

重庆2006年夏季特大干旱期间的NDVI与城市热岛

何泽能,杨世琦,易佳

(重庆市气象科学研究所,重庆401147)

摘要:为了深入了解特大干旱期间的城市热岛现象和规律,以MODIS遥感资料和重庆市主城区及其周边地区的自动气象站观测资料为基础,探讨了2006年夏季重庆市特大干旱期间的植被指数NDVI和城市热岛。结果表明:2006年夏季,重庆市NDVI的变化规律是:在时间上,基本呈逐渐减小的趋势,与2006年夏季重庆市特大干旱的发展过程较为一致。在干旱的整个时段内,NDVI与热岛强度总体上呈负相关关系,NDVI值越高,热岛效应越弱。城区和郊区干旱的非同步性导致了干旱在初中期主要起增强城市热岛效应的作用,而在后期则有减弱城市热岛效应的作用。总的来说,干旱的出现加重了城市热岛效应。

关键词:干旱;植被指数;城市热岛

中图分类号:X16

文献标志码:A

论文编号:2010-3051

Analysis of NDVI and Urban Heat Island during the Unusual Drought in 2006 Summer in Chongqing

He Zeneng, Yang Shiqi, Yi Jia

(Chongqing Institute of Meteorological Sciences, Chongqing 401147)

Abstract: In order to learn about urban heat island phenomena and disciplinarian during the unusual drought period, the MODIS remote sensing data and temperature data measured in automatic weather stations, which distributed in the urban and suburb were used to investigate the relation of NDVI and urban heat island during the unusual drought in 2006 summer in Chongqing. The result showed that in 2006 summer, the NDVI decreased with time, which mainly was consistent with the change trend of drought in 2006 summer in Chongqing. In the whole period of drought, in the mass NDVI negatively correlate with the urban heat island, the higher the NDVI was, the feebler the urban heat island was. Because of non-synchronization of drought in urban and suburb areas, in the early period drought strengthened urban heat island and in the later period of drought, it weakened urban heat island. All in all, the appearance of drought aggravated the degree of urban heat island.

Key words: drought; NDVI; urban heat island

0 引言

重庆市位于四川盆地东部,长江上游,地处丘陵地带,多山多雾,是全国有名的特大城市。随着重庆市社会经济的高速发展,工业化水平的提高和城市化进程的加剧,城市规模迅速膨胀,城市人口急剧增长,城市建筑物越来越密集,以及机动车辆的成倍增长,这

些变化显著地改变着整个城市的生态环境,以热岛效应为代表的热环境变化越来越明显。特别是在夏季,热岛效应的出现将加重高温酷热天气的危害,严重地影响到人们的正常生活和工作。重庆市夏季容易出现高温^[1-2]、干旱^[3-4]。2006年夏季,受全球变暖和天气扰动共同作用,重庆市出现了百年不遇的特大高温伏

基金项目:重庆市科技攻关项目“重庆市干旱遥感监测技术研究及系统开发”(CSTC,2009AC0125);重庆市自然科学基金项目“城市化进程对重庆都市圈局地气候的影响研究”(CSTC,2010BB7335)。

第一作者简介:何泽能,男,1980年出生,四川成都人,工程师,硕士,主要从事大气物理与化学、环境气象等方面的研究。通信地址:401147 重庆市渝北区龙溪镇新牌坊一路68号 重庆市气象局科研所, Tel: 023-89116119, E-mail: hezeneng@tom.com。

收稿日期:2010-10-27, **修回日期:**2010-11-16。

旱^[5-7]。在这样的极端天气气候背景下,热岛效应的出现无疑使高温酷热天气更为严重,产生的危害更大^[8]。另一方面,高温干旱的出现也将显著影响到下垫面状况的变化,从而影响到城市热岛强度的大小。

对城市热岛效应的研究方法,主要包括传统的城-郊温差气象观测法、基于遥感技术的定量反演法和基于边界层模型的模拟算法^[9]。第1种方法的时间连续性强,但由于站点一般较少,空间代表性不够全面。第2种途径具有空间连续分布的特点,但时间连续性不好,且反演结果受天气条件影响。第3种方法受边界层条件及模式模拟能力的影响。近年来,随着气象事业的发展,重庆市及周边地区兴建了许多自动气象站,一方面它加密了观测点,使观测的数据空间代表性更好;另一方面,它是不间断地观测,便于取得连续的观测数据并利于分析,这些都为重庆市城市热岛研究工作的开展提供了必备的资料条件。

国内外对城市热岛的研究已大量开展,并取得了很多研究成果^[10-15]。对于重庆市的城市热岛现象,也有人开展了一些研究,并取得了一些成果,揭示了重庆市城市热岛的主要变化规律及温度分布情况^[8,16-17]。但是在干旱对城市热岛的影响方面,还少有研究。

由于干旱指标一般都是用于评估月、季、年发生的干旱事件,不能反映出数天内干旱的变化,不便于探讨干旱对城市热岛的影响。而植被指数NDVI在干旱监测中具有重要作用,能够在一定程度上反映出干旱的进程,并且其时间分辨率为8天,可以用于探讨干旱对城市热岛的影响。因此,以MODIS遥感资料和重庆市主城区及其周边地区的自动气象站观测资料为基础,探讨2006年夏季特大干旱期间植被指数NDVI与城市热岛的变化规律,对于了解干旱对城市热岛的影响,减轻城市高温干旱的危害,改善整个城市的生态环境,提高人民的生活质量,维持城市可持续发展都具有重要的意义。

1 数据和方法

笔者以MODIS遥感资料反演分析2006年夏季重庆市特大干旱期间NDVI的分布及变化趋势;以重庆市主城区及其周边地区的自动气象站观测资料为基础,统计分析2006年夏季重庆市特大干旱期间城市热岛强度的变化趋势;并以相关分析统计植被指数NDVI变化对城市热岛强度变化趋势的影响。

1.1 NDVI的遥感反演

MODIS数据具有免费、分辨率较高、数据更新频率高等特点,因此笔者选择MODIS数据作为主要的遥感数据源。重庆市的影像位于H27V05和H27V06两

景影像内。本研究采用2006年夏季MODIS数据MOD09A1的地表反射率数据,通过公式(1)计算得到,产品级别L3,空间分辨率1 km,时间分辨率8天。NDVI的计算见公式(1)。

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \dots\dots\dots (1)$$

式中, ρ_1 、 ρ_2 分别是MODIS传感器的第1波段(620~670 nm),第2波段(841~876 nm)反射率。

MODIS产品原始的投影为正弦投影(sinusoidal projection),利用NASA官方网站提供的MRT(MODIS Reprojection Tool)软件转变成正轴等面积双标准纬线圆锥(ALBERS)投影(中央经线东经105°,2条标准纬线为北纬25°和北纬47°),椭球体采用WGS84并同时进行镶嵌拼接和重采样,采样精度为1000 m。

1.2 温度监测与热岛表征

为了综合评价城区和郊区的温度差异,同时考虑到各个测站地形高度的差异,笔者采用城区7站平均代表城区温度,以郊区19站平均代表郊区温度。重庆地区的地势起伏不平造成了各自动站的海拔高度差异比较大。为了避免因各站海拔高度差带来的温度偏差,对本研究中用于计算热岛强度使用的温度以气温垂直递减率(0.57°C/100 m)进行了温度订正。

笔者将城区平均温度与郊区平均温度的差值定义为城市热岛强度(UHI)。由于NDVI的时间分辨率为8天,因此本研究所计算的热岛强度也进行了同期的8日平均处理,以便进行对比分析。

$$UHI = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m T_i - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j \dots\dots\dots (2)$$

公式(2)中: m 为城区自动站的数量; n 为郊区自动站的数量; T_i 为订正后的城区自动站温度; T_j 为订正后的郊区自动站温度。

2 特大干旱期间的NDVI与城市热岛

2.1 NDVI的分布特征

用1.1中提到的方法求出重庆市主城周边的NDVI分布。图1中由白到黑表示NDVI由高到低,而NDVI值越高,表示植被越好。白色区即表示植被覆盖较高、植被生长较好地区,大多为山林地;淡灰色表示植被覆盖度中等,多为农田等作物;深灰色表示植被覆盖较差,多为城区绿化用地或建筑用地;黑色区域为水体,NDVI值最小。从图1中可以清晰地看出重庆市主城周边地区NDVI的分布和变化趋势。图1中,除了长江等水体区域NDVI值最小外,城区内也是明显的低值区域。城区外特别是山丘地带是明显的高值区

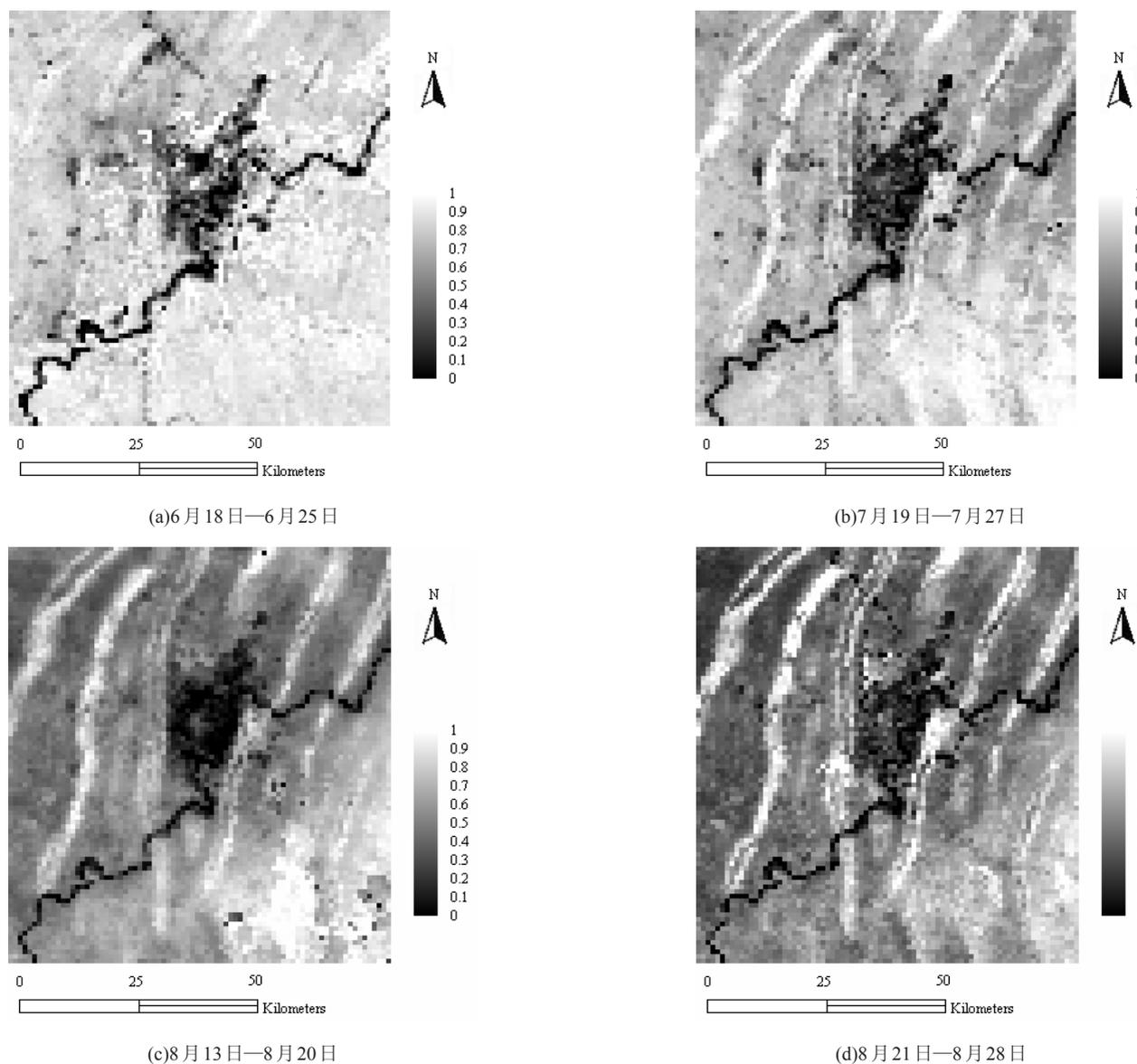


图1 2006年夏季重庆市主城及周边NDVI分布图

域,这些地带植被覆盖度高,NDVI值也较高。图1(a)~(c)中,城区的NDVI变化大于郊区,反映出干旱在初中期城区的进程快于郊区。图1(c)~(d)中,郊区的NDVI变化大于城区,反映出干旱在后期郊区的进程快于城区。因此,干旱在城区和郊区之间存在非同步性,初中期城区的进程快,后期郊区的进程快。

为进一步分析NDVI随时间的变化情况,本研究统计了图1中各时段内NDVI值的频率分布情况,其结果见图2。2006年6月重庆市降水量充足,此时干旱还未发生,城区和郊区的植被都很繁茂,因此6月18日—6月25日期间的NDVI值较高,且分布集中;进入到7月以后,降水量明显减少,此时下垫面的水分还尚充足,但城区与郊区等不同区域的干旱开始出现非同步性,因此7月19日—7月27日期间的NDVI值总体上

较之前有所减小,其值的频率分布也变宽并且呈双峰

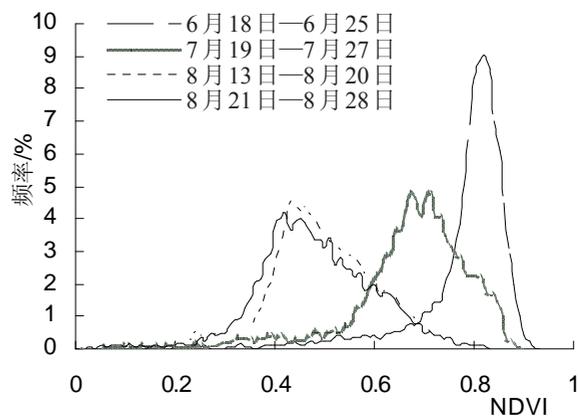


图2 各时段内NDVI值的频率分布图

分布。至8月中旬,重庆市持续高温少雨,干旱明显增强,因此可以从图2中看出8月13日—8月20日的NDVI值也明显减小。至8月下旬,重庆地区一直维持高温少雨,严重的旱情也在持续,但由于城区郊区的植被已经明显干枯萎缩难以再进一步的大幅变化,因此8月21日—8月28日的NDVI值虽有进一步的减小,但幅度不大。

综上所述,2006年夏季,重庆市主城及周边地区NDVI的变化规律为:在时间上,基本呈逐渐减小的趋势,与当时特大干旱的发展变化趋势较为一致,且城区和郊区之间的干旱进程存在非同步性。

2.2 NDVI及热岛的变化趋势

为了解2006年夏季重庆市特大干旱期间NDVI及城市热岛的变化情况,统计了其时间变化,见图3。其中NDVI和热岛强度都是同期的8日平均值。从图3可以看到,6月至7月初,NDVI的值比较高,且变化不大,表明这期间的干旱还不是很严重;从7月中旬开始NDVI持续减小,至9月初之后才逐渐好转,这期间是干旱期。因此,NDVI指数能够较清晰地反映2006年

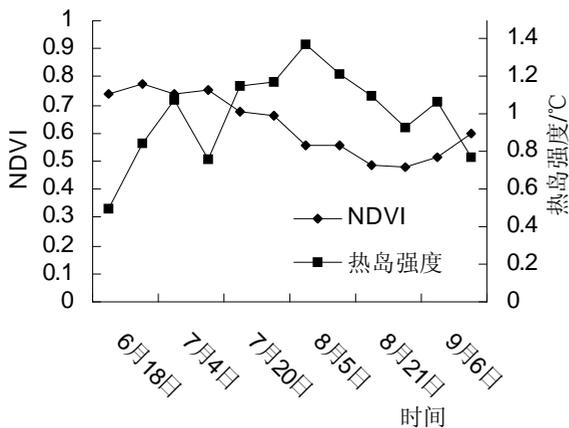


图3 2006年夏季重庆市NDVI及城市热岛的变化趋势

由于NDVI的变化和干旱的变化过程较一致,因此可以认为,干旱在初中期有增强城市热岛效应的作用,而干旱在后期则起减弱城市热岛效应的作用。

2.3 NDVI与城市热岛的相关性分析

为了解2006年夏季的特大干旱对城市热岛的影响,对研究时段内的城市热岛强度及NDVI值进行了回归分析(见图4),城市热岛与NDVI的拟合方程式(3):

$$y = -0.996x + 1.6206 \quad \dots\dots\dots (3)$$

上式的相关系数R为-0.447,通过了0.01显著性检验。结果表明,热岛强度与NDVI之间总体上存在显

著负相关关系,NDVI值越低,热岛强度越高。2006年夏季的NDVI变化对城市热岛效应产生了明显影响。由于2006年夏季期间NDVI的变化主要是由特大干旱造成,因此可以认为干旱的出现总体上加重了城市热岛效应。

夏季干旱的变化过程。热岛强度的总体变化趋势是先增强后减弱,7月和8月最强;热岛强度也有一些不规则波动,这主要是由于热岛强度的变化与天气现象等众多因素有密切关系。

比较NDVI和热岛强度的变化,不难看出,在8月中下旬干旱最严重的这段时间,NDVI和热岛强度的变化趋势一致;其他时段变化趋势相反;总体上表现出负相关关系。这主要是由于城区和郊区的干旱具有非同步性。在干旱初期,城市区域由于下垫面硬化程度高,对干旱的反应也就比较快,蒸发、蒸腾作用明显减弱,城区气温升高;而郊区下垫面硬化程度低,此时的水分还尚充足,蒸发、蒸腾作用变化不大,郊区气温升高幅度不大,因此干旱初、中期NDVI和热岛强度的变化趋势明显相反。在干旱后期,城区的蒸发、蒸腾作用难以再进一步减弱了,城区气温不再进一步的明显升高;而郊区下垫面的水分也明显不足,蒸发、蒸腾作用开始明显减弱,郊区气温升高明显,因此干旱后期虽然NDVI还在继续减小,但热岛强度也开始减弱,两者变化趋势相一致。

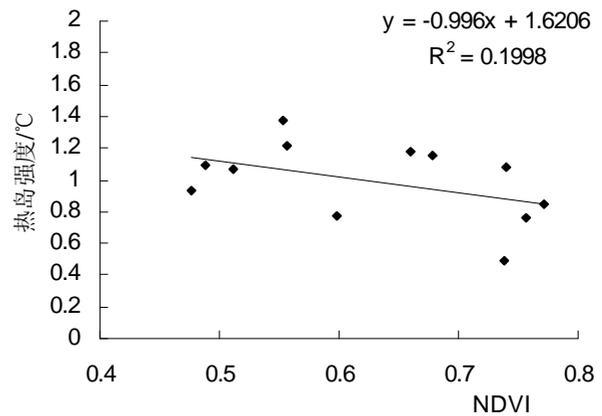


图4 2006年夏季重庆市NDVI与城市热岛的回归曲线图

著的负相关关系,NDVI值越低,热岛强度越高。2006年夏季的NDVI变化对城市热岛效应产生了明显影响。由于2006年夏季期间NDVI的变化主要是由特大干旱造成,因此可以认为干旱的出现总体上加重了城市热岛效应。

3 结论

通过分析NDVI与城市热岛之间的变化关系,可以探讨干旱对城市热岛的影响规律:2006年夏季,重庆市NDVI的变化在时间上基本呈逐渐减小的趋势,与干旱的发展过程较为一致;热岛强度的总体变化趋势是先增强后减弱,7月和8月最强;NDVI与热岛强度

总体上呈负相关关系,NDVI值越高,热岛效应越弱。

城区和郊区的干旱具有非同步性,即初中期城区的干旱进程比郊区快,后期城区的干旱进程减慢、郊区的干旱进程加快;干旱在初中期有增强城市热岛效应的作用,而干旱在后期则有减弱城市热岛效应的作用。总的来说,干旱的出现加重了城市热岛效应。

4 讨论

城市热环境的变化直接影响着居民的生活生产,特别是高温、干旱期间,城市热岛效应的出现会加重高温干旱的危害,因此探讨干旱期间的城市热岛效应具有重要的现实意义。干旱指标一般都是用于评估月、季、年发生的干旱事件,不便于探讨干旱对城市热岛的影响。因此,本研究通过分析NDVI与热岛的相关关系,间接探讨了干旱对城市热岛的影响。结果表明干旱的出现总趋势是加重城市热岛效应。

目前,国内外报道的研究干旱对城市热岛的影响方面的文献还很少。这主要是由于常用的干旱指标难以和热岛数据进行对比分析。本研究首次选用植被指数NDVI间接探讨了干旱对城市热岛的影响,并阐述了相互之间的主要变化规律,为干旱对城市热岛的影响研究提供了参考和借鉴作用。

本研究还发现城区和郊区的干旱具有非同步性,这一现象导致了干旱初中期城区NDVI变化较快、干旱后期郊区NDVI变化快。干旱的非同步性还对城市热岛的变化规律产生了影响,表现为干旱在初中期增强城市热岛效应,在后期减弱城市热岛效应。城区和郊区干旱的非同步性现象的提出对城市尺度的遥感和城市环境研究都有参考意义。

参考文献

[1] 唐云辉,高阳华.重庆市高温分类与指标及其发生规律研究[J].西

南农业大学学报,2003,25(1):88-91.

- [2] 李永华,刘德,向波.重庆市近50a来高温变化多时间尺度分析[J].气象科学,2003,23(3):325-331.
- [3] 高阳华,冉荣生,唐云辉,等.重庆市干旱的分类与指标[J].贵州气象,2001,25(6):16-18.
- [4] 唐云辉,高阳华,冉荣生.重庆市夏季干旱时空分布特征研究[J].贵州气象,2002,26(2):14-18.
- [5] 李永华,徐海明,刘德.2006年夏季西南地区东部特大干旱及其大气环流异常[J].气象学报,2009,67(1):81-83.
- [6] 邹旭恺,高辉.2006年夏季川渝高温干旱分析[J].气候变化研究进展,2007,3(3):149-153.
- [7] 彭京备,张庆云,布和朝鲁.2006年川渝地区高温干旱特征及其成因分析[J].气候与环境研究,2007,12(3):464-474.
- [8] 何泽能,李永华,陈志军,等.重庆市2006年夏季城市热岛分析[J].热带气象学报,2008,24(5):527-532.
- [9] 宫阿都,徐捷,赵静,等.城市热岛研究方法概述[J].自然灾害学报,2008,17(6):96-99.
- [10] Morris C J G, Simmonds I, Plummer N. Quantification of the influences of wind and cloud on the nocturnal urban heat island of a large city[J].Journal of Applied Meteorology,2001,40:169-182.
- [11] Jiang Zhangyan, Chen Yunhao, Li Jing. On urban heat island of Beijing based on landsat TM data[J].Geo-Spatial Information Science,2008,9(4):293-297.
- [12] 王艳姣,张培群,董文杰,等.基于MODIS数据的重庆市地表热环境效应研究[J].环境科学研究,2008,21(3):98-103.
- [13] 张尚印,徐祥德,刘长友,等.近40年北京地区强热岛事件初步分析[J].高原气象,2006,25(6):1147-1153.
- [14] 范绍佳,董娟,郭璐璐,等.城市发展对广州温度场影响的分析[J].热带气象学报,2005,21(6):623-627.
- [15] 王勇,李发斌,李何超,等.RS与GIS支持下城市热岛效应与绿地空间相关性研究[J].环境科学研究,2008,21(4):81-87.
- [16] 任启福.重庆城市热岛效应[J].重庆环境科学,1992,14(3):37-41.
- [17] 李子华,唐斌,任启福.重庆市区冬季热岛和湿岛效应的研究[J].地理学报,1993,48(4):358-366.