

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

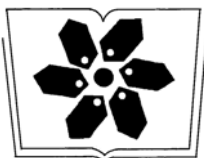
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 21 期 Vol.33 No.21 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 21 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 生态系统生产总值核算:概念、核算方法与案例研究..... 欧阳志云,朱春全,杨广斌,等 (6747)
- 气候变化对传染病爆发流行的影响研究进展..... 李国栋,张俊华,焦耿军,等 (6762)
- 好氧甲烷氧化菌生态学研究进展 负娟莉,王艳芬,张洪勋 (6774)
- 氮沉降强度和频率对羊草叶绿素含量的影响..... 张云海,何念鹏,张光明,等 (6786)
- 世界蜘蛛的分布格局及其多元相似性聚类分析..... 申效诚,张保石,张 锋,等 (6795)
- 风向因素对转基因抗虫棉花基因漂移效率的影响..... 朱家林,贺 娟,牛建群,等 (6803)

个体与基础生态

- 长江口及东海春季底栖硅藻、原生动物和小型底栖生物的生态特点 孟昭翠,徐奎栋 (6813)
- 长江口横沙东滩围垦潮滩内外大型底栖动物功能群研究..... 吕巍巍,马长安,余 骥,等 (6825)
- 沔阳沿岸土壤和优势植物重金属富集特征和潜在生态风险..... 杨 阳,周正朝,王欢欢,等 (6834)
- 盐分和底物对黄河三角洲区土壤有机碳分解与转化的影响..... 李 玲,仇少君,檀菲菲,等 (6844)
- 短期夜间低温胁迫对秋茄幼苗碳氮代谢及其相关酶活性的影响..... 郑春芳,刘伟成,陈少波,等 (6853)
- 32 个切花菊品种的耐低磷特性 刘 鹏,陈素梅,房伟民,等 (6863)
- 年龄和环境条件对泥蚶富集重金属镉和铜的影响..... 王召根,吴洪喜,陈肖肖,等 (6869)
- 角倍蚜虫瘿对盐肤木光合特性和总氮含量的影响..... 李 杨,杨子祥,陈晓鸣,等 (6876)
- 多噬伯克霍尔德氏菌 WS-FJ9 对草甘膦的降解特性 李冠喜,吴小芹,叶建仁 (6885)
- 金龟甲对蓖麻叶挥发物的触角电位和行为反应..... 李为争,杨 雷,申小卫,等 (6895)

种群、群落和生态系统

- 白洋淀生态系统健康评价..... 徐 菲,赵彦伟,杨志峰,等 (6904)
- 珠海鹤洲水道沿岸红树林湿地大型底栖动物群落特征 王 卉,钟 山,方展强 (6913)
- 典型森林和草地生态系统呼吸各组分间的相互关系..... 朱先进,于贵瑞,王秋凤,等 (6925)
- 抚育间伐对油松人工林下大型真菌的影响..... 陈 晓,白淑兰,刘 勇,等 (6935)
- 百山祖自然保护区植物群落 beta 多样性 谭珊珊,叶珍林,袁留斌,等 (6944)
- 土霉素对堆肥过程中酶活性和微生物群落代谢的影响..... 陈智学,谷 洁,高 华,等 (6957)

景观、区域和全球生态

- 兴安落叶松针叶解剖结构变化及其光合能力对气候变化的适应性 季子敬,全先奎,王传宽 (6967)
- 盐城海滨湿地景观演变关键土壤生态因子与阈值研究..... 张华兵,刘红玉,李玉凤,等 (6975)

半干旱区沙地芦苇对浅水位变化的生理生态响应 马赞花,张铜会,刘新平 (6984)

SWAT 模型融雪模块的改进 余文君,南卓铜,赵彦博,等 (6992)

科尔沁沙地湖泊消涨对气候变化的响应..... 常学礼,赵学勇,王 玮,等 (7002)

贝壳堤岛 3 种植被类型的土壤颗粒分形及水分生态特征..... 夏江宝,张淑勇,王荣荣,等 (7013)

三峡库区古夫河着生藻类叶绿素 a 的时空分布特征及其影响因素..... 吴述园,葛继稳,苗文杰,等 (7023)

资源与产业生态

煤炭开发对矿区植被扰动时空效应的图谱分析——以大同矿区为例..... 黄 翌,汪云甲,李效顺,等 (7035)

学术信息与动态

《中国当代生态学研究》新书推介 刘某承 (7044)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 300 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 百山祖保护区森林植物群落——百山祖国家级自然保护区位于浙西南闽浙交界处,由福建武夷山向东北伸展而成,主峰海拔 1856.7m,为浙江省第二高峰。其独特的地形和水文地理环境形成了中亚热带气候区中一个特殊的区域,保存着十分丰富的植物种质资源以及国家重点保护野生动植物种,尤其是 1987 年由国际物种保护委员会列为世界最濒危的 12 种植物之一的百山祖冷杉,是第四纪冰川的孑遗植物,素有“活化石”之称。随着海拔的升高,其植被为常绿阔叶林、常绿-落叶阔叶混交林、针阔混交林、针叶林、山地矮林和山地灌草丛。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201306051364

李国栋, 张俊华, 焦耿军, 赵自胜. 气候变化对传染病爆发流行的影响研究进展. 生态学报, 2013, 33(21): 6762-6773.

Li G D, Zhang J H, Jiao G J, Zhao Z S. Advances in impacts of climate change on infectious diseases outbreak. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(21): 6762-6773.

气候变化对传染病爆发流行的影响研究进展

李国栋¹, 张俊华^{1,*}, 焦耿军², 赵自胜¹

(1. 河南大学环境与规划学院, 开封 475004; 2. 兰州军区兰州总医院安宁分院, 兰州 730070)

摘要: 全球气候变化已影响到传染病发生、传播与变化的各个环节, 从病原体及其携带者、传播途径和人体自身抵抗力等方面直接或间接影响传染病的发病趋势, 从而对人类健康造成了巨大的威胁。所以加强对气候变化与传染病间关系、预测预报研究, 对进一步认识、预防和控制传染病的爆发流行具有重要意义。阐述了全球气候变化对生物物种的地理分布和人类健康的影响, 气候变化改变了生物物种的地理分布范围, 增加了某些物种的潜在分布区域, 并造成生物物候期的改变; 同时, 极端气候事件成为导致种群数量波动的一个重要驱动力。气候变化对人类健康有直接和间接影响, 它使得传染病发病率增加、传染病分布范围扩大、人群对疾病易感性增强。评述了气候变化对疟疾、登革热、霍乱、流行性乙型脑炎、流感、SARS、肠道传染病、鼠疫、血吸虫病等常见传染病流行机制和传播过程的影响研究进展。评述了传染病和气象因子关系分析中常用的定性和定量分析方法, 传统的研究多以定性分析为主, 方法较单一; 目前, 利用流行病学资料与同期的气象因子进行单因素相关分析、多元回归分析是常用的研究方法; 主成分回归分析、逐步判别分析、灰色关联分析法、RS 和 GIS 等方法近年来逐渐得到应用; 数学建模、实验室生物学仿真实验方法是今后需强化的方向。提出了该研究领域国内外研究普遍存在和亟待解决的问题, 针对目前的研究现状和存在的问题, 提出了未来的研究重点和发展方向。

关键词: 气候变化; 传染病疫情; 关系; 研究进展

Advances in impacts of climate change on infectious diseases outbreak

LI Guodong¹, ZHANG Junhua^{1,*}, JIAO Gengjun², ZHAO Zisheng¹

1 College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004, China

2 Anning Branch Institute, Lanzhou General Hospital of Lanzhou Military Command, Lanzhou 730070, China

Abstract: Global climate change had a significant impact on the structure and function of natural ecosystems, socio-economic and human health. At present, climate change has affected infectious disease occur, spread and change, which directly or indirectly affect the incidence trend of infectious diseases from pathogens and their carriers, routes of transmission, and the human body's own resistance. Therefore the climate change can further threat to human health. It is important to understand and detect the relationship between climate change and infectious diseases for preventing and controlling the prevalence of infectious diseases, and the impact of climate change on infectious diseases has been concerned in many scientific communities. The domestic and foreign scholars have made a meaningful exploration and got a lot of valuable results about the spread of infectious diseases caused by the global climate change. In this paper, content about the global climate change has important effects on the geographic distribution of organisms and human health was firstly overviewed. Global climate change altered the scope of the organisms distribution, which increasing the potential distribution area for some certain species and further causing the biological changes of these species in their phenophases. The species

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41101088); 河南省教育厅科学技术研究重点资助项目(12A170002); 河南大学自然科学基金资助项目(2011YBZR034)

收稿日期: 2013-06-05; 修订日期: 2013-10-30

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

which are benefit from the climate change, however, their distribution range will be expanded with the growth of population. And the extreme weather events are an important driving force leading to population fluctuations. Lots of studies have proved that the climate change has a direct and indirect impact on human health, which can increase the incidence of infectious diseases, can expand the distribution range of infectious diseases, and finally can increase the human population susceptibility to diseases. The paper was mainly focused on the analyses about the prevalence mechanisms and propagation processes from some common infectious diseases including malaria, dengue fever, cholera, meningitis, influenza as SARS, intestinal infectious diseases, plague, and schistosomiasis. The qualitative and quantitative analysis methods about the relationships between climate change and infectious diseases were reviewed. Traditional researches were mostly qualitative analyses, the method was relatively simple and lack of sufficient evidence. Currently, the univariate correlation analysis and multiple regression analysis have got the most commonly used combined with the epidemiological data and the same period of meteorological factors. Moreover, the analyses of principal component regression and stepwise discriminant analysis are applied in recent years. The mathematical modeling and laboratory biology simulation methods are acknowledged as the future methods in this kind of study. There are also some key scientific issues need to be resolved. For example, problems about the data limitations, how to determine the impact factors of human exposure values to climate change, the climate change and the simplification of infectious etiology chain. Finally, the future research and development direction were also discussed based on the current researches and existing problems.

Key Words: climate change; infectious disease; relationship; review

全球气候变化问题已成为各国政府、社会公众以及科学界共同关心的重大问题。它对全球生态系统的结构、功能和过程产生了重要影响^[1],同时对世界各国的社会、经济、政治外交等产生了重大影响。IPCC 第四次评估报告显示^[2]:20 世纪全球气温平均上升 0.6℃;北半球中、高纬度地区降水量增加 5%—10%,热带、亚热带地区降水量却减少 3%;全球极端气候事件的频率和强度不断增加。IPCC 预测:如果不控制温室气体的排放,到 21 世纪末,全球平均气温在 1999 年的基线上将再上升 1.1—6.4℃。虽然有各种争论,但越来越多的科学事实证明近百年的气候变暖是显著的。气候代用资料表明,20 世纪的变暖在全球和中国都可能是近千年中最显著的^[3-5],其增暖趋势和增温程度可能高于中世纪温暖期的水平(950—1300 AD)^[6-9]。中国近 100 年来年平均气温明显增加,达到 0.5—0.8℃,比同期全球增温平均值略高^[10-12]。综合各种气候预测模式,未来 100 年全球气温将升高 1.4—5.8℃,全球特别是北半球中高纬度地区的降水量将增加^[13-14]。Rezza^[15]指出气候的任何变化都会影响到自然生态系统、社会经济及人体健康,气候及环境变化又对人类健康造成了多方面的直接或间接影响,其中,气候变化产生的健康效应中,最重要的一个方面就是对传染病爆发和传播的影响^[16-17]。因气候变化而导致的气候变暖、海平面上升、极端天气、水灾、干旱、空气与水质、媒介生态学等一系列问题,正直接或间接地影响许多传染病的传播。Bryant^[18]研究表明,76%的传染媒介生物或病原体受气候影响,有 40%的传染病在全球变暖条件下被传播的更快。Gale 等^[19]预测气候变化将增加传染病侵入欧洲的风险;Atul 等^[20]预测,伴随气候变暖,一些虫媒传染病将殃及世界 40%—50%人口的健康。WHO^[21]呼吁人们关注传染病,指出:正处于一场传染病疾病全球危机的边缘,没有一个国家可以躲避这场危机。

1 气候变化对生物物种的地理分布和人类健康的影响

全球气候变化改变了生物物种的地理分布范围^[22-23],扩大了某些物种的潜在分布区域^[24],并造成生物物种候期的改变^[25-26]。受益于气候变化的物种,它们的分布范围会随着种群的壮大而扩展^[27-28]。Parmesan^[29]和 Root 等^[30]发表在 Nature 杂志上的结果都表明,温度升高、降水格局变化及其他气候极端事件,已经对物种造成了广泛的影响。Bridges 等^[31]、Post 等^[32]、Christoph 等^[33]研究都指出,气候变化特别是降水变化会影响到物种的丰富度、存活率、产卵日期、繁殖成功率、生长速度和行为等。全球气候变化已使物种受到很大的冲击,全球气候变化直接的表现是温度升高,但由于不同地带温度升高的不均衡性,及其连带其它气候因子相应的

改变,加上这些地带本身环境的差异,温度的升高对这些不同地带的动物生境产生不同的影响结果^[34]。Pounds^[35]认为全球气候变暖引起的疾病传播导致许多两栖动物已经或接近灭绝。尽管有关气候变化对种群大小影响的精确机制还没有形成定论,但 Parmesan^[36]经过多年的观察研究得出,极端气候事件是种群数量波动的一个很重要的驱动力。随着全球气候变化,极端气候事件发生的频率和强度大大增加,干旱和洪水被证实会加重食源性、水源性传播疾病的风险,洪涝灾害可引起某些虫媒病以及水传播疾病,持续的高温热浪天气会导致一些虫媒传染病,如疟疾、登革热等的流行^[37]。Warren 等^[38]指出:一些频繁的极端气候事件,经常引起一些昆虫的大暴发,从而引起相应虫媒传染病暴发流行。对于独立气候变化,如 ENSO 现象是一种周期性的气候事件,某些虫媒传染病的传播模式与 ENSO 现象有关^[39],ENSO 现象影响了亚太地区登革热的暴发,在南美洲、亚洲和非洲,疟疾传播对源于厄尔尼诺的气候变化很敏感。

气候变化对人类健康的影响主要表现在:传染病发病率增加、传染病分布范围扩大、人群对疾病易感性增强。气候变化的直接结果是极端气温、强降雨量和气候相关的自然灾害直接导致死亡、伤害和疾病。气候变化的间接影响表现为:热带的边界会扩大到亚热带,温带部分地区会变成亚热带^[40],Gould 等^[41]、Greer 等^[42]认为由于热带是细菌性传染病、寄生虫病、病毒性传染病最主要的发源地,而随着温带地区的变暖,造成这些疾病的扩散;适宜媒介动物生长繁殖环境时空范围扩大,从而使细菌和病毒的生长繁殖时空范围扩大。如由于气候变暖导致的海水温度升高,使得副溶血性弧菌已扩散到了阿拉斯加州^[43];气候变化延长了钉螺、血吸虫生长发育季节,导致我国钉螺和血吸虫病流行区向北迁移扩散,并在 2050 年有明显的扩大^[44];疟疾只分布在冬季最低气温 16℃ 以上的区域,而由于气候变暖,疟疾将向拉丁美洲、非洲、亚洲以及中东等高纬度地区扩散^[45];气候变化导致一些传染病媒介向高海拔扩散现象,登革热以前只在海拔 1000 m 以下的地区发生,而现在哥伦比亚海拔超过 2000 m 的地区发现了登革热和黄热病的媒介昆虫^[27,46]。此外,气候变化通过海平面升高引起的人口迁移导致传染病和心理疾病的增加,通过影响空气质量导致呼吸道传染病增多,通过影响社会、经济和人口导致更广泛范围的公共卫生问题^[47]。刘起勇^[48]研究认为,在气候变暖对传染病影响中,以媒介生物传播的相关传染病最为敏感,一方面由于媒介生物的时空分布易受气候因素的影响;另一方面病原体在媒介生物体内的繁殖与扩增也受到气候因素的影响。两方面因素的联合作用,使得媒介生物性传染病的时空分布与气象因素有着密不可分的关系。所以我们应尽早及时掌握其中的发展规律,才能制定具有针对性的政策和策略,以便有效的应对和适应气候的变化。因此,SCIENCE 周刊向科学界发出呼吁:气候变化似乎正以不同的方式影响着生态系统中动植物传染病的传播,因此必须加大这一领域内科学研究的力度。

2 气候变化对常见传染病暴发流行的影响

2.1 疟疾

疟疾是全球流行最严重的虫媒传染病。据估计全世界有 1/20 的人口患有疟疾,每年有 3.5 亿新病例,约 200 万人死于该病^[49]。疟疾的致病源是疟原虫,它们以疟蚊作为传病媒介,通过雌蚊叮咬吸血来传播病原体。疟疾的分布和传播与温度、降雨量和湿度等环境因素密切相关。气温和降雨量对疟原虫终末宿主蚊虫的繁殖及蚊体内疟原虫的发育产生影响,雨量和湿度则影响蚊虫孳生地的分布^[50]。疟疾一般传播到冬季等温线为 16℃ 的地区,低于此温度,疟原虫就不能存活,所以疟疾分布有地区性。间日疟原虫孢子增殖时间在 14.5℃ 时为 105 d,而在 27.5℃ 只需 8.5 d,气温升高对虫媒传染病传播速度的影响突出^[51]。刘体亚等^[52]利用邳州疟疾发病资料及同期气象资料,通过相关分析和多元逐步回归分析发现,月平均最低温度和湿度成为影响疟疾发病的主要气候因素。疟疾的传播可因厄尔尼诺所致的高温而增加^[53],特别在秋季和冬季。Gagnon 等^[54]有关南美洲 ENSO 与疟疾流行关系的研究表明:哥伦比亚、圭亚那、秘鲁和委内瑞拉的疟疾流行与 ENSO 相关;玻利维亚、厄瓜多尔和秘鲁的疟疾流行与强烈的厄尔尼诺所致的暴雨有关。

全球变暖使传染病媒介数量增多,从而造成的传染病威胁在热带和亚热带要更严重些^[51]。由于气候变暖可使蚊子生存范围扩大和媒介效能增强^[55],按 GCM 模型预测,2100 年全球平均温度升高 3—5℃,则疟疾患病人数在热带地区增加 2 倍,而温带超过 10 倍;PIM 疟疾传播模型是迄今为止最佳的预测模型,据此模型,

如全球平均温度升高 3℃,媒介按蚊的分布区扩大,将导致世界人口受疟疾影响的比例将可能由现在 45%增至 60%,每年新增 5000—8000 万疟疾病例。

2.2 登革热

登革热是一种蚊虫传播的病毒性疾病。登革热主要传播媒介是埃及伊蚊和白纹伊蚊。气候变化对登革热疫情的地理分布和扩散有明显影响,据测算,全球的登革热病例在过去的 50 年增加了 30 倍,目前,每年全球有 25—50 万登革热病例^[56],郑学礼等^[57-58]指出气温是影响登革热传播的重要因素,当气温升高时,病毒在蚊虫体内的潜伏期缩短,蚊虫叮咬人群的频率加快,传播登革热病毒的蚊虫分布区域也可能扩大。登革热病毒在蚊体内繁殖复制的适宜温度在 20℃ 以上,低于 16℃ 时不繁殖,登革热流行也随即终止。Chadee 等^[59]发现西印度群岛的特立尼达岛降雨量与登革热发病率显著相关,且在 6 月与 11 月间形成明显的登革热季节;Hales 等^[60]发现南太平洋地区 10 个岛国的南方涛动指数与登革热发病率呈正相关,其中 5 个岛国的 SOI 与气温或降雨量有关。由 ENSO 引起的气候变化导致登革热发病率增加,在某些南太平洋岛国,登革热流行与拉尼娜所致的热而潮湿的天气有关。

由于持续寒冷天气会杀死成蚊、过冬的虫卵和幼虫,目前,登革热病毒只在北纬 30 度和南纬 20 度之间的热带地区传播。气候变暖,能使虫媒和疾病的分布扩散到较高纬度或海拔较高的地区^[51],到 2100 年登革热的传播地区可能向气温相对较低的地区延伸 1600 km。

2.3 霍乱

气候变暖对水传播疾病的影响,最典型的是霍乱和副霍乱。IPCC 第四次评估报告认为,受气候变暖影响,21 世纪中期,亚洲由于旱涝灾害引起的腹泻疾病发病率将会上升,部分地区霍乱发病率也会增加。近年,霍乱流行的生态学观点越来越受到科学界的重视,认为生态系统的失衡与霍乱大流行有关^[61]。霍乱弧菌在外界水体中维持存活的最适宜温度为 22℃,流行季节的水温多在 20—30℃。全球变暖,具备这样水温的区域必将扩大,当地疫情也将随之蔓延传播。非洲是受霍乱影响最严重的大陆,在非洲热带大西洋沿岸一些国家,研究发现霍乱的爆发与降雨量增加的 2—5a 的周期同步。在孟加拉海湾,气候变化与霍乱流行的关系日益明显,霍乱具有明显的夏秋季发病率升高的特点,Hashizume 等^[62]通过研究孟加拉国每周霍乱病例数与降雨量的关系,发现降雨量对霍乱发病率有影响,平均降雨量较阈值(45mm)每增加 10mm 或减少 10mm,均导致霍乱每周就病例数的增加,分别增加 14% 和 24%,且均有统计学意义。霍乱的流行可能与厄尔尼诺有关,Rodo 等^[63]在 ENSO 日趋活跃的 1980—2001 年,孟加拉海湾霍乱流行与 ENSO 显示出持续而强烈的联系;南美洲 1991 年曾发生致死性霍乱流行,厄尔尼诺现象可能是其爆发的元凶,太平洋增暖的环流刺激携带霍乱弧菌的浮游生物生长,为霍乱在南美洲 19 个国家流行创造了条件。

2.4 流行性乙型脑炎

流行性乙型脑炎(简称乙脑)是由乙脑病毒引起、由蚊虫传播的一种急性传染病。库蚊是乙脑的主要传播媒介,而蚊虫的生存、发育、繁殖受气温、降水量的影响。乙型脑炎病毒在蚊体内发育时,气温低于 20℃ 失去感染能力,26—31℃ 时体内病毒浓度上升,传染力增强。冬季气温低时,蚊虫停止活动,所以不可能有乙脑传播。平均气温在 25℃ 以上时,蚊虫密度大,吸血频繁,所以乙脑的流行季节在夏季,如对镇江市常见传染病发病资料和同期的气象资料分析发现:乙脑绝大多数病例集中在夏季 6—8 月,占全年发病数的 98%,另外还有 2% 发生在 5 月份,其它月份没有乙脑发生^[64]。刘自远等^[65]采用灰色关联分析法对开江县乙脑发病率与气象因素分析发现,乙脑发病率与 7—8 月平均气温和 7—8 月平均日照时间呈显著正相关,流行季节气温越高则相应的乙脑发病率愈高。高春廷等^[66]通过对灰色关联度模型研究表明,与乙脑发病率关系最密切的气象要素是湿度或温度,证实了乙脑的发生受到湿度、温度、水汽压、降水日数等气候要素的影响,与运气理论对乙脑发病的解释为暑热和暑湿十分吻合。在全球气候变化背景下,乙脑传播主要媒介(库蚊)的地理分布区已发生了明显的改变且向非流行区扩散。2009 年,研究人员在西藏采集的三带喙库蚊标本中,成功分离出了乙脑病毒,预示着该病毒已向曾经认为不会造成乙脑流行的高原地区扩散^[48]。近年来,这种扩散趋势在其他

国家和地区也被逐渐发现。

2.5 流感

流感发病与气象条件的关系十分密切,特别是季节性天气变化转折时期。冬季是流感发病的高峰期,夏季为低值期。国外有的学者将气温高低作为诱发流感的关键因子,譬如,Urashima 等^[67]通过建立季节模型模拟了东京每周天气状况与流感病例的关系,发现若每周中最高气温 $>10^{\circ}\text{C}$ 的天数越少,湿度 $<60\%$ 的天数越多,则每周流感病例数越多;Lowen 等^[68]通过生物学实验表明:流感传播的最适宜湿度为 $20\%—25\%$,当湿度上升至 80% 时,流感传播被完全阻断;气温 5°C 时流感传播的可能性 $>20\%$,当气温上升至 30°C 时,流感传播被完全阻断。与上述国外主流观点不同的是,国内一些学者^[69]则认为:季节转换时期有关气象要素的突变才是触发流感的关键,其中尤以气温突变为明显。流感一类的呼吸道疾病,其发生、蔓延与气象上的冷热变化有很大关系,尤其是在季节转换时出现的冷热变化最易引发此类疾病,至于气温高低本身并非诱发流感的关键因子。流感发病高峰在冬季,这是因为冬季强烈的大气扰动,导致北方寒流南侵和锋面过境造成气温骤降,相应呼吸道疾病患者猛增。此外,流感的爆发流行与 ENSO 气候事件也有关系,如 Choi 等^[70]、Viboud 等^[71]的研究表明:流感死亡率时间曲线在 ENSO 发生年份与正常天气年份有所不同,正常天气年份流感的死亡率比 ENSO 发生年份高 3 倍,说明 ENSO 影响流感的爆发。

2.6 SARS

SARS 是由一种新的冠状病毒引起的传染病。特定的气象条件对 SARS 的发病率具有一定的影响,国内学者利用 SARS 流行病学资料与气象资料从不同角度开展了各具特色的研究。北京、香港两地 SARS 高发期的波动量与确诊前 7—10 d 的最高气温、最低气温、气温日较差、日照时数呈显著负相关;气温偏低、气温日较差小、日照时数少或云量多的天气条件,有利于 SARS 的扩散和传播^[72]。Bi 等^[73]使用 Pearson 相关分析与危险因素负二项回归分析对 2003 年北京市与香港每日新发 SARS 病例数与气象资料进行分析发现:SARS 暴发与气温参数呈负相关,与气压参数呈正相关。罗伯良等^[74]利用北京、广州、太原和长沙四地 SARS 病例资料和气象资料进行了时间相关、地域对比分析发现:有利于 SARS 病毒传播流行的气象条件为: $13^{\circ}\text{C}<\text{温度}<27^{\circ}\text{C}$,干燥少雨。温度过高或过低会影响到 SARS 病毒、感染和扩散。当最低气温、平均气温较低和空气干燥时,预示后期发病人数有较大增加。每次降温过程的出现预示着 SARS 发病人数将增加。王铮等^[75]对 SARS 疫区流行期的气候特征作了统计分析,发现它们共同的特征是月均温在 $5—22^{\circ}\text{C}$,降水偏少,约在 90mm 以下,其中疫情爆发月均温 $13—17^{\circ}\text{C}$ 。在疫区,如果出现气温日较差较小、大气污染指数高的天气,大约 8 天后出现疫情峰值。提出了 SARS 流行的气候风险作为认识 SARS 流行的季节性风险的基础,结论是并非所有区域在冬季都会出现最大风险,但全国在夏季是普遍安全的。

2.7 肠道传染病

许多肠道传染病的发病率都呈现明显的季节性增加。综合目前的研究成果发现,温度和湿度可以直接影响肠道传染病病原体的繁殖及在环境中的生存时间,气温升高有利于细菌性病原体在外界环境中的存活与繁殖,使得适宜存活区域扩大。此外,苍蝇在气温高时繁殖多、发育快,数量增多,如春、夏季气温偏高,苍蝇传播痢疾的作用增大会造成细菌性痢疾的流行。气温与细菌性痢疾病例数成正相关关系,同时,不同气候地区的结果不尽相同^[48]。Checkley 等^[76]在秘鲁的一项研究表明气温每升高 1°C 可以导致患严重腹泻的危险增加 5% ;Zhang 等^[77]发现济南市细菌性痢疾的流行与最高气温、最低气温、降雨量、相对湿度以及气压相关,其中最高气温每上升 1°C ,菌痢发病数将增加超过 10% ;安庆玉等^[78]发现气象因素影响大连市肠道传染病发病的时间分布规律,表现为随着气温的升高、日照时数的减少和风速的下降,大连市细菌性痢疾的发病高峰日前移;汤巧玲等^[79]指出最有利于痢疾发病、传播的气象因子是温度、降水量,北京地区痢疾的发病集中于夏秋之季,痢疾发病与当年和前 1 年的气温、风速和相对湿度均相关。极端气候事件如干旱、水灾、持续高温的年份,往往是痢疾的多发年,1997—1998 年厄尔尼诺期间,秘鲁的高温与儿童腹泻而住院的人数显著增多相关。研究发现水、旱灾可通过不同形式促成肠道传染病发病率升高^[80]。

2.8 鼠疫

鼠疫是由蚤传播的甲类传染病,鼠疫由鼠疫耶尔森菌引起,通过贮藏在大家鼠上的蚤——印鼠客蚤传播。鼠疫在世界历史上曾有多次大流行,在 3 个有记载的大流行期间导致了大约 2 亿人死亡,最近一次鼠疫大流行就是在中国起源的。鼠疫是自然疫源性疾,气候变化及其引起的生态环境的改变必然对宿主(鼠)或媒介(蚤类)产生深刻影响,进而影响人间鼠疫的发病。蚤类在 20—30℃ 间最活跃,相对湿度为 90% 时比低于 30% 时生命期长 4 倍。1880—1950 年的气候增温期与鼠疫高发期一致。随着 1976 年以来气温和湿度双双呈上升趋势也使这些地区的疫源地范围发生变化和扩大。1994 年印度鼠疫的大爆发也与酷热的夏季和不寻常的季风气候条件密不可分。我国鼠疫流行区和疫源地明显分布在东北到西南的北方草原富钙生态景观和南方东南沿海森林富铁生态景观里,云南省 20 世纪 80 年代到 2005 年常有鼠间人间疫情,2000 年广西隆林县和贵州省兴义市暴发了人间鼠疫,雷州半岛是黄胸鼠鼠疫疫源地,2005 年 5 月雷州市乌石镇黄胸鼠密度升高到 9.7 左右,印鼠客蚤指数达到 10.0 左右^[81],表明疫源地的现状趋于紧迫,不能放松警惕。目前,气候变化与鼠疫流行的耦合分析成为研究的焦点之一,代表性的研究是 Xu 等^[82]分析了气候变化与中国的人类鼠疫严重性之间的关联,通过分析中国的人类鼠疫数据,160 万证实的感染病例,以及中国 120 个地点的 500 年降水量、干燥/潮湿指数。结果表明,在气候干旱的北方地区,降水量增加通常会增加鼠疫的严重程度。湿润的环境很可能增加种子的产量和植被的生长,导致跳蚤寄生的啮齿动物有更大的食物来源。反过来这些跳蚤可能携带导致鼠疫的鼠疫耶尔森氏菌。在气候更潮湿的中国南方,降水量增加通常会减少鼠疫的严重程度,这可能是由于跳蚤种群增长被抑制以及由于洪水和其他原因导致啮齿动物死亡率增加。

2.9 血吸虫病

血吸虫病是影响人类健康最严重的寄生虫病之一,分布遍及世界 76 个国家,中国是全球 4 个受害最严重的国家之一。血吸虫的中间宿主钉螺与温度、湿度、光照、淹没频率、水深、水位、植被、土壤等自然因素有着密切的关系。钉螺的分布具有地域性,其生存繁殖与气象因子密切相关。全球气候变化对钉螺的生长与繁殖,及对血吸虫病传播产生了重要影响。国内相关研究发现,气候变化延长了钉螺、血吸虫生长发育季节,近年来,长江流域钉螺和血吸虫生长发育季节的明显延长;气候变化加快了钉螺、血吸虫生长发育速度,血吸虫在钉螺体内生长发育期缩短,发育速度加快,从而导致血吸虫密度增加。陕西、山东、河北的大部分地区都具备血吸虫生长发育的有效积温条件,气候变化导致钉螺和血吸虫病可能向北迁移扩散,南水北调工程可能使钉螺和血吸虫病向北迁移扩散^[83]。杨坤等^[84]利用 PRECIS 气候模型模拟了中国血吸虫病的传播范围和强度的变化,研究表明:相对与 2005 年时段(1991—2005 年),2050 年时段(2046—2050 年)和 2070 年时段(2066—2070 年)在 A2、B2 两种温室气体排放情景下血吸虫病分布范围的北界线出现北移。2050 年时段,两种情景下的血吸虫病潜在北界线分布相似。长江、洞庭湖及鄱阳湖周边的血吸虫传播指数明显上升,以洞庭湖与湖北省内的长江沿线区域上升更加明显。2070 年时段,A2 情景下血吸虫病潜在北界线的北移趋势明显大于 B2 情景,移入到山东省境内。模型预测显示,到 2050 年,由于气候变化将使血吸虫病例增加 500 万。

3 传染病疫情与气象因素关系的研究方法

古人已认识到气候与疫疾有显著的相关性,并出现了一系列对两者关系探讨的理论著作,影响较大的有《内经》、《伤寒论》和《温疫论》。《内经》的《素问遗篇·刺法论》和《素问遗篇·本病论》中就认为疫病的发生多见于五运和六气之间的阴阳刚柔关系失调的年份,并将重大疫病暴发与流行的年份、节气、气候、气化等因素相联系^[85]。《伤寒论》将古代理论医学和临床医学结合起来,确立了临床辨证论治的方法。《温疫论》将瘟疫从伤寒当中区别出来,并就瘟疫和伤寒的病因、侵入途径、证候、传变等进行比较和区别^[86]。总结起来,古代对瘟疫与气候的关系研究有以下特征:研究方法比较单一;已认识到两者间的联系,但没有足够的证据证明;多以极端气象与气象灾害分析,极少从宏观的气候趋势来分析。

目前,越来越多的学者已开始利用长尺度的传染病疫情资料和气象数据来定量化的分析二者的关系,数理统计、数学模型等定量化的研究方法逐渐得到应用。Chadee 等^[59]利用单因素相关分析方法对西印度群岛

的特立尼达岛的降雨量与同期登革热发病率进行了关系分析;郭文利等^[87]利用多元回归分析法建立了北京地区痢疾月发病率及猩红热月发病人数与气象要素的回归方程;安庆玉等^[78]对气象因素与细菌性痢疾发生的关系通过单因素相关分析和多元回归分析,应用圆形分布法探讨了肠道传染病发病的时间规律。汤巧玲等^[79]对气象资料与痢疾发病人数进行单因素相关分析,将相关性较高的气象因子纳入多元逐步回归分析,建立回归模型,评价其对痢疾发病预测的吻合度;Bi 等^[73]使用 Pearson 相关分析与危险因素负二项回归分析对 2003 年北京市与香港每日新发 SARS 病例数与气象资料进行分析;廖洪秀等^[88]利用主成分回归分析方法研究了细菌性痢疾与各气象因素的关系;郭绶衡^[89]利用湖南省近 20 年的气象资料及传染病流行强度资料,进行计量资料多类逐步判别,拟合出数学模型;Urashima 等^[67]通过建立季节模型模拟了东京每月天气状况与流感病例的关系;Zhang 等^[77]利用细菌性痢疾病例数与气候资料建立 SAREMA 模型,分析了济南市细菌性痢疾的流行与气温、气压、降水之间的关系;杨培荣等^[90]应用自回归移动平均 (ARIMA) 模型建立宝鸡市细菌性痢疾月发病率预测模型;Lowen 等^[68]通过生物学实验的方法将感染流感的豚鼠放置一房间,以研究气温、湿度与流感传播的关系,获得了流感传播的最适宜湿度、温度;曲波^[91]利用相关分析法和 BP 神经网络法对朝阳市常见传染病发病率和气象因子进行关系分析;郑能雄等^[92]进行了福州细菌性痢疾流行与气象关系的 BP 人工神经网络模型研究,表明 BP 人工神经网络在气象要素与菌痢发病之间建模是可行的。

对比分析目前传染病和气象因子关系分析常用的这些定量研究方法,发现:利用传染病流行病学资料与同期的气象因子进行单因素相关分析、多元回归分析是最常用的统计分析方法;主成分回归分析、逐步判别分析、灰色关联分析法、RS 和 GIS 等方法逐渐得到广泛应用。数学建模成为以后传染病和气象因子关系分析和预测研究的发展方向,其考虑的因子更加多样,作用过程更加复杂,模拟效果较好,典型的如 BP 人工神经网络模型、SAREMA 模型、ARIMA 模型等。此外,实验室生物学仿真实验方法使得传染病和气象因子关系分析研究更加直观、科学,结果也更加接近实际。

4 问题与展望

4.1 国内外研究存在的问题

(1)数据的限制。传染病监测数据、气象监测数据、人口学数据的来源、内容和可信度等都会对研究结果产生直接的影响。由于监测水平的差异,各区域监测数据序列的精度、长度都有差异,尤其是缺乏传染性疾病发病率的准确记录,因此很难评价气候变化是否导致了发病率变化,这需要获得较为全面和详细的发病率数据来为流行病学研究提供基线资料。

(2)气候变化直接或间接作用于传染病流行过程。气象要素既可直接影响传染病病原体与媒介,又能通过改变人群的营养而改变人群对传染病的易感性间接影响传染病的流行^[93]。这使得确定人类对气候变化因素的暴露值非常复杂,且无法找到气候因素的非暴露人群作比较。

(3)病原体、媒介及环境之间存在很多不确定因素,要在气候和传染病间建模,尚需解决许多问题,包括自然因素的筛选、影响因素对媒介分布、传病能力的影响、自然因素、社会经济因素和人类行为因素对疾病传播的影响程度。而目前的许多研究的模型仅建立在单一因素或少数几个因素对传染病的影响上,而使模型预测结果的正确性存在较大偏差^[50]。此外,一些模型所基于的假设,亦有待进一步验证。

4.2 研究展望

全球气候变化影响传染病爆发和流行,究其机制可总结为环境、病原体与宿主和被感染者之间的综合关系。首先是病原体问题,它是传染性疾病传播的核心问题,包括:病原体的变异以及与其它病原体的基因交流;病原体的分布改变;病原体生物学特性改变;病原体寄生的中宿主和终宿主改变;已消灭病原体的复苏和新的病原体出现;病原体抗药性增强^[94]。其次,人和动物自身对传染性疾病的免疫改变。再次,生态环境的恶化为传染病的传播蔓延创造了条件,为传染性病毒、细菌提供了温床和流行的条件。发达国家在生态环境治理方面取得较好的效果,使得传染病媒介得到较好的控制;但发展中国家在这些方面还有欠缺,因此,全球气候变化对发展中国家潜在的传染病威胁更值得重视^[95-96]。气候变化会增加传染病传播风险,为了应对全

球气候变化所导致的传染病扩散的局面,国内外学者们对此进行了积极和有意义的探索,取得了不少有价值的成果,研究目前仍存在较大发展空间,但仍有许多问题有待深入探讨,今后的研究重点和发展方向应放在以下几个方面:

(1)为获得较为全面和详细的发病率数据来为流行病学研究提供基线资料,应加强区域及全球传染病的监测,对传染病发病、流行进行严密的监控,获得详细、全面的监控数据。监测过程中可尝试使用分子生物学技术追踪特定病原体的分布与迁移以研究气候与生态变化对传染病流行的影响等。对于监测数据,应加强数据的共享。

(2)通过气候模型、传染病传播数学模型,预测未来气候变化引起某种传染病的流行范围及强度,建模过程中要充分考虑各种直接和间接影响因素,提高定量分析和预测的准确性;借助 RS、GIS 技术以及时空模型^[97-100],对传染病流行区及毗邻地区的气象要素、厄尔尼诺现象的发生概率以及对疾病传播的概率进行推断与估计;将传染病动力学、生物统计学以及计算机仿真等方法相结合^[101],使人们对传染病流行规律的认识更加深入全面,使所建立的理论防治策略更加可靠和符合实际。

(3)气候变化对病原体、媒介及宿主影响的实验验证与模拟。通过模拟真实气候环境与传播过程,对气候变化影响下的病原体传染力、侵入方式、侵袭力、致病力、毒力、变异性及抗原性变化与媒介、宿主相互作用进行实验验证。运用实验室仿真实验方法、生物学实验观察方法^[102],来探索病原体及其媒介生物的变化规律和传染病传播规律,使得传染病和气象因子关系分析研究更加直观、科学,结果也更加接近实际。

(4)由于气候变化及其对传染病影响的高度不确定性,要采取积极的公众健康应答措施,建立气象与卫生、环保等部门的合作机制,建设集气象、环境和疫情系统为一体的综合监测业务系统,加强对主要传染病的气候风险评估和气候区划研究^[103-105]。进行环境数据和流行病学数据的整合网络,进行多变量分析和预测。

(5)在研究气候变化与传染病关系时,应在流行病学、气象学、生态学、地理学、环境科学、人口学和数学等学科领域进行跨学科交流,跨学科研究能够在不同的气候环境中预测传染病的传播动态,评估其潜在风险,制定针对性的防控措施。

References:

- [1] Yan H M, Zhan J Y, Zhang T. Review of ecosystem resilience research progress. *Progress in Geography*, 2012, 31(3):303-314.
- [2] IPCC. Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2007.
- [3] Fred S S, Dennis T A. Unstoppable Global Warming. Rowman & Littlefield Publishers, Inc., 2007.
- [4] Brohan P, Kennedy J J, Harris I, Tett S F B, Jones P D. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new dataset from 1850. *J. Geophysical Research*, 2006, 111:12106.
- [5] Zheng J Y, Ge Q S, Fang X Q. Seeing the 20th century warming from temperature changes of winter-half-year in eastern China for the last 2000 years. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(6):4-11.
- [6] Wang S W, Wen X Y, Luo Y. Temperature construction series for a thousand years. *Chinese science bulletin*, 2007, 52(8):958-964.
- [7] Zhao Z C, Wang S W, Xu Y. Attribution of the 20th century climate warming in China. *Climatic and Environmental Research*, 2005, 10(4):808-817.
- [8] Ren G Y, Chu Z Y, Zhou Y Q. Recent progresses in studies of regional temperature changes in China. *Climate & Environment Research*, 2005, 10(4):701-716.
- [9] Fang X Q, Hou G L. Synthetically reconstructed holocene temperature change in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2011, 31(4):385-393.
- [10] Ding Y H, Ren G Y, Shi G Y. National assessment report of climate change (I): Climate change in China and its future trend. *Advances in Climate Change Research*, 2006, 2(1):3-8.
- [11] Ren G Y, Guo J, Xu M Z. Climate changes of China's mainland over the past half century. *Acta Meteorologica Sinica*, 2005, 63(6):942-955.
- [12] Fan Z M, Yue T X, Chen C F, Sun X F. Spatial Change Trends of Temperature and Precipitation in China. *Journal of Geo-Information Science*, 2011, 13(4):526-533.
- [13] Fang J Y, Zhu J L, Wang S P, Wang S P, Yue C, Shen M H. Global warming, human-induced carbon emissions, and their uncertainties. *Sci China Earth Sci*, 2011, 41(5):1458-1468.
- [14] Thomas C D, Cameron A, Green R E. Extinction risk from climate change. *Nature*, 2004, 427:145-8.
- [15] Rezza G. Re-emergence of Chikungunya and other scourges: the role of globalization and climate change. *Ann Ist Super Sanita.*, 2008, 44(4):315-

318.

- [16] Patz J A, EPstein P R, Burke T A. Global climate change and emerging infectious diseases. *JAMA*, 1996, 275: 217-223.
- [17] WHO. Climate change, human health-risks and responses. WHO, 2003.
- [18] Liu D S. Climate processes and climate change. Beijing, Science Press, 2004.
- [19] Gale P, Brouwer A, Ramnial V. Assessing the impact of climate change on vector-borne viruses in the EU through the elicitation of expert opinion. *Epidemiol Infect.*, 2010, 138(2): 214-225.
- [20] Atul A K, Mary D N. Global warming and infectious disease. *Archives of Medical Research*, 2005, 36: 689-696.
- [21] WHO. The world health report. Geneva: World Health Organization, 1996. 1-62.
- [22] Wuethrich B. How climate change alters rhythms of the wild. *Science*, 2000, 287: 793-5.
- [23] Hughes L. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent. *Trends in Ecology & Evolution*, 2000, 15: 56-61.
- [24] Kriticos D J, Sutherst R W, Brown J R. Climate change and the potential distribution of an invasive alien plant: *Acacia nilotica* sp. Indica in Australia. *Journal of Applied Ecology*, 2003, 40: 111-124.
- [25] Walther G E, Post E, Convey P. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 2002, 416(6879): 389-395.
- [26] Wu J, Xu H G, Chen L. A review of impacts of climate change on species. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2011, 27(4): 1-6.
- [27] Ma R J, Jiang Z G. Impact of global climate change on wildlife. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 3061-3066.
- [28] IPCC. IPCC technical paper V: Climate change and biodiversity. Geneva, Switzerland, 2002.
- [29] Parmesan C, Yohe G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 2003, 421(6918): 37-42.
- [30] Root T L, Price J T, Hall K R. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 2003, 421(6918): 57-60.
- [31] Bridges A S, Peterson M J, Silvy N J. Differential influence of weather on regional quail abundance in Texas. *J. Wild. Manage.*, 2001, 65: 10-18.
- [32] Post E, Peterson R O, Stenseth N C. Ecosystem consequences of wolf behavioral response climate. *Nature*, 1999, 401: 905-907.
- [33] Christoph Z, Lgor L. Water birds on the edge: climate change impact on Arctic breeding water birds // Green E R, eds. *Impacts of Climate Change on Wild life*. RSPB. U K, 2001, 20-25.
- [34] Peng S L, Li Q F, Ren H. Impact of climate change on wildlife. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(7): 1153-1159.
- [35] Pounds J A. Impacts of climate change on birds, amphibians and reptiles in a tropical montane cloud forest reserve // Green E R, eds. *Impacts of Climate Change on Wild life*. RSPB. U K, 2001, 30-31.
- [36] Parmesan C. Climate and species range. *Nature*, 1996, 382: 765-766.
- [37] Qian Y J, Li S Z, Wang Q, Yang K, Yang G J. Advances on impact of climate change on human health. *Advances in Climate Change Research*, 2010, 6(4): 241-247.
- [38] Warren M S, Hill J K, Thomas J A. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature*, 2001, 414: 65-69.
- [39] Gage K L, Burkot T R, Eisen R J. Climate and vector borne diseases. *Am J Prev. Med.*, 2008, 35(5): 436-450.
- [40] Fan Z M, Yue T X, Chen C F. Downscaling of global mean annual temperature under different scenarios. *Progress in Geography*, 2012, 31(3): 267-274.
- [41] Gould E A, Higgs S. Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 2009, 103(2): 109-121.
- [42] Greer A, Ng V, Fisman D. Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. *CMAJ*, 2008, 178(6): 715-722.
- [43] McLaughlin J B, Depaola A, Bopp C A. Outbreak of vibrio parahaemolyticus gastroenteritis associated with alaskan oysters. *N Engl J Med*, 2005, 353(14): 1463-1470.
- [44] Zhou X N, Yang K, Hong Q B, Sun L P, Yang G J. Prediction of the impact of climate warming on transmission of schistosomiasis in China. *Chin J Parasitol Parasit Dis*, 2004, 22(5): 262-265.
- [45] Tanser F C, Sharp B, Sauer D. Potential effect of climate change on malaria transmission in Africa. *Lancet*, 2003, 362(9398): 1792-1798.
- [46] Epstein P R, Diaz H F, Elias S. Biological and physical signs of climate change: focus on mosquito-borne diseases. *Bull Am Meteorol Soc*, 1998, 79(3): 409-417.
- [47] Zhang Y, Bi P. Commentary on the relationship between climate change and infectious diseases. *Chinese Journal of Health Education*, 2008, 24(10): 781-783.
- [48] Liu Q Y. The impacts of climate change on vector-borne diseases. *Chin J Hyg Insect & Equip*, 2013, 19(1): 1-12.
- [49] McMichael A J, Haines A, Slooff R. Climate Change and Human Health. Geneva: WHO, 1996.
- [50] Yang K, Wang X H, Lv S, Zhang L, Jia T W. Impact of global warming on transmission of vector-borne diseases in China. *Int J Med Parasit Dis*, 2006, 33(4): 182-187.
- [51] Zeng S Q. Impact of global climate change on the prevalence of infectious diseases. *Foreign Medical Medgeography*, 2002, 23(1): 36-38.
- [52] Liu T Y, Shi M, Liu L, Zhang Y, Lou P A. Analysis of the correlation between malaria and meteorological factors. *Chinese Journal of General Practice*, 2011, 9(4): 604-605.
- [53] Yan Y W, Li S A. El Nino and prevalence of infectious diseases. *Foreign Medical Medgeography*, 2001, (1): 24-29.
- [54] Gagnon A S, Tomic K E, Bush A B. The El Nino southern oscillation and malaria epidemics in South America. *Int J Bio-meteorol*, 2002, 46(2):

81-89.

- [55] Tang J Q. Natural foci of disease. Beijing: Science Press, 2005.3-8.
- [56] Liao C M, Yan Z Q. Effect of global environment on human being health and significant of research. Journal of Guangxi Teachers College, 2002, 19(1):8-13.
- [57] Zheng X L, Luo L. Research Progress on Flavivirus Susceptibility in *Aedes aegypti*. Acta Parasitologica & Medica Entomologica Sinica, 2010, 17(1):47-53.
- [58] Zheng X L. Effects of global climate change on natural foci and vectors of infectious diseases. Journal of Pathogen Biology, 2011, 6(5):384-387.
- [59] Chadee D D, Shrivnauth B, Rawlins S C. Climate, mosquito indices and the epidemiology of dengue fever in Trinidad. Ann Trop Med Parasitol, 2007, 101(1):69-77.
- [60] Hales S, Dewet N, Maindonald J. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever; an empirical mode. Lancet, 2002, 360:830-834.
- [61] Xiao J P, Ma W J, Liu T. Climate change and infectious diseases. South China Journal of Preventive Medicine, 2012, 38(3):74-76.
- [62] Hashixume M, Armstrong B, Hajat S. The effect of rainfall on the incidence of cholera in Bangladesh. Epidemiology, 2008, 19(1):103-110.
- [63] Rodo X, Pascual M, Fuchs G. ENSO and cholera a nonstationary link related to climate change. Proc Natl Acad Sci, 2002, 99, 12901-12906.
- [64] Zhu X Y, Wu Z F, Wu Z W, Zhang R H, Liu Y H. Meteorological elements of common infectious diseases relations in the city. National Urban Meteorological Service Science Symposium. Beijing: China Meteorological Press, 2001.384-386.
- [65] Liu Z Y, Du A G. Grey correlative degree ananlysis between meteorological elements and Epidemic encephalitis incidence data. Journal of Mathematical Medicine, 2008, 21(1):64-65.
- [66] Gao C T, Ke Z N. Analysis on correlation between Incidence of epidemic encephalitis and meteorological factors and Yunqi theory grey correlative degree model. Lishizheng Medicine and Materia Medica Research, 2012, 23(8):2042-2043.
- [67] Urashima M, Shindo N, Okabe N. A seasonal model to simulate influenza oscillation in Tokyo. J Infect Dis, 2003, 56:43-47.
- [68] Lowen A C, Mubareka S, Steel J. Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. Plo S Pathog, 2007, 3(10):151.
- [69] Zhao J F, Lv Z K, Zhao Y N. Relationship between influenza and weather conditions, Meteorology Journal of Hubei, 1998, (2):17-18.
- [70] Choi K M, Christakos G, Wilson M L. El Nino effects on influenza mortality risks in the state of California. Public Health, 2006, 120:505-516.
- [71] Viboud C, Pakdaman K, Boelle P Y. Association of influenza epidemics with global climate variability. European Journal of Epidemiology, 2004, 19:1055-1059.
- [72] Ye D X, Zhang Q, Dong W J, Chen Z H, Zhao Z Q. Analysis on the relationship between meteorological conditions and SARS occurring. Climatic and Environmental Research, 2004, (4):670-679.
- [73] Bi P, Wang J, Hiller J E. Weather driving force behind the transmission of severe acute respiratory syndrome in China. Intern Med J, 2007, 37(8):550-554.
- [74] Luo B L, Zhang C, Zhang G J. An analysis of relationships between the SARS breakout and meteorological conditions. Practical Preventive Medicine, 2004, (5):883-887.
- [75] Wang Z, Cai D, Li S, Zheng Y P, Wang Y, Wu B. On season risk of the prevalence of SARS in China. Geographical Research, 2003, 22(5):541-550.
- [76] Checkley W, Epstein L D, Gilman R H. Effects of El Nino and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. Lancet, 2000, 355:442-450.
- [77] Zhang Y, Bi P, Hiller J E. Weather and the transmiss ion of bacillary dysentery in Jinan, northern China: a time series analysis. Public Health Rep, 2008, 123(1):61-66.
- [78] An Q Y, Wu J, Wang X L. Association of climate change and time distribution of intestinal infectious diseases in Dalian, China. Chinese Preventive Medicine, 2012, 13(4):288-291.
- [79] Tang Q L, Liu H W, Gao S H. Correlation between incidence of dysentery and climate changes in Beijing from the perspective of six-air. Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2012, 27(4):938-942.
- [80] Chen S X, Chen X Q. Meteorological disasters of infectious diseases. China public health, 1998, 14(10):583-584.
- [81] Yang H Y, Feng Z Y, Lu R M. Study on character of plague focuses in Guangdong Province. Journal of Tropical Medicine, 2006, 6(7):794-795.
- [82] Xu L, Liu Q, Stige L C, Tamara B A, Fang X, Chan K, Wang S, Stenseth N C, Zhang Z B. Nonlinear effect of climate on plague during the third pandemic in China. PNAS, 2011, 108: 10214-10219.
- [83] Li Z Q, Teng W P, Yu S X, Han X J. A Change of Climate Conditions for Growth of *Oncomelania* and *Schistosoma*. Advances Climate Change Research, 2007, 3(2):106-110.
- [84] Yang K, Pan J, Yang G J, Li S Z, Xu Y L, Zhou X N. Projection of the Transmission Scale and Intensity of Schistosomiasis in China Under A2 and B2 Climate Change Scenarios. Advances in Climate Change Research, 2010, 6(4):248-253.
- [85] Zhou G Q, Zou C P. Understanding of the relationship between the plague and the luck in Neijing. Journal of Traditional Chinese Medical Literature, 2008, 2:16-18.
- [86] Fu W K. Wu Youke's excellent ideas on infectious diseases. Shanghai Journal of Traditional Chinese Medicine, 2002, (11):35-36.

- [87] Guo W L, Zhao X P, Xuan C Y. The discussion of the relation between major infections and weather conditions in Beijing. *Climatic and Environmental Research*, 2001,6(3):368-370.
- [88] Liao H X, Zhang Q, Du C H. Application of principal component analysis and multivariate linear regression in the analysis of the relationship between incidence of bacillary dysentery and meteorological factors. *Modern Preventive Medicine*, 2009,36(5):813-815.
- [89] Guo S H. Stepwise discriminant analysis on epidemic intensity of bacillary dysentery and meteorological factors in Hunan Province from 1987 to 2006. *Practical Preventive Medicine*, 2009,16(6):1793-1795.
- [90] Yang P R, Tian H, Yan C Y. Application of autoregressive integrated moving average model in forecasting of the monthly incidence rate in Baoji. *Journal of Public Health and Preventive Medicine*, 2012,23(1):16-19.
- [91] Qu B, Huang D S, Guo H Q, Guan P, Zhou B S. Research of relation between the meteorological factors and arbo infectious disease. *Chin J Vector Bio & Control*, 2005,16(6):450-452.
- [92] Zheng N X, Shen B, Xu X Y. Study on BP neural network model of bacillary dysentery influenced by meteorological elements in Fuzhou. *Chinese Preventive Medicine*, 2010,11(2):178-180.
- [93] Wu X M, Wu Y Q, Cheng J Q. Research advances of climate change and infectious diseases. *Chinese Journal of Public Health*, 2010,26(1):127-128.
- [94] Guo Y H, He H X. Global warming and infectious diseases. *Modern Preventive Medicine*, 2008,35(22):4504-4510.
- [95] Githeko A K, Lindsay S W, Confalonieri U E. Climate change and vector borne diseases: a regional analysis. *Bull World Health Organ*, 2000,78(9):1136-1147.
- [96] Nicholas H O, Lau rie S O, Ian K B. Risk maps for range expansion of the lyme disease vector, ixodes scapularis, in Canada now and with climate change. *International Journal of Health Geographics*, 2008, 7(24):1-15.
- [97] Fang L Q, Cao C X, Chen G S, Lei F M. Studies on the spatial distribution and environmental factors of highly pathogenic avian influenza in Mainland China, using geographic information system technology. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2005,26(11):839-842.
- [98] Zhou X N, Hu X S, Yang G J, Hong Q B, Sun L P, Sun N S. Establishment of minimum medical geographic information systems database in China. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2003,24(3):253-256.
- [99] Cao C X, Xu M, Chang C Y, Xue Y, Zhong S B, Fang L Q. Risk analysis for the highly pathogenic avian influenza in mainland China using meta-modeling. *Chinese Sci Bull*, 2010,55:4165-4175.
- [100] Gong P, Xu B, Liang S. Study on Temporal-Spatial distribution of infectious diseases based on RS and GIS. *Science in China (Series C: Life Sciences)*, 2006,36(2):184-192.
- [101] Ma Z N, Zhou Y C, Wang W D, Jin Z. Research on Modeling of Infectious Disease Spreading. Beijing: Science Press, 2004.
- [102] Hong Q B, Zhou X N, Sun L P, Yang G J, Yang K, Huang Y X. Impact of global warming on transmission of schistosomiasis in China. IV Accumulated temperature for development of generations of oncomelania hupensis in natural environment. *Chin J Schisto Control*, 2003,15(4):269-271.
- [103] Zhang Q Y, Ju J H, Wang W D, Zhang Y R. Impact of climate warming on human health. *Meteorological Science and Technology*, 2007,35(2):245-248.
- [104] Semenza J C, Menne B. Climate change and infectious diseases in Europe. *Lancet Infect Dis*, 2009, 9(6):365-375.
- [105] Wang X Z, Sun S, Ge L M. Regional analysis on influence of climate changes to vector-borne infections and its countermeasures. *Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine*, 2011,34(2):134-138.

参考文献:

- [5] 郑景云, 葛全胜, 方修琦. 从中国过去 2000 年温度变化看 20 世纪增暖. *地理学报*, 2002,57(6):4-11.
- [6] 王绍武, 闻新宇, 罗勇. 近千年中国温度序列的建立. *科学通报*, 2007,52(8):958-964.
- [7] 赵宗慈, 王绍武, 徐影. 近百年我国地表气温趋势变化的可能原因. *气候与环境研究*, 2005,10(4):808-817.
- [8] 任国玉, 初子莹, 周雅清. 中国气温变化研究最新进展. *气候与环境研究*, 2005,10(4):701-716.
- [9] 方修琦, 侯光良. 中国全新世气温序列的集成重建. *地理科学*, 2011,31(4):385-393.
- [10] 丁一汇, 任国玉, 石广玉. 气候变化国家评估报告(I): 中国气候变化的历史和未来趋势. *气候变化研究进展*, 2006,2(1):3-8.
- [11] 任国玉, 郭军, 徐铭志. 近 50 年中国地面气候变化基本特征. *气象学报*, 2005,63(6):942-955.
- [12] 范泽孟, 岳天祥, 陈传法, 孙晓芳. 中国气温与降水的时空变化趋势分析. *地理信息科学*, 2011,13(4):526-533.
- [13] 方精云, 朱江玲, 王少鹏, 岳超, 沈海花. 全球变暖、碳排放及不确定性. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2011,41(5):1458-1468.
- [18] 刘东生. 气候过程和气候变化. 北京: 科学出版社, 2004.
- [26] 吴军, 徐海根, 陈炼. 气候变化对物种影响研究综述. *生态与农村环境学报*, 2011,27(4):1-6.
- [27] 马瑞俊, 蒋志刚. 全球气候变化对野生动物的影响. *生态学报*, 2005,25(11):3061-3066.
- [34] 彭少麟, 李勤奋, 任海. 全球气候变化对野生动物的影响. *生态学报*, 2002,22(7):1153-1159.
- [37] 钱颖骏, 李石柱, 王强, 杨坤, 杨国静. 气候变化对人体健康影响的研究进展. *气候变化研究进展*, 2010,6(4):241-247.
- [40] 范泽孟, 岳天祥, 陈传法. 全球平均气温未来情景的降尺度分析. *地理科学进展*, 2012,31(3):267-274.
- [44] 周晓农, 杨坤, 洪青标, 孙乐平, 杨国静. 气候变暖对中国血吸虫病传播影响的预测. *中国寄生虫学与寄生虫病杂志*, 2004,22(5):262-265.

- [47] 张颖,毕鹏.气候变化与传染病关系述评.中国健康教育,2008,24(10):781-783.
- [48] 刘起勇.气候变化对媒介生物性传染病的影响.中华卫生杀虫药械,2013,19(1):1-12.
- [50] 杨坤,王显红,吕山,张玲,贾铁武.气候变暖对中国几种重要媒介传播疾病的影响.国际医学寄生虫病杂志,2006,33(4):182-187.
- [51] 曾四清.全球气候变化对传染病流行的影响.国外医学.医学地理分册,2002,23(1):36-38.
- [52] 刘体亚,石敏,刘林,张亚,娄培安.疟疾与气候因素关系的分析.中华全科医学,2011,9(4):604-605.
- [53] 严有望,李少安.厄尔尼诺与传染病流行.国外医学.医学地理分册,2001,(1):24-29.
- [55] 唐家琪.自然疫源性疾病.北京:科学出版社,2005:3-8.
- [56] 廖赤眉,严志强.全球环境变化对人类健康的影响及其研究意义.广西师范学院学报(自然科学版),2002,19(1):8-13.
- [57] 郑学礼,罗雷.埃及伊蚊对重要黄病毒易感性研究概况.寄生虫与医学昆虫学报,2010,17(1):47-53.
- [58] 郑学礼.全球气候变化与自然疫源性、虫媒传染病.中国病原生物学杂志,2011,6(5):384-387.
- [61] 肖建鹏,马文军,刘涛,罗圆.气候变化与传染病.华南预防医学,2012,38(3):74-76.
- [64] 朱筱英,吴增福,吴志伟,张瑞花,刘玉红.气象要素与城市常见传染病关系分析.全国城市气象服务科学研讨会论文集.北京:中国气象出版社,2001:384-386.
- [65] 刘自远,杜安桂.气象因素与乙型肝炎发病率的相关及灰色关联分析.数理医药学杂志,2008,21(1):64-65.
- [66] 高春廷,柯资能.运用灰色关联度模型分析乙脑发病与气象要素、运气理论相关性.时珍国医国药,2012,23(8):2042-2043.
- [69] 赵杰夫,吕中科,赵燕妮.流行性感冒与气象条件的关系初探.湖北气象,1998,(2):17-18.
- [72] 叶殿秀,张强,董文杰,陈正洪,赵宗群.气象条件与 SARS 发生的关系分析.气候与环境研究,2004,(4):670-679.
- [74] 罗伯良,张超,张国君.SARS 暴发流行与气象条件关系的分析.实用预防医学,2004,(5):883-887.
- [75] 王铮,蔡砥,李山,郑一萍,王莹,吴兵.中国 SARS 流行的季节性风险探讨.地理研究,2003,22(5):541-550.
- [78] 安庆玉,吴隼,王晓立,范雪松.气象因素变化与大连市肠道传染病发病时间分布关系的研究.中国预防医学杂志,2012,13(4):288-291.
- [79] 汤巧玲,刘宏伟,高思华,贺娟.从六气角度探讨北京市痢疾发病与气象变动的关联性.中国医药学报,2012,27(4):938-942.
- [80] 陈深侠,陈先清.气象灾害对传染病疫情的影响.中国公共卫生,1998,14(10):583-584.
- [81] 杨华源,冯志勇,卢瑞明.广东省鼠疫源地性质的研究.热带医学杂志,2006,6(7):794-795.
- [83] 李兆芹,滕卫平,俞善贤,韩晓军.适合钉螺、血吸虫生长发育的气候条件变化.气候变化研究进展,2007,3(2):106-110.
- [84] 杨坤,潘婕,杨国静,李石柱,许吟隆,周晓农.不同气候变化情景下中国血吸虫病传播的范围与强度预估.气候变化研究进展,2010,6(4):248-253.
- [85] 周国琪,邹纯朴.《内经》对瘟疫及运气关系的认识.中医文献杂志,2008,2:16-18.
- [86] 傅维康.吴又可对传染病之卓见—《温疫论》成书 360 周年.上海中医药杂志,2002,(11):35-36.
- [87] 郭文利,赵新平,轩春怡.北京地区主要传染病与气象条件关系的探讨.气候与环境研究,2001,6(3):368-370.
- [88] 廖洪秀,张强,杜长慧.主成分回归分析在细菌性痢疾与气象因素关系中的应用.现代预防医学,2009,36(5):813-815.
- [89] 郭绶衡.湖南省 1987—2006 年细菌性痢疾流行强度与气象因素的逐步判别分析.实用预防医学,2009,16(6):1793-1795.
- [90] 杨培荣,田辉,严钊元.自回归移动平均模型在宝鸡市细菌性痢疾月发病率预测中的应用.公共卫生与预防医学,2012,23(1):16-19.
- [91] 曲波,黄德生,郭海强,关鹏,周宝森.气象因素与两种虫媒传染病关系的探讨.中国媒介生物学及控制杂志,2005,16(6):450-452.
- [92] 郑能雄,沈波,许旭艳,官陈平.福州细菌性痢疾流行与气象关系的 BP 人工神经网络模型研究.中国预防医学杂志,2010,11(2):178-180.
- [93] 吴小敏,吴永胜,程锦泉.气候变化与传染病关系研究进展.中国公共卫生,2010,26(1):127-128.
- [94] 郭云海,何宏轩.全球气候变暖与传染病.现代预防医学,2008,35(22):4504-4510.
- [97] 方立群,曹春香,陈国胜,雷富民.地理信息系统应用于中国大陆高致病性禽流感的空间分布及环境因素分析.中华流行病学杂志,2005,26(11):839-842.
- [98] 周晓农,胡晓抒,杨国静,洪青标,孙乐平,孙宁生.中国卫生地理信息系统基础数据库的构建.中华流行病学杂志,2003,24(4):253-256.
- [99] 曹春香,徐敏,常超一,薛勇,钟少波,方立群.基于元模型的高致病性禽流感传播风险研究.科学通报,2010,55:4165-4175.
- [100] 宫鹏,徐冰,梁松.用遥感和地理信息系统研究传染病时空分布.中国科学 C 辑:生命科学,2006,36(2):184-192.
- [101] 马知恩,周义仓,王稳地,靳祯.传染病动力学的数学建模与研究.北京:科学出版社,2004.
- [102] 洪青标,周晓农,孙乐平,杨国静,杨坤,黄铁昕.全球气候变暖对中国血吸虫病传播影响的研究 IV 自然环境中钉螺世代发育积温的研究.中国血吸虫病防治杂志,2003,15(4):269-271.
- [103] 张庆阳,琚建华,王卫丹,张云荣.气候变暖对人类健康的影响.气象科技,2007,35(2):245-248.
- [105] 王晓中,孙时,耿丽梅.气候变化对媒介传播传染病影响的区域分析及应对措施.中国国境卫生检疫杂志,2011,34(2):134-138.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.21 Nov., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Gross ecosystem product: theory framework and case study OUYANG Zhiyun, ZHU Chunquan, YANG Guangbin, et al (6747)
- Advances in impacts of climate change on infectious diseases outbreak LI Guodong, ZHANG Junhua, JIAO Gengjun, et al (6762)
- Ecology of aerobic methane oxidizing bacteria (methanotrophs) YUN Juanli, WANG Yanfen, ZHANG Hongxun (6774)
- Nitrogen deposition and *Leymus chinensis* leaf chlorophyll content in Inner Mongolian grassland
..... ZHANG Yunhai, HE Nianpeng, ZHANG Guangming, et al (6786)
- Worldwide distribution and multivariate similarity clustering analysis of spiders
..... SHEN Xiaocheng, ZHANG Baoshi, ZHANG Feng, et al (6795)
- The influence of wind direction on pollen-mediated gene flow in transgenic insect-resistant cotton
..... ZHU Jialin, HE Juan, NIU Jianqun, et al (6803)

Autecology & Fundamentals

- Ecological characteristics of benthic diatoms, protozoa and meiobenthos in the sediments of the Changjiang Estuary and East China
Sea in spring MENG Zhaoxui, XU Kuidong (6813)
- Macrobenthic functional groups at the reclamation and natural tidal flats of Hengsha East Shoal, the Estuary of Changjiang River
..... LV Weiwei, MA Chang'an, YU Ji, et al (6825)
- Enrichment and ecological risk of heavy metal in soils and dominant plants in the riparian of the Fenghe River
..... YANG Yang, ZHOU Zhengchao, WANG Huanhuan, et al (6834)
- Effects of salinity and exogenous substrates on the decomposition and transformation of soil organic carbon in the Yellow River
Delta LI Ling, QIU Shaojun, TAN Feifei, et al (6844)
- Effects of short-term dark chilling on leaves carbon and nitrogen metabolism and involved activities of enzymes in mangrove *Kandelia
obovata* seedling ZHENG Chunfang, LIU Weicheng, CHEN Shaobo, et al (6853)
- Preliminary evaluation on tolerance to phosphorous deficiency of 32 cultivars of cut chrysanthemum
..... LIU Peng, CHEN Sumei, FANG Weimin, et al (6863)
- Effects of age and environmental conditions on accumulation of heavy-metals Cd and Cu in *Tegillarca granosa*
..... WANG Zhaoen, WU Hongxi, CHEN Xiaoxiao, et al (6869)
- Effects of Chinese gallnut on photosynthetic characteristics and total nitrogen content of *Rhus chinensis*
..... LI Yang, YANG Zixiang, CHEN Xiaoming, et al (6876)
- The characterization of glyphosate degradation by *Burkholderia multivorans* WS-FJ9 LI Guanxi, WU Xiaoqin, YE Jianren (6885)
- Electroantennographic and behavioural responses of scarab beetles to *Ricinus communis* leaf volatiles
..... LI Weizheng, YANG Lei, SHEN Xiaowei, et al (6895)

Population, Community and Ecosystem

- Ecosystem health assessment in Baiyangdian Lake XU Fei, ZHAO Yanwei, YANG Zhifeng, et al (6904)
- Characteristics of macrobenthic communities in mangrove wetlands along the waterways of North Hezhou, Zhuhai, South China
..... WANG Hui, ZHONG Shan, FANG Zhanqiang (6913)
- The interaction between components of ecosystem respiration in typical forest and grassland ecosystems
..... ZHU Xianjin, YU Guirui, WANG Qiufeng, et al (6925)
- Effects of thinning on macro fungi and their relationship with litter decomposition in *Pinus tabulaeformis* plantations
..... CHEN Xiao, BAI Shulan, LIU Yong, et al (6935)

- Beta diversity of plant communities in Baishanzu Nature Reserve TAN Shanshan, YE Zhenlin, YUAN Liubin, et al (6944)
- Effect of Oxytetracycline (OTC) on the activities of enzyme and microbial community metabolic profiles in composting
 CHEN Zhixue, GU Jie, GAO Hua, et al (6957)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Variations in leaf anatomy of *Larix gmelinii* reflect adaptation of its photosynthetic capacity to climate changes
 JI Zijing, QUAN Xiankui, WANG Chuankuan (6967)
- The studying of key ecological factors and threshold of landscape evolution in Yancheng Coastal wetland
 ZHANG Huabing, LIU Hongyu, LI Yufeng, et al (6975)
- Eco-physiological response of *Phragmites communis* to water table changes in the Horqin Sand Land
 MA Yunhua, ZHANG Tonghui, LIU Xinping (6984)
- Improvement of snowmelt implementation in the SWAT hydrologic model ... YU Wenjun, NAN Zhuotong, ZHAO Yanbo, et al (6992)
- Responses of lake fluctuation to climate change in Horqin Sandy Land
 CHANG Xueli, ZHAO Xueyong, WANG Wei, et al (7002)
- Water ecology and fractal characteristics of soil particle size distribution of three typical vegetations in Shell Island
 XIA Jiangbao, ZHANG Shuyong, WANG Rongrong, et al (7013)
- Spatio-temporal distribution of epilithic algal chlorophyll a in relation to the physico-chemical factors of Gufu River in Three Gorges Reservoir WU Shuyuan, GE Jiwen, MIAO Wenjie, et al (7023)

Resource and Industrial Ecology

- Graphic analysis of spatio-temporal effect for vegetation disturbance caused by coal mining: a case of Datong Coal Mine Area
 HUANG Yi, WANG Yunjia, LI Xiaoshun, et al (7035)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 余新晓

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 21 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 21 (November, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元