

地理景观因素对蚊虫密度影响研究进展

严杰¹, 何隆华²

1 东南大学交通学院地理信息系, 江苏 南京 210096; 2 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008

摘要: 影响蚊虫密度的主要因素有气象、地理景观及环境等。目前, 国内外研究大部分是应用地理信息系统和遥感分析大尺度范围地理景观因素对蚊虫种群密度的影响。以往有关地理景观与蚊虫密度关系的研究区域主要在蚊虫密度较高的农村地区, 城镇地区仅进行简单统计。随着城市化进程的加速, 国内外学者正逐步研究城市化进程中蚊虫种群密度与地理景观因素的关系。该文主要从土地利用方式、水域空间分布和植被空间分布 3 个方面探讨地理景观因素对蚊虫密度的影响, 并对该领域的研究进展及发展方向进行阐述。

关键词: 蚊虫密度; 地理景观; 城市化; 影响

中图分类号: R384.1; R184.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-8280(2017)02-0193-04

DOI: 10.11853/j.issn.1003.8280.2017.02.028

Advances in research on impacts of geographical landscape factors on mosquito density

YAN Jie¹, HE Long-hua²

1 Department of Geographic Information System, South East University, Nanjing 210096, Jiangsu Province, China;

2 Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences

Corresponding author: HE Long-hua, Email: lhhe@niglas.ac.cn

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 41271418)

Abstract: The main factors that influence the density of mosquitoes include meteorological, geographical landscape and environmental factors. The geographical landscape is closely related to mosquito density. At present, most of the studies in China and abroad are based on the application of geographic information system (GIS) and remote sensing to analyze the influence of geographical landscape factors on mosquito density in large scales. The original research on regional geographical landscape and mosquito breeding mainly concentrated in rural areas where the density of mosquito is higher. However, simple statistics are made in urban areas. With the accelerated urbanization, the domestic and foreign scholars are studying the relationship between mosquito density and geographical landscape factors in the process of urbanization. This article mainly summarizes the influence of geographical landscape factors on mosquito density from three aspects of land use, water distribution and spatial distribution of vegetation, and the current research progress and future development direction of the field are briefly described.

Key words: Mosquito density; Geographical landscape; Urbanization; Influence

世界已知蚊虫种类达 40 属 3 200 余种, 有医学意义的主要有伊蚊属 (*Aedes*)、按蚊属 (*Anopheles*) 和库蚊属 (*Culex*)^[1]。蚊虫叮咬影响人类正常的生活与工作, 且可传播登革热、疟疾、淋巴丝虫病、流行性乙型脑炎 (乙脑) 等蚊媒疾病, 严重危害人类健康和生命^[2]。据统计, 全球有一半以上的居民生活在蚊媒疾病的威胁中, 伊蚊属的埃及伊蚊 (*Ae. aegypti*) 和白纹伊蚊 (*Ae. albopictus*) 等是登革热的重要传播媒介, 按蚊属的雷氏按蚊 (*An. lesteri*) 和中华按蚊 (*An. sinensis*) 等是疟疾的重要传播媒介, 库蚊属的致倦库蚊 (*Cx. pipiens*

quinquefasciatus) 和三带喙库蚊 (*Cx. tritaeniorhynchus*) 等主要传播淋巴丝虫病和乙脑^[3-6]。城市化进程在改变地理景观特征的同时也影响蚊虫的孳生环境, 进而影响蚊虫种群结构和密度^[7-10]。

不同的地理景观格局通过生物地球化学循环过程影响大气中的化学成分及局部气候变化, 从而给各类蚊虫提供不同类型的生态环境^[11]。蚊虫种群结构和数量决定城镇地区蚊虫传染病的流行特征, 对其准确把握可有针对性和高效地进行防制。随着空间信息科学的快速发展, 通过高分辨率遥

基金项目: 国家自然科学基金 (41271418)

作者简介: 严杰, 男, 在读硕士, 主要从事蚊虫遥感研究, Email: 401601043@qq.com

通信作者: 何隆华, Email: lhhe@niglas.ac.cn

网络出版时间: 2017-02-17 09:02 **网络出版地址:** http://epub.cnki.net/kns/oldnavi/n_CNKIPub.aspx?naviid=59&BaseID=ZMSK&NaviLink=

感影像可快速获取蚊虫孳生地周边的地理景观信息,同时应用地理信息系统(geographic information system, GIS)相关软件对蚊类密度变化进行量化分析,可克服传统蚊虫密度调查的费时、结果不直观等缺点^[12-14]。目前,通过因果定性分析及简单的数理统计分析气象和环境因素对蚊虫密度的影响研究较多,很少关注地理景观因素对蚊虫密度的影响。国内外学者探讨了每种地理景观因素对蚊虫密度的影响,分析蚊虫密度变化的一般规律,建立蚊虫密度预测模型,为控制蚊媒传染病提供了科学依据^[15-29]。

该文在总结相关研究的基础上,从土地利用方式、水域空间分布和植被空间分布3个方面探讨地理景观因素与蚊虫密度的关系,并对其未来发展方向进行综述。

1 土地利用方式对蚊虫密度的影响

随着城镇化的快速发展,人类经济和社会活动引起城市土地利用方式的变化,如农村土地、稻田、林地面积不断缩小及大型工程项目的建设等。城市化进程中不同的土地利用方式会导致蚊虫栖息环境、活动范围有所差异,进而影响蚊虫密度变化^[30]。

农村土地不断被征用、土地面积不断减小从而形成较多的城中村,由于这些地区人口密集、公共卫生服务设施条件差,其蚊虫孳生情况非常严重。Ferreira和Alecim^[15]对巴西玛瑙斯市的城市扩展资料与疟疾流行病情况进行对比,结果显示,城镇化的快速发展破坏了蚊虫原有的孳生环境,加之公共卫生服务设施的严重缺失,蚊虫逐渐适应了市内环境。Hassan等^[12]统计了埃及开罗地区的蚊虫密度和蚊虫传染病,该地区蚊虫孳生地大多位于贫民窟,其蚊虫密度及蚊媒传染病的发病率也较高。

稻田在我国农田中占有较高的比例,也为蚊虫孳生提供了良好环境。稻田面积及其周围不同的景观因素等均会对蚊虫孳生造成不同程度的影响,进而影响蚊虫密度和空间分布。国内外大多应用遥感技术研究稻田中不同景观因素与蚊虫密度间的关系,为水稻种植区相关蚊虫传染病的控制提供科学依据。Washino^[16]研究发现稻田的总面积与蚊虫密度间呈正相关,但并不意味面积相同的稻田会孳生数量相等的蚊虫。王晓东等^[17]通过在稻田周围不同景观范围内设立蚊虫监测点,统计监测点周边的景观组成,结果显示,不同蚊种的种群数量和分布密度与地理景观间均存在一定的相关性。

林地对于调节水文、保持水土及维持生物多样性等起重要作用。林地的减少会改变蚊虫的孳生环境进而影响蚊虫的生活习性。蚊虫主要孳生于荫蔽的水体中,大量砍伐森林会严重破坏蚊虫的孳生环境,从而阻碍蚊虫传播;而对其他蚊种来说,砍伐森林引起气候、环境的变化可能更利于蚊虫孳生。Park^[9]在研究朝鲜境内蚊虫密度变化规律时发现,大量砍伐森林造成按蚊的孳生地面积不断增加,从而导致疟疾流行。

除此之外,一些大型的工程项目建设也会导致该地区的环境和气候发生变化,从而影响蚊虫种群的数量。如河南省丹江口水库建成后,大量旱地变为水稻田,适宜的孳生环境导致蚊虫密度不断增加^[18]。蒋诗国等^[19]研究发现,三峡工程

的建设导致蚊虫孳生环境发生重大改变,从而导致短期内蚊虫种群结构和密度发生较大变化。

2 水域空间分布对蚊虫密度的影响

水体指水累积之处,主要包括地表水、地下水体和空气中的水汽。蚊虫生长发育的3个阶段(卵、幼虫、蚊蛹)均在水中,因此,水环境是蚊虫孳生的重要条件之一。蚊虫的栖息场所、活动范围与水网密度和水体斑块形状密切相关。随着遥感技术的不断发展,国内外学者为从不同尺度范围研究两者的关系,大多应用各种卫星遥感影像提取需要的环境因子信息,并对蚊虫密度与水域空间分布关系进行研究。

在研究水网密度与蚊虫密度的关系时,Mcfeeters^[20]提出归一化差异水体指数(NDWI)指标,并用于提取水体信息。NDWI主要考虑植被因素,忽视建筑物及土壤等其他因素,因此,提取的水体信息无法进行准确地分析。徐涵秋^[21]在NDWI的研究基础上,提出改进型归一化差异水体指数(MNDWI),用于提取遥感影像水体信息,发现该方法可较好地提取城镇范围的水体信息。张博^[22]研究了城市化进程中蚊虫密度与水网密度的关系,收集了上海市各监测点春、夏、秋3个季度的平均蚊虫密度,计算出缓冲区的平均MNDWI,利用SPSS软件分析双变量的相关性,结果显示,各季节监测点平均蚊虫密度与平均MNDWI均具有相关性,随着水网密度的增加,蚊虫密度较高的可能性也越大。

蚊虫活动范围不仅受水网密度的影响,同时与水体斑块形状的聚集或离散程度、复杂程度等密切相关。马明海等^[23]在研究上海市地理景观对夏季蚊虫孳生的影响时发现,夏季上海市郊区水体斑块复杂程度与市区差异较小。张博^[22]在研究中选择斑块类型级别的景观指数,以此来分析蚊虫密度与监测点缓冲区内水体斑块形状的关系。相关结果表明,主要影响蚊虫孳生环境的多样性因素是水体斑块形状的不规则性,大多数蚊虫一般孳生于缓流河道及水位较浅的池塘等,其形状不规则性较高;而大型河流和湖泊等不规则性较小的水域很少有蚊虫孳生。易彬樵等^[24]在调查广东省潮州市伊蚊种群数量的基础上,分析蚊虫密度与水域空间分布的关系,发现伊蚊种群分布呈现明显的空间聚集性,通过统计监测点与水系距离数据发现1 000 m外监测点伊蚊种群密度明显低于1 000 m缓冲区内伊蚊种群密度。

3 植被空间分布对蚊虫密度的影响

植被是影响蚊虫密度变化和蚊媒传染病的重要因素。灌木林、草丛等均为蚊虫的主要栖息场所,此外,水生植物可提供阴凉避光环境以利于蚊虫孳生^[25]。因此,植物种类及其空间分布会影响蚊虫种群数量。Alfonzo等^[26]对高大的热带森林、低矮的二次生长森林及牧场草地进行取样分析,发现热带森林中的蚊种最为丰富,蚊幼虫大多孳生在水生植物及周边植被覆盖率高的水体中,而水生植物及周边植被覆盖率低的水体中蚊幼虫的孳生率相对较低。郭传坤等^[27]对广西壮族自治区丘陵地区的按蚊进行调查,结果显示,北部地区植被密度高,而按蚊又喜在遮阴良好、水质清洁的水体中孳生,因此,广西北部丘陵区按蚊分布密度明显高于南部地区。除此之外,由于部分地区城市卫生管理不完善,一些居

民区水体中的水生植物无人清理,水质严重恶化,周边杂草丛生也为蚊虫提供了良好的孳生环境。

随着遥感技术的不断发展,国内外学者逐渐开始通过解译遥感影像对植被生长状况与蚊虫密度及蚊媒传染病的关系进行研究,并取得成果。目前,国内外研究一般通过植被指数来反映遥感影像中植被的生长状况。植被指数与光合作用速率、叶面积指数、二氧化碳通量和生物量等参数具有相关性,可较好地反映植物的生长状态。其中归一化植被指数(NDVI)和植被密度具有较好的相关性,且具有检测范围广、检测灵敏度较高、降低辐射干扰及地形结构阴影影响等优点,应用最为广泛。Eisele 等^[28]首先收集并处理肯尼亚 2 个地区的多光谱热成像仪卫星数据,计算 NDVI,最后分析其与按蚊密度的关系,研究显示,按蚊幼虫种群数量随着 NDVI 数值的增大而增加。易彬樨等^[29]通过提取卫星遥感影像计算 NDVI,并预测广东省伊蚊的种群密度,发现伊蚊密度的空间分布与 NDVI 呈现良好的地域一致性;利用该指数对伊蚊密度和登革热传染病进行局部估计作图,也呈现较好的一致性。

相关研究分析了植被指数对蚊虫密度及蚊媒传染病分布预测的可行性及研究区域内植被空间分布与蚊虫密度两者的关系。蚊虫产卵、交配等需要周边环境具有适宜的植被覆盖程度,而不同地理景观组成会导致植被覆盖程度有所区别,因此,蚊虫密度与孳生地植被密度不仅是单一的正负相关关系。张博^[22]调查了不同季节区域植被密度与蚊虫密度的关系,将上海市各监测点蚊虫密度与缓冲区域平均 NDVI 作相关性分析,发现蚊虫密度较高的可能性随着植被密度的增大而增大。除此之外,通过比较不同季节不同植被覆盖程度的蚊虫密度,春、夏季植被覆盖度为 50%~70% 的环境更适合蚊虫孳生,秋季植被覆盖度为 10%~30% 和 50%~70% 的蚊虫密度均较高,可能与蚊虫开始进入越冬场所有关。

4 结论与展望

随着国内城镇化的快速发展,不同的土地利用方式会导致地理景观具有较高异质性,进而影响蚊虫的孳生环境。因此,研究蚊虫种群密度与地理景观间的关系具有重要意义。

国内外学者在研究土地利用方式对蚊虫密度的影响时,主要通过对比不同土地利用方式下蚊虫密度的变化情况分析城镇化进程中农村土地、稻田、林地面积缩小等因素对蚊虫密度的影响;在研究水域空间分布对蚊虫密度的影响时,主要通过遥感影像提取水体信息分析不同季节水网密度、水体斑块形状等与蚊虫密度变化的关系,为政府在治理和控制蚊虫密度等方面提供科学依据;在研究植被空间分布对蚊虫密度的影响时,国内外学者利用遥感影像解译并计算植被指数来反映植被生长状况,主要是计算 NDVI 并分析其与蚊虫密度的关系,在相关研究中取得了一定成果。

今后,随着地理信息科学的不断发展及遥感影像时空分辨率的提高,未来研究中可利用时间连续性更好、精度更高的遥感影像进行分析,提取的蚊虫孳生地景观数据会更加细致全面,从而可更加准确地分析地理景观变化对蚊虫密度的影响。另外,遥感技术(remote sensing, RS)、GIS 和全球定

位系统(global positioning system, GPS),即 3S 技术,将更加广泛应用于蚊虫传染病的研究中。我国现阶段应用 3S 技术研究蚊虫种群分布和密度方面仍处于初步研究阶段,有待加强。在研究蚊虫密度与地理景观因素的关系时,需考虑土地利用方式、水域空间分布和植被空间分布 3 个方面的因素。在初步研究阶段,研究的因素不宜过多,可先选择部分因素进行单因素研究,然后过渡到多因素的相关分析。相关研究可先从局部地区入手,然后逐渐扩大监测范围,最后实现全国范围的监测。

参考文献

- [1] 陆宝麟. 中国动物志. 昆虫纲. 第 8 卷. 双翅目: 蚊科(上)[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 25-29.
- [2] 仲洁, 何隆华. 气象因素对蚊虫密度影响研究进展[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2015, 26(1): 95-99.
- [3] 张菊仙, 龚正达. 中国蚊类研究概况[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(6): 595-599.
- [4] 王丕玉, 吴超, 张苍林. 云南部分地区登革热传播媒介调查[J]. 中国热带医学, 2006, 6(11): 1933-1934.
- [5] 沈毓祖. 安徽省中华按蚊地区疟疾传播因素的调查[J]. 中国病原生物学杂志, 2006, 1(4): 301-303.
- [6] 景晓, 常树珍, 霍新北, 等. 乙脑传播媒介蚊虫筛选方法的比较分析[J]. 中华卫生杀虫药械, 2008, 14(1): 52-56.
- [7] Carbajo AE, Curto SI, Schweigmann NJ. Spatial distribution pattern of oviposition in the mosquito *Aedes aegypti* in relation to urbanization in Buenos Aires: southern fringe bionomics of an introduced vector [J]. Med Veter Entomol, 2006, 20 (2): 209-218.
- [8] 刘文华, 林立丰, 蔡松武, 等. 广东省清远市快速城市化过程中蚊虫群落动态变化规律[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22(6): 561-563.
- [9] Park JW. Changing transmission pattern of *Plasmodium vivax* malaria in the republic of Korea: relationship with climate change [J]. Environ Health Toxicol, 2011, 26: e2011001.
- [10] 李培龙, 张静, 杨维中. 大型水库建设影响人群健康的潜在危险因素分析[J]. 疾病监测, 2009, 24(2): 137-140.
- [11] 王晓中, 于畅, 减宇婷, 等. 气候变化对蚊媒病毒性疾病预防学影响研究现状[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22(4): 400-403.
- [12] Hassan AN, El Nogoumy N, Kassem HA. Characterization of landscape features associated with mosquito breeding in urban Cairo using remote sensing [J]. Egyptian J Remote Sens Space Sci, 2013, 16(1): 63-69.
- [13] Rahman A, Krakauer N, Roytman L, et al. Application of advanced very high resolution radiometer (AVHRR) - based vegetation health indices for estimation of malaria cases [J]. Am J Trop Med Hyg, 2010, 82(6): 1004-1009.
- [14] 刘美德, 王学忠, 赵彤言, 等. 云南省中华按蚊、杰普尔按蚊种群与环境因素关系的地理信息系统分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(4): 275-279.
- [15] Ferreira Gonçalves MJ, Alecrim WD. Non-planned urbanization

- as a contributing factor for malaria incidence in Manaus - Amazonas, Brazil[J]. Rev Salud Publica, 2004, 6(2): 156-166.
- [16] Washino RK. Mosquitoes: a by-product of rice culture[J]. Calif Agri, 1980, 34(3): 11-12.
- [17] 王晓东, 刘美德, 宋锋林, 等. 应用遥感及地理信息系统技术研究水稻种植区蚊虫分布和地理景观因素之间的关系[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(5): 396-399.
- [18] 石云, 张利平, 蒋玲, 等. 丹江口库区建库前后疟疾发病趋势分析[J]. 医学与社会, 2001, 14(2): 1-3.
- [19] 蒋诗国, 肖邦忠, 吴成果, 等. 三峡大坝建成前影响疟疾流行的相关因素分析与监测结果[J]. 热带病与寄生虫学, 2007, 5(2): 73-78.
- [20] Mcfeeters SK. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features[J]. Int J Remote Sens, 1996, 17(7): 1425-1432.
- [21] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(5): 589-595.
- [22] 张博. 城市化过程蚊虫孳生与景观特征及水质关系研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2014.
- [23] 马明海, 张博, 黄民生, 等. 上海市地理景观对夏季蚊虫孳生的影响[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2015(2): 21-29.
- [24] 易彬橙, 徐德忠, 张治英, 等. 广东省潮州市伊蚊媒介的地理信息系统建立与应用[J]. 中华流行病学杂志, 2004, 25(2): 134-137.
- [25] 郝蕙玲. 植物源气味物质对蚊虫嗅觉定向的影响研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2009, 15(2): 163-165.
- [26] Alfonzo D, Grillet ME, Liria J, et al. Ecological characterization of the aquatic habitats of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in enzootic foci of Venezuelan equine encephalitis virus in western Venezuela[J]. J Med Entomol, 2005, 42(3): 278-284.
- [27] 郭传坤, 李锦辉, 覃业新, 等. 广西低山丘陵区嗜人按蚊分布区环境因素调查[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 2003, 16(6): 343-345.
- [28] Eisele TP, Keating J, Swalm C, et al. Linking field-based ecological data with remotely sensed data using a geographic information system in two malaria endemic urban areas of Kenya [J]. Malar J, 2003, 2(1): 44.
- [29] 易彬橙, 张治英, 徐德忠, 等. 协同克立格和标化植被指数在广东省登革热分布特征研究中的应用[J]. 西安交通大学学报: 医学版, 2003, 24(5): 448-451, 460.
- [30] 李森, 陶海燕, 秦雁, 等. 基于遥感与地理信息技术的登革热环境风险因子标识[J]. 中华疾病控制杂志, 2010, 14(9): 869-873.

收稿日期: 2016-11-07

(上接第192页)

息的主要场所,但其空间狭小,空间喷洒和滞留喷洒均无法达到较好的效果,故采用热烟雾机通过烟雾的飘散分布于地井空间处理;针对蝇类的主要孳生场所垃圾箱,采取悬挂捕蝇袋的方式,取得了较好效果。

由于鼠类防治采用的是毒饵法,属于慢性杀鼠剂,且与布放位置、鼠类的取食等诸多因素有关,故防治效果较慢,前期监测密度下降率不明显,但后期鼠迹阳性率降为0,达到了预期目的。

病媒生物防治是一项长期而艰巨的任务,建立病媒生物防治的长效机制,应根据每年的监测情况持续开展类似的消杀行动,将病媒生物密度控制在较低水平,为传染病防控奠定基础。

参考文献

- [1] 马红梅, 陈海婴, 熊志伟, 等. 媒介生物及媒介生物性疾病风险

评估技术研究进展[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2012, 23(6): 592-595.

- [2] 邹饮. 广东省病媒生物防治的现状与展望[J]. 中华卫生杀虫药械, 2015, 21(5): 444-446.
- [3] 赵奇, 张玉勤, 郭祥树, 等. 公共场所重要病媒生物侵害调查结果分析[J]. 中华卫生杀虫药械, 2013, 19(5): 403-406.
- [4] 中华人民共和国卫生部. 全国病媒生物监测方案(试行)[S]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2005.
- [5] 曾晓芑, 付学锋, 张勇, 等. 2008年北京奥运会病媒生物风险识别与评估方法研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20(2): 98-101, 113.
- [6] 马彦, 曾晓芑, 孙贤理, 等. 奥运会期间病媒生物控制保障面临的挑战及其防制策略[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(6): 531-536.
- [7] 曾晓芑, 钱坤, 马彦, 等. 2008年北京奥运会期间病媒生物控制效果分析与经验启示[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(6): 526-530.

收稿日期: 2016-11-10