

江苏启东市鸟类群落结构及多样性分析

袁一鸣, 钟稚昉, 程 攻, 柳絮飞, 罗 琚, 王晓宇* (南京大学环境规划设计研究院股份公司, 江苏南京 210093)

摘要 随着城市化进程和人类活动的不断加剧, 城市鸟类生存空间逐渐减小, 进而影响了鸟类多样性。该研究通过历史资料收集与整理、样线法和样点法, 对启东市鸟类物种组成和多样性进行了调查, 研究表明启东市全年共统计到鸟类 13 目 41 科 81 属 165 种 79 702 只, 其中雀形目调查到 21 科 35 属 67 种 37 304 只, 为启东市鸟种最多的目, 也是调查到个体数量最多的目; 鸻形目共调查到鸟类 5 科 18 属 46 种 26 741 只, 为启东市鸟类第二大目。不同季节鸟类多样性变异较大, 启东市越冬季鸟类数量最多, 秋季迁徙期数量最少, Margalef 指数在夏季繁殖期最大, 秋季迁徙期最小; Simpson 指数在春季迁徙期最大, 越冬期最小; 而 Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数在秋季迁徙期最大, 越冬期最小。在区系方面, 以鸻鹬类、雁鸭类等西伯利亚等地区繁殖的古北种为主, 占 55.76%; 其次是广布种, 占 31.51%; 东洋种最少, 占 12.74%。在生态型组成上, 启东市鸟类根据其生态型可划分为游禽、涉禽、陆禽、攀禽、猛禽、鸣禽六大类, 分别占 13.33%、36.97%、2.42%、4.24%、2.42% 和 40.61%, 其中鸣禽为六大类中种类最多的型, 是启东市鸟类中主要的组成部分。启东市鸟类优势种为麻雀、黑腹滨鹬 2 种; 常见种有棕头鸦雀、灰鸽、白鹭、白头鹤、斑嘴鸭、家燕等共 20 种, 偶见种有中华攀雀、苍鹭、凤头潜鸭、小鸬鹚等 45 种, 其余为少见种, 共 98 种。国家Ⅱ级保护鸟类 8 种, CITES 6 种, IUCN 20 种, 红色名录 18 种。

关键词 启东市; 城市化; 物种组成; 鸟类多样性; 季节动态

中图分类号 Q 958.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)19-0097-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.19.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Bird Community Structure and Diversity in Qidong City

YUAN Yi-ming, ZHONG Zhi-fang, CHENG Gong et al (Environmental Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093)

Abstract With the development of urbanization and human activities, the living space of urban birds gradually decreased, which further affected the diversity of birds. In this study, the composition and diversity of bird species in Qidong City were investigated through the collection and arrangement of historical data, the method of sample lines, sample points and the method of direct number of zones. The results showed that a total of 79 702 birds of 13 orders, 41 families, 81 genera and 165 species were investigated in Qidong City in the whole year, including passerine 21 families 35 genera 67 species 37 304, 26 741 birds from 46 species of 18 genera and 5 families of charadriiformes, the passeriformes were the most numerous orders, followed by charadriiformes. There was great variation in the diversity of birds among different seasons in Qidong City, the maximum and the minimum number of birds occurred in winter and autumn migration period, respectively. The maximum and minimum value of Margalef index occurred in summer breeding period and autumn migration period, respectively. The maximum and minimum value of Simpson index occurred in the spring migration period and winter period, respectively. The maximum and minimum value of Shannon-Wiener index and Evenness index occurred in the autumn migration period and the smallest in the winter, respectively. According to the animal geographical region in China, the palaearctic species was the most such as waders, wild geese and ducks, accounting for 55.76%, then followed by ubiquitous species (31.51%) and oriental species (12.74%). In terms of the composition of ecological types, the birds in Qidong City can be divided into six categories according to their ecological types, i. e. swimming birds, wading birds, land birds, climbing birds, raptors and songbirds, accounting for 13.33%, 36.97%, 2.42%, 4.24%, 2.42% and 40.61%, respectively. Among them, songbirds were the most diverse types in the six categories, and were the main components of birds in Qidong City. The dominant species of birds in Qidong City were sparrow and black-bellied sandpiper. The common species were brown-headed corvids, grey plover, egrets, bulbul, spotted billed ducks and house martins, about 20 species. The occasionally species were Chinese climbing finch, heron, crested duck, about 45 species. There were 8 national class II protected birds, 6 CITES species, 20 IUCN species and 18 red list species.

Key words Qidong City; Urbanization; Species composition; Bird diversity; Seasonal dynamics

生物多样性作为人类生存的基础, 包括遗传、物种和生态系统 3 个层次的多样性, 是维持自然生态系统稳定、保障粮食安全和社会-经济-自然复合生态系统安全、维系人类生存与发展的重要自然因素, 在调节气候变化和维持生态系统稳定方面具有重要作用^[1]。由于受人类活动和自然因素影响, 物种逐渐减少, 生态系统稳定性逐渐下降^[2]。近年来, 我国高度重视生物多样性保护, 先后实施了天然林资源保护、退耕还林、退牧还草等重大工程, 发布了《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011—2030 年)》, 成立了中国生物多样性保护国家委员会。

鸟类作为高等脊椎动物, 同时也作为生态系统的指示物

种, 在城市生态系统中发挥着重要作用^[3]。比如, 许多国家评价一个城市环境建设和恢复效果的重要参考指标就是鸟类群落的多样性, 很多城市的规划和设计都是依据城市鸟类群落的参数^[4]。一方面, 城市内的各种保护区和公园能够为鸟类提供食物和栖息场所, 而鸟类可以促进植物种子传播, 控制害虫, 从而与植物形成一种互惠关系, 这主要是由于鸟类是处于生态金字塔顶端的上层物种, 可以通过调查鸟类的数量和多样性, 从而了解到下层植物群和昆虫等地下生态系统各种状况^[5]。另一方面, 鸟类也作为一种园林观赏价值, 为居民提供美学和教育等价值。近年来, 随着城镇化进程和人类活动的加剧, 鸟类栖息地破碎化, 生物多样性逐渐下降^[6], 城市鸟类多样性研究逐渐成为热点, 主要包括城市鸟类的结构^[7-9]、城市鸟类的季节动态^[10]、城市公园鸟类数量和多样性^[11], 以及人类活动干扰对鸟类群落的影响等^[12-14]。

启东市位于南通市最东部, 濒江临海, 江、海岸线长达

基金项目 启东市生物多样性本底调查项目(41730752)。

作者简介 袁一鸣(1994—), 男, 江西南昌人, 硕士, 从事鸟类生态学研究。*通信作者, 硕士, 从事鸟类生态学研究。

收稿日期 2020-03-27; **修回日期** 2020-04-20

200 余 km,是水鸟、沿水迁徙雀形目鸟类极为重要的迁徙过境区。启东沿海、沿江湿地保存相对完好,迁徙期鸟类多样性极高,是启东市两条靓丽的观鸟风景线。鸟类对于启东是极为重要的生态资源,其多样性直接反映了启东市湿地生态水平,开展鸟类多样性长期监测是验证下一阶段城市规划优劣的重要方式之一。该研究通过历史资料收集与整理、样线法和样点法,旨在摸清城市鸟类物种,以及有针对性地提出对鸟类的保护建议,对于指导建立人、自然、城市之间的生态平衡具有重要意义。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况 研究地位于启东市区,其地处 121°25'40"~121°54'30"E,31°41'06"~32°16'19"N,调查区气候属北亚热带

湿润气候区,为典型的海洋性季风气候,四季分明,年均气温 15℃,年均降水量 1 037.1 mm,年平均日照时数和年平均无霜期分别为 2 073 h 和 222 d,年平均相对湿度 81%。在行政区划上,启东市位于江苏省南通市最南部,南濒长江入海口北支,其中东段以江心为界,西段永隆沙与上海市崇明区接壤,国家高速公路网 G40 横贯启东,崇启大桥与上海崇明岛相连;东、北濒临黄海,西与海门市毗邻。此次调查区域为启东市所辖区域(以下简称“项目区”)。重点调查区域有通启运河(启东市)清水通道维护区、新三和港河清水通道维护区、头兴港河清水通道维护区、启东长江口(北支)湿地省级自然保护区等,同时对城市绿地、农田、人工林等区域开展调查,其样点图和鸟类多样性空间分布图见图 1、2。

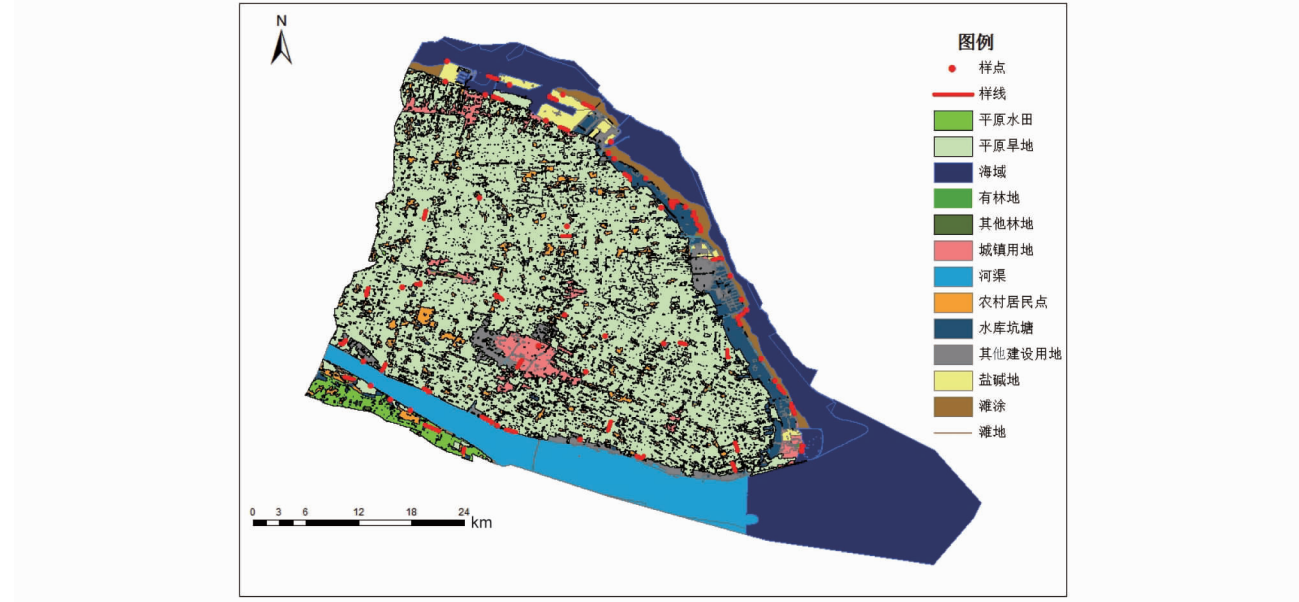


图 1 启东市土地利用类型和采样点分布

Fig. 1 Land use type and sampling site in Qidong City

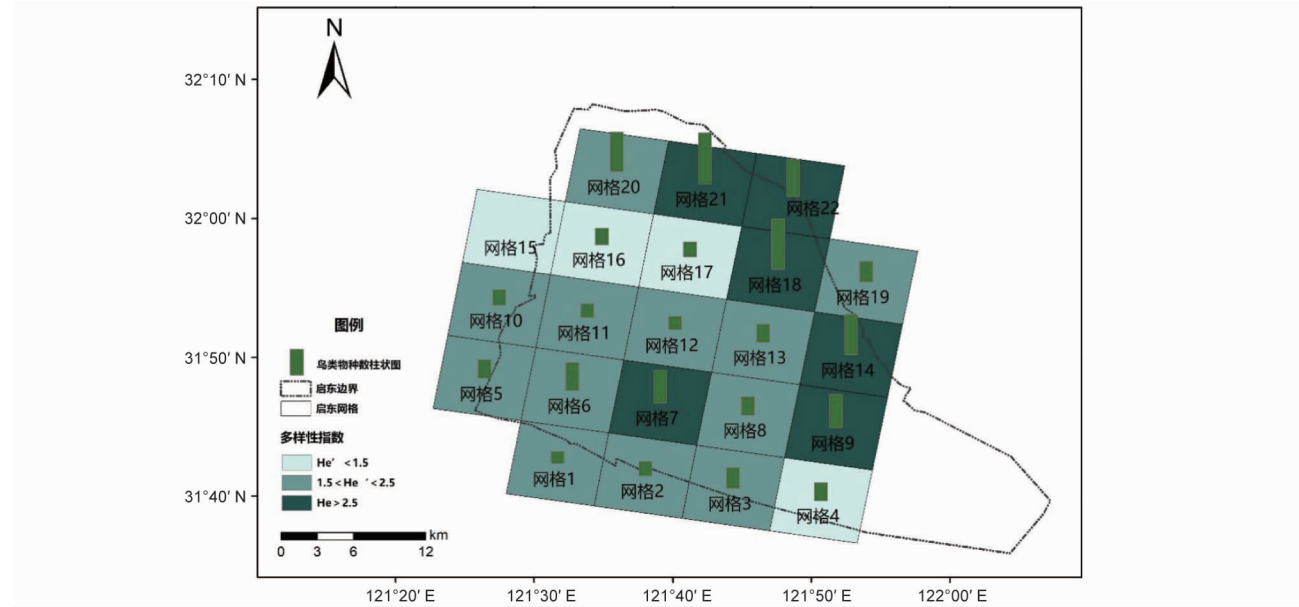


图 2 启东市鸟类多样性空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of bird diversity in Qidong City

1.2 研究方法 调查时间为 2018 年 7 月—2019 年 5 月,时间跨度囊括了繁殖期、春、秋迁徙期和越冬季。参考《全国第二次陆生野生动物资源调查技术规程》和 HJ 710. 4—2014《生物多样性观测技术导则 鸟类》的方法。此次调查方法分为历史资料收集与整理、样线法、样点法和分区直数法。调查时在每个网格的适宜生境中都设置了 1~2 条固定样线,样线长度 1 000~2 000 m;启东沿江湿地、启东长江口、启东沿海为鸟类重点调查区域,迁徙季及越冬季聚集了较多的水鸟,因此上述区域布设的样线及样点较密集;项目区共布设样线 35 条。鸟类样点主要布设在城市公园等绿地,农田生境中的伴河流林地、园地,不易行走的大面积养殖塘等区域,项目区共布设样点 36 个(图 1)。该研究通过查阅相关资料确定鸟类的分类、生态型、区系和保护级别^[15-16],对于鸟类的分类是依据《中国鸟类分类与分布名录》第 2 版^[17]。

1.3 多样性指数测定方法 根据鸟类的种数和数量记录,分别统计各时期调查到的鸟类种类及数量,计算每个时期启东市鸟类群落多样性指数。鸟类群落多样性的计算公式采用 Margalef 指数 dMa 、Simpson 指数 D 、Shannon-Wiener 指数 He' 和 Pielou 均匀度指数 Je ,几种指数的计算公式如下:

$$dMa = (S - 1) / \ln N$$
$$D = 1 - \sum P_i \cdot 2$$
$$He' = - \sum P_i \cdot \ln P_i$$
$$Je = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

式中, S 为种类数; N 为总丰度; H' 为实测 Shannon-Wiener 多样性指数; $H'_{\max} = \ln S$; P_i 为第 i 种的个体数(或密度)占总个体数(或密度)的比例。

2 结果与分析

2.1 启东市鸟类群落组成及数量特征 根据调查结果显示(表 1),启东市全年共统计到鸟类 13 目 41 科 81 属 165 种 79 702 只,其中雀形目调查到 21 科 35 属 67 种 37 304 只,为启东市鸟种最多的目,也是调查到个体数量最多的目;鸽形目共调查到鸟类 5 科 18 属 46 种 26 741 只,为启东市鸟类第二大目。启东市位于南通市最东侧,靠海临江,拥有 200 余公里江、海岸线,是重要的水鸟迁徙过境区,每年过境、越冬的鸻鹬类、雁鸭类数量众多。

表 1 启东市鸟类各目物种数量组成

Table 1 The composition of bird species in Qidong City

目 Order	科数 Number of families	数量 Quantity	占比 Proportion %
雀形目 Passeriformes	21	37 304	46. 80
鸽形目 Charadriiformes	5	26 741	33. 55
雁形目 Anseriformes	1	7 908	9. 92
鸻形目 Ciconiiformes	2	3 933	4. 93
鹤形目 Gruiformes	1	1 269	1. 59
鸠形目 Columbiformes	1	1 188	1. 49
鸊鷉目 Podicipediformes	1	1 127	1. 41
鸡形目 Galliformes	1	74	0. 09
戴胜目 Upupiformes	1	67	0. 08
鹈形目 Pelecaniformes	1	46	0. 06
鹃形目 Cuculiformes	1	20	0. 03
隼形目 Falconiformes	3	14	0. 02
佛法僧目 Coraciiformes	2	11	0. 01
总计 Total	41	79 702	100. 00

2.2 启东市不同季节鸟类多样性现状 不同季节鸟类多样性变异较大(表 2),启东市春季迁徙期鸟类数量巨大,在 4 个调查时期中排在第 2 位。春季迁徙期启东市鸟类群落以冬候鸟、过境鸟,如鸻鹬类、雁鸭类、迁徙雀形目鸟类为主,春季迁徙期沿海、沿江鸟类多样性高于内陆农田地区。该时期较具特色的鸟类有红喉鹀、白眉鸭、黑天鹅、尖尾滨鹬,Simpson 指数最大。夏季繁殖期 Margalef 指数最高,迁徙型林鸟主要集中在沿江、沿海林灌、芦苇荡内,而农田鸟类多为广适性伴人种,多样性较差。夏季繁殖期与春季迁徙期相比,水鸟种类、数量有所减少,该时期启东市具代表性的鸟类有暗灰鹃鵲、灰卷尾、寿带、黑枕黄鹀、红喉歌鸲、厚嘴苇莺等。而秋季迁徙期鸟类混杂,该时期调查到的鸟类中,林鸟、水鸟混杂,代表鸟类有黄胸鹀、赤颈鸭、黑尾塍鹬等。在越冬期时期,季鸟类群落组成相对稳定,以越冬水鸟、越冬林鸟及留鸟为主。启东北侧茅家港至通启运河入海口段堤外滩涂、堤内芦苇荡、草滩是越冬水鸟主要的栖息区,大唐电厂内坑塘、恒大海上海尼斯海水浴场等地在越冬期间雁鸭类可达数千只。该时期代表鸟种有凤头鹀、角鹀、青头潜鸭、琵嘴鸭、白腰杓鹬、红颈苇鹀等。

表 2 启东市鸟类多样性季节动态

Table 2 The seasonal dynamics of bird diversity in Qidong City

季节 Season	种数 Number of species	数量 Quantity	Margalef 指数 Margalef index	Simpson 指数 Simpson index	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	Pielou 均匀度指数 Pielou index
春季迁徙期 Spring migration period	98	22 065	9. 698	0. 909	2. 947	0. 643
夏季繁殖期 Summer breeding season	100	14 267	10. 349	0. 898	2. 972	0. 645
秋季迁徙期 Autumn migration period	83	8 318	9. 085	0. 891	2. 988	0. 676
越冬期 Wintering period	102	35 052	9. 365	0. 881	2. 827	0. 615
总计 Total	165	79 702	14. 531	0. 923	3. 317	0. 650

2.3 启东市鸟类区系和生态型组成 在世界动物地理区系划分上(表 3),江苏省正处于古北界与东洋界在中国东部交汇处——秦岭—伏牛山—淮河—苏北灌溉总渠一线上,但由于江苏东部沿海为冲积平原,南北无明显地理阻隔,因此该区域内物种呈南北杂揉状态。启东市地处南通最东侧,东濒

黄海,南接长江,是迁徙、越冬水鸟重要的能量补充站及越冬地,迁徙水鸟以鸻鹬类、雁鸭类等西伯利亚等地区繁殖的古北种为主,92 种,占 55. 76%;其次是广布种 52 种,占 31. 51%;东洋种最少,21 种,占 12. 73%。启东地势平坦,南北无明显的地理阻隔,鸟类广布种数量众多,但偏北的地理位置及缺

乏山体也使得启东东洋种鸟类较少。

表 3 启东市鸟类区系
Table 3 Bird flora of Qidong City

区系 Flora	种数 Number of species	比例 Proportion %
古北种 Gubei species	92	55. 76
广布种 Ubiquitous species	52	31. 51
东洋种 Oriental species	21	12. 73
总计 Total	165	100

在生态型组成上(图 3),启东市鸟类根据其生态型可划分为游禽、涉禽、陆禽、攀禽、猛禽、鸣禽六大类,其中游禽调查到 22 种,占总种数的 13. 33%,且以雁鸭类为主,占游禽个体总数的 87. 08%;涉禽共调查到 61 种,占总种数的 36. 97%,且在种类上以鸬鹚类为主,占涉禽种类的 75. 41%;陆禽共调查到 4 种,占总种数的 2. 42%,且在种类上以珠颈斑鸠为主,占陆禽个体总数的 94. 14%;攀禽共调查到 7 种,占总种数的 4. 24%,种类上以鹃形目杜鹃类为主,占攀禽的 57. 14%;猛禽共调查到 4 种,占总种数的 2. 42%,种类上以隼科为主,占猛禽的 50. 00%;鸣禽共调查到 67 种,占总种数的 40. 61%,为六大类中种类最多的型,是启东市鸟类中主要组成部分。

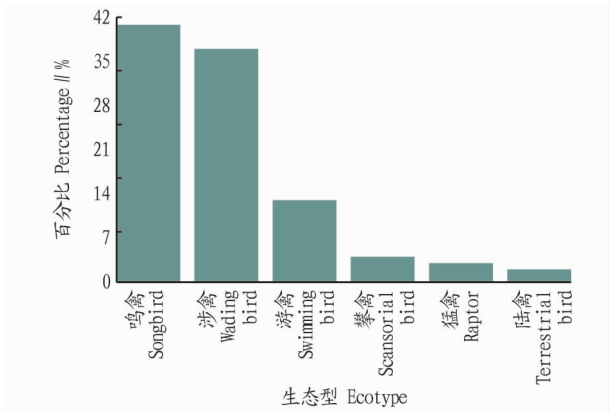


图 3 启东市鸣禽及非鸣禽数量比

Fig. 3 The percentage of songbirds and non-songbirds in Qidong City

2.4 启东市优势种、常见种、偶见种和少见种 按照鸟类不同种群占鸟类统计总数的百分比(P_i)来确定优势种和数量级,将 $P_i \geq 10\%$ 定为优势种, $1\% \leq P_i < 10\%$ 定为常见种, $0.1\% < P_i < 1\%$ 定为偶见种, $P_i \leq 0.1\%$ 定为少见种。据统计分析(表 4),启东市鸟类优势种为麻雀、黑腹滨鹬 2 种,其中麻雀在启东市分布广泛,城镇、农田、林地等主要生境均可见到,黑腹滨鹬为迁徙鸟,春秋迁徙两季、越冬期在启东市沿海滩涂数量巨大;常见种有棕头鸦雀、灰鸽、白鹭、白头鹎、斑嘴鸭、家燕等共 20 种,偶见种有中华攀雀、苍鹭、凤头潜鸭、小鸕鹚等 45 种,其余为少见种,共 98 种。从优势种、常见种等来看,启东市调查到的迁徙鸟类群落占比极大,秋季迁徙期在茅家港、大唐发电厂、通启运河以北滩涂、草滩等地聚集着大量的鸬鹚类、雁鸭类等迁徙水鸟。

表 4 启东市鸟类优势种、常见种、偶见种及少见种

Table 4 The dominant species,common species,occasional species and rare species of birds in Qidong City

序号 No.	物种 Species	个体数 Number of individuals	占比 Proportion %	类型及种数比 Type and species ratio//%
1	麻雀	15 136	18. 99	优势种(1. 21)
2	黑腹滨鹬	12 884	16. 17	
3	棕头鸦雀	4 875	6. 12	
4	灰鸽	2 993	3. 76	常见种(12. 12)
5	白鹭	2 826	3. 55	
6	白头鹎	2 773	3. 48	
7	斑嘴鸭	2 618	3. 28	偶见种(27. 27)
8	家燕	2 271	2. 85	
9	环颈雉	2 248	2. 82	
10	白腰杓鹬	2 010	2. 52	
11	喜鹊	1 930	2. 42	
12	红头潜鸭	1 773	2. 22	
13	绿头鸭	1 661	2. 08	
14	红颈滨鹬	1 487	1. 87	
15	灰头鸫	1 348	1. 69	
16	苇鹀	1 336	1. 68	
17	乌鸫	1 188	1. 49	
18	东方大苇莺	1 125	1. 41	
19	珠颈斑鸠	1 122	1. 41	
20	白骨顶	1 117	1. 40	
21	反嘴鹬	1 058	1. 33	
22	灰椋鸟	813	1. 02	
23	中华攀雀	647	0. 81	
24	苍鹭	642	0. 81	
25	凤头潜鸭	641	0. 80	
26	小鸕鹚	623	0. 78	
27	八哥	616	0. 77	
28	西伯利亚银鸥	597	0. 75	
29	罗纹鸭	434	0. 54	
30	棕背伯劳	387	0. 49	
31	黑尾蜡嘴雀	358	0. 45	
32	黑尾塍鹬	355	0. 45	
33	白鹡鸰	353	0. 44	
34	青脚鹬	343	0. 43	
35	凤头鸕鹚	332	0. 42	
36	纯色山鹧鸪	332	0. 42	
37	金腰燕	298	0. 37	
38	树鹊	258	0. 32	
39	白额燕鸥	246	0. 31	
40	三趾滨鹬	233	0. 29	
41	琵嘴鸭	230	0. 29	
42	夜鹭	216	0. 27	
43	灰背鸥	213	0. 27	
44	赤膀鸭	210	0. 26	
45	尖尾滨鹬	208	0. 26	
46	赤颈鸭	192	0. 24	
47	中杓鹬	190	0. 24	
48	泽鹬	181	0. 23	
49	小云雀	172	0. 22	
50	黑尾鸥	168	0. 21	
51	大滨鹬	160	0. 20	
52	小鸻	160	0. 20	
53	大山雀	149	0. 19	
54	黑颈鸕鹚	145	0. 18	
55	黑翅长脚鹬	143	0. 18	
56	黑水鸡	116	0. 15	
57	大白鹭	113	0. 14	
58	黄喉鹀	113	0. 14	
59	翘嘴鹬	108	0. 14	
60	长嘴剑鸻	103	0. 13	
61	牛背鹭	100	0. 13	
62	鹤鹑	98	0. 12	
63	斑尾塍鹬	93	0. 12	
64	丝光椋鸟	85	0. 11	
65	红腹滨鹬	81	0. 10	
66	翻石鹬	80	0. 10	
67	棕扇尾莺	80	0. 10	
68	其他	1 508	1. 89	少见种(59. 39)
总计 Total		79 702	100	100

2.5 启东市保护鸟类种类 启东市有保护动物共 142 种,以鸻形目、雁形目、鹤形目、雀形目鸟类为主;江苏省重点保护鸟类 94 种,以鸻形目、鹤形目、雁形目、鹤形目、雀形目等鸟类为主,在 IUCN 中有 20 种,在红色名录上有 18 种(表 5)。

表 5 启东市保护鸟类名录

Table 5 The list of protected birds in Qidong City

物种 Species	国家保护 National protection	CITES	IUCN	红色名录 Red list
角鸬鹚 <i>Podicepsauritus</i>	II	—	VU	NT
黄嘴白鹭 <i>Egrettaelophotes</i>	II	—	VU	VU
白琵鹭 <i>Platalealeucorodia</i>	II	II	—	NT
黑脸琵鹭 <i>Platalea minor</i>	II	—	EN	EN
花脸鸭 <i>Anas formosa</i>	—	II	—	NT
罗纹鸭 <i>Anas falcata</i>	—	—	NT	NT
红头潜鸭 <i>Aythyaferina</i>	—	—	VU	—
青头潜鸭 <i>Aythyaabaeri</i>	—	—	CR	CR
鸬鹚 <i>Pandion haliaetus</i>	II	II	—	NT
白尾鸬 <i>Circus cyaneus</i>	II	II	—	NT
游隼 <i>Falco peregrinus</i>	II	I	—	NT
红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	II	II	—	—
日本鹌鹑 <i>Coturnix japonica</i>	—	—	NT	—
长嘴剑鸻 <i>Charadriusplacidus</i>	—	—	—	NT
斑胸滨鹚 <i>Calidris melanotos</i>	—	—	—	DD
大滨鹚 <i>Calidristenuirostris</i>	—	—	EN	VU
红腹滨鹚 <i>Calidris canutus</i>	—	—	NT	VU
红颈滨鹚 <i>Calidris ruficollis</i>	—	—	NT	—
黑尾塍鹚 <i>Limosalimosa</i>	—	—	NT	—
斑尾塍鹚 <i>Limoslapponica</i>	—	—	NT	NT
白腰杓鹬 <i>Numenius arquata</i>	—	—	NT	NT
大杓鹬 <i>Numenius madagascariensis</i>	—	—	EN	VU
灰尾漂鹬 <i>Heteroscelus brevipes</i>	—	—	NT	DD
黑嘴鸥 <i>Larus saundersi</i>	—	—	VU	VU
寿带 <i>Terpsiphone paradisi</i>	—	—	—	NT
震旦鸦雀 <i>Paradoxornis heudei</i>	—	—	NT	NT
黄胸鹀 <i>Emberiza aureola</i>	—	—	CR	EN
白眉鹀 <i>Emberiza tristrami</i>	—	—	—	NT
田鹀 <i>Emberiza rustica</i>	—	—	VU	—
红颈苇鹀 <i>Emberiza yessoensis</i>	—	—	NT	NT
铁爪鹀 <i>Calcarius lapponicus</i>	—	—	—	NT

注:“国家保护”指《国家重点保护野生动物名录》,其中“II”指国家二级重点保护动物;“CITES”指《濒危野生动植物种国际贸易公约》(华盛顿公约 CITES),其中“I”指附录I中物种,“II”指附录II中物种。“IUCN”指《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》,其中“CR”指极危,“EN”指濒危,“VU”指易危,“NT”指近危,“红色名录”指《中国生物多样性红色名录》,其中“CR”指极危,“EN”指濒危,“VU”指易危,“NT”指近危,“DD”指数据缺乏

3 讨论

3.1 影响启东市鸟类多样性的非生物因素 影响鸟类物种多样性的非生物因素主要包括生境因素和气候因素^[18-19]。气候因素对鸟类多样性的影响主要是通过温度和降水因素等调控,近年来,随着全球气候逐渐变暖,启东市沿海部分鸟类多样性丰富地区出现旱化特征,实地调查发现,协兴河入海口处以南、海底公路内侧原为浅水湿地,一年调查周期后该地已完全旱化,风吹过后呈“沙漠”景观,粉砂遍地,已基

本丧失为水鸟提供躲避地的功能,而这些湿地是鸻鹬类避秋季迁徙期和越冬期避风栖息的重要区域之一,从而减少了启东市鸟类多样性。而生境因素对鸟类多样性的影响主要是通过影响鸟类食物的可获得性和环境的隐蔽性^[20],启东市鸟类根据其栖息的生境可划分为 6 种生态类群,即水域鸟类群落、低矮草灌鸟类群落、乔木鸟类群落、地面鸟类群落、街道居民区鸟类群落和高空鸟类群落。该研究通过野外调查发现,水域鸟类群落多样性最高,然后是低矮草灌鸟类群落、乔木鸟类群落、地面鸟类群落、街道居民区鸟类群落和高空鸟类群落。水域鸟类群落指在滩涂、长江及江滩、河流、沟渠、池塘等水体及水体周边活动的鸟类,主要包括鸻鹬、鹭类、雁鸭类、鸻鹬类等,这类鸟类的日常活动如觅食、栖息较依赖水体环境,并且身体已进化出适应水环境生活的结构,如鹭类、鸻鹬类的下肢及喙等。由于启东市海域和河渠面积较大,且采样点在水域较多,因此水域鸟类群落分布较为广泛。此外,在启东市水域鸟类群落中,鸻鹬类主要分布于沿海滩涂,雁鸭类集中在水库、养殖塘、海水浴场等静水水域内,鹭类适应性强,在河流、水库、养殖塘、滩涂等湿地环境均可发现。

对于低矮草灌鸟类群落,则主要为林缘、草灌内活动的小型鸟类,该类鸟类多在低矮植被内活动,多为雀形目鸟类,包括麻雀、棕头鸭雀、灰头鹀、北红尾鹀等,这类鸟一般飞行能力较差,喜在灌木、杂草丛中觅食,典型代表为麻雀及棕头鸭雀;迁徙鸟则具备较强的飞行能力。由于启东市林地面积较大,在启东市草灌内筑巢繁殖或越冬,典型代表为鹀类、苇莺类。启东市低矮草灌鸟类的集中分布区包括内陆农田及沿海盐碱地芦苇荡。而乔木鸟类群落是指喜活动在高大乔木上的鸟类,取食果子、昆虫等,包括喜鹊、灰棕鸟等。这类鸟类一般体型稍大,飞行能力良好,可在树木冠层取食果子、昆虫。启东市乔木鸟类全境分布,多活动在农村、防护林、苗圃等地。地面鸟类群落是指多活动在地面的鸟类,如环颈雉、珠颈斑鸠等,这类鸟类觅食等日常活动主要在地面进行,部分鸟类如鸡形目环颈雉、日本鹌鹑所有活动均于地面进行,已完全适应地栖生活。启东市地面鸟类为全境分布,以珠颈斑鸠为主,在城区、乡镇、农村、农田均可见到,分布极广;环颈雉较畏人,主要分布在人类活动干扰较小的隐蔽植被丛中,秋季农田内常闻其鸣叫;日本鹌鹑喜自然生境,畏人,仅在启东市通启运河入海口北侧盐碱地芦苇荡内被调查到。街道、居民区鸟类群落指主要活动在电线、屋顶等居民住宅区设施的鸟类,主要有白头鹀、麻雀、喜鹊、乌鸫等。这类鸟类对人类活动干扰适应能力极强,既可以活动于农田、草灌等生境,在人类活动密集区也能够较好地与人类共处。启东市街道、居民区鸟类全境分布,且无专一于该生境的类群,均为广适性鸟类。

3.2 影响启东市鸟类多样性的人为因素 鸟类多样性除了受非生物因素影响,还受人类活动干扰影响^[6],启东市人类干扰因素主要有 4 个方面:第一,沿江湿地的过度开发。此次调查发现,启东崇明岛沿江湿地开发现象严重,沿江湿地

现存绿地长岛等小区,调查期间仍有其他小区在建。建设用地上对芦苇荡的侵占可直接导致对人类活动敏感、警戒距离较长的雁鸭类远离原栖息区,且小区点状分布格局会成倍降低雁鸭类对周边湿地的选择概率。第二,海域、滩涂等地底栖动物的过度捕捞。在启东沿海调查及长江北支湿地保护区调查期间发现渔民会在退潮时赤脚或驾驶专用车辆至滩涂捡拾贝类、沙蚕等海产品,该行为一方面会对鸻鹬类等滩涂觅食鸟类造成驱赶,增加鸟类警戒行为发生频率、降低鸟类觅食时长,而鸟类食物补充受到影响可能会降低迁徙成功率;另一方面,渔民在退潮期间主要捕捞的海产均为底栖动物,该类群动物是鸻鹬类食物的最主要组成部分。根据渔民反映及实地参与,一位渔民在 1~2 h 内捕获的贝类等底栖动物可达 5~10 kg。渔民对底栖动物的捕捞现象会导致鸻鹬类食物密度下降,从而增加其捕食耗能等生存成本。第三,养殖垃圾污染海域。该研究调查期间发现,启东海岸滩涂或多或少存在养殖垃圾污染现象,主要的污染物为泡沫浮球及其碎屑、渔网、渔业垃圾等,污染现象在通启运河入海口以北滩涂湿地内较为严重,而该处也是迁徙鸟类聚集区。该类海域垃圾对鸟类的主要影响可概括为 3 点:①占用了滩涂湿地,受潮水影响,泡沫垃圾在滩涂堆积宽、覆盖面广,直接侵占了水鸟觅食区域。②微塑料危害。微塑料指粒径小于 5 mm 的塑料个体。近年来微塑料对生物体危害方面的研究愈发深入,微塑料对生物体的危害也一步步为人所知,主要危害包括自身化学毒性、从环境中吸附化学毒物、通过食物链生物富集等^[21-22]。启东滩涂养殖垃圾由于受到海水的冲刷从而不断地相互摩擦,推测制造微塑料的速率会进一步增加,而这些微塑料一旦生成,首当其冲的便是主要以动植物碎屑为食的底栖动物,而底栖动物是迁徙鸻鹬类的最重要食源,微塑料易通过食物链进入鸟体,可能对鸟类生理上造成危害。③缠绊水鸟。沿海主要的鸟类——鸻鹬类为适应滩涂生境进化出了细长的腿及趾,渔网等线头类垃圾在海滩上可能会缠绊住鸻鹬类,严重者可导致其无法移动而被困死在滩涂。第四,互花米草对滩涂湿地的侵占。调查期间发现,蒿枝港入海口南侧滩涂存在互花米草入侵现象。互花米草对滩涂的侵占研究较多,其繁殖迅速,极难清除,改变底栖动物群落结构,侵占鸻鹬类觅食地,且从现场调查来看,互花米草丛内很容易堆积从潮水中带来的浮球等垃圾。

4 结论和建议

启东市是鸟类重要的栖息地,全年共统计到鸟类 13 目 41 科 81 属 165 种 79 702 只,其中雀形目调查到 21 科 35 属 67 种 37 304 只,为启东市鸟种最多的目,然后是鸽形目,共调查到鸟类 5 科 18 属 46 种 26 741 只。启东市鸟类优势种为麻雀、黑腹滨鹬 2 种;常见种有棕头鸦雀、灰鸽、白鹭、白头鹎、斑嘴鸭、家燕等共 20 种;偶见种有中华攀雀、苍鹭、凤头潜鸭、小鹏鹬等 45 种,其余为少见种,共 98 种。国家Ⅱ级保护鸟类 8 种,CITES 6 种,IUCN 20 种,红色名录 18 种。同时,不同季节鸟类多样性变异较大,启东市越冬季鸟类数量最多,秋季迁徙期数量最少,Margalef 指数在夏季繁殖期最大,

秋季迁徙期最小;Simpson 指数在春季迁徙期最大,越冬期最小;而 Shannon-Wiener 指数和均匀度指数在秋季迁徙期最大,越冬期最小。在区系方面,以鸻鹬类、雁鸭类等西伯利亚等地区繁殖的古北种为主,占 55.76%;其次是广布种,占 31.51%;东洋种最少,占 12.73%。在生态型组成上,启东市鸟类根据其生态型可划分为游禽、涉禽、陆禽、攀禽、猛禽、鸣禽六大类,分别占 13.33%、36.97%、2.42%、4.24%、2.42%和 40.61%,其中鸣禽为六大类中种类最多的型,是启东市鸟类中主要的组成部分。

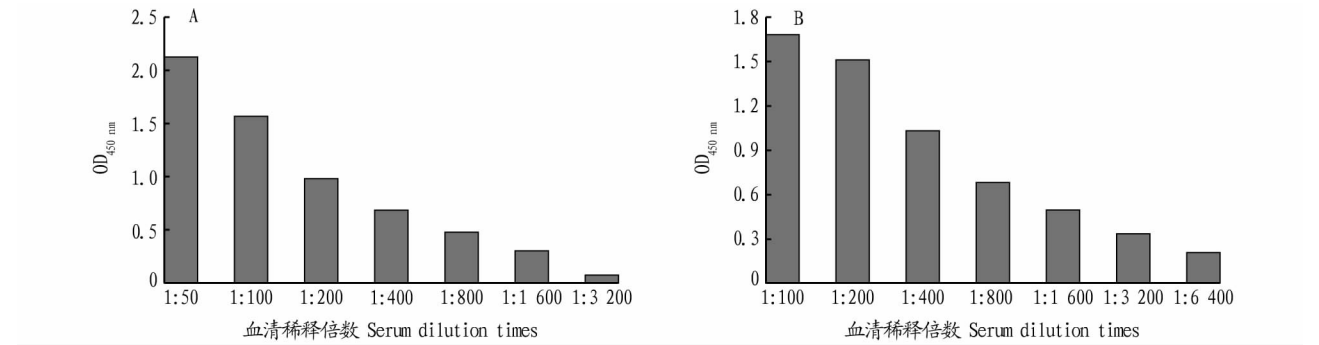
启东市位于南通市最东部,濒江临海,江、海岸线长达 200 余 km,是水鸟、沿水迁徙雀形目鸟类极为重要的迁徙过境区。启东沿海、沿江湿地保存相对完好,迁徙期鸟类多样性极高,是启东市两条靓丽的观鸟风景线。鸟类对于启东是极为重要的生态资源,其多样性直接反映了启东市湿地生态水平,开展鸟类多样性长期监测是验证下一阶段城市规划优劣的重要方式之一,建议城市管理部门将鸟类多样性作为启东沿海、沿江发展优劣指标纳入城市生态环境监测指标考核体系,减少建设用地和养殖垃圾污染对鸟类栖息地的影响,同时减少海域、滩涂等地底栖动物的过度捕捞,避免人鸟争食现象的发生。为了进一步加强对启东市鸟类的保护与管理,建议在继续监测越冬候鸟的同时,减小入侵植物对鸟类多样性的影响。

参考文献

- [1] 曾南京,朱奇,俞长好,等.鄱阳湖区鸟类区系和多样性分析[J].湿地科学,2019,17(6):611-622.
- [2] 陈水华,丁平,范忠勇,等.城市鸟类对斑块状园林栖息地的选择性[J].动物学研究,2002,23(1):31-38.
- [3] 邓文洪.栖息地破碎化与鸟类生存[J].生态学报,2009,29(6):3181-3187.
- [4] 房英春,刘广纯,田春,等.养殖水体污染对养殖生物的影响及水体的修复[J].水土保持研究,2005,12(3):198-200.
- [5] 福井亘.城市的生物多样性与环境:以日本城市与近郊的鸟类指标为例[J].西部人居环境学刊,2019,34(3):8-18.
- [6] 黄帅,龚大洁,李隆,等.民勤石羊河国家湿地公园鸟类多样性调查及分析[J].干旱区资源与环境,2020,34(2):168-174.
- [7] 刘忠宝,王勇军,宋榆均.长春市南湖公园鸟类群落季节动态的研究[J].辽宁师范大学学报(自然科学版),2005,28(4):461-465.
- [8] 陆恒,冯永军,陈泽雄,等.佛山新城登瀛沙岛及邻近区域鸟类分布特点[J].林业与环境科学,2019,35(5):49-57.
- [9] 罗庆怀,谢祥林,周莉.贵阳市公园鸟类[J].动物学杂志,1998,33(2):42-43.
- [10] 石春芳,杨贵生,赵明华,等.呼和浩特市春季鸟类群落结构及多样性研究[J].内蒙古大学学报(自然科学版),2005,36(2):197-201.
- [11] 宋延龄,杨亲二,黄永青.物种多样性研究与保护[M].杭州:浙江科学技术出版社,1998:1-4.
- [12] 隋金玲,李凯,胡德夫,等.城市化和栖息地结构与鸟类群落特征关系研究进展[J].林业科学,2004,40(6):147-152.
- [13] 魏辅文,杜卫国,詹祥江,等.中国典型脆弱生态修复与保护研究:珍稀动物濒危机制及保护技术[J].兽类学报,2016,36(4):469-475.
- [14] 吴毅,周全,李燕梅,等.广州市越秀公园鸟类多样性与保护对策[J].四川动物,2007,26(1):161-164.
- [15] 汪松.中国濒危动物红皮书鸟类[M].北京:科学出版社,1998.
- [16] 约翰·马敏能,卡伦·菲利浦斯,何芬奇.中国鸟类野外手册[M].长沙:湖南教育出版社,2000.
- [17] 郑光美.中国鸟类分类与分布名录[M].2版.北京:科学出版社,2011.
- [18] 张芳,王淼,钟稚昉,等.盐城自然保护区典型农田不同作物期的鸟类群落及其对生境的利用[J].生态科学,2019,38(2):36-44.
- [19] 赵康,范卓敏,徐新.浅淡紫竹院公园鸟类群落特征及对公园环境的适应性[J].北京园林,2006,22(3):22-27.

抗体的表位为 B 淋巴细胞表位,是构象表位,PEDV 的重组表达蛋白,不论是原核或真核表达的蛋白,虽然氨基酸序列相同,但由于其空间构象可能不同,重组表达蛋白上所包含的 B 淋巴细胞表位,其所诱导产生的抗体,可能与病毒感染

所诱导产生的抗体存在不同或不完全相同。PEDV 的全病毒,由于病毒蛋白为天然构象,因而保留其全部的抗原表位,也使得以其为包被抗原建立的抗体检测 ELISA 方法,临床上检测特异性更强,阳性检出率更高^[14]。



注:A.以 N 蛋白为包被抗原的 ELISA 方法;B.以全病毒为包被抗原的 ELISA 方法
Note: A. ELISA method with N protein as coating antigen; B. ELISA method with whole virus as coating antigen

图 1 间接 ELISA 的敏感性试验结果
Fig. 1 Sensitivity test results by indirect ELISA

表 3 间接 ELISA 重复性试验结果 (n=5)
Table 3 Repeatability assay results of indirect ELISA (n=5)

样品序号 Sample number	N 蛋白 OD _{450 nm} 值 OD _{450 nm} value of N protein				全病毒 OD _{450 nm} 值 OD _{450 nm} value of whole virus			
	批内 Intra-batch		批间 Inter-batch		批内 Intra-batch		批间 Inter-batch	
	平均值±标准差 Mean ± standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%	平均值±标准差 Mean ± standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%	平均值±标准差 Mean ± standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%	平均值±标准差 Mean ± standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%
1	1.540±0.044	2.86	1.576±0.086	5.46	1.165±0.073	6.26	1.160±0.080	6.86
2	2.059±0.144	7.00	2.063±0.109	5.29	1.245±0.036	2.89	1.244±0.090	7.22
3	1.652±0.054	3.27	1.655±0.072	4.36	1.671±0.075	4.49	1.666±0.092	5.52
4	1.294±0.054	4.17	1.421±0.104	7.32	0.979±0.028	2.86	1.042±0.084	8.11
5	0.321±0.008	2.50	0.311±0.026	8.23	0.227±0.010	4.40	0.229±0.012	5.42

该试验以纯化的 PEDV 全病毒和重组 N 蛋白抗原作为包被抗原,分别建立了检测猪血清中 IgG 抗体的间接 ELISA 方法,其阳性样品检测的最低稀释度分别为 1:1 600 和 1:800,批内和批间变异系数均小于 10% (2.50%~8.23%),与 TGEV、CSFV、PRV、FMDV、PRRSV 阳性样品无交叉反应,说明该试验建立的 2 种检测 PEDV IgG 抗体的间接 ELISA 方法均具有良好的敏感性、重复性和特异性,均可用于检测和评估血清中 PEDV 感染和免疫产生的 IgG 抗体水平。虽然以 PEDV 全病毒为包被抗原的阳性检出率(81.22%)略高于重组 N 蛋白(79.59%),但差异不显著,且 2 种方法对临床样品的检测符合率较高(95.92%),因此可根据实际情况选择应用。

参考文献

[1] 殷震,刘景华. 动物病毒学[M]. 2 版. 北京:科学出版社,1997:688-689.
[2] 陈博言. 兽医传染病学[M]. 北京:中国农业出版社,2006:229-231.
[3] 陈建飞. 猪流行性腹泻病毒全基因组序列分析及感染性 cDNA 克隆的构建[D]. 北京:中国农业科学院,2012.
[4] PENSART M B, DE BOUCK P. A new coronavirus-like particle associated with diarrhea in swine[J]. Arch Virol, 1978, 58(3): 243-247.

[5] 蔡宝祥. 介绍几种新近发现的猪传染病[J]. 畜牧与兽医, 1982(5): 218-221.
[6] 刘孝珍, 陈建飞, 时洪艳, 等. 2011 年猪流行性腹泻病毒的遗传变异分析[J]. 中国预防兽医学报, 2012, 34(3): 180-183.
[7] 翁善钢. 2014 年国际猪病疫情回顾——猪流行性腹泻在全球的流行与传播[J]. 肉类工业, 2015(2): 49-50.
[8] 杨汉春, 周磊. 2018 年猪病流行情况与 2019 年流行趋势及防控对策[J]. 猪业科学, 2019, 36(2): 38-40.
[9] 吴玉璐, 朱建平, 杨莘, 等. 猪流行性腹泻病毒 N 基因的表达及抗原性分析[J]. 中国预防兽医学报, 2013, 35(4): 299-303.
[10] LEE H K, YEO S G. Cloning and sequence analysis of the nucleocapsid gene of porcine epidemic diarrhea virus Chinju99[J]. Virus genes, 2003, 26(2): 207-212.
[11] COLOGNA R, SPAGNOLO J F, HOGUE B G. Identification of nucleocapsid binding sites within coronavirus-defective genomes[J]. Virology, 2000, 277(2): 235-249.
[12] RODÁK L, VALÍČEK L, ŠMÍD B, et al. An ELISA optimized for porcine epidemic diarrhoea virus detection in faeces[J]. Vet Microbiol, 2005, 105(1): 9-17.
[13] 潘孝成, 沈学怀, 赵瑞宏, 等. 猪流行性腹泻病毒安徽分离株 N 基因的克隆与表达[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(17): 91-93.
[14] OH J S, SONG D S, YANG J S, et al. Comparison of an enzyme-linked immunosorbent assay with serum neutralization test for serodiagnosis of porcine epidemic diarrhea virus infection[J]. J Vet Sci, 2005, 6(4): 349-352.

(上接第 102 页)

[20] 杨刚, 王勇, 许洁, 等. 城市公园生境类型对鸟类群落的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(12): 4186-4195.
[21] GREGORY R. Birds as biodiversity indicators for Europe[J]. Significance, 2006, 3(3): 106-110.
[22] FERNÁNDEZ-JURICIC E, TELLERÍA J L. Effects of human disturbance on spatial and temporal feeding patterns of Blackbird *Turdus merula* in urban parks in Madrid, Spain[J]. Bird study, 2000, 47(1): 13-21.