

MODIS 遥感图像在江宁县江滩 钉螺分布研究中的应用

张波 张治英 徐德忠 孙志东 周晓农 龚自立 刘士军 刘诚 许斌 周云

【摘要】 目的 分析 MODIS 遥感卫星图像中植被指数(NDVI)与江宁县江滩各钉螺孳生地钉螺分布之间的关系 ,探索 Terra-MODIS 遥感卫星图像在小范围江滩钉螺孳生地监测中的应用可能。方法 利用现场测量的江宁县 2001 年度各钉螺孳生地经纬度在 ArcView 8.1 软件上制作钉螺分布 Vector 图层 利用 ERDAS 8.5 软件空间模板板块中图层间信息添加功能 ,通过 2001 年度钉螺分布 Vector 图层从 MODIS 卫星图像中提取各钉螺孳生地 NDVI 。以相关性分析及多元逐步回归分析研究 NDVI 与钉螺分布间的关系。结果 江滩钉螺孳生地的螺密度与 4 月下旬各钉螺孳生地平均 NDVI(N_{2mean}) 5 月中旬各钉螺孳生地最大 NDVI(N_{20max})呈正相关(r 分别为 0.51 、 0.50 , $P < 0.05$)同时活螺框出现率与 4 月下旬各钉螺孳生地平均 NDVI(N_{2mean})呈正相关($r = 0.51$, $P < 0.05$)。进一步作回归分析结果显示 江滩钉螺孳生地钉螺密度与 5 月中旬各钉螺孳生地最大 NDVI(N_{20max})存在 : $Y_1 = 0.009\ 47 \times N_{20max}$ ($P < 0.01$, $R^2 = 0.73$)活螺框出现率与 4 月下旬各钉螺孳生地平均 NDVI 值(N_{2mean}),存在 : $Y_2 = 0.018\ 6 \times N_{2mean}$ ($P < 0.01$, $R^2 = 0.906$)。结论 通过研究显示 MODIS 卫星图像较好地反映了江宁县江滩钉螺孳生地的植被分布状况 ,且可应用于小范围钉螺孳生地的监测。

【关键词】 血吸虫病 ; 钉螺 ; 遥感 ; 植被指数 ; 监测

Study on the relationship between Terra-MODIS image and the snail distribution in marshland of Jiangning county Jiangsu province ZHANG Bo * , ZHANG Zhi-ying , XU De-zhong , SUN Zhi-dong , ZHOU Xiao-nong , GONG Zi-li , LIU Shi-jun , LIU Cheng , XU Bin , ZHOU Yun .

*Department of Epidemiology , Faculty of Preventive Medicine , Fourth Military Medical University , Xi 'an 710032 , China

【Abstract】 Objective To analyze the relationship between the normalized difference vegetation index (NDVI) and the snail distribution in marshland of Jiangning county in Jiangsu province , and to explore the utility of Terra-MODIS image map in the small scale snail habitats surveillance. **Methods** NDVI were extracted from MODIS image by vector chart of the snail distribution using ArcView 8.1 and ERDAS 8.5 software. The relationship between NDVI and the snail distribution were Investigated using Bivariate correlations and stepwise linear regression. **Results** The snail density on marshland was positively correlated with the mean NDVI in the first ten-day of May and the maximum NDVI (N_{20max}) in the last ten-day of May. Incidence of pixel with the live snail on marshland was positively correlated with the mean NDVI(N_{2mean}) in the first ten-day of May. An equation $Y_1 = 0.009\ 47 \times N_{20max}$ ($R^2 = 0.73$), $Y_2 = 0.018\ 6 \times N_{2mean}$ ($R^2 = 0.906$) was established. **Conclusion** This study showed that the Terra-MODIS satellite images reflecting the status of the vegetation on marshland in Jiangning county could be applied to the study to supervise the snail habitat. The results suggested that MODIS images could be used to survey the small scale snail habitats on marshland.

【Key words】 Schistosomiasis ; Oncomelania-snail ; Remote sensing ; The normalized difference vegetation index(NDVI) ; Surveillance

基金项目:“全军”十五“指令性课题资助项目(01L078)

作者单位:710032 西安,第四军医大学预防医学系流行病学教研室(张波、张治英、徐德忠、孙志东);中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所(周晓农);南京军区卫生防疫队(龚自立、刘士军);中国气象局国家卫星气象中心遥感监测服务处(刘诚);解放军总参谋部测绘技术总站(许斌);江苏省江宁县血吸虫病防治站(周云)

血吸虫病是发展中国家的主要公共卫生问题，分布于亚洲、非洲和拉丁美洲的74个国家和地区，对人群的健康构成极大的威胁^[1-6]。根据血吸虫病流行类型和中间宿主钉螺孳生地的类型，我国的血吸虫流行区可分为山丘型、水网型和湖沼型三种类型。据1998年底统计，湖沼洲滩地区占总钉螺面积的94%^[7,8]，因此监测该地区钉螺分布状况对于血吸虫病的预防和控制有重要的意义。遥感技术作为一门新兴技术，在钉螺孳生地的监测中有着广阔的应用前景，国内外已有大量的研究，但主要是针对NOAA系列气象卫星或LANDSAT等在血吸虫病应用。NOAA卫星虽然有较高的时间分辨率(2次/天)，但其空间分辨率较低(1.1 km)，而LANDSAT等则相反，虽具有较高的空间分辨率(30 m)，时间分辨率(16天/次)却较低。因此两者都难以满足实时、动态监测的需要。Terra卫星的出现为解决上述问题提供了支持，其附载的MODIS传感器共有36波段，地表分辨率为250~1 000 m，且具有与NOAA-AVHRR卫星同样的时间分辨率^[9,10]。因此MODIS遥感数据将具有更加广泛的使用价值。本文拟研究其在江宁县江滩钉螺孳生地监测研究中的应用，为进一步研究提供理论依据。

资料与方法

一、资料收集

1. 研究现场的选择：以江苏省江宁县为研究现场。江宁县位于长江南岸，有山区及江滩两种血吸虫流行区，本部分研究即以江宁县江滩钉螺孳生地为研究对象。

2. 螺情资料：由江宁县血吸虫病防治站(血防)提供2001年度江滩地区各钉螺孳生地的螺情资料，其中包括各孳生地钉螺面积、调查总框数、捕捉活螺数及感染螺数。同时，利用“手持型GPS接收仪”到各孳生现场测量所有钉螺孳生地中心位置的经、纬度。

3. 空间资料收集：由解放军总参谋部测绘技术总站提取江宁县1:50 000地形图，并进行电子化处理。

4. 遥感卫星资料收集：由国家气象卫星中心提供2001年5月2日、20日Terra卫星经过江宁县时获得的MODIS遥感卫星图像，计算校正植被指数值(the normalized difference vegetation index，NDVI)，公式为： $NDVI = (CH2 - CH1)/(CH1 + CH2)$ 。两张卫星图像均位于东经117.8°~120.25°、北纬30.7°~33.2°的范围内。两张图像分别代表4月下旬和5月中旬江宁地区的植被覆盖情况。

二、方法

1. 资料的预处理：

(1) 遥感数据的预处理：MODIS卫星图像以江宁县1:50 000地形图为基准，在ERDAS 8.5软件支持下对所收集的卫星图像进行几何配准，使所研究卫星图像中各像元所在地理位置与其实际经纬度相对应。

(2) 融情数据的预处理——钉螺分布矢量图层的建立：根据所收集的江宁县2001年度螺情资料及现场测量的各钉螺孳生地的经纬度，在ArcView 8.1软件上建立该年度钉螺分布矢量图层(shapefile文件格式)。由于江滩钉螺孳生地面积大于MODIS单位像元所对应地面的面积，因此为了正确提取钉螺孳生地在卫星图像中的相应参数，我们在生成江滩地区钉螺分布矢量图时以各钉螺孳生地中心为圆心，按相应孳生地面积大小做缓冲区(图1)。

2. 分析方法：

(1) 从MODIS卫星图像中提取各钉螺孳生地的NDVI值。对2001年度钉螺分布矢量图层，利用ERDAS 8.5软件空间模板板块中图层间信息添加功能，分别从5月2日、20日的MODIS卫星图像中提取江宁县各钉螺孳生地缓冲区内最大(N_{max})最小(N_{min})平均(N_{mean})NDVI值。

(2) MODIS卫星图像提取的NDVI与钉螺分布间关系的分析：在SPSS 10.0软件支持下对江宁地区2001年江滩各钉螺孳生地的钉螺密度、活螺框出现率与从5月2日与20日2张MODIS卫星图像中提取的各钉螺孳生地内平均、最大、最小NDVI值的关系进行相关分析及多元逐步回归分析^[11,12]，并描述2001年江宁县江滩钉螺孳生地NDVI状况。

结 果

1. 江滩地区螺情：2001年江宁县江滩地区共有钉螺孳生地20个，钉螺孳生地总面积为1 079.3万m²，占江宁县钉螺孳生地总面积的98.3%，平均钉螺密度为3.41只/框，活螺框出现率为27.2%。

2. 钉螺孳生地螺情与MODIS-NDVI关系分

分析 2001 年江宁县江滩各钉螺孳生地钉螺密度、活螺框出现率与从 MODIS 卫星图像中提取的各孳生地的 NDVI 的关系。结果发现 ,江滩地区各钉螺孳生地的螺密度与 4 月下旬各钉螺孳生地平均 NDVI($N_{2\text{mean}}$)及 5 月中旬各钉螺孳生地最大 NDVI($N_{20\text{max}}$)呈正相关(r 分别为 0.51、0.50 , $P < 0.05$);同时各钉螺孳生地活螺框出现率与缓冲区内 4 月下旬各钉螺孳生地平均 NDVI($N_{2\text{mean}}$)呈正相关($r = 0.51$, $P < 0.05$)。

进一步以各钉螺孳生地 NDVI 值为自变量 ,分别以孳生地钉螺密度的平方根及活螺框出现率的自然对数为因变量 ,用多元逐步回归分析法研究钉螺分布与 NDVI 的关系 ,结果表明 江滩钉螺孳生地钉螺密度 Y_1 与 5 月中旬各钉螺孳生地 $N_{20\text{max}}$ 值有关 ,且存在 : $Y_1 = 0.00947 \times N_{20\text{max}}$ ($P < 0.01$, $R^2 = 0.73$);各钉螺孳生地活螺框出现率 Y_2 与 5 月上旬平均 NDVI 值有关 ,且存在 : $Y_2 = 0.0186 \times N_{2\text{mean}}$ ($P < 0.01$, $R^2 = 0.906$),如表 1 所示。

表1 2001 年江宁县江滩钉螺孳生地螺情与 MODIS-NDVI 回归分析结果

参数	β	P 值	F 值	R^2 值
钉螺密度(Y_1) 5 月中旬孳生地最大 NDVI	0.0095	0.00	51.484	0.730
活螺框出现率(Y_2) 4 月下旬孳生地平均 NDVI	0.0186	0.00	183.400	0.906

讨 论

Terra 卫星是美国 1999 年 12 月 18 日发射的第一颗地球观测(earth observing system ,EOS)卫星 ,共载有 ASTER、CERES、MISR、MODIS、MOPITI 5 个传感器 ,主要目的是为了进一步了解地球表面陆地、海洋、大气及人类活动交互作用对全球气候变化的影响 ,更准确地预测这些变化对未来全球气候的影响 ,其中 MODIS 中分辨率传感器的 CH1 和 CH2 的地面分辨率为 250 m ,波长分别为 620~670 nm(红光) 841~876 nm(近红外),可以通过计算地表的植被指数来监测地球表面植被的分布状况及其变化^[13-15]。我们选择标化 NDVI 作为衡量地表植被分布状况的指标 ,本次研究中计算的 NDVI 范围为 0~255 ,其中当 NDVI 为 128~255 时 ,表示有植被生长 ,且数值越大 ,植被生长越良好 ,而当指数小于 128 则为无植被生长区。

本次研究选用 5 月 2、20 日的两张卫星图像 ,一

方面是由于江宁县血防站收集螺情时间为每年 5 月份 ,因此 我们选用这两张卫星图像就可保证时间上的一致性 ;另一方面从 4 月下旬到 5 月中旬各有螺地区植被已经基本长成 ,且汛期还未到来 ,从而排除了洪水对 NDVI 的影响。这样就可以真实地反映螺情与植被覆盖之间的关系 ,且具有较好的代表性。研究结果显示 :Terra-MODIS 卫星图像中提取的 NDVI 与江宁县江滩地区钉螺分布有密切关系 ,其中各孳生地钉螺密度与孳生地 4 月下旬各钉螺孳生地平均 NDVI 及 5 月中旬各钉螺孳生地最大 NDVI 呈正相关 活螺框出现率与钉螺孳生地 4 月下旬各钉螺孳生地平均 NDVI 也呈正相关 进一步回归发现 ,江宁县江滩钉螺孳生地螺密度(Y_1)与 5 月中旬各钉螺孳生地 $N_{20\text{max}}$ 存在 : $Y_1 = 0.00947 \times N_{20\text{max}}$ ($R^2 = 0.73$);同时活螺框出现率(Y_2)与 4 月下旬各钉螺孳生地 $N_{2\text{mean}}$ 存在 : $Y_2 = 0.0186 \times N_{2\text{mean}}$ ($R^2 = 0.906$),回归分析结果与相关分析基本一致 ,说明在江宁江滩地区 5 月份各钉螺孳生地内整体植被覆盖率越高钉螺分布范围越广 ,同时随着局部地区应用传统流行病学现场调查发现 ,钉螺孳生分布需要植被的存在 ,即在有螺区钉螺多的地方植被也多 ,而没有植被的地方也没有钉螺^[7]。遥感流行病学以 MODIS 卫星图像所做的相关性研究不仅支持了这一论点 ,而且遥感监测的特点(范围广泛、时间更新快) 在血吸虫病的生态学研究方面将越来越显示出其优越性。就本研究结果看 ,为控制钉螺孳生 ,当地血吸虫病防治部门似应对 5 月份的植被状况给予更多关注。当然我们的研究仅是很初步的 ,应进行重复验证与深入的工作。

关于江滩钉螺孳生地的遥感监测研究国内外均有报道 如 Kristensen 等^[16]研究用 AVHRR-NDVI 预测非洲血吸虫中间宿主的分布取得较好的效果 ,但由于其血吸虫及中间宿主种类与我国的不同 ,因此研究结果很难应用于国内 ;国内虽然也有一些研究 ,如周晓农等^[17-18]应用 AVHRR-NDVI 预测不同地区血吸虫的流行强度 ,姜庆五^[8]、林涛等^[19-20]研究用 TM 卫星图片监测江滩钉螺孳生地 ,都取得了很有价值的结果 ,但主要是应用 AVHRR 和 LANDSAT-TM 卫星图片进行研究 ,因此也还存在着时间与空间分布上的局限性 ,且与本研究所用的方法不同。

有关 MODIS 遥感卫星图像在疾病监测中的应用研究 ,国内外目前尚未见报道。本次研究通过分析江宁县江滩钉螺孳生地钉螺密度、活螺框出现率与 MODIS-NDVI 的关系建立的多元逐步回归方程的 R^2 分别为 0.730 和 0.906 ,说明了利用 MODIS 遥感卫星图像监测江滩钉螺的分布是可行的 ,且具有较高的效率 ,能更精确地确定钉螺孳生与 NDVI 在时间与空间上的相关性。另外 ,本研究在提取江滩地区各钉螺孳生地 NDVI 时考虑到第一、二波段空间分辨率为 250 m ,一个像元覆盖面积为 62 500 m^2 ,但江宁县江滩地区各钉螺孳生地平均面积为 534 976 m^2 ,用一个像元的取值很难代表该钉螺孳生地的整体情况 ,针对这一现象 ,我们以各钉螺孳生地中心位置为圆心 ,按其相应面积大小建立了缓冲区 ,以缓冲区的取值代表各钉螺孳生地的植被分布状况 ,这样更可靠地反映了该钉螺孳生地全范围内植被分布的总体状况 ,提高了研究结果的可信度和说服力。

由于本次研究仅收集了 NDVI ,故本文只讨论了钉螺孳生与植被之间的关系 ,我们准备选择其他遥感参数(如地表温度、土壤湿度) ,比较这些参数在研究地区内有螺区域与无螺区域间的差别 ,综合分析各个参数同钉螺分布的关系 ,更全面地反映两者之间的关系。从而使应用遥感卫星图像监测钉螺分布的研究更具实际应用价值。

(本文图 1 见插图第 4-2 页)

参 考 文 献

- 1 路步炎 ,主编. 人体寄生虫病学. 北京 :人民卫生出版社 ,1992. 35-55.
- 2 杨为松 ,主编. 传染病学. 西安 :第四军医大学出版社 ,1987.

- 226-237.
- 3 周述龙 ,林建银 ,蒋明森 ,主编. 血吸虫学. 第 2 版. 北京 科学出版社 2001.
- 4 张绍基 ,林丹丹 ,胡飞. 中国鄱阳湖区血吸虫病今昔——庆祝建国 50 周年血防成就回顾. 中国血吸虫病防治杂志 ,1999 ,11 :196-199.
- 5 WHO Expert Committee. The control of schistosomiasis. World Health Organization Technical Report Series ,1985 ,28 :16-27.
- 6 Hassan AN , Dister S , Beck LR , et al. Spatial analysis of lymphatic filariasis distribution in the Nile Delta in relation to some environmental variables using geographic information system technology. Egypt Soc Parasitol ,1998 ,28:119-131.
- 7 赵慰先 ,主编. 人体寄生虫学. 北京 :人民卫生出版社 ,1994. 310-420.
- 8 姜庆五 ,林丹丹 ,刘建翔. 应用卫星图像对江西省蚌湖钉螺滋生草洲植被的分类研究. 中华流行病学杂志 ,2001 ,22:114-115.
- 9 <http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook-htms/chapter2/chapter2.html>
- 10 刘闯 ,葛成辉. 美国对地观测系统(EOS)中分辨率成像光谱仪(modis)遥感数据的特点与应用. 遥感信息 ,2000 ,3:35-58.
- 11 郭祖超 ,主编. 医学统计学. 西安 :人民军医出版社 ,1999. 4 :233.
- 12 刘润幸 ,主编. 医学统计方法与应用(SPSS10.0). 广州 :广东人民出版社 ,2000. 117-273.
- 13 <http://edcdaac.usgs.gov/helpfaq.html>
- 14 <http://edcdaac.usgs.gov/modis/dataproduct.html>
- 15 <http://eos-am.gsfc.nasa.gov/modis.html>
- 16 Kristensen TK , Malone JB , McCarroll JC. 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 ,79:73-77.
- 17 周晓农 ,胡晓抒 ,孙宁生. 地理信息系统应用与血吸虫病的监测 II . 流行程度的预测. 中国血吸虫病防治杂志 ,1999 ,11:66-69.
- 18 周晓农 ,孙宁生 ,胡晓抒. 地理信息系统应用与血吸虫病的监测 :长江湖洲滩钉螺孳生地的监测. 中国血吸虫病防治杂志 ,1999 ,11:199-202.
- 19 林涛 ,姜庆五 ,张世清 ,等. 遥感图像对江滩型血吸虫病疫区分类研究. 中华预防医学杂志 ,2000 ,34:263-265.
- 20 林涛 ,姜庆五 ,林丹丹. 利用遥感图像对湖沼型血吸虫病疫区洲滩植被的聚类分析. 中华预防医学杂志 ,2001 ,35:312-314.

(收稿日期 2002-12-23)

(本文编辑 :张林东)

· 消息 ·

进修生及硕士、博士研究生招生启事

(1) 专业名称 流行病学与卫生统计学 (2) 主要研究方向 肿瘤流行病学与人群防治 (3) 主要研究内容 :①肿瘤发病率、死亡率和病死率监测及监测方法的研究 ;②常见恶性肿瘤危险因素及降低这些因素的研究 ;③在肿瘤高发现场及易感人群中进行肿瘤早诊和预防的研究 (4) 科室和科研项目介绍 :本科室为肿瘤所 4 个基础研究室之一 ,主要从事肿瘤预防与控制有关的基础和应用研究。下设 4 个研究组 现有 17 个正式职员。2001~2002 年研究经费 500 多万元。承担科技部国家科技攻关计划“食管癌高发现场早诊早治的研究”、“建立中国恶性肿瘤防治研究数据库”、“中国-南非食管癌防治合作研究”和与美国 Cleveland 医学中心等单位进行的宫颈癌筛查方法及预防控制研究合作项目 ;与美国国家卫生研究院 / 国立癌症研究所等单位进行的河南林县食管癌营养干预试验随访研究、食管癌早期诊断早期防治研究、云南个旧锡矿肺癌预防控制研究合作项目和美国 CMB 基金会支持的建立中国协和医科大学循证医学中心项目 Bill & Melinda Gates 基金会资助的宫颈癌快速筛查方法及预防研究国际合作项目 (5) 导师联系方式 :乔友林研究员 ,北京市朝阳区潘家园南里 17 号 ,邮编 100021 ,电话 / 传真 :(010) 67713648 ,Email :qiaoy@public.bta.net.cn 主页 :www.cicams.ac.cn/epi/ (6) 奖学金根据具体情况面议。

