirty-year bird population trends in an unfragmented temperate deciduous forest: importance of habitat change. *The Auk*, **118**, 589–609.
- Huang ZY (黄正一) (1993) *Bird Resources and its Habitats in Shanghai* (上海鸟类资源及其生境). Fudan University Press, Shanghai. (in Chinese)
- Jokimäki J (1999) Occurrence of breeding bird species in urban parks: effects of park structure and broad-scale variables. *Urban Ecosystems*, **3**, 21–34.
- Lamont BB, Downes S, Fox JED (1977) Importance-value curves and diversity indices applied to a species-rich heathland in western Australia. *Nature*, **265**, 438–441.
- Leston LFV, Rodewald AD (2006) Are urban forests ecological traps for understory birds? An examination using Northern Cardinals. *Biological Conservation*, **131**, 566–574.
- Li XH (李新华), Yin XM (尹晓明), He SA (贺善安) (2001) Tree fruits eaten by birds in Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-Sen in autumn and winter. *Chinese Journal of Zoology (动物学杂志)*, **36**(6), 20–24. (in Chinese with English abstract)
- Liu B (刘彬), Zhou LZ (周立志), Wang WG (汪文革), Shen SB (沈三宝), Han DM (韩德民) (2009) Seasonal dynamics of the avian guild structure of mountain secondary forest in Dabieshan Mountain. *Zoological Research (动物学研究)*, **30**, 277–287. (in Chinese with English abstract)
- Liu H (刘菡), Han LX (韩联宪) (2008) Birds foraging guilds in Xujiaba evergreen broad-leaved forest of Ailao Mountain. *Zoological Research (动物学研究)*, **29**, 561–568. (in Chinese with English abstract)
- Luan XF (栾晓峰) (2003) *Studies on Avian Community of Shanghai and Planning of Conservation* (上海鸟类群落特征及其保护规划研究). PhD dissertation, East China Normal University, Shanghai. (in Chinese with English abstract)
- MacGregor-Fors I, Schondube JE (2011) Gray vs. green urbanization: relative importance of urban features for urban bird communities. *Basic and Applied Ecology*, **12**, 372–381.
- Mao ZB (毛志滨), Hao RM (郝日明) (2005) Relationship between ornamental fruit trees and bird biodiversity around Nanjing City. *Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology (江苏林业科技)*, **32**(1), 11–13. (in Chinese with English abstract)
- McNeil R, Cadieux F (1972) Fat content and flight-range capabilities of some adult spring and fall migrant North American shorebirds in relation to migration routes on the Atlantic Coast. *Naturaliste Canadien*, **99**, 589–606.
- Mehlman DW, Mabey SE, Ewert DN, Duncan C, Abel B, Cimprich D, Sutter RD, Woodrey M (2005) Conserving stopover sites for forest-dwelling migratory landbirds. *The Auk*, **122**, 1281–1290.
- Melles S, Glenn S, Martin K (2003) Urban bird diversity and landscape complexity: species–environment associations along a multiscale habitat gradient. *Conservation Ecology*, **7**, 5.
- Padoa-Schioppa E, Baietto M, Massa R, Bottoni L (2006) Bird communities as bioindicators: the focal species concept in agricultural landscapes. *Ecological Indicators*, **6**, 83–93.
- Palomino D, Carrascal LM (2006) Urban influence on birds at a regional scale: a case study with the avifauna of northern Madrid province. *Landscape and Urban Planning*, **77**, 276–290.
- Ramenofsky M (1990) Fat storage and fat metabolism in relation to migration. In: *Bird Migration: Physiology and Eco-physiology* (ed. Gwinner E), pp. 331–351. Springer-Verlag, Berlin.
- Robinson SK, Wilcove DS (1994) Forest fragmentation in the temperate zone and its effects on migratory songbirds. *Bird Conservation International*, **4**, 233–249.
- Sandström U, Angelstam P, Mikusiński G (2006) Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. *Landscape and Urban Planning*, **77**, 39–53.
- Shang YC (尚玉昌) (2007) Food diversity and feeding adaptation of bird. *Bulletin of Biology (生物学通报)*, **42**(3), 9–13. (in Chinese)
- Shannahan DF, Miller C, Possingham HP, Fuller RA (2011)

- The influence of patch area and connectivity on avian communities in urban revegetation. *Biological Conservation*, **144**, 722–729.
- Wang YP (王彦平), Chen SH (陈水华), Ding P (丁平) (2004) Effects of urbanization on the winter bird foraging guilds. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)* (浙江大学学报(自然科学版)), **31**, 330–336. (in Chinese with English abstract)
- Wang XP (王绪平), Li DZ (李德志), Sheng LJ (盛丽娟), Zhu ZL (朱志玲), Ke SZ (柯世朕), Wang CH (王超华) (2007) Significance of birds, bees and butterflies in urban gardens and their attraction and protection. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), **43**, 134–140. (in Chinese with English abstract)
- Wikelski M, Tarlow EM, Raim A, Diehl RH, Larkin RP, Visser GH (2003) Costs of migration in free-flying songbirds. *Nature*, **423**, 704.
- Wolda H (1988) Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics*, **19**, 1–18.
- Wu SY (吴时英) (2005) *Illustrations of Urban Forest Pests* (城市森林病虫害图鉴). Shanghai Science and Technology Press. (in Chinese)
- Xu XJ (徐晓俊), Ge ZM (葛振鸣), Pei EL (裴恩乐), Shi WY (施文斌), Wang ZH (王正寰), Wang TH (王天厚) (2007) Avian diversity and its affecting factors in Shanghai Expo's site and surrounding areas. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **26**, 1954–1958. (in Chinese with English abstract)
- Zhang JC (张竞成), Wang YP (王彦平), Jiang PP (蒋萍萍), Li P (李鹏), Yu MJ (于明坚), Ding P (丁平) (2008) Nested analysis of Passeriform bird assemblages in the Thousand Island Lake region. *Biodiversity Science* (生物多样性), **16**, 321–331. (in Chinese with English abstract)
- Zhang SY (章绍尧), Ding BY (丁炳扬) (1993) *Flora of Zhejiang* (浙江植物志). Zhejiang Science and Technology Press, Hangzhou. (in Chinese)
- Zhao ZJ (赵正阶) (2001) *A Handbook of the Birds of China* (中国鸟类志). Jilin Science and Technology Press, Changchun. (in Chinese)
- Zheng GM (郑光美) (1995) *Ornithology* (鸟类学). Beijing Normal University Press, Beijing. (in Chinese)

(责任编辑: 丁平 责任编辑: 闫文杰)

#### 附录I 2009–2010年上海滨江森林公园记录到的陆生鸟类

Appendix I A list of land bird species recorded between 2009 and 2010 in Binjiang Forest Park, Shanghai  
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2013-168-1.pdf>

附录I 2009–2010年上海滨江森林公园记录到的陆生鸟类

Appendix I A list of land bird species recorded between 2009 and 2010 in Binjiang Forest Park

	鸟类物种 Species	地理型 Geographical distribution pattern	居留型 Migratory pattern	鸟类集团 Bird guilds
1	雀鹰 <i>Accipiter nisus nisosimilis</i>	P	W	RF
2	普通鵟 <i>Buteo buteo</i> *	P	W	RF
3	山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i> *	W	R	OC
4	珠颈斑鸠 <i>S. chinensis</i> *	O	R	HC
5	棕腹杜鹃 <i>Hierococcyx fugax</i>	O	P	IP
6	大杜鹃 <i>Cuculus canorus</i>	W	P	IP
7	小杜鹃 <i>C. poliocephalus</i>	W	P	IP
8	大斑啄木鸟 <i>Dendrocopos major</i> *	O	R	IP
9	黄鹡鸰 <i>Motacilla flava macronyx</i>	P	P	IC
10	白鹡鸰 <i>M. alba</i> *	P	P	IC
11	树鹨 <i>Anthus hodgsoni</i> *	P	W	OC
12	白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i> *	W	R	OC
13	棕背伯劳 <i>Lanius schach</i> *	O	W	RF
14	丝光椋鸟 <i>Sturnus sericeus</i> *	O	R	OC
15	灰椋鸟 <i>S. cineraceus</i> *	P	W	OC
16	黑领椋鸟 <i>Gracupica nigricollis</i> *	W	R	OC
17	八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i> *	O	R	OC
18	戴菊 <i>Regulus regulus</i> *	P	W	IC
19	乌灰鸫 <i>Turdus cardis</i>	O	P	IC
20	红胁蓝尾鸫 <i>Tarsiger cyanurus</i> *	P	W	IP
21	北红尾鸫 <i>Phoenicurus auroreus</i> *	P	W	IP
22	虎斑地鸫 <i>Zoothera dauma aurea</i> *	P	P	IC
23	灰背鸫 <i>Turdus hortulorum</i> *	P	P	IP
24	乌鸫 <i>T. merula</i> *	O	P	OC
25	白腹鸫 <i>T. pallidus</i> *	P	W	IC
26	斑鸫 <i>T. naumanni</i> *	P	W	IC
27	画眉 <i>Garrulax canorus</i> *	O	R	OC
28	棕头鸦雀 <i>Paradoxornis webbianus</i> *	O	R	IC
29	黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus</i> *	P	P	IC
30	黄腰柳莺 <i>P. proregulus</i> *	P	P	IC
31	极北柳莺 <i>P. borealis</i>	P	P	IC
32	白眉鸫 <i>Turdus obscurus</i> *	P	W	IC
33	北灰鹀 <i>Muscicapa dauurica</i> *	P	P	IF
34	灰纹鹀 <i>M. griseisticta</i> *	P	P	IF
35	黄腹山雀 <i>Parus venustus</i>	O	W	IC
36	大山雀 <i>P. major</i> *	W	R	IC
37	暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops japonicus</i>	O	S	OP
38	[树]麻雀 <i>Passer montanus</i>	W	R	OC
39	燕雀 <i>Fringilla montifringilla</i> *	P	W	HP
40	金翅 <i>Carduelis sinica</i> *	W	R	HC
41	黑尾蜡嘴雀 <i>Eophona migratoria</i> *	P	W	HC
42	锡嘴雀 <i>Coccothraustes coccothraustes</i> *	P	W	OC
43	黄喉鹀 <i>Emberiza elegans</i> *	P	W	IC
44	灰头鹀 <i>E. spodocephala</i> *	P	W	OC
45	田鹀 <i>E. rustica</i> *	P	W	OC
46	小鹀 <i>E. pusilla</i> *	P	W	OC

地理型: P: 古北界; W: 广布种; O: 东洋界; 居留型: P: 旅鸟; R: 留鸟; S: 夏候鸟; W: 冬候鸟; 鸟类集团: HC: 植食性拾取; HP: 植食性探取; IC: 食虫拾取; IF: 食虫飞取; IP: 食虫探取; OC: 杂食性拾取; OP: 杂食性探取; RF: 食肉飞取。\*表示本文定义的常见木本植物上观察到的36种鸟类。

Geographical distribution pattern, P, Palearctic realm; W, Widely distributed; O, Oriental realm; Migratory pattern: P, On passage; R, Resident; S, Summer breeders; W, Winter migrant; Bird guilds, HC, Herbivorous collecting; HP, Herbivorous pecking; IC, Insectivorous collecting; IF, Insectivorous flying catching; IP, Insectivorous pecking; OC, Omnivorous collecting; OP, Omnivorous pecking; RF, Raptorial flying catching. \*Bird species recorded in common woody species defined in this study, a total of 36 species.