

# 广东省农业旱灾遥感监测

高懋芳<sup>1</sup>, 张虹鸥<sup>2</sup>, 秦晓敏<sup>3</sup>, 覃志豪<sup>1,4</sup>, 周霞<sup>2</sup>, 杨秀春<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 广东省环境科学与技术公共实验室, 广州 510650; 3. 山东省土地勘测规划院, 济南 250014; 4. 南京大学国际地球系统科学研究所, 南京 210093)

研究了基于遥感与GIS的广东省农业旱灾遥感监测方法,建立了农业旱情遥感监测评估模型。该模型结合MODIS遥感数据、地面气象观测资料以及当地基础地理信息系统数据,分析评价了2006年5~10月广东省每旬的农业旱情发展变化过程,结果与2006年广东农业旱情发展变化趋势吻合程度很好,表明这一监测方法能够用来有效地监测评价广东省农业旱情发展时空变化。

广东省; 农业旱灾; 旱情监测; 遥感; MODIS

TP 79

A

1001-070X 2008 03-0094-06

## 0 引言

广东省的干旱非常严重,2004年发生了半个世纪以来最严重的农业旱灾,受灾面积7280 km<sup>2</sup>,成灾3200 km<sup>2</sup>,直接经济损失超过35亿元。空间遥感技术的发展使大面积观测地表成为可能,如何利用遥感与地理信息系统进行实时的旱情监测,并提出有效的应对措施,对农业生产有很重要的意义<sup>[1]</sup>。

目前,国内外用于农业旱灾遥感监测的方法有很多,从原理上可分为两大类<sup>[2,3]</sup>:一类是基于土壤水分的变化会引起土壤光谱反射率的变化,主要用于裸地或低植被覆盖区域;另一类则基于干旱会引起植物生理过程的变化,从而改变叶片的光谱属性,并显著地影响植被叶冠的光谱反射率,主要用于植被覆盖较好的区域。早在1965年,Bowers等<sup>[4,5]</sup>就发现裸地土壤湿度增加会引起土壤反射率降低;Watson等<sup>[6,7]</sup>最早成功地应用了热惯量模型;Jackson等<sup>[8]</sup>提出了作物缺水指数的概念;申广荣等<sup>[9]</sup>在GIS支持下,建立了黄淮海平原旱情监测系统;另外还有多种基于植被指数或地表温度的干旱遥感监测方法,如距平植被指数(AVI)<sup>[10]</sup>和温度植被旱情指数(TVDI)<sup>[11]</sup>等。

虽然可用于农业旱灾监测的方法有很多,但大都只是试验性的研究,难以实现业务化运行<sup>[12]</sup>,主要存在的问题有两个:一是单一的指数法进行旱情监测,

精度有限,无法保证全国范围内的适用性;二是一些指数虽然可以相对精确地做出监测,但是计算过程复杂,需要的地表参数比较多,而且不容易获得,只适合于小区域的研究,不适合长期的业务化运行以及每旬的汇报。因此,探索一套相对精准的、适合长期业务化运行的广东省农业旱灾监测方法非常必要。

本研究以MODIS数据为主,计算出广东全省范围内每天的植被供水指数,并进行旬合成,得到每旬内遥感旱情监测结果;同时,结合地面实时观测的气象资料以及地形,地表覆盖等基础数据建立GIS数据库,通过多因素的综合评价得出旱情监测结果。

## 1 研究区概况

广东省地处中国大陆最南部,地貌类型复杂多样,地势总体北高南低。广东南北跨热带和亚热带,是全国光、热和水资源比较丰富的地区之一。由于受季风气候的影响,降水的季节分布很不均匀,4~9月的汛期降水占全年的80%以上;年际变化也比较大,多雨年降水量为少雨年的2倍以上。广东省地质构造复杂,在粤北石灰岩地区,地下溶洞暗河多,渗漏严重,水分难以蓄存。全省土壤类型以红壤为主,蓄水能力差,淋溶作用强烈,易受干旱危害。

由于降水分布不均以及特殊的地质地貌结构,广东省成为旱灾多发地区。以南岭为主的粤北山地阻挡了北部锋面雨的深入,使降水自北向南明显减

少,春旱亦呈北向南加重;而以平原、台地地形为主的雷州半岛地势低平,不易形成地形雨,成为受干旱影响比较严重的区域。2004年发生的特大旱灾持续时间长、影响范围广、灾害损失重,给广东的农业生产、居民生活、生态环境造成了巨大损失和严重危害。因此,实施广东省农业旱灾遥感监测的业务化运行,动态监测农业旱情发展,为相关部门及时掌握干旱的空间分布及其发展过程,制定和实施抗旱减灾措施提供科学的依据,对于农业的长期稳定发展和国家的粮食安全有着非常重要的意义。

## 2 农业旱灾监测原理与方法

农业旱灾监测基本原理是通过遥感技术监测农作物的水热胁迫程度,然后分析评价农业旱灾严重程度。水热是农作物生长的基本要素,作物生长发育是通过水热循环来调整作物的光合作用。当作物水热循环受到胁迫时,作物吸收作用减弱,叶面温度升高,生长发育受损,叶绿素浓度下降。因此,通过监测作物叶面绿度指数、温度和降雨变化可以基本反映作物的水热胁迫程度,进而分析评价作物的干旱缺水程度和旱灾严重性。

广东省农业旱灾遥感监测是结合遥感与GIS数据,综合分析作物叶面绿度、温度和降雨变化的过程,涉及的数据量大,处理比较复杂,其流程如图1所示。监测分析过程主要包括遥感数据处理及干旱指数计算、气象数据处理及降水距平计算、两指数耦合与GIS综合分析3个部分。

测的首选数据。本研究收集了2006年5~10月北京站与广州站的2000多景MODIS数据,利用该数据反演得到了广东省农业旱灾监测的基本参数,如植被指数、地表温度及作物供水指数等。

### 2.1.1 遥感数据预处理

传感器测得的地物信息是以DN值的形式记录的,也就是我们得到的影像的初始值。要进行地面参数的定量反演,首先需要根据图像的增益和漂移来计算反射亮度值和辐射亮度值(针对可见光近红外波段取反射亮度值,针对热红外波段计算辐射亮度值)。MODIS卫星采用在轨定标方法,不同时刻、不同通道数据的定标参数是不同的,需要从每一景影像的头文件中读取所需要的定标参数 *scales* 和 *offsets*,计算辐射亮度值和反射亮度值的公式为

$$\rho = (DN - offset) \cdot scales \quad (1)$$

式中, $\rho$ 为辐射亮度值或反射亮度值; $DN$ 为影像的灰度值;*offset*和*scales*分别是偏移量和增益量,可以利用通用遥感图像处理软件或者编程读取。

云层通常是农业遥感应用的最大障碍。在干旱监测中,云层覆盖下面的地表光谱信号往往难以透过云层抵达卫星传感器,因此,去除云的影响是农业旱情遥感监测的重要处理步骤。在此我们采用了NASA的标准算法进行严格的云检测,标订出4种云的状态:确定有云、可能有云、可能无云和确定无云。对于前面两种情况则去除掉,只利用确定无云和可能无云的像元进行农业旱灾监测参数的计算。

### 2.1.2 植被指数的计算

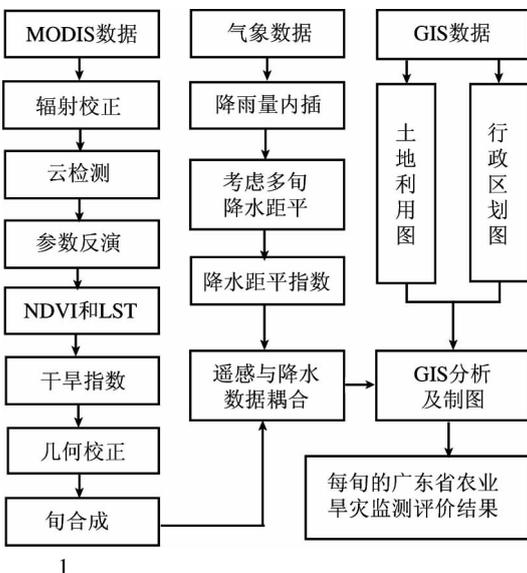
植被指数是表征地球表面生物量的重要参数,它是由多光谱数据经线性或非线性组合形成的,对植被有一定的指示意义。地表植被的生长状况与土壤水分有密切的关系,只有在水分供应充足的情况下,作物才能正常生长,反之则作物受干旱胁迫,甚至无法生长,因此植被指数成为干旱监测的一个基本参数。目前国内外已经提出的植被指数有20余种<sup>[13]</sup>,其中归一化植被指数(NDVI)是应用最广泛的一种,其计算公式为

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (2)$$

式中, $\rho_1$ 和 $\rho_2$ 分别为MODIS数据第1、2两个波段的反射亮度值。

### 2.1.3 地表温度反演

地表温度是表征地表能量状况的一个重要物理量,也是农业旱灾监测的一个基本参数。地表温度遥感反演根据所选波段的不同有单通道算法、分裂窗算法(又称劈窗算法)和多通道算法3种,其中分裂窗算法是迄今为止发展最为成熟的算法<sup>[14]</sup>,国际



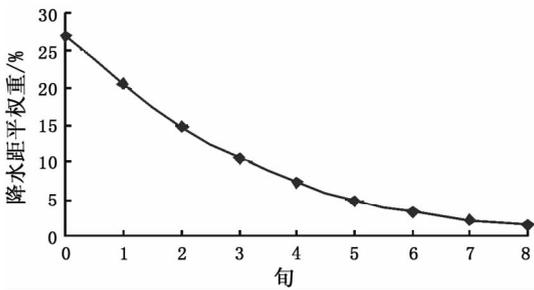
2.1 由于MODIS数据具有多波段、高时间分辨率、高质量和低成本的特点,因此成为农业旱灾遥感监



干旱是一个持续的过程,降水量对农业旱情的影响也是一个积累的过程。因此,本旬内的缺水并不代表一定干旱,需要同时考虑前期的降雨量。本

$$MSRI = A_0 \times SRI_0 + A_1 \times SRI_1 + A_2 \times SRI_2 + A_3 \times SRI_3 + \dots + A_8 \times SRI_8 \quad (6)$$

式中, $MSRI$  是考虑多旬降雨量的综合降水距平指数(取值 0 ~ 100),值越大越湿润; $SRI_0$  和  $A_0$  分别是当旬的降雨距平指数及其权重; $SRI_1 \sim SRI_8$  和  $A_1 \sim A_8$  分别是历史各旬降雨距平指数及其权重。当  $SRI_0 = 100$  时,取  $MSRI = SRI_0$ ,说明如果当旬降雨相当多,足够湿润则不至于发生干旱。各旬降雨距平指数的权重如图 3 所示。



3

综合降水距平指数  $MSRI$  只有 17 个气象站点的数据,如果直接外推台站所在地及邻近地区的降水距平,精度就难以保证。考虑到遥感图像 1 km 的分辨率,就要求每个点上有相应的降水数据,因此选用最优插值法对气象数据进行插值。最优插值理论广泛应用于气象要素场的客观分析、数值天气预报以及气象网站的设计中,这种方法的优点是各已知点的内插权重不是预先确定的而是根据它们对内插点所做“贡献”的大小,以一定的数学方法求取的<sup>[19]</sup>。降水距平指数插值完成后统一转成栅格形式,采用 Albers 等面积投影,以便与遥感数据进行综合分析。

### 2.3 GIS

通过以上计算得到了农业旱情监测的 2 个关键因子——作物供水指数和降水距平指数。农业旱灾是这 2 个关键因子共同作用的结果,本研究综合考虑二者的影响,建立标准化农业旱情指数,即

$$SADI = B_1 \times SDI + B_2 \times MSRI \quad (7)$$

式中, $SADI$  为农业旱情综合监测指数; $B_1$ 、 $B_2$  分别是作物缺水指数和降水距平指数的权重,根据不同的时期和地表类型来确定。根据广东省的地形及地表覆盖特点,本研究取  $B_1 = 0.6$ ,  $B_2 = 0.4$ 。为了便于对干旱进行描述,本研究划分了几个不同的级别, $SADI$  为 1 ~ 15 为重旱、15 ~ 30 为中旱、30 ~ 50 为轻旱、50 ~ 70 为正常、70 ~ 100 为湿润。

计算得到农业旱情综合监测指数以后,便可以

研究考虑了本旬及前 8 旬(共 3 个月)的降雨影响,通过模拟分别对每旬的降雨量赋予不同的权重,得到综合的降水距平指数,即

根据广东省土地利用图,结合地理信息系统技术,分析耕地受旱的情况。同时叠加上行行政界线图,分析不同区域受旱状况,统计每个区域耕地受旱面积,进行灾后的损失评估。

## 3 结果分析

根据本文所述方法,研究分析了 2006 年 5 ~ 9 月份广东省每旬的农业旱情,得到的结果如插页彩片 34 所示。从中可以看出 2006 年广东农业旱情不是很严重,大部分地区农业生产处于正常,但区域分布差异较大,总体上看,5 月下旬和 6 月上旬最为湿润,5 月中旬、7 月上旬、8 月中旬和 9 月下旬旱情较严重。

分旬来看,广东 5 月上旬大部分地区表现为正常或者湿润,只有雷州半岛干旱比较严重,其中半岛南端中旱,半岛中部轻旱,西部则有小面积的重旱;中旬,雷州半岛的旱情进一步加剧,大部分地区转变为重旱,中旱的地区也向北发展,到了高州市的中部省内中部和北部的部分地区也出现了中旱,但面积不是很大;下旬,雷州半岛地区的旱情得到缓解,大部分转为中旱,旱情的区域也退到了廉江市以南地区半岛以北的大部分地区则为湿润或者正常,这是监测时段内广东省最为湿润的一旬。6 月上旬,省内大部分地区仍然保持湿润,但雷州半岛地区的旱情又有所发展;中旬,半岛地区的旱情面积扩大,但强度不是很高;下旬,半岛地区的旱情已经解除,但省内大部分地区出现了中旱。7 月上旬,广州市及其周边地区,东部山区出现了中旱,部分地区轻旱;中旬,这种大面积轻旱的情况有所改变,中部以及北部山区多为湿润或者正常,只有阳东、阳江及其周围部分地区有旱情,雷州半岛地区的旱情有所抬头;下旬,阳江一带旱情缓解,雷州半岛南端出现了小面积的中旱。8 月上旬,全省基本没有什么旱情,中下旬则出现了分布较广的中旱,但只是一个短期现象,强度也不是很大。9 月上旬和中旬,大部分地区为正常,只有零星的地区有中旱,不会对大局造成影响;下旬,广东省的秋旱开始,全省范围内出现旱情,其中以广州市为中心的珠江三角洲地区最为严重,西北部山区稍好。

总的来说,2006 年广东省农业旱灾不是很严重,只有雷州半岛表现出了持续性的旱情,另外珠江

三角洲地区在6月末7月初、8月中旬以及9月上旬表现出了不同程度的旱情,其它大部分地区则相对比较好。到目前为止,关于广东省2006年农业旱灾的空间分布研究比较少,中国农业统计年鉴公布2006年广东省农业旱灾的受灾面积为1 300 km<sup>2</sup>,成灾面积580 km<sup>2</sup>,绝收面积30 km<sup>2</sup>。

## 4 结论与讨论

本研究在分析现有农业旱情监测模型的基础上,结合广东地理环境和农业生产特征,利用遥感与GIS技术建立了广东省农业旱灾遥感监测方法,并运用该方法分析研究了2006年广东农业旱情发展变化时空过程。这一监测方法以作物缺水指数为基础,把空间遥感和地面台站观测结合起来,构建农业旱灾综合指数模型,用以表征农作物的水热胁迫程度,进而评价农作物的旱灾严重程度,克服了传统监测模型带来的旱情监测结果不确定性问题。作物水热胁迫直接导致作物叶面绿度指数和温度变化,因此,基于作物绿度指数和温度变化的作物缺水指数能较好地反映作物的干旱严重程度。但是,在作物叶面郁闭度较低的情况下,作物缺水指数与旱情之间的关系表现出较强的不确定性。本研究针对这一问题进行了深入分析,提出了基于绿度指数的旱情评判标准,并对整个分析评价过程进行标准化处理。

由于干旱缺水是农业旱灾形成的基础,因此本研究同时考虑降雨对旱情监测结果的影响,把降雨距平指数进行改进带入到旱情监测模型中,形成作物缺水指数与降雨距平指数的耦合模型,构建旱情遥感监测方法。由于降雨的影响是一个渐进的过程,因此耦合模型考虑到前8旬的降雨距平影响。通过标准化处理后,这一监测方法的旱情监测评价结果在不同时期具有可比性,因此,可以根据不同级别旱情分布进行受灾范围统计,评估可能的旱灾损失,为农业部门抗旱减灾工作提供更加直接可用的结果。同时,还通过先进的数据处理技术对这一监测方法进行编程处理,在较短的时间内就可完成每一旬的旱情监测分析评价,得到旱情分析以及可能损失评估结果。

用这一监测方法来监测评价2006年广东省农业旱情发展变化时空过程。虽然2006年广东农业旱情不是很严重,监测期内大部分地区农业生产处于正常,但区域分布差异较大。总体上看,5月中旬、7月上旬、8月中旬和9月下旬旱情较严重,其中雷州半岛在5月中旬的旱情最为严重。通过与当地有关部门的沟通印证,这一监测结果比较符合2006年广东

省农业旱情的发展变化过程。因此可以认为,这一监测方法基本上是可行的,适合于进行广东省的农业旱情业务化监测工作。把这一研究成果建立成业务化监测系统,将能为广东省有关部门提高抗旱减灾工作效率提供更加科学的依据,对于其它省区的农业旱灾监测评价也将有较大的借鉴作用。

- [1] 闫峰,李茂松,王艳姣,等. 遥感技术在农业灾害监测中的应用[J]. 自然灾害学报,2006,15(6):131-136.
- [2] 闫峰,覃志豪,李茂松,等. 农业旱灾监测中土壤水分遥感反演研究进展[J]. 自然灾害学报,2006,15(6):114-121.
- [3] 刘志明,张柏,晏明,等. 土壤水分与干旱遥感研究的进展与趋势[J]. 地球科学进展,2003,18(4):576-583.
- [4] Bowers S A, Hanks R J. Reflection of Radiant Energy from Soil[J]. Soil Science, 1965, 100(2): 130-138.
- [5] Bowers S A, Smith S J. Spectrophotometric Determination of Soil Water Content[J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1972, 36: 978-980.
- [6] Watson K, Rowen L C, Offield T W. Application of Thermal Modeling in the Geologic Interpretation of IR Images[J]. Remote Sensing of Environment, 1971, 3: 2017-2041.
- [7] Watson K, Pohn H A. Thermal Inertia Mapping from Satellites Discrimination of Geologic Units in Oman[J]. J. Res. Geol. Surv., 1974, 2(2): 147-158.
- [8] Jackson R D, Idso S B, Reginato R J, et al. Canopy Temperature as a Crop Water Stress Indicator[J]. Water Resource Res., 1981, 17: 1133-1138.
- [9] 申广荣,田国良. 基于GIS的黄淮海平原旱情监测研究[J]. 自然灾害学报,1998,7(2):17-21.
- [10] 陈维英,肖乾广,盛永伟. 距平植被指数在1992年特大干旱监测中的应用[J]. 环境遥感,1994,9(2):106-112.
- [11] Sandholt I, Rasmussen K, Andersen J. A Simple Interpretation of the Surface Temperature/Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status[J]. Remote Sensing Environment, 2002, 79: 213-224.
- [12] 唐巍,覃志豪,秦晓敏. 农业干旱遥感监测业务化运行方法研究[J]. 遥感信息,2007,(2):37-41.
- [13] 田庆久,闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球科学进展,1998,13(4):327-333.
- [14] 覃志豪,Zhang M, Karnieli A. 用NOAA-AVHRR热通道数据演算地表温度的劈窗算法[J]. 国土资源遥感,2001,(2):33-41.
- [15] Qin Z, Dall'Olmo G, Karnieli A, et al. Derivation of Split Window Algorithm and Its Sensitivity Analysis for Retrieving Land Surface Temperature from NOAA-Advanced Very High Resolution Radiometer Data[J]. Journal of Geophysical Research, 2001, 106(D19), 22655-22670.
- [16] 覃志豪,高懋芳,秦晓敏,等. 农业旱灾监测中的地表温度遥感反演方法——以MODIS数据为例[J]. 自然灾害学报,2005,14(4):64-71.
- [17] 高懋芳,覃志豪. 中国MODIS地表温度产品验证分析[J]. 国土资源遥感,2006,(3):15-18.

[18] 高懋芳,覃志豪,刘三超. MODIS 数据反演地表温度的参数敏感性分析[J]. 遥感信息,2005,(6),3-6.

[19] 申广荣,田国良. 作物缺水指数监测旱情方法研究[J]. 干旱地区农业研究,1998,16(1):123-128.

## REMOTE SENSING MONITORING OF AGRICULTURAL DROUGHTS IN GUANGDONG PROVINCE USING MODIS SATELLITE DATA

GAO Mao-fang<sup>1</sup>, ZHANG Hong-ou<sup>2</sup>, QIN Xiao-min<sup>3</sup>, QIN Zhi-hao<sup>1,4</sup>, ZHOU Xia<sup>2</sup>, YANG Xiu-chun<sup>1</sup>

(1. *Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;*

2. *Guangdong Public Laboratory of Environmental Science and Technology, Guangzhou 510650, China;*

3. *Shandong Institute of Land Investigation and Planning, Ji'nan 250014, China;*

4. *International Institute for Earth System Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)*

**Abstract:** Drought has long been one of the most serious natural disasters having important impacts on agricultural farming in Guangdong province. Agricultural drought monitoring using remote sensing and Geographic Information System (GIS) was examined in this paper. A practical approach was presented for agricultural drought monitoring and assessment in Guangdong province. An operational monitoring system was developed on the basis of the approach. Using the MODIS satellite data as the main input, the authors carried out a preliminary operation of the system for the year 2006 to assess drought severity in each 10-days from March to October. The results show that the drought phenomenon was not very severe in 2006 in Guangdong province. It can be seen that light drought events happened in the province in mid-May, early-July, mid-August and late-September. The monitoring results are consistent to the spatial variation of drought events observed in the province in 2006, indicating the applicability of the approach to drought monitoring.

**Key words:** Guangdong province; Agricultural drought; Drought monitoring; Remote sensing; MODIS

高懋芳(1980-),女,助理研究员,主要从事热红外遥感应用、农业灾害的遥感监测与GIS应用等方面的研究。

## GEOLOGICAL CAUSES FOR THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF DESERTIFICATION IN SONGLIAO PLAIN

Zhao Fu-yue<sup>1</sup>, Lu Yun-ge<sup>1</sup>, Jiang De-ren<sup>1</sup>, Chen Shu-wang<sup>2</sup>, Jiang Qi-gang<sup>3</sup>

(1. *China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China;*

2. *Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110000, China;* 3. *Jilin University, Changchun 130000, China)*

**Abstract:** Based on RS images in combination with Optically Stimulated Luminescence(OSL) dating, pollen analysis and field geological survey, the authors deal with the formation and change of the Songliao Lake since late Pleistocene in the aspects of strata, neotectonics and depositional environment, which sheds light on the geological causes for modern desertification in Songliao plain.

**Key words:** Songliao plain; Depositional environment; Desertification, Arc faulted uplift

赵福岳(1953-),男,教授级高级工程师。主要从事区域地质、矿产地质及生态环境地质遥感应用研究。