

洞庭湖区钉螺及疫情的空间分布与水环境质量关系

李忠武^{1,2}, 张 艳^{1,2}, 崔 明³, 周金星³, 石 林⁴,
郭 亮^{1,2}, 袁 敏^{1,2}, 张 燕^{1,2}

(1. 湖南大学环境科学与工程学院, 长沙 410082; 2. 湖南大学环境生物与控制教育部重点实验室, 长沙 410082;
3. 中国林业科学研究院荒漠化研究所, 北京 100091; 4. 湖南省水利水电科学研究所, 长沙 410007)

摘要: 在地理信息系统空间分析模块的支持下, 对洞庭湖区钉螺及疫情的空间分布特征及其原因进行了深入探讨, 并对两者之间的关系进行了研究; 同时, 通过对洞庭湖营养状态的评价, 对钉螺及疫情分布与水环境质量的关系进行了研究。结果表明: 洞庭湖区螺情及疫情呈现出比较复杂的空间分布特征, 表现为益阳市南县及其周围地区以及长沙市望城区居民感染率和钉螺感染率均偏低; 岳阳市临湘市的居民感染率与钉螺感染率之间、岳阳市湘阴县的居民感染率、耕牛感染率与钉螺感染率之间呈负相关关系; 各监测点钉螺分布与疫情分布之间没有显著的相关性; 洞庭湖水体的富营养化现象有利于钉螺的生存, 一定程度上将加剧疫情的控制难度。

关键词: 钉螺; 血吸虫病; 地理信息系统; 单因子水质标识指数法; 水体富营养化

1 引言

血吸虫病又称“大肚子病”, 是由于人或牛、羊、猪等哺乳动物感染血吸虫而出现的一种传染病或寄生虫病^[1]。中国是世界上血吸虫病传播最严重的国家之一, 主要流行于长江流域^[2]。洞庭湖是位于长江中下游的吞吐型湖泊, 其特殊的地理环境特征使得该区域成为我国钉螺孳生环境最广、分布面积最大的湖沼型疫区之一; 同时, 由于其频繁的洪涝灾害, 导致钉螺的孳生和扩散难以控制^[3]。钉螺是血吸虫唯一的中间宿主, 其分布在一定程度上决定了血吸虫病的分布范围^[1,4]。因此, 消灭钉螺成为控制血吸虫病传播的一项长期而艰巨的任务。

现代信息技术地理信息系统(GIS)已经广泛应用于资源环境的各个领域, 其中在血防领域的应用主要集中于利用GIS分析钉螺分布的空间聚集性和自相关性^[2,5-11], 但关于应用GIS空间分析模块下的插值功能来获取钉螺及疫情的空间分布信息并进行具体分析的研究相对较少。同时, 钉螺孳生地的自然环境因素是其生存和血吸虫病传播的重要影响因素, 国内外研究者针对环境与钉螺及疫情的关系研究主要集中于水情(水位)、土壤含水率、土壤湿度、淹水时间、植被、有机质、土壤及水体温度和pH值等方面^[2,3,12-18], 而关于水环境质量(富营养化等)与钉螺分布及疫情关系的探讨相对较少。因此, 本文主要应用GIS空间分析模块来研究钉螺及疫情的空间分布特征, 并在对洞庭湖水环境质量进行分析的基础上, 来探讨钉螺及疫情空间分布规律与水环境质量之间的关系, 以期为加强钉螺的控制和疫情的预防提供科学依据。

收稿日期: 2012-05-23; 修订日期: 2012-10-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071344); 教育部新世纪人才项目(NECT-09-330)

作者简介: 李忠武(1972-), 男, 湖南望城人, 博士, 教授, 主要从事环境信息系统研究。

E-mail: lizw@hnu.edu.cn

2 研究区域概况

洞庭湖位于湖南省东北部(图1),长江中游荆江南岸,湖区范围介于北纬 $28^{\circ}30' \sim 30^{\circ}20'$,东经 $110^{\circ}40' \sim 113^{\circ}10'$ 之间,总面积达 18780 km^2 。洞庭湖接纳四水,吞吐长江,其复杂的水情形势及适宜的自然环境为钉螺孳生提供了天然的场所^[19],这使得湖南省境内的36个县(市、区)有血吸虫病流行。有关调查研究表明,湖南省有螺面积占全国现有螺区域面积的50%左右^[20],其中,沿洞庭湖区的岳阳、常德、益阳市是血吸虫病重灾区^[1]。本研究选取15个国家级血吸虫病疫情监测点所在县市^[21],即:岳阳市的岳阳市区、岳阳县、湘阴县、汨罗市、临湘县、华容县;常德市的汉寿县、澧县、津江市、鼎城区、安乡县;益阳市的南县、沅江市、资阳区以及长沙市的望城区等区域作为研究对象,研究钉螺及血吸虫病的空间分布特征,并选取洞庭湖的11个水质监测断面作为水环境质量的研究对象。

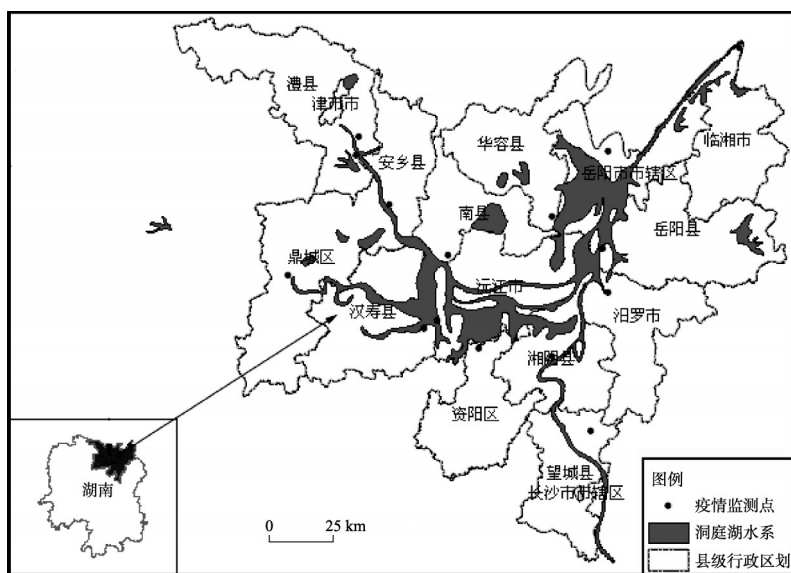


图1 研究区域

Fig. 1 The study area

3 材料与方法

3.1 数据资料

本研究采用的数据资料包括水质数据、螺情和疫情数据、基础地理数据。其中水环境质量数据包括2006-2009年洞庭湖各水质监测断面水质数据,其来源于湖南省环境监测中心;螺情和疫情数据包括2006年湖南省国家级血吸虫病疫情监测点中15个监测点居民感染率、活螺平均密度、钉螺感染率、耕牛感染率数据^[22];基础地理数据包括研究对象的行政区划、各钉螺疫情监测点具体位置分布等数据。

3.2 数据处理

3.2.1 地理信息数据处理 本研究以研究区域相关基础地理数据为基础,结合监测点2006年螺情及疫情实际监测数据,在ArcGIS9.2平台上的空间分析模块支持下,通过反距离权重插值获得居民感染率、钉螺感染率、活螺平均密度、耕牛感染率等空间分布信息。

3.2.2 相关分析 通过利用SPSS18.0的单样本K-S检验法和Pearson简单相关系数法分析研究区域活螺平均密度、钉螺感染率、居民感染率及耕牛感染率之间的相关关系。

3.2.3 水质评价方法 采取改进的单因子污染指数法即单因子水质标识指数法^[23]进行水质评价;采用全国水资源综合规划湖泊营养状态评价标准,对洞庭湖营养状态进行评价。

(1) 各监测点单因子污染指数 单因子水质标识指数法的单因子指数 P_i 由整数位 X_i 和小

数位 X_2 组成，即：

$$P_i = X_1 \cdot X_2 \tag{1}$$

式中：整数位 X_1 表示第 i 项指标的水质类别，小数位 X_2 表示监测结果在 X_1 类水质变化区间中所处的位置。 X_1 和 X_2 的具体确定方法见参考文献[23]。

(2) 评价指标选定 在GB 3838—2002中，地表水环境质量标准基本项目有24项。本文依据监测数据，选取对洞庭湖水环境质量影响较大的5个因子进行评价，分别为高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、粪大肠菌群。

(3) 湖泊营养状态等级判别方法 $0 \leq \text{指数} \leq 20$ ，贫营养； $20 \leq \text{指数} \leq 50$ ，中营养； $50 \leq \text{指数} \leq 100$ ，富营养。

4 结果与分析

4.1 洞庭湖区钉螺空间分布特征

钉螺属两栖动物，素喜水陆交替、潮湿荫蔽的湿生环境。在中国，钉螺孳生地大致分为平原水网、山丘沟渠及湖沼洲滩三种类型^[24,25]，位于长江中下游的洞庭湖区属于湖沼洲滩型。对2006年各研究区域活螺平均密度空间分布特征的分析表明，研究区域大部分地区活螺平均密度低于1只/0.11m²，尤其是南洞庭湖及西洞庭湖附近的一些地区，活螺平均密度在0.4只/0.11m²以下，是活螺平均密度分布的低值区；东洞庭湖

区活螺平均密度均偏高，其中以岳阳市区及岳阳县最为突出（图2）。根据2006年全省血吸虫病统计资料得知，岳阳市区及岳阳县总有螺面积占全省总有螺面积的41%，与本研究中的空间分布特征基本一致。岳阳市区及岳阳县活螺平均密度偏高的原因主要包括两个方面：① 由于该区域北靠长江，西临东洞庭湖，地处亚热带季风气候区，且具有明显的冬陆夏水的生态环境，地理位置、气候以及环境特征适宜钉螺的孳生；② 岳阳市长江大堤前几年整修取土而破坏的植被正在恢复，这也有利于钉螺的孳生与繁殖^[26]。南洞庭湖及西洞庭湖区部分区域活螺平均密度比较低，一方面是由于这些地区因地制宜地采取了合适的治螺措施，并取得了较好的成果；另一方面是三峡建坝后，进入洞庭湖的泥沙大量减少，年均入湖沙量由建坝前的 $1.54 \times 10^8 \text{ t}$ 下降至 $0.29 \times 10^8 \text{ t}$ ，湖区年均淤积量由建坝前的 $1.45 \times 10^8 \text{ t}$ 降至 $0.21 \times 10^8 \text{ t}$ ，淤积厚度由年均2.7cm降至0.38 cm，导致洞庭湖区洲滩增长速度减缓，且南洞庭湖减缓最快，西洞庭湖次之，东洞庭湖几乎不变。洲滩面积的变化将不可避免地影响到洲滩钉螺的孳生与繁殖^[27]。

4.2 洞庭湖区疫情的空间分布特征

4.2.1 钉螺感染率空间分布特征 血吸虫虫卵随人畜血吸虫患者的粪便进入外界环境，

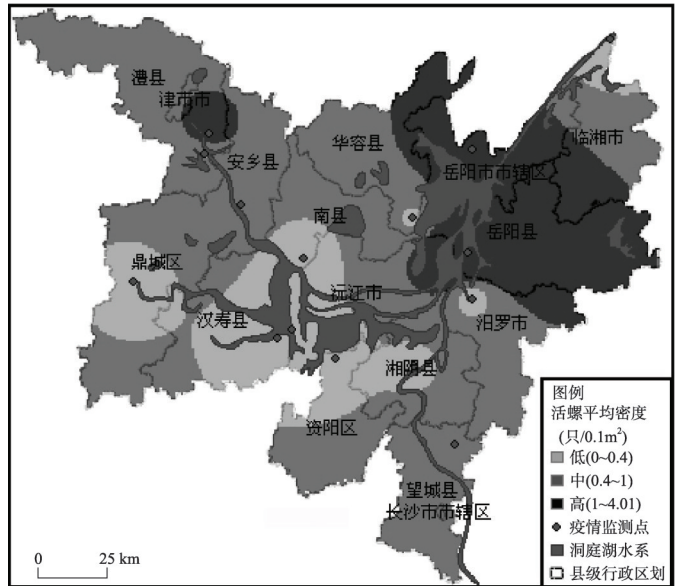


图2 2006年活螺平均密度空间分布图

Fig. 2 The spatial distribution of the average density of living snails in 2006

其在适宜的条件下孵化为毛蚴并钻入钉螺体内,导致钉螺受感染。洞庭湖区作为全国血吸虫病防治的重要区域,从2006年钉螺感染率空间分布图中可以看出(图3),洞庭湖区大部分地区钉螺感染率相对偏低,其中传统的血吸虫重灾区华容、南县及其周围的几个地区以及长沙市望城区感染率均在1.5%以下;钉螺感染率偏高的区域集中在岳阳市临湘市以及湘阴县的部分地区(图3)。钉螺感染率呈现此种空间分布特征的主要原因,可能是由于南县、华容等地区依据当地的环境特性和钉螺及疫情分布情况,采取了合理的措施来改造

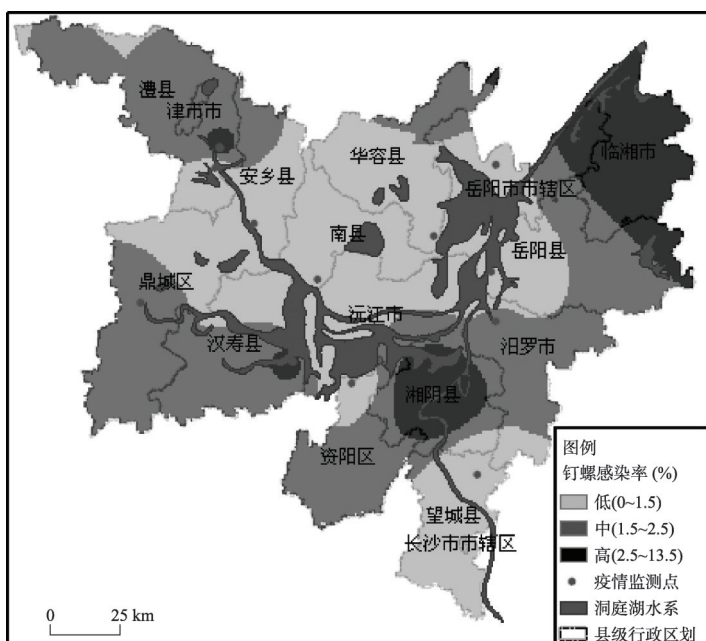


图3 2006年钉螺感染率空间分布图

Fig. 3 The spatial distribution of the snail infection rate in 2006

钉螺孳生环境,并对当地水域进行了治理,从而减少了家畜进入易感地带的机会^[28];沅江等地区则采取在易感地带及时进行药物灭螺,对洪水淹没的汉滩进行缓释法灭蚴,对血检粪检阳性及疫水接触者进行吡喹酮治疗或化疗^[29]的措施;这些措施不仅降低了这些地区钉螺感染率,而且使部分地区连续2年没有查到感染性钉螺,疫情得到了有效控制^[30]。岳阳临湘市及湘阴县的部分地区,可能是由于垌外敞放的耕牛比较多,粪便大量随地排放,污染比较严重^[31],从而导致这些地区的钉螺容易被感染。

4.2.2 人畜感染率空间分布特征 血吸虫毛蚴在钉螺体内进行发育和繁殖,生成大量的尾蚴,在外界条件适宜的情况下,尾蚴会释放到水体中,人和其他哺乳动物接触含有尾蚴的水体,很容易受感染。洞庭湖区居民感染率空间分布特征分析结果表明,岳阳临湘市、长沙市望城区、益阳南县及其周围的部分地区居民感染率偏低,而西洞庭湖附近的部分县市和东洞庭湖附近的岳阳华容县南部及其周围的一些地区居民感染率却明显偏高(图4)。通过资料调研及实地调查发现,临湘、南县等地区近年来居民的血防意识有较大的提高^[28,32],并且当地的人群化疗力度大为增强^[28,33],这些对当地的居民感染率的下降有直接的影响。西洞庭湖是整个洞庭湖区历年来泥沙淤积最严重的地区^[34],由于泥沙淤积导致洲滩的扩大会使附近居民进入洲滩生产生活接触疫水的频率增大,从而增大居民受感染的几率。华容县南部及其周围部分地区的部分区域属于湖沼型洲垌亚型血吸虫病流行区,这些地区的一些居民沿堤居住,生活、生产会频繁的接触疫水^[35],极易受感染。

耕牛感染率空间分布结果显示,南洞庭湖附近及其以南的研究区域耕牛感染率偏低,而洞庭湖北部靠近湖北一带明显偏高(图5)。出现这种空间分布特征主要原因,可能是洞庭湖的北部地区耕牛敞放数量较多,耕牛重复感染严重但治疗覆盖率偏低,并且耕牛粪便污染洲滩导致疫情感染更加严重^[26,35,36],而南洞庭湖附近及其以南的研究区域,可能大部

分耕牛被圈养或者当地采用机械代替耕牛。因此，耕牛受感染的几率比较小。

4.3 洞庭湖区钉螺与疫情的相关性

由钉螺及疫情的空间分布特征分析得知，华容县钉螺感染率较低，但该地区活螺平均密度、居民感染率和耕牛感染率均偏高；岳阳市区及岳阳县活螺平均密度偏高，但这两个地区居民感染率和钉螺感染率均相对较低；湘阴县钉螺感染率极高，但该地区居民感染率和耕牛感染率却很低，这些结果均表明居民感染率、钉螺感染率、活螺平均密度和耕牛感染率之间没有显著的相关性。为进一步探讨四者之间的关系，研究中采用SPSS 18.0单样本K-S检验法分别对15个疫情监测点2006年居民感染率、钉螺感染率、活螺平均密度和耕牛感染率进行非参数检验，结果显示各检验指标P值均大于0.05即均服从正态分布。同时，应用Pearson简单相关系数法进行相关性检验。结果(表1)显示，各指标间相关系数几乎均为负值，p值均大于0.05，这进一步表明居民感染率、钉螺感染率、活螺平均密度和耕牛感染率之间没有显著的相关性，与一些已有的研究结果相一致^[37-39]。各指标间呈现此种关系可能是由于洞庭湖区大部分血吸虫病流行区是开放型疫区，各传染源与钉螺、疫水间关系比较复杂，并且疫情的流行与当地的地貌、经济水平、气象状况、居民接触疫水行为学以及当地政府所采取的防治力度有着密切的联系^[38-40]。

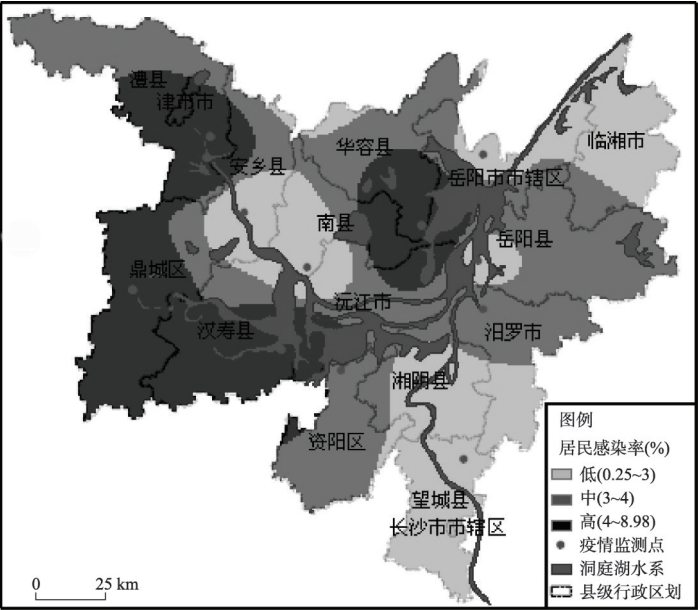


图4 2006年居民感染率空间分布图
Fig. 4 The spatial distribution of the resident infection rate in 2006

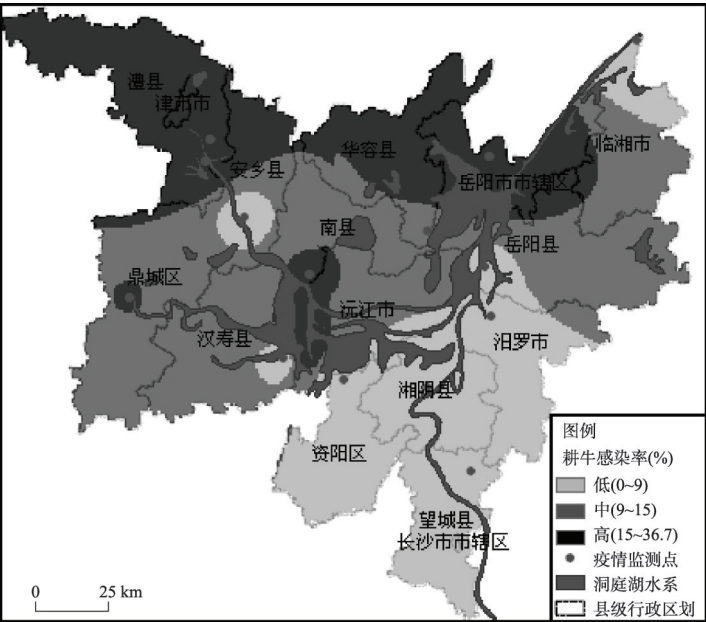


图5 2006年耕牛感染率空间分布图
Fig. 5 The spatial distribution of the cattle infection rate in 2006

表 1 相关性检验结果

Tab. 1 The result of correlation inspection

指标	居民感染率		活螺平均密度		钉螺感染率		耕牛感染率	
	相关系数	P 值	相关系数	P 值	相关系数	P 值	相关系数	P 值
居民感染率	1		-0.257	> 0.05	-0.192	> 0.05	0.224	> 0.05
活螺平均密度	-0.257	> 0.05	1		-0.263	> 0.05	0.117	> 0.05
钉螺感染率	-0.192	> 0.05	-0.263	> 0.05	1		-0.328	> 0.05
耕牛感染率	0.224	> 0.05	0.117	> 0.05	-0.328	> 0.05	1	

表 2 单因子水质标识指数法评价结果

Tab. 2 The evaluation result of the single factor water quality identification index method

断面名称	高锰酸盐指数 (P_i)	水质类别	氨氮 (P_i)	水质类别	总氮 (P_i)	水质类别	总磷 (P_i)	水质类别	粪大肠菌群 (P_i)	水质类别
扁山	2.4	Ⅱ	2.9	Ⅱ	5.1	V	3.2	Ⅲ	3.8	Ⅲ
洞庭湖出口	2.5	Ⅱ	3.2	Ⅲ	5.1	V	3.2	Ⅲ	3.4	Ⅲ
横岭湖	2.3	Ⅱ	2.2	Ⅱ	4.3	Ⅳ	3.0	Ⅱ	1.0	I
鹿角	2.4	Ⅱ	3.0	Ⅱ	5.4	V	3.1	Ⅲ	3.7	Ⅲ
目平湖	2.1	Ⅱ	2.1	Ⅱ	3.9	Ⅲ	3.6	Ⅲ	1.0	I
南嘴	2.9	Ⅱ	2.3	Ⅱ	4.1	Ⅳ	3.0	Ⅱ	2.0	I
万子湖	3.6	Ⅲ	2.4	Ⅱ	4.2	Ⅳ	3.6	Ⅲ	3.1	Ⅲ
小河嘴	2.2	Ⅱ	2.3	Ⅱ	4.1	Ⅳ	3.7	Ⅲ	2.0	I
虞公庙	2.3	Ⅱ	2.6	Ⅱ	4.9	Ⅳ	2.8	Ⅱ	2.0	I
岳阳楼	2.4	Ⅱ	2.9	Ⅱ	5.1	V	3.1	Ⅲ	3.5	Ⅲ
东洞庭湖	2.5	Ⅱ	2.6	Ⅱ	4.3	Ⅳ	2.8	Ⅱ	3.1	Ⅲ

4.4 水体富营养化与钉螺、疫情的关系

为探讨水环境质量与钉螺、疫情之间的关系，研究中应用单因子水质标识指数法及全国水资源综合规划湖泊营养状态评价标准，对洞庭湖 2006 年水环境质量状况进行评价。单因子水质标识指数法的评价结果（表 2）表明，研究区域各监测断面总氮几乎均属于Ⅳ类标准以上，总磷大部分属于Ⅲ类标准，而其他水质指标除粪大肠菌群部分属于Ⅲ类标准以外，其他大部分属于Ⅱ类标准。因此，研究认为总氮、总磷是影响洞庭湖水环境质量的 关键指标。同时，由于水体中总氮、总磷的超标有利于藻类的生长与繁殖，将导致水体富营养化。

2006 年洞庭湖各水质监测断面营养状态评价结果表明，大部分监测点营养状态等级指数均在 50 以上，说明洞庭湖各监测断面水体营养状态几乎均达富营养水平（表 3）。同时对 2007-2009 年洞庭湖各监测断面营养状态进行评价后发现，各断面营养状态等级指数几乎均在 50 以上，并呈上升趋势。特别是 2009 年营养状态等级指数均远大于 50，其中岳阳楼、虞公庙、鹿角、扁山、东洞庭湖 5 个监测断面评分结果达 57 左右（图 6）。以上结

表3 2006年洞庭湖营养状态评价结果

Tab. 3 Evaluation results of the nutrition state of Dongting Lake in 2006

监测断面	扁山	洞庭湖出口	横岭湖	鹿角	目平湖	南嘴	万子湖	小河嘴	虞公庙	岳阳楼	东洞庭湖
指数	52.37	53.31	53.02	53.45	50.79	52.68	51.97	47.82	51.18	52.71	48.83

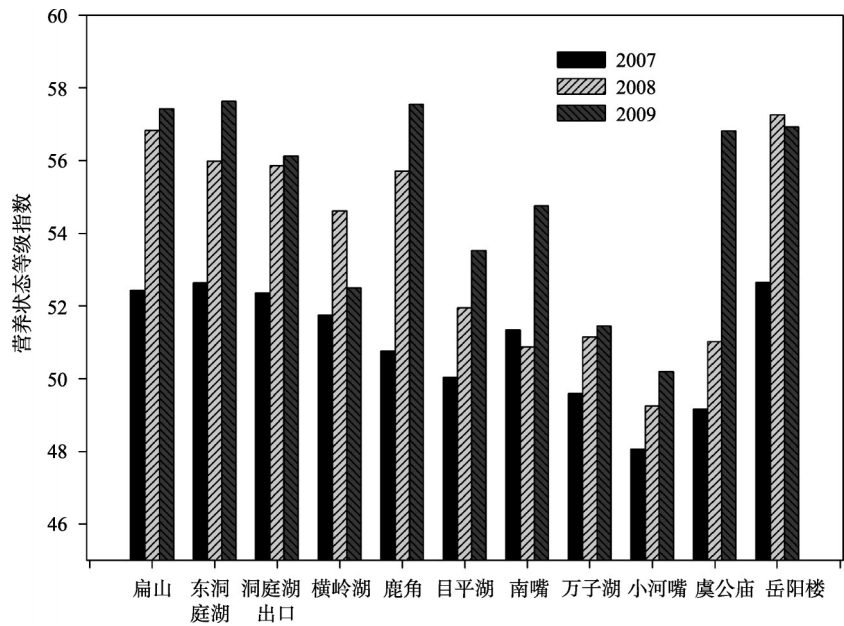


图6 2007-2009年洞庭湖营养状态评价结果

Fig. 6 Evaluation results of the nutrition state of Dongting Lake in 2007-2009

果说明，由于总氮、总磷超标排放引起的洞庭湖水体富营养化现象越来越严重。

有关文献报道，藻类是钉螺的食物之一^[41-43]，且钉螺的幼螺期前三周主要以浮游生活为主，有可能属于求食浮游，在食物丰富、气候适宜的环境中只需两个半月就可以发育成熟^[42]。同时，有关幼螺实验研究指出，幼螺胃中主要以硅藻为主，但肠道显示幼螺也能利用其他藻类，国内对成螺的食性也曾做过大量的研究工作，研究发现成螺胃中有绿藻、蓝藻、硅藻等^[43]。结合螺情与疫情空间分布特征中活螺平均密度的空间分布规律分析，富营养化程度比较严重即藻类比较丰富的扁山、洞庭湖出口、岳阳楼、鹿角等监测断面均位于钉螺分布广泛、活螺平均密度最大的岳阳市区及岳阳县地区。由此说明总氮、总磷超标排放引起藻类的大量繁殖会为钉螺的生存提供更为有利的环境，进而加剧钉螺的孳生蔓延。同时，钉螺是血吸虫唯一的中间宿主，是其赖以增殖的必不可少的环节。因此，水体中总氮、总磷超标污染导致的藻类大量繁殖与血吸虫病的传播有着密切的联系。

有关研究显示，近年来，由于受长江流域的特大洪涝灾害、全球气候变暖、南水北调、世界银行贷款中国血吸虫病控制项目结束等自然与社会因素的影响，湖南省部分血吸虫病流行疫区钉螺的分布和疫情的传播有回升的现象^[44]。本研究中水体富营养化与钉螺、疫情关系研究表明，疫情的回升与近些年洞庭湖水量减少、水质破坏有着密切的关系，并可能会再次加大钉螺控制的难度，从而使血防工作更加严峻。因此，洞庭湖区水质污染现

象应该得到政府和当地居民的关注。当然,水环境质量与钉螺及疫情的具体关系还有待进一步探究,但水环境污染的治理应该成为控制钉螺及血吸虫病传播的一项不可忽略的措施。

5 结 论

本文以洞庭湖区 15 个国家级血吸虫病疫情监测点 2006 年疫情及螺情数据为基础,在 GIS 空间分析模块的支持下,对洞庭湖区疫情及螺情空间分布特征进行了研究;同时,在此基础上借助 SPSS 统计软件深入分析了疫情和螺情之间的相关关系;并结合洞庭湖水环境质量,对疫情、螺情与水环境质量之间的关系进行了初步探讨。研究结论如下:

(1) 由于受区域经济、气候、地貌、土地利用方式、居民血防意识等因素的影响,洞庭湖区疫情及螺情呈现出比较复杂的空间分布特征,其中益阳市南县及其周围地区以及长沙市望城区居民感染率和钉螺感染率均偏低;岳阳市临湘市的居民感染率与钉螺感染率之间、岳阳市湘阴县的居民感染率、耕牛感染率与钉螺感染率之间呈现负相关关系;耕牛感染率偏高的区域主要为位于洞庭湖北部的澧县、津市市、华容县及岳阳市区的部分地区。

(2) 一般情况下,活螺平均密度、钉螺感染率与居民感染率、耕牛感染率之间应该呈现彼此消长的关系,但本文通过疫情及螺情的空间分布规律及相关分析研究表明,人畜受血吸虫感染程度与当地钉螺的分布及受感染没有显著的相关性。

(3) 本研究结果表明,水质指标总氮、总磷的超标,导致水体富营养化即藻类大量繁殖,有利于钉螺的孳生,并为其生存提供更为适宜的环境,从而增大洞庭湖区血防难度。当然,有关水环境质量与钉螺及疫情的具体关系还有待进一步探究,但洞庭湖水环境污染的治理应该成为钉螺控制和血吸虫病预防的一项重要措施。

参考文献(References)

- [1] 周晓钟. 我国血吸虫病的分布及防治. 安徽农业科学, 2007, 35(12): 3766-3768.
- [2] 秦建新, 谭子芳, 张春. 洞庭湖区江滩钉螺分布的环境因子及空间特征: 基于 RS/GIS 的研究. 自然灾害学报, 2008, 17(4): 19-27.
- [3] 马巍, 廖文根, 匡尚富. 洞庭湖钉螺扩散与水情变化规律. 长江流域资源与环境, 2009, 18(3): 264-269.
- [4] 肖荣焯, 孙庆祺, 陈云庭. 南水北调是否会引发钉螺北移的研究. 地理研究, 1982, 1(4): 73-79.
- [5] Abdel-Rahman M S, el-Bahy M M, Malone J B. Development and validation of a satellites based geographic information system (GIS) model for epidemiology of Schistosoma risk assessment on snail level in Kafr El-Sheikh Governorate. J Egypt Soc Parasitol, 1997, 27(2): 299-316.
- [6] Kristensen T K, Malone J B, McCarroll J C, et al. Use of satellite remote sensing and geographic information systems to model the distribution and abundance of snail intermediate hosts in Africa: A preliminary model for Biomphalaria pfeifferi in Ethiopia. Acta Trop, 2001, 79: 73-78.
- [7] 董毅, 杨坤, 张云, 等. GIS RS GPS 在山区钉螺调查中的初步应用. 中国血吸虫病防治杂志, 2008, 20(1): 66-67.
- [8] 何明祯, 刘剑, 依火伍力, 等. 高山地区钉螺分布的空间特征研究. 中华流行病学杂志, 2011, 32(4): 361-365.
- [9] 秦建新, 谭子芳. 洞庭湖区江滩钉螺分布空间特征分析. 中国热带医学, 2008, 8(12): 2080-2082.
- [10] Zhang Zhijie, Carpenter T E, Chen Yue, et al. Identifying high-risk regions for schistosomiasis in Guichi, China: A spatial analysis. Acta Tropica, 2008, 107(3): 217-223.
- [11] Zhang Zhiying, Zhou Yun, Xu Dezhong, et al. Spatial analysis of snail distribution in Jiangning county. J Med Coll PLA, 2002, 17(2): 88-91.
- [12] 张旭东, 杨晓春, 彭镇华. 钉螺分布与滩地环境因子的关系. 生态学报, 1999, 19(2): 265-269.
- [13] 王月容, 周金星, 周志翔, 等. 洞庭湖滩地主导水分因子与钉螺分布密度的时空变化. 华中农业大学学报, 2007, 26

- (6): 859-864.
- [14] 郑英杰, 钟久河, 陈秀纶, 等. 水淹对钉螺生存的影响. 中国血吸虫病防治杂志, 2002, 14(1): 46-49.
- [15] 杨鹏, 董兴齐. 钉螺生态因子研究以及生态灭螺在血吸虫病防治中的作用. 地方病通报, 2009, 24(3): 52-53, 55.
- [16] 梁幼生, 戴建荣, 李洪军, 等. 水温对日本血吸虫尾蚴逸出及其感染力的影响. 中国血吸虫病防治杂志, 2004, 16 (3): 164-166.
- [17] 柏松, 周述龙. 渗透压、pH值对日本血吸虫毛蚴体外转变成母胞蚴的影响. 湖北医学院学报, 1988, 9(3): 200-204.
- [18] 赵安, 王婷君. 一种新的血吸虫传播指数的构建及其应用. 地理研究, 2008, 27(2): 250-256.
- [19] 明勇军. 1949-1965年湖南血吸虫病流行原因探究. 邵阳学院学报, 2009, 8(2): 127-130.
- [20] 尚辉, 吕媛, 易银沙. 1996~2005年湖南省钉螺消长趋势分析. 中国血吸虫病防治杂志, 2007, 19(6): 441-443.
- [21] 赵正元, 李晓阳, 刘兆春, 等. 2005年湖南省血吸虫病疫情监测结果分析. 热带病与寄生虫病, 2006, 4(4): 193-196.
- [22] 李晓阳, 赵正元, 蔡凯平, 等. 2006年湖南省血吸虫病疫情监测结果分析. 热带病与寄生虫病, 2007, 5(4): 193-196, 261.
- [23] 徐祖信. 我国河流单因子水质标识指数评价方法研究. 同济大学学报, 2005, 33(3): 321-325.
- [24] Zhou X N. Science on Oncomelania snail. Beijing: Science Press, 2005. 158-159.
- [25] 张旭东, 漆良华, 黄玲玲, 等. 山丘区土壤环境因子对钉螺分布的影响. 生态学报, 2007, 27(6): 2460-2467.
- [26] 李石柱, 李晓阳. 2005年湖南岳阳市长江村血吸虫病疫情监测报告. 热带病与寄生虫学, 2006, 4(4): 225-226, 237.
- [27] 蔡凯平, 左家铮, 贺宏斌, 等. 三峡建坝后对洞庭湖区血吸虫病传播影响的研究. 中国血吸虫病防治杂志, 1998, 10 (5): 257-261.
- [28] 高进良, 连友喜. 1990~2008年南县国家级血吸虫病监测点疫情监测. 中国血吸虫病防治杂志, 2009, 21(5): 392, 403.
- [29] 罗迪安, 李晓阳. 2006年湖南沅江市杨阁老村血吸虫病疫情监测报告. 热带病与寄生虫学, 2007, 5(4): 221-222.
- [30] 李华忠, 李潇. 《血吸虫病控制和消灭标准》钉螺指标的考量. 中国血吸虫病防治杂志, 2008, 20(6): 452-453.
- [31] 艾智勇, 马天红. 2005~2007年临湘市双洲村血吸虫病疫情监测. 中国血吸虫病防治杂志, 2009, 21(2): 114, 123.
- [32] 王雷平, 吴伟, 孙明玉, 等. 血吸虫病流行区学生健康教育及效果评价. 中国血吸虫病防治杂志, 1997, 9(4): 224-225.
- [33] 陈焱, 谢桂, 王福海, 等. 湖南省化疗控制人群血吸虫病效果分析. 中国血吸虫病防治杂志, 1998, 10(5): 294-297.
- [34] 李晓阳, 蔡凯平, 李以义, 等. 湖南省血吸虫病疫情纵向观察点第1年监测报告. 中国血吸虫病防治杂志, 2002, 14 (5): 365-368.
- [35] 蔡建新, 李晓阳. 2005年湖南华容县东沟村血吸虫病疫情监测报告. 热带病与寄生虫学, 2006, 4(4): 229-230.
- [36] 郑江, 郭家纲. 动物宿主在中国血吸虫病传播中的作用. 中国人畜共患病杂志, 2000, 16(6): 87-88.
- [37] 赵正元, 吴昭武, 彭先平, 等. 快速控制山丘型血吸虫病新流行区的防治对策—干预措施的成本效果比较. 中国血吸虫病防治杂志, 2003, 15 (5): 354-357.
- [38] WHO Export Committee on the control of Schistosomiasis. The Control of Schistosomiasis. WHO Technical Report Series 830. Geneva: World Health Organization, 1993. 58-64.
- [39] 黄翠云, 赵正元, 任光辉, 等. 2000-2009年湖南省洞庭湖区血吸虫病疫情趋势分析. 中国血吸虫病防治杂志, 2010, 22 (3): 247-250.
- [40] 吴昭武, 卓尚炯, 卜开明, 等. 洞庭湖区居民行为与血吸虫病流行及防制的关系. 中国血吸虫病防治杂志, 1991, 3 (1): 7-8.
- [41] 舒洪岚, 楼浙辉. 抑螺防病林的抑螺机理与营造技术. 江西林业科技, 2006, (2): 17-18, 22.
- [42] 周晓农. 实用钉螺学. 北京: 科学出版社, 2005. 249-267.
- [43] 周利红, 彭雪华, 左家铮, 等. 东洞庭湖洲钉螺幼螺食性的观察. 实用预防医学, 1994, 1(2): 79-80.
- [44] 周晓农, 贾铁武, 郭家纲, 等. 中国血吸虫病防治的项目管理模式及其演变. 中国血吸虫病防治杂志, 2010, 22(1): 1-4.

Spatial distribution of snail and schistosomiasis and its relationship with the water environment quality in Dongting Lake region

LI Zhongwu^{1,2}, ZHANG Yan^{1,2}, CUI Ming³, ZHOU Jinxing³, SHI Lin⁴, GUO Liang^{1,2},
YUAN Min^{1,2}, ZHANG Yan^{1,2}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China; 2. Key Laboratory of Environmental Biology and Pollution Control (Hunan University), Ministry of Education, Changsha 410082, China; 3. Institute of China's Forestry Science Research, Institute of Desertification, Beijing 100091, China; 4. Hunan Water Resources and Hydropower Research Institute, Changsha 410007, China)

Abstract: Through the use of spatial analysis module of geographic information system (GIS), the paper aimed to characterize the spatial distribution of snail intermediate host and schistosomiasis in Dongting Lake region and analyse the relationship between the distribution of the snail host and schistosomiasis. Furthermore, the paper explores the relationship between the distribution of snail and schistosomiasis and water quality based on the evaluation of the nutrition state of the Dongting Lake. The result indicated that the spatial distribution of snail and schistosomiasis in Dongting Lake region showed substantial heterogeneities-infections of humans and snails were lower in Nanxian County of Yiyang city and its surrounding regions and Wangcheng County of Changsha city; whereas in Linxiang and Xiangyin counties of Yueyang City, human infection, snail and cattle infections showed a negative correlation. No significant correlation was found between snail and human schistosomiasis infections at each monitoring site. The study found that the eutrophication level in water of Dongting Lake was favorable to survival of snails, which may complicate the efforts to control the snail intermediate host.

Key words: snail; schistosomiasis; geographic information system (GIS); single factor water quality identification index method; water eutrophication