

DOI: 10.5846/stxb201712132246

卢训令, 赵海鹏, 孙金标, 杨光. 黄淮平原农业景观繁殖期鸟类多样性研究. 生态学报, 2019, 39(9): - .

Lu X L, Zhao H P, Sun J B, Yang G. Bird diversity during the breeding period in different habitats in an agricultural landscape in the Huang-Huai plain. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(9): - .

黄淮平原农业景观繁殖期鸟类多样性研究

卢训令^{1,2}, 赵海鹏^{3,4,*}, 孙金标³, 杨光³

1 河南大学黄河中下游数字地理技术教育部重点实验室, 开封 475004

2 河南大学环境与规划学院, 开封 475004

3 河南大学生命科学学院, 开封 475004

4 南水北调中线水源区水安全河南省协同创新中心、河南省南水北调中线水源区生态安全重点实验室, 南阳 473061

摘要: 农业景观中的鸟类多样性对生态系统功能和服务的形成与维持具有重要作用。黄淮平原区是我国最重要的农业景观区之一, 为探讨区域内农业景观中鸟类多样性特征和不同生境间的差异, 在研究区农业景观不同生境中布设样点, 调查繁殖期鸟类多样性特征。结果显示: (1) 共记录到 32 科、49 属、66 种的 10044 只个体, 但优势科属明显; (2) 物种丰富度、多样性和均匀度均表现出在沟渠、湖泊生境中较高, 农田和村庄生境中相对较低, 但物种多度呈现出村庄生境中最高, 其次是沟渠和农田生境, 湖泊生境中最低; (3) 在区系分布上, 各生境中均以广布种为主, 生态类群上, 鸣禽在各生境中均占绝对优势, 涉禽和游禽主要分布在沟渠和湖泊生境中, 从居留型来看, 留鸟是各生境中的主导类群, 候鸟、旅鸟和迷鸟比例很低; (4) 鸟类群落异质性分析显示, 各生境间的相似性总体上较高, 表明区域内农业景观中鸟类组成具有较高的重叠性。研究显示农业景观中湖泊和沟渠的存在能有效的提高区域鸟类的丰富度和多样性, 而沟渠的存在能有效的提高鸟类个体多度, 农田和村庄有助于特定类群多度的增加, 因此在未来的区域持续农业景观的构建中一方面要重视自然、半自然非农生境的作用, 另一方面也不能忽视不同生物类群对景观异质性响应和对生境特征需求的差异。

关键词: 鸟类多样性; 区系分布; 生境差异; 农业景观; 黄淮平原

Bird diversity during the breeding period in different habitats in an agricultural landscape in the Huang-Huai plain

LU Xunling^{1,2}, ZHAO Haipeng^{3,4,*}, SUN Jinbiao³, YANG Guang³

1 Key Laboratory of Geospatial Technology for the Middle and Lower Yellow River Regions, Ministry of Education, Henan University, Kaifeng 475004, China

2 College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004, China

3 School of Life Sciences, Henan University, Kaifeng 475004, China

4 Henan Key Laboratory of Ecology Security for Water Source Region of Mid-line of South-to-North Diversion Project of Henan Province, Collaborative Innovation Center of Water Security for Water Source Region of Mid-line of South-to-North Diversion Project of Henan Province, Nanyang 473061, China

Abstract: The diversity of birds in agricultural landscapes plays an important role in the formation and maintenance of ecosystem functions and services. The Huang-Huai plain is among the most important agricultural areas in China. With the continuing expansion of agricultural lands and the intensification of land-use, bird diversity in agricultural landscapes is declining all worldwide. To explore the diversity of birds in different habitats of the agricultural landscape in the Huang-Huai plain, we set up transects across different habitats in this area and investigated bird diversity characteristics during the breeding period. Our results showed that: (1) a total of 10044 individuals in 32 families, 49 genera, and 66 species were recorded; however, several families and genera were obviously dominant. (2) Species richness, diversity, and evenness

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31600374, 41371195), 河南省教育厅科学技术研究重点项目 (16A180022), 河南省博士后科研项目 (2015049), 河南省科研服务平台专项 (2016151), 河南省南水北调中线水源区水生态安全创新型科技团队专项 (17454) 共同资助

收稿日期: 2017-12-13; **网络出版日期:** 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hpzhao1980@qq.com

were all higher in the habitats of ditch and lake, and relatively low in habitats of farmland and village. However, species abundance was highest in the village habitat, followed by ditch and farmland habitats, whereas in the lake habitat it was the lowest. (3) Analysis of faunal distribution showed that cosmopolitan species dominated any given habitat. In terms of ecological groups, the songbirds were the dominant species in all habitats, whereas the waders and swimming-birds were mainly distributed in the ditch and lake habitats. In terms of residence type, however, residents formed the dominant group in all habitats, and migrators, travelers, and stragglers appeared occasionally. (4) The high community similarity among the habitats indicated that bird species compositions were overlapped substantially across habitats in the agricultural landscape. Overall, the habitats of ditch and lake in the agricultural landscape could effectively improve the regional species richness and diversity, and the presence of ditches could further increase the abundance of birds, whereas the habitats of farmland and village may only enhance the abundance of specific bird species. This study emphasized the potential contributions of natural and semi-natural habitats to the construction of a sustainable agricultural landscape in the future; however, the differences in the responses to landscape heterogeneity and habitat requirements of different biological groups should not be ignored.

Key Words: bird diversity; faunal distribution; habitat difference; agricultural landscape; Huang-Huai plain

鸟类是地球生物多样性中的重要组成部分,在生态系统功能和生态系统服务中发挥着重要作用^[1-5]。随着全球人口的飞速增加,为维持和提高人类福祉,农业用地持续扩张^[6-7],农业景观已成为当前地球陆地表层最重要的景观类型^[8]。但国内现有关于鸟类的研究多集中在大型湿地、城市、自然保护区等区域,着重探讨了鸟类多样性、机场植被群落、生境特征和景观格局等对鸟类群落和多样性等的影响方面,也有部分研究基于航空安全探讨了机场周边鸟类多样性及其防控措施。但几无对农业景观中鸟类群落的研究。而一方面农业景观对农业景观对于生物多样性的保护具有举足轻重的作用,它为众多生物(包括鸟类)提供了食物、栖息地和庇护所^[9-10]。另一方面鸟类多样性的存在对农业景观中生态系统服务的形成和维持具有重要举足轻重的作用。如:食虫鸟类是农业景观中控制虫害爆发的重要天敌生物^[11-12],从而从一定程度上提高作物产量^[13],另一方面大量鸟类作为消费者通过在食物链上对猎物的控制产生重要的级联效应^[14-16],并可能因此破坏原有天敌控制的状态。所以探明农业景观中鸟类群落结构及其多样性特征,并揭示其在不同生境间的差异,可为从区域和景观尺度上探讨鸟类多样性保护与持续农业景观的构建提供重要的基础和前提。

本研究以地处黄淮平原区的杞县和淮阳为研究区,探讨区内不同生境中(农田、村庄、沟渠、湖泊)中鸟类多样性特征的差异,分析不同景观斑块中鸟类组成特征的差异,从而为未来区域内综合性生物多样性保护措施提出奠定基础。

1 研究区概况

研究区位于河南省开封市杞县(地理坐标:34°13'—34°46'N,114°35'—114°56'E之间)和周口市淮阳县(地理坐标:33°24'—33°55'N,114°38'—115°5'E之间),该区域属于黄淮平原的典型区域,地势低平,属暖温带大陆季风性气候,地带性植被为落叶阔叶林,受大规模农业开发的影响,目前已消失殆尽。区域内景观斑块以农田为主,城市和居民点广泛散布,大小不一,林地斑块多镶嵌在农业中或居民点周边,面积较小,以泡桐(*Paulownia elongata*)或杨树(*Populus* spp.)等人工林为主。

2 研究方法

2.1 样地设置和野外调查

在研究区卫星影像、土地利用现状图的基础上选取典型地段进行布点。共在野外布设20个调查样点(杞县、淮阳各10个)。在每个样点上采用样线法对鸟类进行调查,每条样线长度约2.5 km(图1)。调查时以肉眼观察为主,同时借用望远镜、摄像机及相机等为辅助,调查人员以2—3 km/h速度沿固定样线行进并记录样线两侧目之所及的鸟类,记录时仅记录迎面鸟,不记录从后方飞入的。调查选取在5:00—9:30、16:00—18:

30 两个鸟类活动高峰时段进行,为更准确的监测区域内鸟类动态变化,从 2016 年起,在每年的繁殖期进行连续观测,本论文使用的数据为 2016 年 5 月 20—22 日、6 月 10—12 日,2017 年 4 月 28—30 日,5 月 28—30 日两年内共 4 次重复调查的数据。为确保调查数据的科学性与统一性,每次调查时的行进轨迹均严格按照此前调查时的轨迹进行。每组调查人员不少于 2 人,且至少保证 1 人为此样线前次调查人员,每次野外调查均为 4 组,同步调查,遇有疑问的物种均通过照片或录像进行分析讨论来确定。

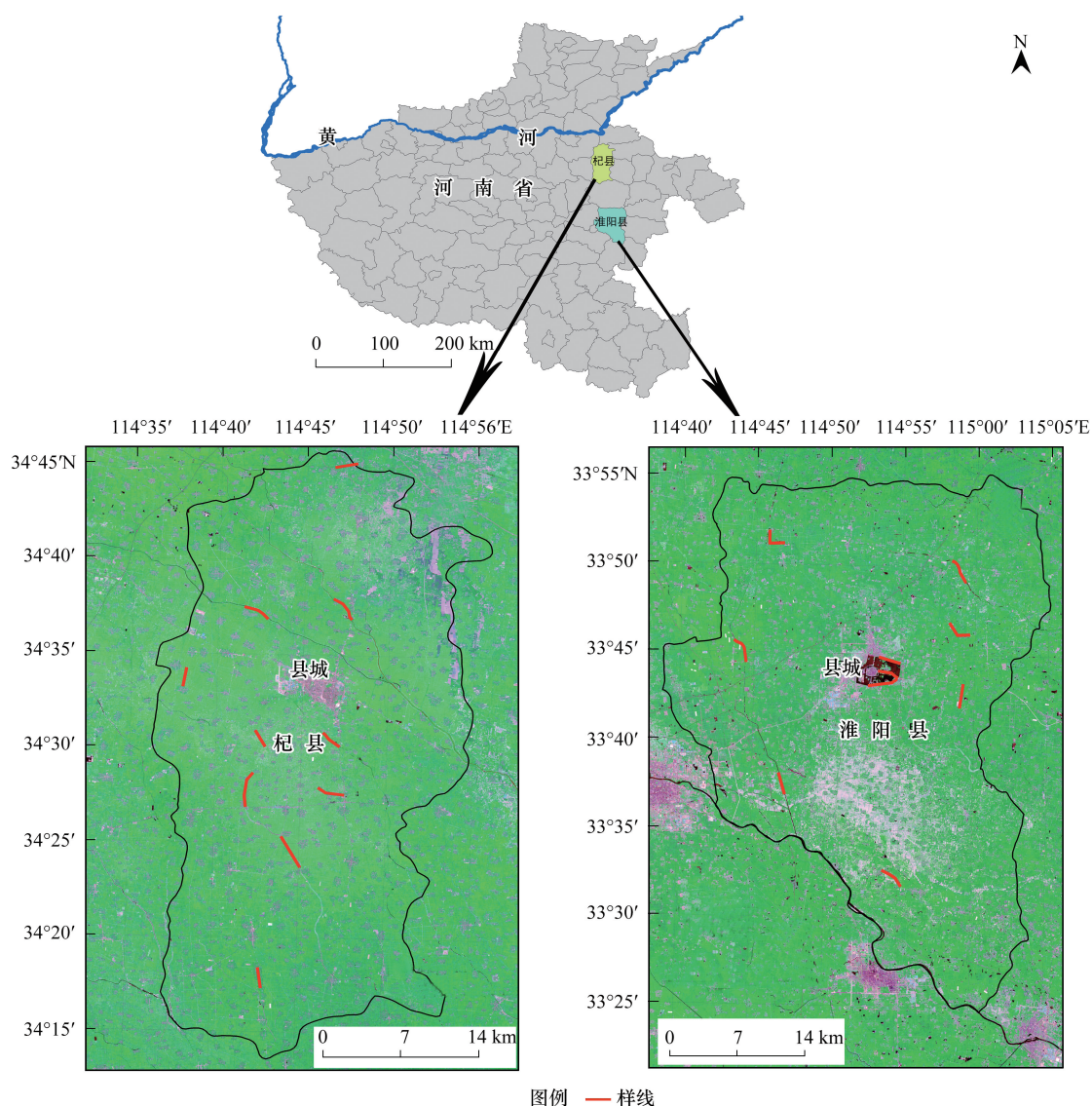


图 1 研究区示意图

Fig.1 Sketch map of the research area

2.2 数据分析方法

(1) 鸟类区系分布:参照《世界鸟类分类与分布名录》^[17]对研究区鸟类的区系组成进行分析。

(2) 物种丰富度和多度:分别以物种数目和个体数量来表示。为消除样点数量的不同而引起的差异,采用稀疏化法(Rarefaction)对取样物种进行重采样。物种丰富度和 Shannon 多样性指数统一重采样到 3 样点数据,多度数据是重采样之后的单样点数据。

(3) 鸟类群落异质性分析:分别基于 Jaccard 和 Sørensen 相似性系数对各生境间鸟类群落异质性进行计算。

数据稀疏化和群落异质性分析均在 EstimateS9.1.0 中进行^[18-19],其他数据分析和成图在 Microsoft Office Excel 2010 中进行。

3 结果分析

3.1 研究区鸟类组成

经过两年的连续调查,共记录到 66 个种,10044 只个体,分属于 13 目,32 科,49 属(附表 1)。其中 2016 年的调查共记录到 52 种 5927 只个体,分属于 13 目,27 科,42 属;2017 年记录到 51 种 4117 只个体,分属于 12 目,30 科,40 属。调查中发现国家二级保护动物 1 种:红脚隼(*Falco amurensis*),仅在 2016 年的调查中见到,2017 年调查中未再见到。在科的分布上,从个体数来看,优势科明显,个体数超过 1000 只的有 3 个科,分别是雀科(Passeridae)(1 属 1 种,3791 只个体)、燕科(Hirundinidae)(1 属 2 种,1503 只个体)和鸦科(Corvidae)(4 属 4 种,1143 只个体),有 12 个科的个体数介于 100—630 只之间,还有 17 个科的个体数均小于 100 只(图 2)。

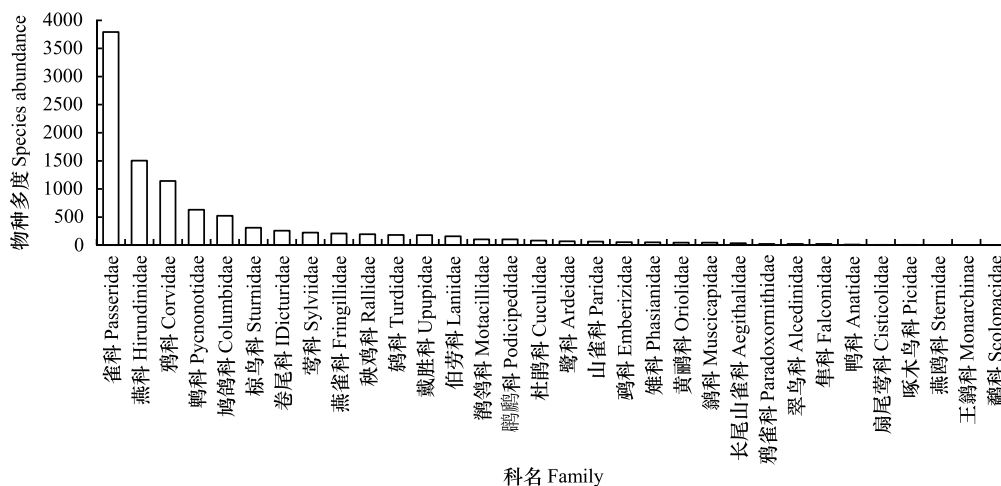


图 2 黄淮平原农业景观中各科鸟类中所含个体数

Fig.2 The birds individuals of different Families in Huang-Huai Plain agricultural landscape

3.2 生境间鸟类多样性特征

对调查区域内不同生境中鸟类多样性特征进行分析(图 3),结果显示:物种丰富度在沟渠生境中最高(39.54 种),其次是湖泊(39 种),村庄和农田生境中物种丰富度较低,分别为 30.6 种和 28 种;Shannon 多样性指数也呈现出沟渠和湖泊生境中最高(分别为 2.56 和 2.34),农田和村庄生境中的物种多样性较低,仅分别为 2.02 和 1.98;不同生境中物种均匀度的状况与 Shannon 多样性指数的变化基本一致,亦呈现出沟渠和湖泊生境中较高,而农田和村庄中的均匀度较低;从多度数据来看,不同生境间物种多度差异较显著,村庄生境中最高,湖泊生境中最低,沟渠和农田生境居中。

3.3 生境间鸟类组成特征分析

从区系分布来看,全区和各生境水平上均以广布种为主,其比例均达到了 50%以上,其中湖泊生境中广布种的比例达到了 67%;东洋界物种的比例在村庄生境中最高,接近四分之一,沟渠生境中最低,仅占 13%,在农田和湖泊生境中基本一致,均为 17%左右;古北界物种占比在农田和沟渠生境中达到了 30%以上,村庄和湖泊生境中均不超过 20%。另外还发现古北界物种在农田和沟渠生境中的占比远超东洋界,而在村庄和湖泊生境中二者基本一致(图 4)。

从生态类群来看,全区和各生境水平上鸣禽的比例均最高,村庄和农田生境中均超过了 70%,猛禽仅在农田生境中被发现,其他生境中均未见到该类群,涉禽和游禽种类较少且主要分布在沟渠和湖泊生境中,攀禽

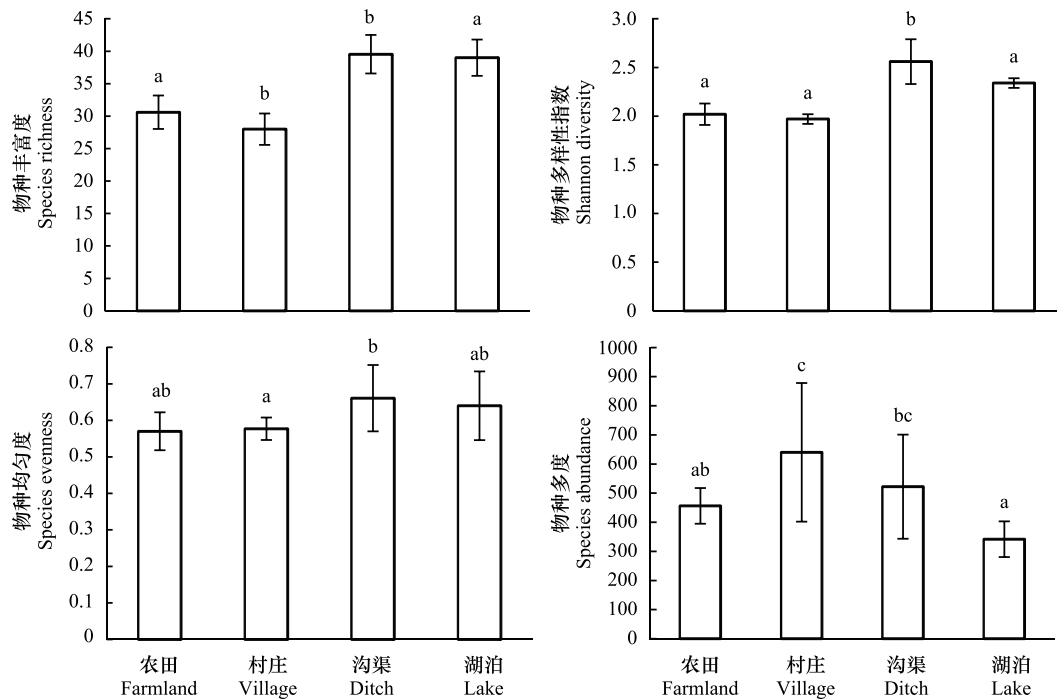


图3 黄淮平原农业景观不同生境中鸟类多样性特征

Fig.3 The birds diversities in different habitats of Huang-Huai Plain agricultural landscape

图中误差线为标准差,图上字母 a、b 表示方差分析的结果,不同字母代表二者差异显著, $P \leq 0.05$

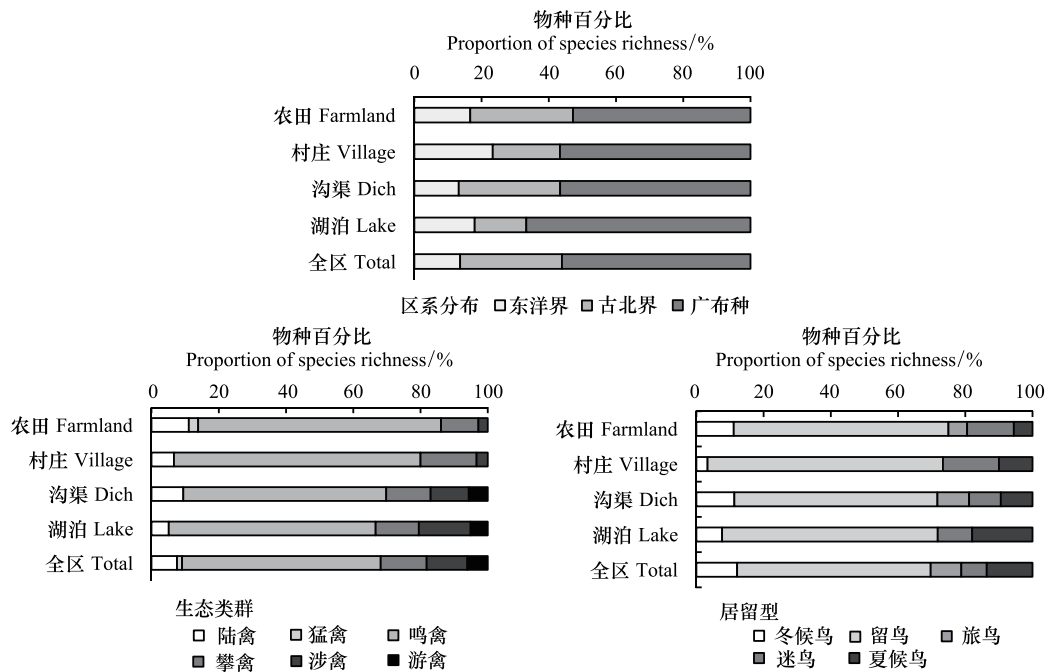


图4 黄淮平原农业景观不同生境中鸟类特征

Fig.4 The characteristics of bird communities in different habitats of Huang-Huai Plain agricultural landscape

和陆禽也均较少,但在各生境中均有一定的分布(图4)。

从居留型来看,各生境中均以留鸟最多,占了绝对优势(所有生境中的占比均达到了60%以上),夏候鸟和冬候鸟在各生境中也均有记录,但数量比例均较低,此外各生境还均有一定量的迷鸟被记录,另外在村庄和

沟渠生境中还偶见旅鸟(图4)。

3.4 生境间鸟类群落异质性分析

分别基于 Jaccard 和 Sørensen 相似性系数对各生境间鸟类群落异质性分析发现,两个指数的变化趋势完全一致,只是数值的高低不同而已(表1)。二者均显示,村庄与农田、湖泊生境的相似性最高,其次是沟渠与农田、湖泊的相似性,村庄与沟渠、农田与湖泊生境间的相似性最低。尽管相似性在数值上有一定的差异,但总体上各生境间的相似性均较高,Sørensen 系数显示各生境间的相似性均超过了 64%,Jaccard 相似性系数也都接近和超过了 50%。表明在黄淮平原区,各生境中的鸟类组成具有较高的相似性。优势种群是塑造群落结构的重要因子,通过对各生境中主要优势种重要值分析显示,各群落中优势种组成有一定的差异(表2):从优势种组成来看,村庄、农田、沟渠等生境中均以麻雀(*Passer Montanus*)重要值最高,其次是家燕(*Hirundo Rustica*);湖泊生境中家燕的重要值更高,超过了麻雀;从物种优势度来看,农田和村庄生境中的优势种优势度更为明显和突出,湖泊次之,沟渠生境中优势种的优势度相对稍弱些。

表 1 黄淮平原农业景观生境间鸟类群落相似性

Table 1 The similarity indices of bird community in different habitats of Huang-Huai Plain agricultural landscape				
生境 Habitat	农田 Farmland	村庄 Village	沟渠 Dich	湖泊 Lake
农田 Farmland		0.61	0.561	0.471
村庄 Village	0.758		0.482	0.568
沟渠 Dich	0.719	0.651		0.559
湖泊 Lake	0.64	0.725	0.717	

右上角为 Jaccard 相似性系数,左下角为 Sørensen 相似性系数

表 2 不同生境鸟类群落主要优势种重要值排序

Table 2 Importance value(IV) of the dominant species in different habitats							
农田 Farmland		村庄 Village		沟渠 Ditch		湖泊 Lake	
物种名 Species	重要值 IV	物种名 Species	重要值 IV	物种名 Species	重要值 IV	物种名 Species	重要值 IV
1 麻雀 <i>Passer montanus</i>	0.52	麻雀 <i>P. montanus</i>	0.54	麻雀 <i>P. montanus</i>	0.33	家燕 <i>H. rustica</i>	0.36
2 家燕 <i>Hirundo rustica</i>	0.17	家燕 <i>H. rustica</i>	0.15	家燕 <i>H. rustica</i>	0.18	麻雀 <i>P. montanus</i>	0.26
3 喜鹊 <i>Pica pica</i>	0.17	白头鹎 <i>P. sinensis</i>	0.15	喜鹊 <i>P. pica</i>	0.17	东方大苇莺 <i>Acrocephalus orientalis</i>	0.15
4 珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	0.09	喜鹊 <i>P. pica</i>	0.10	白头鹎 <i>P. sinensis</i>	0.09	喜鹊 <i>P. pica</i>	0.09
5 白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	0.09	灰棕鸟 <i>S. cineraceus</i>	0.09	黑卷尾 <i>D. macrocerus</i>	0.07	白头鹎 <i>P. sinensis</i>	0.09
6 灰棕鸟 <i>Sturnus cineraceus</i>	0.08	乌鸫 <i>Turdus merula</i>	0.08	珠颈斑鸠 <i>S. chinensis</i>	0.07	黑水鸡 <i>G. chloropus</i>	0.09
7 黑卷尾 <i>Dicrurus macrocerus</i>	0.07	珠颈斑鸠 <i>S. chinensis</i>	0.07	灰棕鸟 <i>S. cineraceus</i>	0.07	黑卷尾 <i>D. macrocerus</i>	0.06
8 山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>	0.07	戴胜 <i>U. epops</i>	0.06	黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>	0.06	珠颈斑鸠 <i>S. chinensis</i>	0.06
9 红尾伯劳 <i>Lanius cristatus</i>	0.06	灰喜鹊 <i>Cyanopica cyanus</i>	0.06	戴胜 <i>U. epops</i>	0.06	小鹁鸪 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	0.05
10 戴胜 <i>Upupa epops</i>	0.05	黑卷尾 <i>D. macrocerus</i>	0.06	山斑鸠 <i>S. orientalis</i>	0.06	银喉长尾山雀 <i>Aegithalos caudatus</i>	0.05
合计 Total	1.38		1.36		1.16		1.27
比例 Ratio/%	68.90		68.23		58.06		63.64

4 讨论

4.1 农业景观与鸟类多样性

农业景观对于生物多样性的保护具有举足轻重的作用,它为众多生物(包括鸟类)提供了食物、栖息地和庇护所^[9-10]。尽管人类开展了大量的生物多样性保护计划,但全球生物多样性仍处于持续的下降过程中^[20-21]。鸟类也不例外,现有研究表明,人类活动引起的生境破碎化、农业集约化等是导致鸟类种群持续丧失的重要因素^[22-23]。而也有研究发现农业活动对物种多样性的影响也并非全是负效应,由于农田上能提供更多的资源供鸟类、哺乳动物和蝶类等使用,反而从一定程度上促进了这些物种的增加^[24],因此农林复合系统常能因有更多果实多样性和多样化的群落结构而吸引更多的鸟类^[10,25]。本研究发现在黄淮平原农业景观中存在着大量的鸟类,尽管与一些自然保护区和大型湿地区域相比在物种丰富度方面存在一定的差距,但相较于内蒙古草原仍有一定的优势^[26]。研究结果显示,尽管农业景观中存在较多的鸟类,但大多数个体集中于少量的种类,接近 40%的调查个体来自于雀科的麻雀,加上燕科和鸦科,前述 3 科贡献了总个体数的 64.1%。通过对研究区农业景观不同生境中鸟类多样性特征的分析发现,沟渠和湖泊生境中具有较高的物种丰富度、多样性和均匀度;从物种多度来看,村庄生境中最高,其次是沟渠和农田,湖泊中最低;但结合物种丰富度数据发现,湖泊生境中最低的物种多度却孕育了最高的物种丰富度(图 5),而前三者生境中大多数的物种个体来自于麻雀,尤其村庄和农田生境中更甚(表 2)。综上,从生物多样性保护的角度来看,大面积水体的存在对于提高区域物种丰富度意义最为重大,而沟渠也能较好的提高物种丰富度;从提高区域生态系统功能和服务(如天敌控制等)的角度出发,沟渠的存在能有效的促进农业景观中鸟类个体数目的增加,而村庄和农田则能大量的促进某些生境特化种数量的急剧增加^[27]。

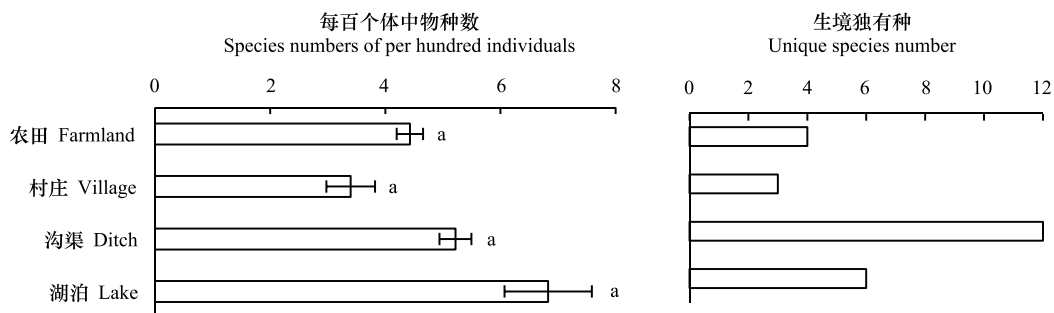


图 5 不同生境中每百个体中物种数和独有种数量

Fig.5 The unique species number and species number of per hundred individuals in different habitats

图中误差线为标准差,图上字母 a、b 表示方差分析的结果,不同字母代表二者差异显著, $P \leq 0.05$

4.2 景观异质性对鸟类群落的影响效应

景观异质性包括组成多样性、空间格局和构型的多样性及其产生的功能多样性^[28]。在农业景观中,景观异质性常转变为农田与自然、半自然生境相间的小尺度镶嵌体,进而通过影响生物多样性和生态系统结构与功能而影响区域生态系统服务的形成及表达。研究发现,农业景观中景观异质性变化对区域生物多样性的影响有时会比人类活动(如耕作模式的选择)的影响更为强烈和重要^[10,29-32]。因此在区域尺度上探讨生物多样性保护和生态系统服务维持的时候,必须重视景观异质性的重要性。有研究表明,农业景观中非农生境的存在对鸟类多样性的提高具有重要作用^[33-34]。本研究的结果也显示,在黄淮平原农业景观中大范围农田背景中沟渠、湖泊等非农生境的出现能有效的提高鸟类多样性和种群个体数量^[35-36]。同时农田和村庄等人类活动强烈的区域会促进某些特化种群多度的增加^[27]。

农业景观中对于生物间相互作用(如生物控制等)的研究需要从更广的食物网上来考虑,纵然在简单的农业生态系统中也要如此^[12]。集约农业景观中田块尺度上生境多样性的提高一方面能有效提高鸟类多样

性,同时也能促进鸟类介导的害虫控制服务,在简单农业景观中相对简单的保护措施(在地边种几棵树)亦能有效的提高鸟类多度和发挥其天敌控制的作用^[16,37]。而在复杂景观中,保护措施在促进飞行昆虫对害虫的控制的同时也会提高鸟类对飞行昆虫的捕食,从而降低其天敌控制的效果,因此要多方面的考虑多重生态系统服务间的权衡^[38]。

5 结论和建议

本研究仅基于鸟类,从物种多样性保护和区域生态系统服务维持的角度出发,认为在黄淮平原农业景观中,水域和湿地的存在能有效的提高鸟类多样性,而沟渠等的存在是提高鸟类多度的重要影响因素。同时不能一味的认为人类活动(村庄和农田耕作等)就一定对鸟类种群和生态系统服务呈现负效应。不同生活型或功能型的物种对景观异质性的响应模式存在显著差异^[39]。且由于不同物种、功能群等对土地利用方式、景观异质性的响应也会产生差异,因此很难提出一个通用的景观管理策略^[40]。在未来的区域持续农业景观的构建过程中,要重视各种自然、半自然非农生境的作用。同时由于不同生物类群对景观异质性响应的差异^[41]和面积-异质性权衡(Area-heterogeneity-trade-off)问题的存在^[41-42],因此区域内合理景观的构建需要同时考虑不同生物类群生物生态学属性的差异及其对景观异质性响应的差别和对生境面积需求的不同,一个科学合理的区域景观异质性建构方案的形成仍然任重道远。

致谢:河南黄河湿地国家级自然保护区马朝红工程师,河南本地鸟类爱好者徐奎、姚鹏、韩红波、陈志磊、宋剑南、雷中广、黄锋、韩志明和赵鑫等,河南大学生命科学学院生物爱好者学会会员李振、张露西、孙冬旭、王子豪、崔璨、张慧、高书文、韩子威、李思涵、李晶晶、李理想、于中斌、胡家宁、魏俊俊、史华杰和罗丽莎等参与调查或数据录入。谨此致谢。

参考文献(References):

- [1] Sekercioglu C H. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology & Evolution*, 2006, 21(8): 464-471.
- [2] Kellermann J L, Johnson M D, Stercho A M, Hackett S C. Ecological and economic services provided by birds on Jamaican Blue Mountain coffee farms. *Conservation Biology*, 2008, 22(5): 1177-1185.
- [3] Whelan C J, Wenny D G, Marquis R J. Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2008, 1134(1): 25-60.
- [4] Wenny D G, DeVault T L, Johnson M D, Kelly D, Sekercioglu C H, Tomback D F, Whelan C J. The need to quantify ecosystem services provided by birds. *The Auk: Ornithological Advances*, 2011, 128(1): 1-14.
- [5] Whelan C J, Şekercioglu Ç H, Wenny D G. Why birds matter: from economic ornithology to ecosystem services. *Journal of Ornithology*, 2015, 156(S1): 227-238.
- [6] Foley J A, Ramankutty N, Brauman K A, Cassidy E S, Gerber J S, Johnston M, Mueller N D, O'Connell C, Ray D K, West P C, Balzer C, Bennett E M, Carpenter S R, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockström J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zaks D P M. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 2011, 478(7369): 337-342.
- [7] Barnosky A D, Brown J H, Daily G C, Dirzo R, Ehrlich A H, Ehrlich P R, Eronen J T, Fortelius M, Hadly E A, Leopold E B, Mooney H A, Myers J P, Naylor R L, Palumbi S, Stenseth N C, Wake M H. Maintaining Humanity's Life Support Systems in the 21st Century. [2018-09-21]. http://consensusforaction.stanford.edu/see-scientific-consensus/consensus_english.pdf.
- [8] Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture*. United Nations. Rome: FAO, 2013.
- [9] Rodrigues A S L, Andelman S J, Bakarr M I, Boitani L, Brooks T M, Cowling R M, Fishpool L D C, da Fonseca G A B, Gaston K J, Hoffmann M, Long J S, Marquet P A, Pilgrim J D, Pressey R L, Schipper J, Sechrest W, Stuart S N, Underhill L G, Waller R W, Watts M E J, Yan X. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, 2004, 428(6983): 640-643.
- [10] Tschamtké T, Klein A M, Krüess A, Steffan-Dewenter I, Thies C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters*, 2005, 8(8): 857-874.
- [11] Perfecto I, Vandermeer J H, Bautista G L, Núñez G I, Greenberg R, Bichier P, Langridge S. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology*, 2004, 85(10): 2677-2681.
- [12] Grass I, Lehmann K, Thies C, Tschamtké T. Insectivorous birds disrupt biological control of cereal aphids. *Ecology*, 2017, 98(6): 1583-1590.
- [13] Maas B, Clough Y, Tschamtké T. Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes. *Ecology Letters*, 2013, 16(12): 1480-1487.
- [14] Karp D S, Daily G C. Cascading effects of insectivorous birds and bats in tropical coffee plantations. *Ecology*, 2014, 95(4): 1065-1074.

- [15] Maas B, Karp D S, Bumrungsri S, Darras K, Gonthier D, Huang J C C, Lindell C A, Maine J J, Mestre L, Michel N L, Morrison E B, Perfecto I, Philpott S M, Şekerciöğlu Ç H, Silva R M, Taylor P J, Tschamtké T, van Bael S A, Whelan C J, Williams-Guillén K. Bird and bat predation services in tropical forests and agroforestry landscapes. *Biological Reviews*, 2016, 91(4): 1081-1101.
- [16] Librán-Embid F, de Coster G, Metzger J P. Effects of bird and bat exclusion on coffee pest control at multiple spatial scales. *Landscape Ecology*, 2017, 32(9): 1907-1920.
- [17] 郑光美. 世界鸟类分类与分布名录. 北京: 科学出版社, 2002.
- [18] Colwell R K. *EstimateS*: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9. [2018-09-21]. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS/>.
- [19] Colwell R K, Chao A N, Gotelli N J, Lin S Y, Mao C X, Chazdon R L, Longino J T. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 2012, 5(1): 3-21.
- [20] Butchart S H M, Walpole M, Collen B, van Strien A, Scharlemann J P W, Almond R E A, Baillie J E M, Bomhard B, Brown C, Bruno J, Carpenter K E, Carr G M, Chanson J, Chenery A M, Csirke J, Davidson N C, Dentener F, Foster M, Galli A, Galloway J N, Genovesi P, Gregory R D, Hockings M, Kapos V, Lamarque J F, Leverington F, Loh J, McGeoch M A, McRae L, Minasyan A, Morcillo M H, Oldfield T E, Pauly D, Quader S, Revenga C, Sauer J R, Skolnik B, Spear D, Stanwell-Smith D, Stuart S N, Symes A, Tierney M, Tyrrell T D, Vié J C, Watson R. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 2010, 328(5982): 1164-1168.
- [21] Cardinale B. Overlooked local biodiversity loss. *Science*, 2014, 344(6188): 1098-1098.
- [22] Robinson R A, Sutherland W J. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology*, 2002, 39(1): 157-176.
- [23] Aronson M F J, La Sorte F A, Nilon C H, Katti M, Goddard M A, Lepczyk C A, Warren P S, Williams N S G, Cilliers S, Clarkson B, Dobbs C, Dolan R, Hedblom M, Klotz S, Kooijmans J L, Kühn I, MacGregor-Fors I, McDonnell M, Mörtberg U, Pyšek P, Siebert S, Sushinsky J, Werner P, Winter M. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2014, 281(1780): 20133330.
- [24] Söderström B, Svensson B, Vessby K, Glimskär A. Plants, insects and birds in semi-natural pastures in relation to local habitat and landscape factors. *Biodiversity & Conservation*, 2001, 10(11): 1839-1863.
- [25] Henderson I G, Ravenscroft N, Smith G, Holloway S. Effects of crop diversification and low pesticide inputs on bird populations on arable land. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2009, 129(1/3): 149-156.
- [26] 颜重威, 邢莲莲, 杨贵生. 内蒙古草原繁殖鸟类群聚组成之比较. *生态学报*, 2000, 20(6): 992-1001.
- [27] Jeliakov A, Mimet A, Chargé R, Jiguet F, Devictor V, Chiron F. Impacts of agricultural intensification on bird communities: new insights from a multi-level and multi-facet approach of biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2016, 216: 9-22.
- [28] Fahrig L, Baudry J, Brotons L, Burel F G, Crist T O, Fuller R J, Sirami C, Siriwardena G M, Martin J L. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 2011, 14(2): 101-112.
- [29] Tschamtké T, Batúry P, Dormann C F. Set-aside management: How do succession, sowing patterns and landscape context affect biodiversity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2011, 143(1): 37-44.
- [30] Concepción E D, Fernández-González F, Díaz M. Plant diversity partitioning in Mediterranean croplands: effects of farming intensity, field edge, and landscape context. *Ecological Applications*, 2012, 22(3): 972-981.
- [31] Palmu E, Ekroos J, Hanson H I, Smith H G, Hedlund K. Landscape-scale crop diversity interacts with local management to determine ground beetle diversity. *Basic and Applied Ecology*, 2014, 15(3): 241-249.
- [32] Puech C, Poggi S, Baudry J, Aviron S. Do farming practices affect natural enemies at the landscape scale? *Landscape Ecology*, 2015, 30(1): 125-140.
- [33] Hiron M, Berg Å, Eggers S, Josefsson J, Pärt T. Bird diversity relates to agri-environment schemes at local and landscape level in intensive farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2013, 176: 9-16.
- [34] Aue B, Diekötter T, Gottschalk T K, Wolters V, Hotes S. How High Nature Value (HNV) farmland is related to bird diversity in agro-ecosystems - towards a versatile tool for biodiversity monitoring and conservation planning. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2014, 194: 58-64.
- [35] Python J A, Beaujouan V, Daniel H, Pain G, Vallet J. Are vineyards important habitats for birds at local or landscape scales? *Basic and Applied Ecology*, 2016, 17(3): 240-251.
- [36] Assandri G, Bogliani G, Pedrini P, Brambilla M. Diversity in the monotony? Habitat traits and management practices shape avian communities in intensive vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2016, 223: 250-260.
- [37] Kross S M, Kelsey T R, McColl C J, Townsend J M. Field-scale habitat complexity enhances avian conservation and avian-mediated pest-control services in an intensive agricultural crop. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2016, 225: 140-149.
- [38] Martin E A, Reineking B, Seo B, Steffan-Dewenter I. Natural enemy interactions constrain pest control in complex agricultural landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(14): 5534-5539.
- [39] Loos J, Kuussaari M, Ekroos J, Hanspach J, Fust P, Jackson L, Fischer J. Changes in butterfly movements along a gradient of land use in farmlands of Transylvania (Romania). *Landscape Ecology*, 2015, 30(4): 625-635.
- [40] Fahrig L, Girard J, Duro D, Pasher J, Smith A, Javorek S, King D, Lindsay K F, Mitchell S, Tischendorf L. Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2015, 200: 219-234.
- [41] Chocron R, Flather C H, Kadmon R. Bird diversity and environmental heterogeneity in North America: a test of the area-heterogeneity trade-off. *Global Ecology and Biogeography*, 2015, 24(11): 1225-1235.
- [42] Schuler M S, Chase J M, Knight T M. Habitat size modulates the influence of heterogeneity on species richness patterns in a model zooplankton community. *Ecology*, 2017, 98(6): 1651-1659.

附表 1 黄淮平原农业景观中繁殖期鸟类物种名录

Appendix 1 List of bird species during the breeding period of agricultural landscape in Huang-Huai plain									
目 Order	科 Family	种名 Species	区系分布 Faunal distribution	生态类群 Eco-groups	居留型 Residence type	个体数量 Number of individuals			
						农田 Farmland	村庄 Village	沟渠 Ditch	湖泊 Lake
鸬鹚目 Podicipediformes	鸬鹚科 Podicipedidae	小鸬鹚 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	WD	游禽	R	0	0	88	11
		凤头鸬鹚 <i>Podiceps cristatus</i>	WD	游禽	W	0	0	0	3
		戴胜 <i>Upupa epops</i>	WD	攀禽	R	26	44	108	2
戴胜目 Upupiformes	戴胜科 Upupidae	戴胜 <i>Upupa epops</i>	WD	攀禽	R	0	0	15	2
		普通翠鸟 <i>Alcedo althia</i>	WD	攀禽	R	0	0	4	0
佛法僧目 Coraciiformes	翠鸟科 Alcedinidae	冠鱼狗 <i>Megaceryle lugubris</i>	WD	攀禽	R	0	0	3	0
		原鸽 <i>Columba livia</i>	WD	陆禽	R	0	0	0	0
		火斑鸠 <i>Streptopelia tranquebarica</i>	O	陆禽	R	2	0	3	0
鸻形目 Ciconiiformes	鹭科 Ardeidae	珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	O	陆禽	R	103	69	120	13
		山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>	WD	陆禽	R	68	31	110	2
		池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	WD	涉禽	S	0	0	39	10
		大白鹭 <i>Ardea alba</i>	WD	涉禽	S	0	0	0	1
		白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	WD	涉禽	R	1	1	7	1
		黄斑苇鹀 <i>Ixobrychus sinensis</i>	WD	涉禽	R	0	0	1	5
		夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>	WD	涉禽	R	0	0	0	3
		黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>	WD	涉禽	R	0	0	147	48
		普通燕鸥 <i>Sterna hirundo</i>	PA	涉禽	S	0	0	1	0
		白腰草鹀 <i>Tringa ochropus</i>	PA	涉禽	W	0	0	1	0
鸡形目 Galliformes	鹑科 Scolopacidae	环颈雉 <i>Phasianus colchicus</i>	PA	陆禽	R	20	0	30	0
		大杜鹃 <i>Cuculus canorus</i>	O	攀禽	S	2	8	25	3
鸱形目 Cuculiformes	杜鹃科 Cuculidae	四声杜鹃 <i>Cuculus micropterus</i>	WD	攀禽	S	8	6	7	5
		噪鹛 <i>Eudynamys scolopacea</i>	WD	攀禽	S	0	0	0	19
		星头啄木鸟 <i>Dendrocopos canicapillus</i>	O	攀禽	R	0	1	0	0
鸢形目 Piciformes	啄木鸟科 Picidae	大斑啄木鸟 <i>Dendrocopos major</i>	PA	攀禽	R	1	1	1	0
		灰头绿啄木鸟 <i>Picus canus</i>	WD	攀禽	R	0	0	1	0
雀形目 Passeriformes	伯劳科 Laniidae	红尾伯劳 <i>Lanius cristatus</i>	WD	鸣禽	V	24	24	40	6
		楔尾伯劳 <i>Lanius sphenocercus</i>	WD	鸣禽	W	0	0	1	0
		棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>	O	鸣禽	R	9	14	39	1
		金腰燕 <i>Cecropis daurica</i>	WD	鸣禽	V	9	3	17	0
		家燕 <i>Hirundo rustica</i>	WD	鸣禽	V	284	273	591	326
		白鹡鸰 <i>Motacilla alba</i>	WD	鸣禽	R	28	9	38	3
		水鸚 <i>Anthus spinoletta</i>	PA	鸣禽	P	0	0	15	0
		树鸚 <i>Anthus hodgsoni</i>	WD	鸣禽	W	2	0	6	0
		灰鹡鸰 <i>Motacilla cinerea</i>	WD	鸣禽	P	0	0	2	0

续表

目 Order	科 Family	种名 Species	区系分布 Faunal distribution	生态类群 Eco-groups	居留型 Residence type	个体数量 Number of individuals			
						农田 Farmland	村庄 Village	沟渠 Ditch	湖泊 Lake
鸻科 Pycnonotidae	黄鹌科 Oriolidae	白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	O	鸣禽	R	92	261	225	52
		黑枕黄鹌 <i>Oriolus chinensis</i>	WD	鸣禽	V	9	18	18	1
		黑卷尾 <i>Dicurus macrocerus</i>	WD	鸣禽	V	50	35	157	15
		八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	O	鸣禽	R	0	3	9	7
椋鸟科 Sturnidae	鸦科 Corvidae	灰椋鸟 <i>Sturnus cineraceus</i>	WD	鸣禽	R	67	102	119	4
		大嘴乌鸦 <i>Corvus macrorhynchos</i>	WD	鸣禽	R	1	0	3	0
		灰喜鹊 <i>Cyanopica cyanus</i>	PA	鸣禽	R	19	65	17	4
		喜鹊 <i>Pica pica</i>	WD	鸣禽	R	280	139	561	53
山雀科 Paridae	长尾山雀科 Aegithalidae	红嘴山雀 <i>Pyrhonorax pyrrhonorax</i>	PA	鸣禽	R	0	1	0	0
		大山雀 <i>Parus major</i>	WD	鸣禽	R	6	18	35	5
		银喉长尾山雀 <i>Aegithalos caudatus</i>	PA	鸣禽	R	0	0	9	22
		红头长尾山雀 <i>Aegithalos concinnus</i>	O	鸣禽	R	0	0	0	5
雀科 Passeridae	莺科 Sylviidae	麻雀 <i>Passer montanus</i>	WD	鸣禽	R	1065	1261	1238	227
		东树莺 <i>Cettia canturians</i>	WD	鸣禽	S	0	0	0	1
		强脚树莺 <i>Cettia fortipes</i>	PA	鸣禽	R	6	1	26	5
		东方大苇莺 <i>Acrocephalus orientalis</i>	WD	鸣禽	S	0	0	71	113
燕雀科 Fringillidae	鸦雀科 Paradoxornithidae	金翅雀 <i>Carduelis sinica</i>	WD	鸣禽	R	4	8	66	5
		黑尾蜡嘴雀 <i>Eophona personata</i>	WD	鸣禽	R	10	33	70	10
		黑头蜡嘴雀 <i>Eophona migratoria</i>	PA	鸣禽	R	1	0	0	0
		棕头鸦雀 <i>Paradoxornis webbianus</i>	PA	鸣禽	R	0	1	5	16
鸫科 Turdidae	鸫科 Muscicapidae	乌鸫 <i>Turdus merula</i>	O	鸣禽	R	19	97	45	12
		黑喉石鸫 <i>Saxicola torquata</i>	PA	鸣禽	P	2	0	7	0
		北红尾鸫 <i>Phoenicurus aureoreus</i>	PA	鸣禽	W	7	32	4	1
		红喉姬鸫 <i>Ficedula albicilla</i>	PA	鸣禽	P	0	0	1	0
鸫科 Emberizidae	扇尾莺科 Cisticolidae	三道眉草鸫 <i>Emberiza cioides</i>	PA	鸣禽	R	15	0	9	0
		黄眉鸫 <i>Emberiza chrysophrys</i>	PA	鸣禽	P	0	0	6	0
		灰头鸫 <i>Emberiza spodocephala</i>	PA	鸣禽	P	8	0	0	0
		小鸫 <i>Emberiza pusilla</i>	PA	鸣禽	W	7	0	5	3
隼形目 Falconiformes	隼科 Falconidae	棕扇尾莺 <i>Cisticola juncidis</i>	WD	鸣禽	R	5	0	0	0
		寿带 <i>Terpsiphone paradisi</i>	WD	鸣禽	S	0	1	0	0
		红脚隼 <i>Falco amurensis</i>	PA	猛禽	W	21	0	0	0
		绿头鸭 <i>Anas platyrhynchos</i>	PA	游禽	W	0	0	2	0
雁形目 Anseriformes	鸭科 Anatidae	斑嘴鸭 <i>Anas poecilorhyncha</i>	WD	游禽	R	0	0	10	0

分布型 Faunal distribution: O: 东洋界, Oriental realm; PA: 古北界, Palearctic realm; WD: 广布种, Cosmopolitan species; 居留型 Residence type: R: 留鸟, Resident; S: 夏候鸟, Summer migrant; V: 迷鸟, Stagger; W: 冬候鸟, Winter migrant; P: 旅鸟, Traveler