

武汉地区蜚蠊群落演替及其特征^{*}

柳 静^{1**} 周仲瑾² 陈晓敏¹

吴太平¹ 刘小泉³ 林 元⁴ 田俊华^{1***}

(1. 武汉市疾病预防控制中心, 武汉 430024; 2. 武汉市武昌区疾病预防控制中心, 武汉 430060;

3. 武汉市硚口区疾病预防控制中心, 武汉 430035; 4. 武汉市新洲区疾病预防控制中心, 武汉 430400)

摘 要 【目的】掌握武汉地区蜚蠊群落结构和不同种群长期变化特征, 探讨蜚蠊群落演替特征, 为城市蜚蠊的防治提供科学依据。【方法】1995-2019 年在武汉的居民区、餐饮店、宾馆、农贸市场、医院及超市等生境, 以新鲜面包屑作为诱饵, 采用粘捕法调查蜚蠊群落多样性。【结果】1995-2019 年, 共捕获蜚蠊 41 257 只, 经鉴定隶属 1 科 2 属 4 种。其中德国小蠊 *Blattella germanica* 和黑胸大蠊 *Periplaneta fuliginosa* 为优势种, 相对多度分别为 77.99% 和 15.36%; 美洲大蠊 *Periplaneta americana* 为常见种, 澳洲大蠊 *Periplaneta australasiae* 为稀有种, 相对多度分别为 6.64% 和 0.01%。德国小蠊密度与蜚蠊总平均密度年际变化趋势一致, 总体趋势先上升后下降。黑胸大蠊和美洲大蠊密度年际变化呈下降趋势。武汉地区蜚蠊全年活动, 季节消长呈单峰型, 9 月份为密度最高峰。不同生境间蜚蠊密度差异显著 ($F=9.048$, $P<0.01$)。其中农贸市场的蜚蠊密度最高 (1.65 只/张), 蜚蠊密度年际变化呈上升趋势; 医院蜚蠊密度最低 (0.11 只/张), 年际变化趋势较平稳。居民区生境蜚蠊密度缓慢下降, 餐饮店和宾馆生境蜚蠊密度先上升后下降。不同年份蜚蠊群落的系统聚类和非度量多维标度排序分析可以将不同年份的蜚蠊群落分成 4 组。【结论】武汉地区蜚蠊群落结构发生了明显的改变, 城市蜚蠊优势种群由大蠊逐渐演替成德国小蠊。不同种类和不同生境的蜚蠊种群密度有明显的年际动态。要做好农贸市场、餐饮店、宾馆、超市等重点场所蜚蠊的防治, 警惕农贸市场蜚蠊密度的上升。

关键词 蜚蠊; 群落特征; 演替

Population dynamics and community succession of cockroach species in the Wuhan area

LIU Jing^{1**} ZHOU Zhong-Jin² CHEN Xiao-Min¹

WU Tai-Ping¹ LIU Xiao-Quan³ LIN Yuan⁴ TIAN Jun-Hua^{1***}

(1. Wuhan Center for Disease Control and Prevention, Wuhan 430024, China; 2. Wuchang District Center for Disease Control and Prevention of Wuhan, Wuhan 430060, China; 3. Qiaokou District Center for Disease Control and Prevention of Wuhan, Wuhan 430035, China; 4. Xinzhou District Center for Disease Control and Prevention of Wuhan, Wuhan 430400, China)

Abstract 【Objectives】To investigate cockroach community structure in the Wuhan area, including long-term changes in the abundance of different species and successional characteristics, in order to improve the control of urban cockroaches. 【Methods】We used fresh bread crumbs as bait and sticky paper to trap and investigate the diversity of the cockroach community in six typical habitats, including residential areas, restaurants, hotels, farmers' markets, hospitals and supermarkets in the Wuhan area from 1995 to 2019. 【Results】A total of 41 257 cockroaches were captured, which were classified into 1 family, 2 genera and 4 species. *Blattella germanica* and *Periplaneta fuliginosa* were the dominant species, with relative abundances of 77.99% and 15.36%, respectively. *Periplaneta americana* was a common species with a relative abundances of 6.64%, whereas *Periplaneta australasiae* was a rare species with a relative abundance of just 0.01%. Consistent with the

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划子课题 (2016YFC1201905)

**第一作者 First author, E-mail: liujing901116@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: tianjunhua1980@163.com

收稿日期 Received: 2022-02-04, 接受日期 Accepted: 2022-07-23

annual trend in overall cockroach density, annual variation in *B. germanica* density first increased, then decreased. Annual variation in the density of *P. fuliginosa* and *P. americana* trended downwards. Cockroaches can be captured throughout the year in the Wuhan area but there is a single peak in abundance September. There were significant differences in cockroach density between different habitats ($F=9.048$, $P<0.01$). The highest density (1.65 per trap) was in farmers' markets where the annual population trend was upward, whereas the lowest density (0.11 per trap) was in hospitals where populations tended to be stable. The density of cockroaches in residential areas slowly decreased over time, and that in restaurants and hotels first increased, then decreased. Cockroach communities in different years can be divided into four groups by systematic clustering and a non-metric multidimensional scale ranking analysis. **[Conclusion]** Cockroach community structure in the Wuhan area has undergone significant changes. The dominant species have gradually changed from *P. fuliginosa* and *P. americana* to *B. germanica*. There were obvious annual changes in the population density of different species in different habitats. It is necessary to focus the prevention and control of cockroaches in key places such as farmers' markets, restaurants, hotels, and supermarkets. There is a particular need for vigilance in farmer's markets to prevent cockroaches reaching high densities.

Key words cockroaches; community characteristics; succession

蜚蠊, 又名蟑螂, 属于昆虫纲 Insecta 蜚蠊目 Blattella, 是一种古老而活跃、适应性和抗逆性极强的类群。据统计, 18 世纪末到 20 世纪 80 年代, 世界蜚蠊已记录 515 属, 约 4 337 种 (Roth, 2003)。目前, 我国已知蜚蠊共 6 科 260 余种, 仅占世界种类的 6% (冯平章等, 1997; 王宗庆和车艳丽, 2010)。绝大多数蜚蠊种群栖息在野外, 如山林石块缝隙中、树皮和朽木落叶堆等, 活动范围广、适应力极强 (郭江莉, 2012)。少数种类可携带多种病菌, 且多活动在人类的起居环境、工作和活动场所; 在其觅食和求偶等行为能够污染食物、衣物和生活用具, 严重影响人类健康, 被列为世界卫生害虫之一 (贺盼和马强, 2017)。蜚蠊携带的痢疾杆菌、绿脓杆菌、变形杆菌、肺炎克雷伯氏菌、伤寒杆菌和寄生虫卵等致病因子可引起腹泻、肺炎、胸膜炎、败血症等疾病 (马晓光等, 2007; Moges *et al.*, 2016); 此外, 蜚蠊的分泌物、排泄物和脱落的表皮是重要的过敏原, 可以诱发咳嗽、哮喘发作及皮疹等过敏反应 (连惟能和奚兆永, 1993; Guzman and Vilcinskis, 2020)。蜚蠊通过贸易交流、交通工具、旅游运输等方式从原产地或高密度地区扩散至新的地区和场所, 而扩散地区适宜的温湿度和人为因素创造的局部温暖、潮湿及多食源的隐蔽场 (如空调房、餐饮和食品加工操作间、冰箱压缩机、垃圾楼道、下水道、食品库房等) 则为外来蜚蠊形成稳定种群提供了便利条件, 如在中国已经形成稳定种群的美洲大蠊 *Periplaneta*

americana 和我国室内危害最严重、丰度最高的优势种群德国小蠊 *Blattella germanica* (万方浩等, 2008)。

为了创建国家卫生城市, 武汉地区从 1995 年开始, 长期进行鼠、蚊、蝇和蜚蠊群落结构和种群动态调查及防控工作。2005 年, 为了加强鼠、蚊、蝇和蜚蠊生态学监测和常见病媒生物传染病风险评估, 中国疾病预防控制中心启动全国重点传染病及病媒生物监测项目, 全国 17 省 40 个地级市按照《全国病媒生物监测方案 (试行)》对人居及周边环境的重要病媒生物包括蜚蠊, 进行生态学监测, 2016 年在全国范围内启用全国病媒生物监测新方案 (中国疾病预防控制中心, 2016)。因此我国对于蜚蠊生态学方面的研究大多集中在 2006 年之后蜚蠊群落特征分析、密度消长变化以及防制策略研究等方面, 而关于蜚蠊种群长期变化趋势和群落演替的研究较少。武汉地区近二十多年来, 由于室内居住环境及城市生活环境的改善, 同时市民广泛使用滞留性卫生杀虫剂灭除蟑螂, 从而导致了适应性更强的德国小蠊逐步取代黑胸大蠊 *Periplaneta fuliginosa* 和美洲大蠊成为优势种群, 因此室内危害的蜚蠊群落结构发生了明显变化。本研究基于武汉地区 1995-2019 年人居及周边环境中蜚蠊的长期监测, 对蜚蠊群落结构数据进行生态学 and 统计学相关分析, 探讨了蜚蠊群落结构、不同种群长期变化特征和群落演替因素, 为当地蜚蠊的防治提供更多理论依据。

1 材料与方法

1.1 调查方法

采用粘捕法进行蜚蠊群落多样性调查。各调查点统一用规格为 17 cm×10 cm 的粘蟑纸,以新鲜面包屑作为诱饵(约 2 g/片),于 1995-2019 年在武汉地区抽取 2 个中心城区和 1 个远城区作为监测点。每个区随机选择居民区 1 处、餐饮店 1 处、宾馆 1 处、农贸市场 1 处、医院 1 处及超市 1 处,各监测地点相对固定。由于国家监测方案的调整,其中农贸市场和医院生境从 2005 年开始增设,超市生境从 2017 年开始增设。每处生境布放不少于 10 张有效粘蟑纸,放置在蜚蠊栖息、觅食或经常活动的场所,如居民区布放在厨房,餐饮店和宾馆布放在操作间和餐厅,农贸市场和超市布放在食品加工销售柜台,医院布放在病房,晚放晨收。粘蟑纸为一次性使用,每次更新,并对捕获的蜚蠊进行分类鉴定,记录种类和数量。

1.2 数据分析

使用 Anaconda 3 软件分别对武汉地区不同年份和不同生境的蜚蠊密度平均值进行拟合,并绘制 95%置信区间。采用 Spearman 秩相关分析德国小蠊密度、黑胸大蠊密度和美洲大蠊密度对蜚蠊总平均密度的联结方式(正或负联结)及显著性。利用单因素方差分析检验 1995-2019 年不同月份间蜚蠊平均密度的差异显著性,和不同生境间蜚蠊平均密度的差异显著性。蜚蠊种类组成和相对多度年际变化图形绘制使用 Origin 2016 完成。

以不同年份和不同种类蜚蠊种群密度数据为基础,选择 Z 得分法(Z scores)进行标准化处理后,计算不同年份间 Bray-Curtis 相似性系数,构建相似性矩阵。基于种间欧氏距离原理,进行组间平均聚类分析和物种非度量多维标度(Non-metric multidimensional scaling, nMDS)排序,分析不同年份蜚蠊群落结构相似性。由于这 2 种方法自然互补,它们可共同成为分析群落结构数据的有效工具,并且互相验证结果的正确性(张衡等, 2017)。nMDS 排序原理和方法参照厉红梅等(2001)所用的群落排序原理和方法。

用胁强系数(Stress)来判断 nMDS 分析结果的可信度。当 $0 < \text{Stress} < 0.05$ 时,吻合极好;当 $0.05 < \text{Stress} < 0.1$ 时,吻合较好;当 $0.1 < \text{Stress} < 0.2$ 时,吻合一般,有一定的参考意义;当 $\text{Stress} > 0.2$ 时,吻合较差,不可信(余世孝, 1995)。以上数据采用 SPSS 21.0 软件处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同种类蜚蠊密度的年际变化

1995-2019 年,共投放粘蟑纸 58 920 张,共捕获蜚蠊 41 257 只,经鉴定隶属 1 科 2 属 4 种,分别为德国小蠊 32 176 只,美洲大蠊 2 743 只,黑胸大蠊 6 337 只,澳洲大蠊 *Periplaneta australasiae* 1 只,其中德国小蠊和黑胸大蠊为优势种,平均相对多度分别为 77.99%和 15.36%;美洲大蠊为常见种,澳洲大蠊为稀有种,平均相对多度分别为 6.64%和 0.01%。1995-2019 年,德国小蠊的平均密度与蜚蠊平均密度的年际变化趋势一致,1995-2007 年呈上升趋势,2007-2017 年呈下降趋势,2017 年后略有上升。黑胸大蠊和美洲大蠊的平均密度与蜚蠊的平均密度年际变化趋势不一致,黑胸大蠊和美洲大蠊的平均密度水平较低,整体呈下降趋势(图 1)。

1995-2019 年间德国小蠊密度与蜚蠊总平均密度极显著正相关($\rho_s=0.924$, $P < 0.01$),美洲大蠊密度与蜚蠊总平均密度显著负相关($\rho_s=-0.397$, $P < 0.05$),黑胸大蠊密度与蜚蠊总平均密度相关性不显著(表 1)。

2.2 蜚蠊的季节性变化规律

1995-2019 年武汉地区蜚蠊全年均有活动,蜚蠊月平均密度最低在 2 月(0.14 只/张),最高在 9 月(1.31 只/张),月份间蜚蠊密度差异极显著($F=6.375$, $P < 0.01$)。蜚蠊月平均密度季节消长趋势呈单峰型,从 3 月份开始蜚蠊密度逐月上升,9 月份达到密度高峰,而后密度下降(图 2)。

2.3 不同生境蜚蠊平均密度及年际变化

不同生境间蜚蠊平均密度差异显著($F=9.048$, $P < 0.01$)。居民区、宾馆、医院、超市之间无显

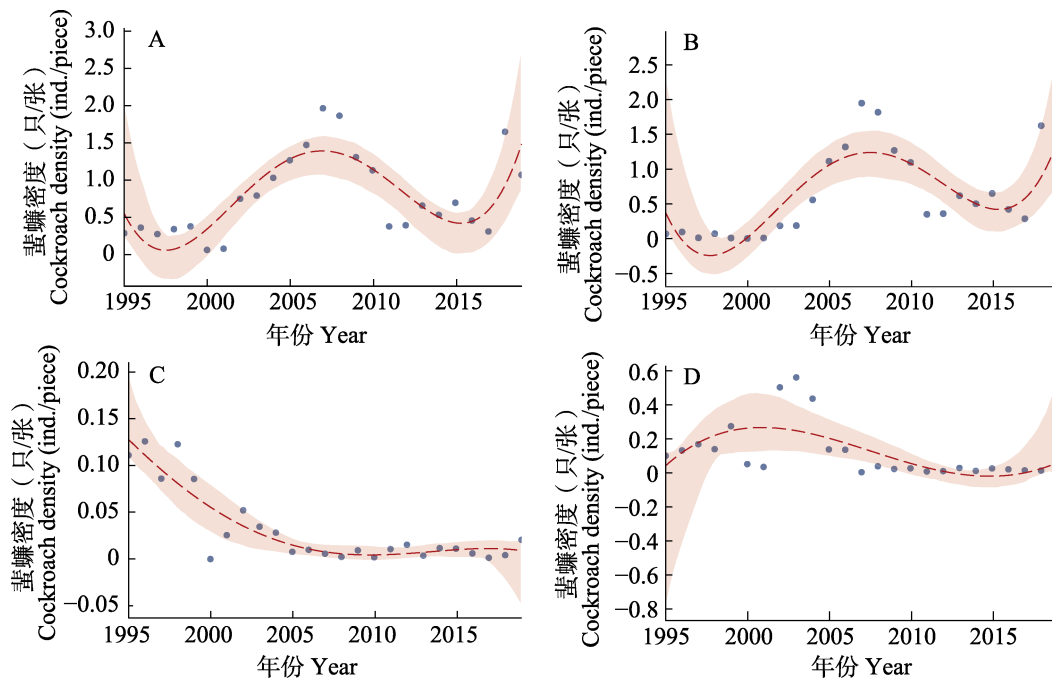


图 1 1995-2019 年武汉地区不同种类蜚蠊密度的年际变化

Fig. 1 Interannual variation of cockroaches density of different species in Wuhan from 1995 to 2019

A. 蜚蠊总平均密度; B. 德国小蠊密度; C. 美洲大蠊密度; D. 黑胸大蠊密度。

散点: 数据平均值; 曲线: 线性拟合线; 阴影: 95%的置信域。图 2, 图 4 同。

A. Total average density of cockroaches; B. Density of *Blattella germanica*; C. Density of *Periplaneta americana*; D. Density of *Periplaneta fuliginosa*. Scatter: Average value of data; Curve: Linear fitting line; Shadow: 95% confidence region.

The same as Fig. 2 and Fig. 4

表 1 不同种类蜚蠊密度与蜚蠊总平均密度的 Spearman 相关性分析

Table 1 Spearman correlation analysis between the density of different species of cockroaches and the total average density of cockroaches

密度 Density	Spearman 分析 Spearman correlation analysis	德国小蠊 <i>Blattella germanica</i>	美洲大蠊 <i>Periplaneta americana</i>	黑胸大蠊 <i>Periplaneta fuliginosa</i>
蜚蠊平均密度 Total average density of cockroaches	相关系数 (ρ_s) Relative coefficient	0.924**	- 0.397*	- 0.116
	差异性 (P) Significant	0.000 1	0.049	0.580

*表示显著相关 ($P < 0.05$); **表示极显著相关 ($P < 0.01$)。

* indicates significant correlation ($P < 0.05$); ** indicates extremely significant correlation ($P < 0.01$).

著性差异, 该 4 种生境的蜚蠊密度显著低于农贸市场; 餐饮店的蜚蠊密度显著高于居民区和医院, 与宾馆、农贸市场、超市蜚蠊密度无显著性差异。其中农贸市场的蜚蠊密度最高, 为 1.65 只/张, 医院蜚蠊密度最低, 为 0.11 只/张 (图 3)。

根据不同生境的年际变化图分析, 居民区的蜚蠊密度不同年份间呈现不同的变化趋势, 变化幅度较大, 但总体呈现下降趋势, 最大值为 2005 年 (0.70 只/张), 最小值在 2017 年 (0.03 只/张)

(图 4: A); 餐饮店的蜚蠊密度在 1995-2007 年呈上升趋势, 2008-2019 年呈下降趋势, 最大值出现在 2007 年 (3.96 只/张), 最小值在 2000 年 (0.05 只/张) (图 4: B); 宾馆的蜚蠊密度年际变化趋势表现为先上升而后下降, 最大值在 2002 年 (1.62 只/张), 最小值在 2000 年 (0.03 只/张) (图 4: C); 农贸市场的蜚蠊密度在 2005-2015 年变化趋势较平稳, 2016-2019 年略有上升, 最大值出现在 2018 年 (6.08 只/张), 最小值在 2011 年 (0.40 只/张) (图 4: D); 医院的蜚蠊密度处

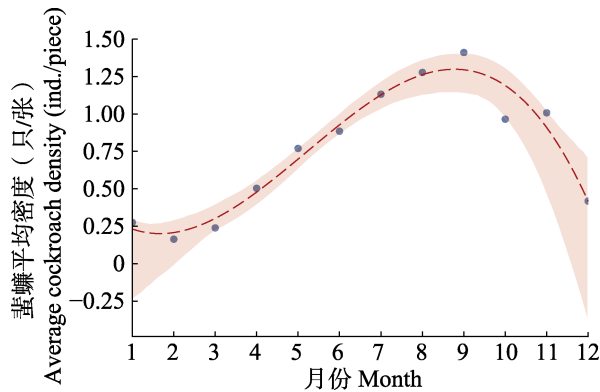


图2 武汉地区 1995-2019 年蜚蠊密度季节消长情况

Fig. 2 Seasonality of cockroaches density in Wuhan from 1995 to 2019

于较低水平, 年际变化趋势较平稳, 最大值在 2007 年 (0.37 只/张), 最小值在 2011 年 (0.01 只/张) (图 4: E)。

2.4 蜚蠊种类组成与相对多度年际变化

自 1995 年以来, 德国小蠊相对多度的占比呈现上升趋势, 从 1995 年 24.45% 上升到 2019 年 96.75%; 而美洲大蠊、黑胸大蠊相对多度的占比呈现下降趋势, 美洲大蠊从 39.23% 下降至 1.47%, 黑胸大蠊从 36.33% 下降至 1.78%。优势种构成由德国小蠊、美洲大蠊和黑胸大蠊演变成德国小蠊为绝对优势种 (图 5)。

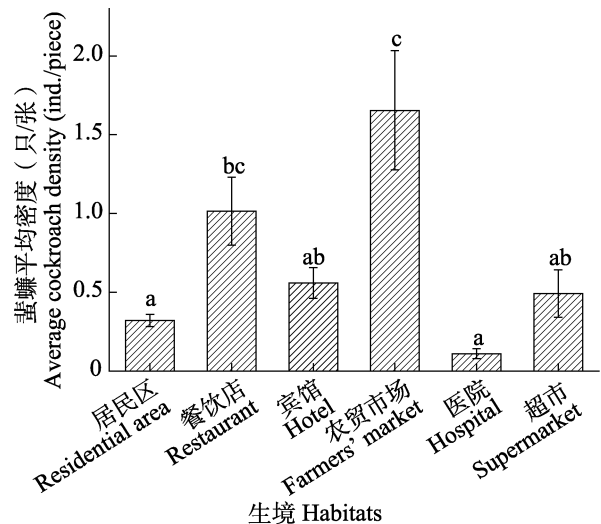


图3 武汉地区 1995-2019 年不同生境蜚蠊平均密度

Fig. 3 The density of cockroaches in different habitats in Wuhan from 1995 to 2019

柱上标有不同小写字母表示不同组间存在显著差异

(Duncan's 检验, $P < 0.05$)。

Histograms with different lowercase letters indicate significant differences between different groups (Duncan's test, $P < 0.05$).

2.5 群落聚类和排序

以不同年份不同种类蜚蠊种群密度数据为基础, 基于种间欧氏距离原理进行组间平均聚类分析和物种 nMDS 排序, 两者分析的结果具有一

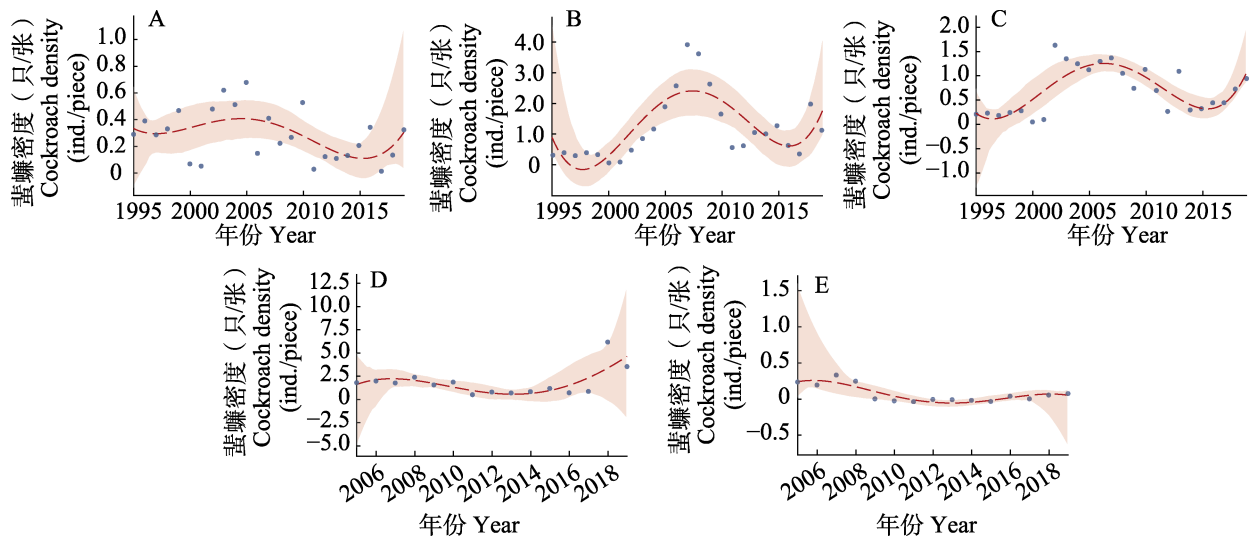


图4 1995-2019 年武汉地区不同生境蜚蠊密度的年际变化

Fig. 4 The density of cockroaches in different habitats in Wuhan from 1995 to 2019

A. 居民区; B. 餐饮店; C. 宾馆; D. 农贸市场; E. 医院。

A. Residential area; B. Restaurant; C. Hotel; D. Farmers' market; E. Hospital.

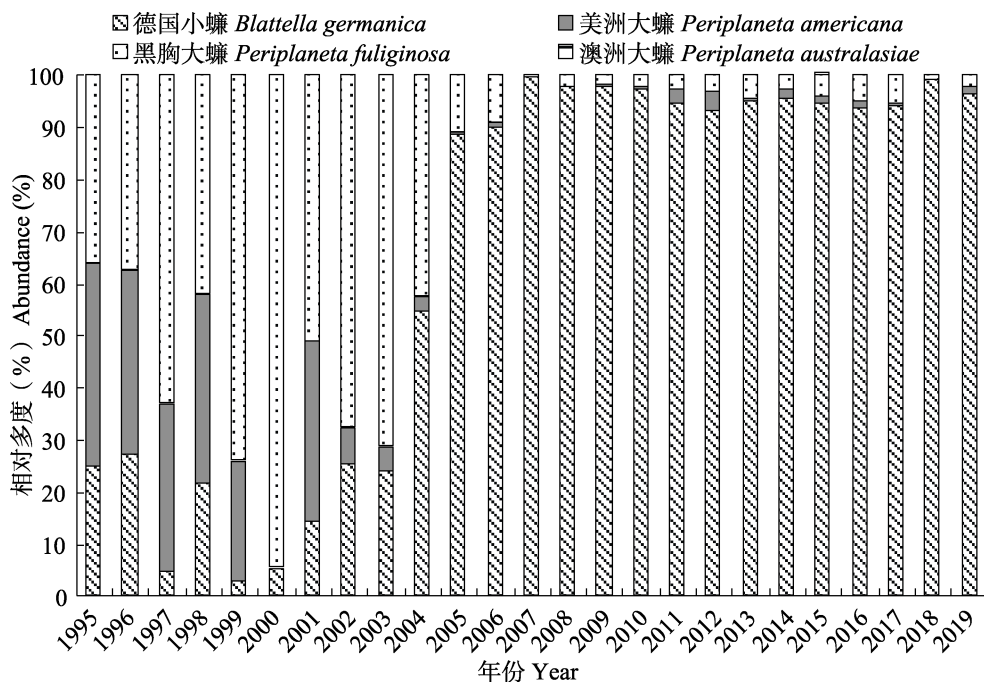


图 5 1995-2019 年武汉地区蜚蠊种类组成和相对多度年际变化

Fig. 5 The species composition and abundance of cockroaches in Wuhan from 1995 to 2019

致性 (Stress=0.068 21, 表示吻合极好) (图 6, 图 7)。根据聚类排序的结果, 在欧氏距离为 10 的水平下, 可以将蜚蠊种群按照年份分成 4 个组群: 第 1 组包括 1995、1996、1997、1998

和 1999 年共 5 个点位, 这些位点在聚类分析图和排序图上相互之间的距离较近, 反映了这 5 年中蜚蠊群落结构和相对多度较为稳定, 相似性高。第 2 组由 2002、2003 和 2004 年这 3 个点位组成, 这 3 年室内蜚蠊群落依旧由德国小蠊、黑胸大蠊、美洲大蠊 3 种蜚蠊构成, 但黑胸大蠊和德国小蠊相对多度逐渐增大。第 3 组包括 2005-2010、2018 和 2019 年共 8 个点位, 组内位点横轴距离较近, 纵轴距离较远, 说明受 2 维因素影响相对较大; 第 4 组包括 2000、2001 及 2011-2017 年共 9 个点位, 组内位点纵轴距离较远, 横轴距离较近, 说明受 1 维因素影响相对较大。

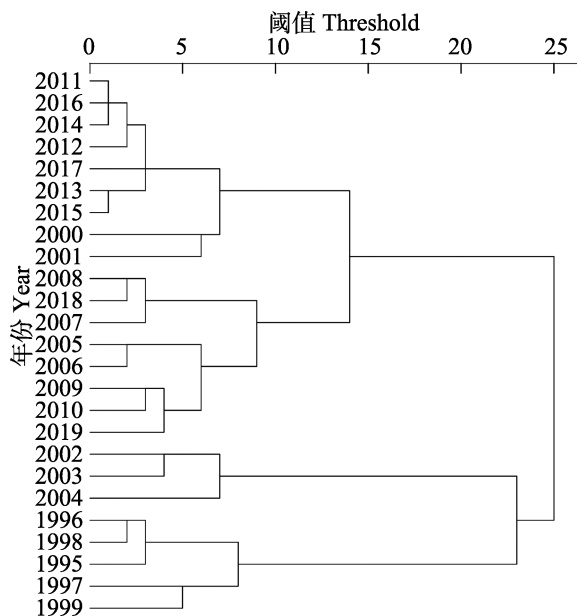


图 6 以欧氏距离为基础的蜚蠊群落系统类图

Fig. 6 Hierarchical cluster dendrogram of cockroach species based on the Euclidean distance

3 讨论

种群动态研究在生态学中占有重要位置, 近些年来, 群落的变化越来越直接影响人类的活动, 同时人类的活动对群落的波动和演替产生重要影响(杨持, 2008)。本研究通过分析 1995-2019 年连续 25 年的数据, 结果研究表明德国小蠊相对多度由 24.45% 升至 96.75%, 而黑胸大蠊由 36.33% 降至 1.78%, 美洲大蠊由 39.23% 降至

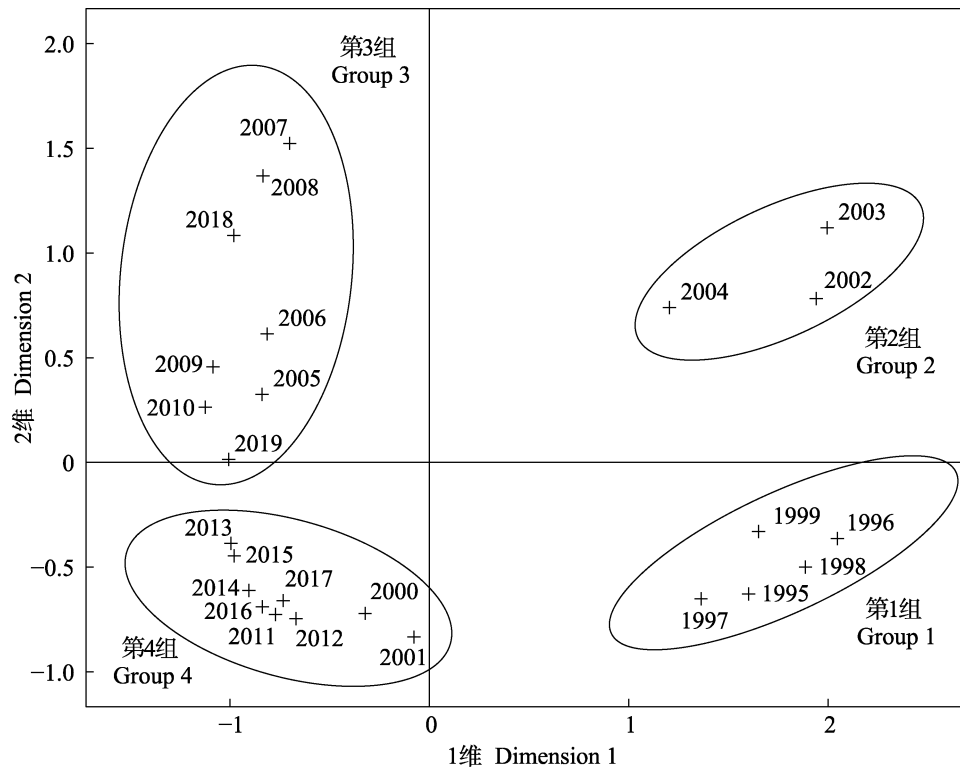


图 7 物种非度量多维标度排序 2 维分析图

Fig. 7 The 2-dimensional non-metric multidimensional scaling (nMDS) ordinal configuration of cockroach species

+ 表示不同年份的蜚蠊群落。+ indicates the cockroach community in different years.

1.47%，武汉地区室内蜚蠊优势种群由大蠊逐渐演替为德国小蠊。就不同种类蜚蠊的年平均密度而言，德国小蠊的年平均密度从 0.07 只/张升至 1.38 只/张，而黑胸大蠊从 0.10 只/张降至 0.03 只/张，美洲大蠊从 0.11 只/张降至 0.02 只/张。

武汉地区室内蜚蠊群落从大蠊向德国小蠊逐步演替的主要原因包括两方面，一方面可能与蜚蠊的生物学习性和人为干扰相关：1) 德国小蠊体型小巧，易于躲藏在其他大蠊无法藏身的狭窄缝隙里（张孟群，2006）；其体表面积小、能耗低，相对黑胸大蠊对高低温环境的适应性更强（生伟伟，2009）。2) 德国小蠊卵鞘夹于母体尾端，直至卵粒孵化（吴福桢和郭予元，1984），该特性有利于保护虫体和卵子躲避环境的不利因素，例如杀虫剂触杀和人工捕杀。3) 德国小蠊繁殖能力更强，其卵鞘中约有 35-45 个卵粒，明显高于入侵室内大蠊种（吴福桢，1982；霍新北，2015）。4) 德国小蠊世代发育历期较其他种

类更短，具有更高的繁殖潜力（孙耘芹等，2004）；德国小蠊一般需要 6 至 7 次蜕皮发育为成虫，而美洲大蠊需要经历 10 至 12 次。5) 人为因素的干扰；蜚蠊一般以滞留性杀虫剂触杀和胃毒性饵剂诱杀的化学防治为主，在滞留性杀虫剂的选择压力下，德国小蠊迅速从抗性个体发展成抗性种群（Chai and Lee, 2010），同时也促进了德国小蠊体表更迅速的形成保护层，以致体表接触到的杀虫剂失效；在胃毒性杀虫剂的选择压力下，德国小蠊较美洲大蠊更容易出现拒食人为点施含糖量高的饵剂的现象，使得德国小蠊种群进一步壮大。另一方面与环境因子密切相关。生境破碎化是城市生态系统的一个典型特征（Savard *et al.*, 2000），生境破碎化是指在人为活动和自然干扰下，大块连续分布的自然生境被其它非适宜生境-基质分隔成许多面积较小的斑块（片断）的过程（Fahrig, 2003）。生境破碎化是人为因素和非人为因素长期共同作用的结果，可导致局部小气候

的变化(王宪礼等, 1996; 俞文灏等, 2019)。每个物种对生境破碎化的独特反应很大程度上取决于物种本身的生物学特性。繁殖能力强和适应干扰的本地种或外来种能更快占据破碎化生境中的斑块并迅速繁衍, 而一些抗干扰能力弱的本地种因不能适应变化了的生境而逐渐退化(杨芳和贺达汉, 2007)。随着城市化进程的不断推进, 经济的快速发展, 我国交通运输、物流业的蓬勃发展, 旅游和贸易交流频繁, 生境破碎化破坏了原来城市优势种大蠊的栖息地, 使得大蠊的种群数量减少, 结合大蠊的生态习性, 该种群逐渐消退。然而, 生境破碎化有利于扩散能力强的物种的壮大(Peters *et al.*, 2014)。不同斑块之间距离较近时, 可促进昆虫在不同斑块之间的迁移、繁殖, 一定程度上促进了昆虫多样性的发展(Grez *et al.*, 2004)。德国小蠊有着很强的扩散能力, 能够主动扩散和被动扩散(霍京, 2012)。上述环境的改变更适合德国小蠊的生长繁殖, 使其从无到有, 扩散速度迅速, 逐渐成为无锡(沈元等, 2011)、兰州(贾玉新等, 2009)、南昌(马红梅等, 2020)、银川(郑艳娟等, 2020)等多个城市的优势种。

不同种类蜚蠊的种群密度有明显的年际动态。其中, 蜚蠊总平均密度年际变化与德国小蠊密度相关性最强, 与美洲大蠊密度呈负相关, 与黑胸大蠊密度相关性不大。德国小蠊已经成为引起蜚蠊整体种群波动最重要的种类。武汉地区蜚蠊有明显的季节消长趋势, 全年呈单峰型活动。从3月份开始蜚蠊密度逐月上升, 直到9月份达到密度高峰, 11月份后密度下降明显。一方面可能是由于武汉地区的亚热带季风性湿润气候, 完全符合蜚蠊偏好温暖潮湿环境的习性。另一方面温度的下降影响了蜚蠊的生长发育, 但供暖设备的普及又为蜚蠊室内越冬提供了更多的可能(郭慧等, 2018)。蜚蠊的平均密度在农贸市场最高, 其蜚蠊密度2016-2019年略有上升, 可能与农贸市场食源丰富, 生活物质进出频繁, 市场内的木台、砖台、熟食台、杂货架众多, 蜚蠊栖息场所丰富, 环境复杂, 优势种逐步演替为繁殖能力更强的德国小蠊等因素相关(冯向阳等,

2012)。从不同生境的年际变化分析, 居民区、餐饮店、宾馆3种生境蜚蠊密度整体呈下降趋势, 这与城市居民居住环境的改善, 卫生意识的提高以及专业知识的普及离不开; 同时, 宾馆、中大型餐饮店、超市大多有第三方除害公司承包, 定期开展灭蟑工作有利于蜚蠊密度的控制。武汉地区医院生境中蜚蠊平均密度最低(0.11只/张)且年际变化趋势较平稳, 低于全国医院生境蜚蠊密度监测的水平(0.32只/张), 一方面可能是武汉地区医院供暖设备普及程度以及使用时长低于北方地区, 另一方面医院生境蜚蠊侵害场所不仅在病房, 还集中在食源热源丰富的食堂、被服间等场所(潘艺等, 2007), 我们的调查范围存在一定局限性。

蜚蠊与人类的活动联系密切, 有效的防治措施可以使蜚蠊密度明显受到控制, 但防治并非一劳永逸, 不能松懈。要做好农贸市场、餐饮店、宾馆及超市等重点场所的防控措施。本研究的监测点以武汉地区的室内人居及周边环境为主, 监测的对象多为家栖活动的蜚蠊, 有一定的局限性。实际上可能存在更多的野外活动种类, 有待继续探索和研究。

参考文献 (References)

- Chai RY, Lee CY, 2010. Insecticide resistance profiles and synergism in field populations of the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) from Singapore. *Journal of Economic Entomology*, 103(2): 460-471.
- Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2016. National Vector Surveillance Implementation Plan. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention. 39-45. [中国疾病预防控制中心, 2016. 全国病媒生物监测实施方案. 北京: 中国疾病预防控制中心. 39-45.]
- Fahrig L, 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34: 487-515.
- Feng PZ, Guo YY, Wu FZ, 1997. The Species and Control of Cockroaches in China. Beijing: China Science and Technology Press. 4-15. [冯平章, 郭予元, 吴福桢, 1997. 中国蟑螂种类及防治. 北京: 中国科技出版社. 4-15.]
- Feng XY, Huang YX, Xiong Y, Feng D, Qing BQ, Wang LH, Qiu Y, 2012. Discussion on the infection characteristics of cockroach and application of chemical control technology in farmers'

- market. *Academic Journal Electronic Publishing House*, 47(1): 103–104. [冯向阳, 黄永幸, 熊勇, 冯东, 青秉乾, 王珑华, 邱忆, 2012. 农贸市场蜚蠊侵染特点和化学防治技术应用探讨. 中国有害生物防制通讯, 47(1): 103–104.]
- Greze A, Zaviezo T, Tischendorf L, Fahrig L, 2004. A transient, positive effect of habitat fragmentation on insect population densities. *Oecologia*, 141(3): 444–451.
- Guo H, Wang GM, Lu YX, Wu TP, Tian JH, 2018. Analysis of cockroach surveillance in Wuhan city from 2007 to 2016. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 29(2): 168–171. [郭慧, 王高明, 鲁怡欣, 吴太平, 田俊华, 2018. 武汉市2007–2016年蜚蠊监测结果分析. 中国媒介生物学及控制杂志, 29(2): 168–171.]
- Guo JL, 2012. A taxonomic study on Blattaria from eastern China. Master dissertation. Shanghai: East China Normal University. [郭江莉, 2012. 中国东部地区蜚蠊目昆虫分类研究. 硕士学位论文. 上海: 华东师范大学.]
- Guzman J, Vilcinskas A, 2020. Bacteria associated with cockroaches: Health risk or biotechnological opportunity? *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(24): 10369–10387.
- He P, Ma Q, 2017. Research progress on harm, distribution, species and control of sanitary pest cockroach in China. *China Health Care & Nutrition*, 27(23): 62–64. [贺盼, 马强, 2017. 国内卫生害虫蜚蠊的危害、种类、分布及其防制研究进展. 中国保健营养, 27(23): 62–64.]
- Huo J, 2012. Population characteristics and control strategies of *Blattella germanica*. Master dissertation. Jinan: Shandong Normal University. [霍京, 2012. 德国小蠊(*Blattella germanica*)的种群特性及控制策略研究. 硕士学位论文. 济南: 山东师范大学.]
- Huo XB, 2015. Invasion of *Blattella germanica* and its infestation management in urban environment in China. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 26(2): 114–116. [霍新北, 2015. 我国城市德国小蠊的入侵及预防控制. 中国媒介生物学及控制杂志, 26(2): 114–116.]
- Jia YX, Li GT, Liu XH, Wang Y, Jiang H, Zhang SB, 2009. Ecology investigation of cockroach in Lanzhou and its control strategy. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 20(6): 591–593. [贾玉新, 李国太, 刘旭红, 王芸, 蒋虎, 张守斌, 2009. 兰州市城区室内蜚蠊生态学调查及防制策略. 中国媒介生物学及控制杂志, 20(6): 591–593.]
- Li HM, Cai LZ, Lin LZ, Yao JB, 2001. Using hierarchical clustering and no-metric MDS to explore spatio-temporal variation of benthic community at intertidal in Shenzhen Bay. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 40(3): 735–740. [厉红梅, 蔡立哲, 林丽珠, 姚建彬, 2001. 深圳湾潮间带底栖动物群落结构的等级聚类与非度量多维标度排序. 厦门大学学报(自然科学版), 40(3): 735–740.]
- Lian WN, Xi ZY, 1993. A survey of research on human sensitization by cockroaches. *International Journal of Medical Parasitic Diseases*, 1993(6): 248–252. [连惟能, 奚兆永, 1993. 蜚蠊对人类致敏的研究概况. 国际医学寄生虫病杂志, 1993(6): 248–252.]
- Ma HM, Liu XQ, Tao HY, Liu YQ, 2020. Cockroach and its infestation characteristic in Nanchang, 2010–2018. *Modern Preventive Medicine*, 47(16): 3051–3055. [马红梅, 柳小青, 陶卉英, 刘仰青, 2020. 2010–2018年南昌地区蜚蠊监测及侵害特征分析. 现代预防医学, 47(16): 3051–3055.]
- Ma XG, Song XP, Gao B, Yao LS, Liu QY, Cai HZ, Zhang L, 2007. Primary study on the pathogenic bacteria in *Blattella germanica* intercepted and captured in Chinese ports of Fujian province by 16S rRNA sequence. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 18(6): 459–461. [马晓光, 宋秀平, 高博, 姚李四, 刘起勇, 蔡亨中, 张乐, 2007. 16S rRNA 序列分析法检测国境口岸截获德国小蠊携带病原菌初探. 中国媒介生物学及控制杂志, 18(6): 459–461.]
- Moges F, Eshetie S, Endris M, Huruy K, Muluye D, Feleke T, G/Silassie F, Ayalew G, Nagappan R, 2016. Cockroaches as a source of high bacterial pathogens with multidrug resistant strains in Gondar town, Ethiopia. *BioMed Research International*, 2016(4): 1–6.
- Pan Y, Xu RQ, Sheng XC, Qian WX, 2007. Investigation of the situation of cockroaches in some general hospitals in Shanghai. *Shanghai Journal of Preventive Medicine*, 19(12): 653–654. [潘艺, 徐仁权, 盛新春, 钱文祥, 2007. 上海市部分综合性医院蜚蠊侵害状况调查. 上海预防医学杂志, 19(12): 653–654.]
- Peters K, Breitsameter L, Gerowitt B, 2014. Impact of climate change on weeds in agriculture: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(4): 707–721.
- Roth LM, 2003. Systematics and phylogeny of cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). *Oriental Insects*, 37(1): 1–186.
- Savard JPL, Clergeau P, Mennechez G, 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning*, 48(3/4): 131–142.
- Shen Y, Chen JP, Lan CJ, Yang WF, 2011. Analysis on the cockroach fauna traits of Wuxi from 2006 to 2009. *Modern Preventive Medicine*, 38(8): 1410–1412. [沈元, 陈继平, 兰策介, 杨维芳, 2011. 无锡市2006–2009年蜚蠊群落特征分析. 现代预防医学, 38(8): 1410–1412.]
- Sheng WW, 2009. Preliminary comparison on the biology and ecology of *Blattella germanica* and *Periplaneta fuliginosa*. Master dissertation. Chongqing: Southwest University. [生伟伟,

2009. 德国小蠊和黑胸大蠊生物生态学特性的初步比较. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.]
- Sun YQ, Li M, He FQ, Qi X, 2004. Bionomics and integrated management of five species of cockroaches. *Entomological Knowledge*, 41(3): 216–222. [孙耘芹, 李梅, 何凤琴, 齐欣, 2004. 五种蜚蠊的生物学特性和综合治理. 昆虫知识, 41(3): 216–222.]
- Wan FH, Xie BY, Chu D, 2008. Biological Invasion: Management. Beijing: Science and Technology Press. 1–4. [万方浩, 谢丙炎, 褚栋, 2008. 生物入侵: 管理篇. 北京: 科学技术出版社. 1–4.]
- Wang XL, Bu RC, Hu YM, 1996. Analysis on landscape fragment of Liaohetai wetlands. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 7(3): 299–304. [王宪礼, 布仁仓, 胡远满, 肖笃宁, 1996. 辽河三角洲湿地的景观破碎化分析. 应用生态学报, 7(3): 299–304.]
- Wang ZQ, Che YL, 2010. Current research on the systematics of cockroaches (Blattaria) worldwide. *Entomotaxonomia*, 32(S1): 23–33. [王宗庆, 车艳丽, 2010. 世界蜚蠊系统学研究进展(蜚蠊目). 昆虫分类学报, 32(S1): 23–33.]
- Wu FZ, 1982. Several cockroaches of *Periplaneta* in China and their distribution, living habits and economic significance (Blattella: Blattellidae). *Acta Entomologica Sinica*, 25(4): 416–422. [吴福桢, 1982. 中国大蠊属的几种蜚蠊及其分布、生活习性与经济重要性(蜚蠊目: 蜚蠊科). 昆虫学报, 25(4): 416–422.]
- Wu FZ, Guo YY, 1984. Species, distribution, living habits and economic significance of *Blattella* in China. *Acta Entomologica Sinica*, 27(4): 439–443. [吴福桢, 郭予元, 1984. 中国小蠊属蜚蠊种类及其分布、生活习性和经济意义. 昆虫学报, 27(4): 439–443.]
- Yang C, 2008. Ecology. Beijing: Higher Education Press. 44–46. [杨 持, 2008. 生态学. 北京: 高等教育出版社. 44–46.]
- Yang F, He DH, 2007. Effects of habitat fragmentation on plant and insect-insect interactions. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(5): 642–646. [杨芳, 贺汉达, 2007. 生境破碎化对植物-昆虫及昆虫之间相互关系的影响. 昆虫知识, 44(5): 642–646.]
- Yu SX, 1995. The application of non-metric multidimensional scaling in community classification. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 19(2): 128–136. [余世孝, 1995. 非度量多维测度及其在群落分类中的应用. 植物生态学报, 19(2): 128–136.]
- Yu WH, Wu BF, Liu YB, 2019. Effects of habitat fragmentation on genetic diversity of plants and animals. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 25(3): 743–749. [俞文灏, 吴保锋, 刘勇波, 2019. 生境破碎化对动植物遗传多样性的影响研究进展. 应用与环境生物学报, 25(3): 743–749.]
- Zhang H, Ye JY, Liang XL, Zhu XJ, Jin SF, Chen YG, Zhang JR, Dai Y, 2017. Monthly changes in the benthic macro-invertebrate community structure in the habitats of *Phragmites australis* marsh in the Dongtan wetland of the Yangtze River estuary, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 28(4): 1360–1369. [张衡, 叶锦玉, 梁晓莉, 朱小静, 靳少非, 陈渊戈, 张佳蕊, 戴阳, 2017. 长江口东滩湿地芦苇生境大型底栖无脊椎动物群落结构的月动态. 应用生态学报, 28(4): 1360–1369.]
- Zhang MQ, 2006. Spread and control strategy of *Blattella germanica*. *Chinese Journal of Insecticides & Equipments*, 12(1): 66–68. [张孟群, 2006. 德国小蠊扩散情况及防制对策. 中华卫生杀虫药械, 12(1): 66–68.]
- Zheng YJ, Hu MM, Liu YY, Wu JH, Tan YZ, 2020. An analysis of surveillance results of cockroaches in Yinchuan, 2016–2019. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 31(6): 726–729. [郑艳娟, 虎明明, 刘媛媛, 吴建华, 谭玉臻, 2020. 银川市2016–2019年蜚蠊监测结果分析. 中国媒介生物学及控制杂志, 31(6): 726–729.]