

佛山市禅城区小型兽类组成及多样性的时空变化

袁道欢^{①②} 傅秋龙^{③#} 刘雨杭^① 陈凤灵^③ 邵昭明^③ 梁超斌^③
周静雅^③ 秦姣^① 刘郁桐^① 杨明^② 刘全生^{①*}

① 广东省科学院动物研究所, 广东省动物保护与资源利用重点实验室, 广东省野生动物保护与利用公共实验室 广州 510260;

② 沈阳师范大学生命科学学院 沈阳 110034; ③ 佛山市禅城区疾病预防控制中心 佛山 528000

摘要: 城市化导致的野生动物生境破碎化, 会使野栖小型兽类更多聚集分布于城区斑块化的农区和公园生境中, 因而其多样性组成及时空变化模式可能会与其他区域不同, 了解这些模式对防控城区野栖小型兽类的危害具有重要支撑作用。本研究于 2020 年 12 月至 2021 年 10 月, 分 4 个季节在佛山市禅城区 3 个公园和 7 处农区生境中以夹捕法调查小型兽类, 比较了小型兽类的种类、密度和生态学指标的时空差异。共有效置夹 1 843 夹次, 捕获小型兽类 2 目 2 科 4 属 7 种共 244 只。其中啮齿目 (Eulipotyphla) 的臭鼩 (*Suncus murinus*) 占总捕获动物的 48.77%; 啮齿目中黑缘齿鼠 (*Rattus andamanensis*, 20.90%) 和卡氏小鼠 (*Mus caroli*, 18.03%) 为优势鼠种, 黑缘齿鼠为佛山市新增记录, 卡氏小鼠为禅城区新增记录。4 次调查总捕获率达 $13.28\% \pm 0.93\%$, 12 月的啮齿类捕获率显著低于 4 月; 公园的总捕获率和啮齿类捕获率都比农区略高, 而臭鼩捕获率比农区略低, 但差异不显著。12 月的物种丰富度和优势度指数最高, 均匀度指数最低; 4 月的多样性指数最高, 优势度指数最低; 而 10 月的均匀度指数最高, 物种丰富度和多样性指数最低; 公园的物种丰富度和多样性指数都低于农区, 但均匀度指数和优势度指数略高于农区。综上, 该区公园及农区小型兽类物种相对较多, 其中臭鼩、黑缘齿鼠和卡氏小鼠相对密度较高, 种群密度呈现一定的季节性变化; 此外, 在食物及栖息地较多的农区生境小型兽类多样性明显高于公园生境。公园啮齿类捕获率高且优势物种明显, 鼠传疾病发生潜在风险较农区高, 今后应加强持续监测和防控。

关键词: 佛山禅城区; 小型兽类; 生境破碎化; 多样性; 时空变化

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2023) 02-218-09

Spatiotemporal Variation of Composition and Diversity of Small Mammals in Chancheng District, Foshan City

YUAN Dao-Huan^{①②} FU Qiu-Long^{③#} LIU Yu-Hang^① CHEN Feng-Ling^③
SHAO Zhao-Ming^③ LIANG Chao-Bin^③ ZHOU Jing-Ya^③ QIN Jiao^①

基金项目 广东省科技计划项目 (No. 2021B1212110003), 国家自然科学基金项目 (No. 32172435);

* 通讯作者, E-mail: liuqs@giz.gd.cn;

第一作者简介 袁道欢, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生理生态; E-mail: yuandaoh@126.com;

共同第一作者 傅秋龙, 男, 主管医师; 研究方向: 传染病控制; E-mail: 254759799@qq.com。

收稿日期: 2022-06-27, 修回日期: 2022-11-17 DOI: 10.13859/j.cjz.202302006

LIU Yu-Tong^① YANG Ming^② LIU Quan-Sheng^{①*}

① Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Institute of Zoology, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510260;

② College of Life Sciences, Shenyang Normal University, Shenyang 110034;

③ Chancheng District Center for Disease Control and Prevention of Foshan, Foshan 528000, China

Abstract: [Objectives] Small mammals are important vehicles and can diffuse many diseases. Their population distribution is affected by the urbanization effect. The urbanization process would change the living environment and food resources of small mammals, resulting in habitat fragmentation, which leads to the aggregation and distribution of wild small mammals in the remaining agricultural areas and parks. Small mammals in agricultural areas have access to more food and habitats and may be more diverse and abundant than those in parks. In addition, the diversity composition and spatiotemporal variation of small mammals in Chancheng District of Foshan City and other southern regions may have different patterns. Understanding these patterns is an important support for the prevention and control of small mammals. Therefore, taking Chancheng District of Foshan City as an example, this paper studied the species and distribution characteristics of small mammals remaining in fragmented agricultural areas and parks caused by urbanization, and discussed the seasonal fluctuation trends of small mammals, which could also be used for the prevention and control of small mammals and their infectious diseases. [Methods] In December 2020 and the second half of April, July and October 2021, the samples were collected by trapping method in parks and agricultural areas in four seasons. The species information was determined, and the relative population density was reflected by the capture rate. The differences of capture rates between different seasons and agricultural areas and parks were compared. The capture rate was analyzed by one-way ANOVA and *t* test with the total capture rate, rodent capture rate, and *Suncus murinus* capture rate. $P < 0.05$ was considered statistically significant. Community ecological indices were represented by Richness index, Shannon-Wiener index, Pielou index and Simpson index. [Results] A total of 1 843 clips were effectively placed, and 244 small mammals were captured from 7 species, 4 genera, 2 families, 2 orders. The *S. murinus* of the Eulipotyphla accounted for 48.77% of the total captured animals; the dominant species of rodents were *Rattus andamanensis* (20.90%) and *Mus caroli* (18.03%). *S. murinus*, *R. andamanensis* and *M. caroli* were captured in four seasons, while *Bandicota indica* was caught only in summer and winter, and *R. norvegicus* only in spring and winter. In addition, *R. andamanensis*, *M. caroli*, *R. losea* and *S. murinus* were mainly distributed in parks and agricultural areas. However, *R. norvegicus* and *R. tanezumi* were distributed in agricultural areas (Table 1). In this investigation, the *R. andamanensis* was a new record in Foshan City, and the *M. caroli* was a new record in Chancheng District. In terms of faunal distribution, except *R. norvegicus*, which is a widespread species, the rest are all Oriental species. The total capture rate of the four surveys was $13.28\% \pm 0.93\%$, including $6.78\% \pm 0.81\%$ for rodents and $6.49\% \pm 0.66\%$ for *S. murinus*. There was no significant difference in the total and the *S. murinus* capture rate with seasonal changes, while the capture rate of rodents had a certain range of seasonal changes, and there was a significant difference between December and April ($P = 0.046$), the seasonal change of capture rate did not show a typical bimodal curve, mainly showing a significant increase in October, believed to be affected by food and habitat change. The total and rodent capture rate were both

slightly higher in the parks than in the agricultural areas, while the *S. murinus* capture rate was slightly lower than in the agricultural areas, but the difference was not significant (Table 2). The richness index and Simpson index in December were the highest, while the Pielou index was the lowest. The Shannon index was the highest and the Simpson index was the lowest in April. The Pielou index in October was the highest, and the Richness index and Shannon index were the lowest. The Richness index and Shannon index of the parks were lower than those of the agricultural areas, but the Pielou index and Simpson index were slightly higher than those of the agricultural areas (Table 3). **[Conclusion]** In conclusion, compared with the conventional monitoring in the densely populated residential areas of Chancheng District, Foshan City, more species of wild small mammals were captured in the habitats of parks and agricultural areas in this study. It was found that the dominant species such as *S. murinus*, *R. andamanensis* and *M. caroli* accounted for 87.70% of the total captured species, and the population density was relatively high and showed a certain seasonal change. At the same time, the diversity of small mammals in agricultural habitats was significantly higher than that in parks. The capture rate of rodents in the park is high and the dominant species are obvious, and the potential risk of rodent-borne diseases is higher than that in the agricultural areas. Continuous monitoring and prevention should be strengthened in the future to provide scientific support for the prevention and control of small mammals and infectious diseases in the area.

Key words: Chancheng District of Foshan; Small mammals; Habitat fragmentation; Diversity; Spatiotemporal variation

小型兽类当中的啮齿目 (Rodentia) 和劳亚食虫目 (Eulipotyphla) 动物, 因其种类繁多、分布广泛、繁殖力强、适应能力强, 可传播鼠疫、流行性出血热、斑疹伤寒、沙门氏菌病、钩体病、莱姆病等 57 种可传染人的疾病, 均是重要的病媒动物类群 (Meerburg et al. 2009), 会对生产、生活和经济造成严重损害 (夏武平 1996)。调查和掌握小型兽类在不同季节与生境中的组成及多样性等信息, 可为小型兽类危害及其传染病原的防控提供重要科学依据。

在不同生境中, 小型兽类的分布不仅受到食物来源和隐蔽条件的影响 (黄秀清等 2004), 还受到城市化效应 (urbanization effect) 的影响。城市化过程使城市不同功能区呈现生境破碎化 (habitat fragmentation, Fahrig 2003), 密集建筑物、水泥路面等进一步占用和分割了适合小型兽类生存的生境面积 (李俊生等 2005), 致使小型兽类更多聚集分布于城区斑块化农区和公园生境。以往卫生系统对家居环境 (如屋舍、仓库等) 的小型病媒动物调查研究

较多 (葛涛等 2010, 傅秋龙等 2018), 而对农区和公园生境的关注较少。事实上, 小型兽类在不同生境的适应性可能存在物种间差异 (郑智民等 2008), 且不同地区小型兽类季节消长模式亦可能不同 (王桂安等 2018, 张家勇等 2018)。例如辽宁省等北方地区四季分明, 温差较大, 小型兽类密度季节消长呈典型的双峰型曲线 (张家勇等 2018), 而南方地区如广东省广州市及佛山市禅城区, 四季变化不明显, 城市的农区和公园生境中小型兽类季节消长模式可能与北方不同, 尚需深入研究。

禅城区是广东省佛山市的政治、经济、文化中心。据佛山市第七次全国人口普查公报报道 (2021), 2020 年全区常住人口约 133 万人, 人口密度高达 8 641 人/km²。该区城市化效应明显, 人类活动影响较大, 生境破碎化。且该区 2011 年至 2015 年一直有流行性出血热发生, 流行强度处于较低水平, 以散发病例、临床症状不典型的轻症为主, 无死亡病例, 但仍存在较大传播风险 (傅秋龙等 2018)。当地以往的

调查主要集中在人口密集的居民区（傅秋龙等 2018），但对城区的公园和农区内病媒动物尚缺乏调查。为掌握该区公园及农区内小型兽类种类、数量和多样性的特点和时空动态，于 2020 年 12 月至 2021 年 10 月在禅城区内公园和农区区域内开展了小型兽类的调查，分析城市化导致斑块化的农区和公园生境中小型兽类的种类和分布特点，同时探讨其季节消长模式，为该辖区病媒生物监测和相关疾病的防控工作提供重要依据。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

佛山市禅城区位于广东省中部的珠江三角洲腹地，地处 113°00'41" ~ 113°05'40" E，22°35'01" ~ 23°02'24" N，南北长 15 km，东西宽 19 km，总面积 153.91 km²。该地处南亚热带海洋性季风气候区，冬季平均气温在 14 °C 左右，夏季平均气温达 28 °C 以上（陈志芳等 2003）。辖区内含 3 个城区街道（祖庙、张槎和石湾）和 1 个镇（南庄），东平水道将 3 个街道与南庄镇隔开；南庄镇位于西南部，被河涌环绕形成一个小岛（罗格围）和一个半岛（南顺二联围），保留较多农业区域。

1.2 调查方法

分别于 2020 年 12 月（冬季）和 2021 年 4 月（春季）、7 月（夏季）及 10 月（秋季）的下旬进行 4 次调查，选择禅城区内奇槎滨、五峰公园和王借岗 3 个公园，以及绿岛湖、九曲涌、红旗村、罗南村、邓岗村、上淇村和醒群村的 7 个农区设置调查点。其中，五峰公园、王借岗、绿岛湖、九曲涌完成了 4 次重复调查；奇槎滨因建筑施工仅完成 3 次调查，其余 5 个村因耕作频繁，生境变化较大，仅调查 1 次，这部分数据仅用于物种组成和分布，未用于时空动态分析。

调查以夹捕法（晚放早收）进行。使用钢制鼠夹（长 19.0 cm，宽 8.5 cm），带壳花生为诱饵。限于各调查点形状和面积，依照生境特

点设置样线和布夹数。每个调查点内设置 3 ~ 5 条相隔 50 m 左右的平行样线，以间距约 5 m 沿线放置 20 ~ 30 个鼠夹。所获动物带回实验室进行登记、测量、分类鉴定和统计。

小型兽类物种的鉴定参考《中国兽类野外手册》（Smith et al. 2009）和《啮齿动物学》（郑智民等 2008），物种中文名及学名以中国兽类名录（2021 版）（魏辅文等 2021）为准。因卡氏小鼠（*Mus caroli*）与小家鼠（*M. musculus*）外形较相似，经 COI 测序与本组前期报道结果比较（刘郁桐等 2022），本调查捕获均为卡氏小鼠。

1.3 参数计算

以捕获率反映种群相对密度，捕获率为捕获数占有效夹数的百分比，有效夹数（包括未知原因合上的夹子）为剔除丢失和夹到其他动物后的夹数。捕获率包括总捕获率、啮齿类捕获率和食虫类臭鼩（*Suncus murinus*）的捕获率。

群落生态学指标的测定和比较，统计物种丰富度（反映一个群落或某一空间单位的物种数量）、Shannon-Wiener 多样性指数（将物种丰富度与种的多度结合起来的指数，值越大物种多样性越高）、Pielou 均匀度指数（反映物种分布的均匀程度，能够表征分类单元中每个物种个体间的差异，均匀度数值越大，群落中物种个体间的差异越小）和 Simpson 优势度指数（指数越大则说明群落内物种数量分布越不均匀，优势种地位越突出）（Margalef 1957, Hill 1973, Putman et al. 1984, 孙儒泳 2001）。

1.4 统计分析

利用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计分析。不同季节间捕获率的变化以单因素方差分析（one-way ANOVA）和 LSD 检验，农区和公园生境间差异以 *t* 检验分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 物种组成

2020 年 12 月和 2021 年 4 月、7 月及 10

月 4 次调查共置夹 1 850 夹次, 有效夹 1 843 夹次。共捕获小型兽类 2 目 2 科 4 属 7 种 244 只。其中, 臭鼩数量最多, 共 119 只(占 48.77%); 卡氏小鼠(44 只, 占 18.03%)和黑缘齿鼠(*Rattus andamanensis*, 51 只, 占 20.90%)数量相对较多, 且臭鼩、卡氏小鼠和黑缘齿鼠在 4 个季节都有捕获, 板齿鼠 (*Bandicota indica*) 仅在夏季和冬季捕获, 褐家鼠 (*R. norvegicus*) 则仅在春季和冬季捕获。卡氏小鼠 (雄雌比 26/18) 和黄毛鼠 (*R. losea*, 雄雌比 14/5) 雄性较雌性多, 但黑缘齿鼠 (雄雌比 18/33) 和臭鼩 (雄雌比 56/63) 雌性多于雄性。此外, 卡氏小鼠、黑缘齿鼠、黄毛鼠和臭鼩公园和农区生境均有分布, 褐家鼠和黄胸鼠 (*R. tanezumi*) 仅在农区生境捕获 (表 1)。

黑缘齿鼠为佛山市的新增记录, 卡氏小鼠为禅城区的新增记录。区系方面, 除褐家鼠属广布种外, 其余皆为东洋界物种。

2.2 捕获率

4 次调查小型兽类总捕获率达 13.28% ±

0.93%, 其中, 啮齿类捕获率 6.78% ± 0.81%, 臭鼩捕获率为 6.49% ± 0.66%。总捕获率季节变化趋势不显著 ($F_{3, 23} = 2.025, P = 0.143$); 啮齿类捕获率有一定程度的季节变化 ($F_{3, 23} = 2.345, P = 0.104$), 仅 12 月与 4 月之间有显著差异 ($P = 0.046$); 臭鼩捕获率随季节变化不显著 ($F_{3, 23} = 0.052, P = 0.984$)。公园的总捕获率 ($t = 0.453, P = 0.663$) 和啮齿类捕获率 ($t = 1.071, P = 0.316$) 都比农区略高, 但差异不显著; 公园中臭鼩捕获率比农区略低, 但差异不显著 ($t = 0.371, P = 0.720$) (表 2)。

2.3 生态学指标

4 次调查中, 12 月的物种丰富度和优势度指数最高, 而均匀度指数最低; 4 月的多样性指数最高, 优势度指数最低; 而 10 月的均匀度指数最高, 物种丰富度和多样性指数最低。公园的物种丰富度和多样性指数均低于农区, 而均匀度指数和优势度指数都略高于农区 (表 3)。

表 1 广东省佛山市禅城区小型兽类组成及时空分布

Table 1 Composition and spatiotemporal distribution of small mammals in Chancheng District, Foshan, Guangdong

| 目、科、属、种 Order, Family, Genus, Species | 个体数 Individual number (ind) | ♂/♀ | 捕获月份 Month of capture | 生境类型 Habitat type | 总占比 Proportion (%) |
|--|--------------------------------|-------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 啮齿目 Rodentia | | | | | |
| 鼠科 Muridae | | | | | |
| 板齿鼠 <i>Bandicota indica</i> | 4 | 2/2 | 7、12 | 农区 Agricultural areas | 1.64 |
| 卡氏小鼠 <i>Mus caroli</i> | 44 | 26/18 | 4、7、10、12 | 公园、农区 Parks, agricultural areas | 18.03 |
| 黑缘齿鼠 <i>Rattus andamanensis</i> | 51 | 18/33 | 4、7、10、12 | 公园、农区 Parks, agricultural areas | 20.90 |
| 黄毛鼠 <i>R. losea</i> | 19 | 14/5 | 4、10、12 | 公园、农区 Parks, agricultural areas | 7.79 |
| 褐家鼠 <i>R. norvegicus</i> | 3 | 2/1 | 4、12 | 农区 Agricultural areas | 1.23 |
| 黄胸鼠 <i>R. tanezumi</i> | 4 | 1/3 | 4、7、12 | 农区 Agricultural areas | 1.64 |
| 鼠类总计 A total of the rat | 125 | 63/62 | | | 51.23 |
| 劳亚食虫目 Eulipotyphla | | | | | |
| 鼯鼠科 Soricidae | | | | | |
| 臭鼩 <i>Suncus murinus</i> | 119 | 56/63 | 4、7、10、12 | 公园、农区 Parks, agricultural areas | 48.77 |

表 2 广东省佛山市禅城区小型兽类捕获率的时空变化 (%，平均值 ± 标准误)

Table 2 Comparison of capture rates of small mammals in spatiotemporal dimensions in Chancheng District, Foshan, Guangdong (%，Mean ± SE)

| | | 总捕获率 Total capture rate | 啮齿类捕获率 Rodent capture rate | 臭鼩捕获率 <i>Suncus murinus</i> capture rate |
|-------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|---|
| 年-月 Year-month | 2020-12 | 10.28 ± 1.57 | 3.99 ± 0.94 ^a | 6.29 ± 1.45 |
| | 2021-04 | 14.61 ± 1.60 | 8.02 ± 1.54 ^b | 6.59 ± 1.35 |
| | 2021-07 | 14.33 ± 1.45 | 8.09 ± 1.52 ^{ab} | 6.24 ± 1.21 |
| | 2021-10 | 15.61 ± 2.58 | 8.57 ± 2.48 ^{ab} | 7.04 ± 1.20 |
| 生境 Habitats | 公园 Parks | 13.48 ± 1.19 | 6.78 ± 0.96 | 6.69 ± 0.30 |
| | 农区 Agricultural areas | 12.19 ± 1.73 | 4.49 ± 1.30 | 7.70 ± 1.72 |

啮齿类捕获率数值组间无相同字母标注，表示组间差异显著， $P < 0.05$ ，LSD 分析。

If there is no identical letter among the groups, the difference between groups is significant, $P < 0.05$, LSD analysis.

表 3 广东省佛山市禅城区小型兽类多样性的时空变化

Table 3 Spatiotemporal ecological indicators of small mammals in Chancheng District, Foshan, Guangdong

| | | 物种数 Species number | 物种丰富度 Richness index | 多样性指数 Shannon index | 均匀度指数 Pielou index | 优势度指数 Simpson index |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| 年-月 Year-month | 2020-12 | 7 | 1.437 | 1.226 | 0.630 | 0.421 |
| | 2021-04 | 6 | 1.198 | 1.446 | 0.807 | 0.291 |
| | 2021-07 | 5 | 1.102 | 1.269 | 0.788 | 0.313 |
| | 2021-10 | 4 | 0.727 | 1.160 | 0.837 | 0.343 |
| 生境 Habitats | 公园 Parks | 4 | 0.633 | 1.057 | 0.762 | 0.412 |
| | 农区 Agricultural areas | 7 | 1.233 | 1.351 | 0.694 | 0.338 |

3 讨论

3.1 物种组成和分布

本调查共捕获小型兽类 7 种，优势种是劳亚食虫目的臭鼩、啮齿目的黑缘齿鼠和卡氏小鼠，农区捕获物种数比公园生境多。与邻近的广州市（刘全生等，未发表结果）和深圳市（张礼标等 2017）调查结果相比，物种数量相对较少，这与禅城区属于城乡二元型交叉分布结构有关，城市化导致小型兽类的生境破碎化，该区仅保有面积较小的农区和公园生境，且没有像广州和深圳那样有较大面积和一定高度的山丘林地或灌丛等生境，因而缺少适宜此类生境的华南针毛鼠 (*Niviventer huang*)、海南社鼠 (*N. lotipes*) 和小泡巨鼠 (*Leopoldamys edwardsi*)（张礼标等 2017）。在城区斑块化的农田和公

园中仍有卡氏小鼠、黑缘齿鼠、黄毛鼠和臭鼩等华南地区较常见的优势物种（秦耀亮 1979，戴广祥等 2009，胡慧建 2010）；而相对公园这种人造景观，在禅城区斑块化的农区生境仍能为小型兽类提供一定的适宜生境和食物，故捕获种类较公园生境多。

本次调查在佛山市首次发现了黑缘齿鼠，为当地物种新增记录。黑缘齿鼠与黄胸鼠和黑家鼠亲缘关系较近且外形较相似，在我国长期误定为黑家鼠的亚种被称为斯氏屋顶鼠 (*R. rattus sladeni*, Balakirev et al 2012, Lu et al 2012, 余文华等 2021)，或黄胸鼠的亚种 (Musser et al. 1993)。基于分子测序，黑缘齿鼠能够与黄胸鼠和黑家鼠明确区分，野外基于外形特征也容易区分黑缘齿鼠，它是华南地区唯一的腹部白色的家鼠属物种，且背部从颈部

到臀部生有较多黑色长毛。此外,该区小型兽类调查报道较少,且多聚焦人居环境(傅秋龙等 2018),以往记录中可能将该鼠鉴定为黄胸鼠和黑家鼠,故我们将本次调查捕获的黑缘齿鼠定为佛山市新增记录物种。同样,卡氏小鼠在佛山市其他区域记录也较少,仅戴广祥等(2009)报道在佛山南海区捕获 1 只,而在禅城区没有记录过,可能以前调查发现的小家鼠中,也有较多为卡氏小鼠,尤其是在非居住区生境中捕获的个体。本课题组自 2007 年以来在珠三角地区以及粤北、粤西等地的农田、丘陵草丛和灌丛等生境中捕获的小鼠,经 COI 测序鉴定均为卡氏小鼠(刘全生等,未发表结果)。而常见家栖鼠如褐家鼠、黄胸鼠捕获的数量较少,且未捕获到小家鼠(杨伟轩 2000),这与在佛山人口密度较大的 6 个口岸中调查捕获较多上述 3 种鼠的结果不同(卢林等 2005),可能是因为本调查主要设点在公园和农区,而上述家栖鼠种主要分布于人口密集的地方(李锦清等 2006,徐建敏等 2018)。

3.2 捕获率的时空变化

小型兽类捕获率可反映其种群数量,其季节性变化模式一般是各物种自身繁殖与生境中气候和食物变化相适应的结果。禅城区地处亚热带,气候因素对小型兽类种群动态的影响模式可能与北温带的黑龙江和河北等地区不同(葛涛等 2010,陈永明等 2022)。禅城区春夏秋冬四季气温变化不明显,且植物生长旺盛,因而在这三个季节小型兽类繁殖和生长无明显差异,导致总捕获率、啮齿类和食虫类捕获率变化不大;但 12 月气温开始下降,使植物生长减缓甚至停止,食物相对减少且食物质量会大幅下降,小型兽类也降低了繁殖率,因而小型兽类尤其是植食性的啮齿类捕获率下降明显。而臭鼩主要以虫类为食,其捕获率最高出现在 10 月,黄佳亮等(1992)对广州臭鼩的研究也发现 9 月到 11 月密度高、而 12 月至次年 1 月密度低,3 月又逐渐回升,这可能是春季天气趋暖,可食性昆虫增多,利于其觅食活动与繁殖;

夏季密度亦渐升,秋季天气逐渐凉爽,温湿度适宜,各类肉食性动物丰富,更利于其繁殖,致密度达到高峰;入冬后可能不适应低温低湿而致密度降低。

禅城区公园的小型兽类总捕获率和啮齿类捕获率都比农区略高,而刘郁桐等(2022)在韶关丹霞山调查发现农区捕获率高于景区。可能是丹霞山区域内农区与景区无明显的空间隔离,当农区作物成熟时会吸引一些小型兽类物种进入农区,而在禅城区农田和公园呈离散分布的斑块,相对公园生境,农田因农耕轮作等使得食物和栖息条件变化频繁且剧烈,因而农区小型兽类繁殖成功率可能相对较低。农区小型兽类历年来有较多研究(李花莲等 1999,戴应贵等 2001),但对公园生境的研究较少,且公园与人居环境更密切,若有鼠害则会迅速得以传播,故应考虑对公园小型兽类进行更加深入与合理的调研。

3.3 生态学指标的时空变化

禅城区小型兽类物种的多样性指标有一定幅度的季节性变化。本研究中,4 月份多样性指数最高,与浙江宁波市(王桂安等 2018)和辽宁省(张家勇等 2018)等地区的结果类似,可能是小型兽类在春季大量繁殖所致。但禅城区物种丰富度在 12 月最高,次年 10 月最低,而这两个月的优势度指数却较高,一方面可能与春末到夏季高温多雨不利于幼体存活有关,另一方面也可能是农区人为周期性消杀所致(李永适 2017)。

禅城区农区物种丰富度和多样性指数要比公园高,说明农区小型兽类物种更加丰富多样,这可能与农区生境中食物和栖息环境更丰富有关;而公园中优势度指数更高,表明优势种较明显,优势种主要为黑缘齿鼠,可能是人为干扰大导致群落优势种的突出(张美文等 2003),也可能因为该鼠种善于攀爬,且公园中有较多榕科树种,为该鼠种提供了相对充足的食物,采样解剖也发现该鼠较多个体胃内容物包含黄色或橙色的榕果碎屑。

综上, 与以往在佛山市禅城区人口密集的居民区所做的常规监测相比, 本研究在公园和农区生境调查捕获了更多野栖小型兽类物种, 发现卡氏小鼠、黑缘齿鼠和臭鼩等优势种合计占总捕获数的 87.70%; 种群密度整体较高且呈现一定的季节性变化; 同时, 农区生境小型兽类多样性明显高于公园生境; 公园啮齿类捕获率高且优势物种明显, 鼠传疾病发生潜在风险较农区高。鉴于此, 建议对该区农田和公园生境开展持续监测, 并对几种优势物种携带病原种类、分布和流行状况开展专项监测, 为该区小型兽类危害和传染病的防控提供科学支撑。

参 考 文 献

- Balakirev A, Rozhnov V. 2012. Contribution to the species composition and taxonomic status of some *Rattus* inhabiting Southern Vietnam and Sundaland. *Russian Journal of Theriology*, 11(1): 33–45.
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1): 487–515.
- Hill M O. 1973. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2): 427–432.
- Lu L, Chesters D, Zhang W, et al. 2012. Small mammal investigation in spotted fever focus with DNA-barcoding and taxonomic implications on rodent species from Hainan of China. *PLoS ONE*, 7(8): e43479.
- Margalef R. 1957. Information theory in ecology. *General Systematics*, 3: 36–71.
- Meerburg B G, Singleton G R, Kijlstra A. 2009. Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology*, 35(3): 221–270.
- Musser G G, Carleton M D. 1993. Family Muridae // Wilson D E, Reeder DM. *Mammal Species of the World, a Taxonomic and Geographic Reference*. Second Edition. Washington: Smithsonian Institution Press, 501–755.
- Putman R J, Wratten S D. 1984. *Principles of Ecology*. Berkeley: University of California Press, 320–336.
- 陈永明, 康东梅, 闫萍, 等. 2022. 河北省鼠疫自然疫源地 1990-2020 年小型鼠监测结果分析. *中国媒介生物学及控制杂志*, 33(1): 89–93.
- 陈志芳, 黄姚钦, 陈创买, 等. 2003. 近半个世纪佛山气温变化的研究. *中山大学学报: 自然科学版*, 42(S1): 164–170.
- 戴广祥, 张涛, 何剑峰, 等. 2009. 广东鼠形动物种群及其体表寄生虫的调查. *医学动物防制*, 25(3): 170–172.
- 戴应贵, 杨跃敏, 蔡红霞, 等. 2001. 川西平原农田啮齿动物群落动态: 年间变动和季节变动. *兽类学报*, 21(1): 23–34.
- 佛山市第七次全国人口普查公报. 2021. *佛山日报*, 2021-05-18(A04 版).
- 傅秋龙, 周静雅, 邵昭明. 2018. 2011-2015 年禅城区流行性出血热及媒介监测分析. *中国城乡企业卫生*, 33(6): 14–16.
- 葛涛, 纪卓, 袁爽, 等. 2010. 2006-2008 年黑龙江省病媒生物监测点监测结果分析. *中国媒介生物学及控制杂志*, 21(2): 143–145.
- 胡慧建. 2010. 广州陆生野生动物资源. 广州: 广东科技出版社, 1–152.
- 黄佳亮, 周培盛. 1992. 臭鼩的分布和季节消长调查. *中国媒介生物学及控制杂志*, 3(1): 37–38.
- 黄秀清, 冯志勇, 颜世祥, 等. 2004. 农田害鼠分布规律研究. *中国媒介生物学及控制杂志*, 15(1): 10–12.
- 李花莲, 张焕林, 乔正贵, 等. 1999. 中阳县农田鼠害现状及防治. *动物学杂志*, 34(4): 45–46.
- 李锦清, 李荣彪, 游巨荣, 等. 2006. 佛山市城区两种家栖鼠对杀鼠灵的抗药性调查. *中国媒介生物学及控制杂志*, 17(4): 301–302.
- 李俊生, 高吉喜, 张晓岚, 等. 2005. 城市化对生物多样性的影响研究综述. *生态学杂志*, 24(8): 953–957.
- 李永适. 2017. 佛山市病媒生物防制体系优化研究. 兰州: 兰州大学硕士学位论文.
- 刘郁桐, 刘雨杭, 袁道欢, 等. 2022. 广东韶关丹霞山国家级自然保护区内鼠种构成及分布调查分析. *中国媒介生物学及控制杂志*, 33(1): 94–99.
- 卢林, 李庆方, 何振毅. 2005. 佛山口岸地区鼠类调查. *中国国境卫生检疫杂志*, 28(1): 32–34.
- 秦耀亮. 1979. 广东省啮齿动物的地理分布与区划及其防治. *动物学杂志*, 14(4): 30–34.
- Smith A T, 解炎. 2009. *中国兽类野外手册*. 长沙: 湖南教育出版社, 1–513.

- 孙儒泳. 2001. 动物生态学原理. 3 版. 北京: 北京师范大学出版社, 348–401.
- 王桂安, 马晓, 徐荣, 等. 2018. 2006-2016 年浙江省宁波市鼠密度及其季节消长分析. *疾病监测*, 33(8): 674–678.
- 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 等. 2021. 中国兽类名录 (2021 版). *兽类学报*, 41(5): 487–501.
- 夏武平. 1996. 害鼠与生态平衡 // 王祖望, 张知彬. 鼠害治理的理论与实践. 北京: 科学出版社, 2–18.
- 徐建敏, 魏跃红, 陈守义, 等. 2018. 2001-2017 年广州市鼠疫监测分析. *中华卫生杀虫药械*, 24(6): 553–555.
- 杨伟轩. 2000. 佛山市城区家鼠防制现状及今后防制对策探讨. *卫生杀虫药械*, 6(2): 40–42.
- 余文华, 何锴, 范朋飞, 等. 2021. 中国兽类分类与系统演化研究进展. *兽类学报*, 41(5): 502–524.
- 张家勇, 丁俊, 白玉银, 等. 2018. 2006-2015 年辽宁省鼠类密度季节消长趋势分析. *中华卫生杀虫药械*, 24(2): 149–153.
- 张礼标, 郭强, 刘奇, 等. 2017. 深圳兽类物种资源调查及其影响因素分析. *兽类学报*, 37(3): 256–265.
- 张美文, 王凯荣, 王勇, 等. 2003. 洞庭湖区鼠类群落的物种多样性分析. *生态学报*, 23(11): 2260–2270.
- 郑智民, 姜志宽, 陈安国. 2008. 啮齿动物学. 上海: 上海交通大学出版社, 1–714.