

## 基于多时相环境星数据的甘蔗收割过程遥感监测

马尚杰<sup>1</sup>, 裴志远<sup>1\*</sup>, 汪庆发<sup>1</sup>, 郭琳<sup>1</sup>, 梁自力<sup>2</sup>, 滕冬建<sup>2</sup>

(1. 农业部规划设计研究院, 北京 100125; 2. 广西壮族自治区农业资源区划办公室, 南宁 530022)

**摘要:** 广西是中国最大的蔗糖产地, 种蔗面积和蔗糖产量均占全国的约 60%。及时、准确地监测广西甘蔗种植和收割信息, 对于甘蔗生产具有重要的意义。该文采用多时相 HJ-1 A、B 星 CCD 图像开展广西扶绥县甘蔗种植和收割信息提取及面积估算示范研究。选取从 2009 年 11 月 5 日到 2010 年 2 月 19 日共四个时相 CCD 图像, 逐时相提取甘蔗信息, 通过叠加运算, 得到相邻两个时相期间甘蔗收割范围和收割面积, 完成对 2009/2010 榨季甘蔗种植和收割情况的遥感监测。研究表明, 1) 在适当的时相下, HJ-1 A、B 星 CCD 图像的空间分辨率, 波段设置和辐射分辨率, 能够满足县域及以上区域尺度下地物复杂地区进行大宗农作物种植信息提取和面积估算的应用需求; 2) 多时相 HJ-1 A、B 星 CCD 图像能够监测甘蔗收割过程, 可以满足时相要求较高的农业资源调查统计遥感应用的要求。

**关键词:** HJ-1 A、B 星 CCD 图像, 多时相, 甘蔗收割过程, 遥感

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.03.041

中图分类号: S127, TP79

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-03-0215-05

马尚杰, 裴志远, 汪庆发, 等. 基于多时相环境星数据的甘蔗收割过程遥感监测[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 215-219.

Ma Shangjie, Pei Zhiyuan, Wang Qingfa, et al. Research of sugarcane harvest process monitoring with multi-temporal HJ-1 satellite data[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 215-219. (in Chinese with English abstract)

### 0 引言

广西是中国最大的蔗糖产地, 种蔗面积和蔗糖产量均占全国的约 60%。甘蔗的榨季一般是 11 月中旬到第二年 3 月中旬<sup>[1]</sup>。榨季的安排对甘蔗产量和蔗糖产量影响很大, 恰当的收获期, 可以避免因甘蔗糖分未达到高峰期或后期糖分分解下降而造成糖分损失<sup>[2]</sup>, 提高甘蔗产量和蔗糖产量。及时、准确地监测广西甘蔗种植和收割信息, 对国家有关部门制订食糖进出口计划和制订国内食糖贸易相关政策等, 特别是制糖企业根据监测信息来指导和安排生产都有着十分重要的意义。传统的信息获取主要是通过当地糖业主管部门或制糖企业的技术人员, 以及农村基层技术干部、联络员等通过实地调查, 逐级上报、汇总等方法实现, 不仅消耗大量的人力、物力、财力, 而且受限于调查人员的知识、工作经验积累等方面的差异, 调查结果与实际情况相比都会存在一定的差异。利用客观、定量、便捷、快速的遥感资料开展甘蔗种植和收割信息的监测, 是一种既经济快速又准确的信息获取手段。广西利用 MODIS、ETM 等遥感数据进行了甘蔗种植信息提取和面积估算<sup>[3-4]</sup>、长势监测<sup>[5]</sup>、冻害<sup>[6-8]</sup>、干旱<sup>[9-10]</sup>监测评估等, 取得了大量成果, 而对于甘蔗收割过程

的遥感监测还很鲜见。

环境减灾小卫星星座(全称“环境与灾害监测预报小卫星星座”)是由多卫星、多传感器组成的遥感卫星星座系统, 主要服务于对自然灾害、环境污染、气候变化等大范围、全天候、全天时动态遥感监测。第一阶段的建设目标是建成由两颗光学星(环境减灾 A、B 星)和一颗雷达星(环境减灾 C 星)组成的“2+1”星座。环境减灾 A、B 星(HJ-1 A、B 星)于 2008 年 9 月 6 日上午 11:25 成功发射。HJ-1 A、B 星各搭载两台多光谱相机(CCD), 包括 3 个可见光波段和一个近红外波段, 具有较高空间分辨率(30 m)和较大幅宽(大于等于 700 km)的特点。HJ-1 A、B 星采用准太阳同步圆轨道, 轨道回归周期为 31 d, A、B 星运行于同一轨道面, 呈 180°相位差分布, 双星配合可实现 2 d 重访<sup>[11-12]</sup>。

HJ-1 A、B 星 CCD 图像, 具有幅宽大、重访周期短等特点。在广西多云多雨区, 与其他光学卫星相比, 获取图像相对容易。同时, HJ-1 小卫星作为国产卫星, 与国外收费卫星昂贵的费用相比, 可以满足多时相、大范围应用。本文拟采用多时相 HJ-1 A、B 星 CCD 图像开展广西扶绥县甘蔗种植和收割信息提取及面积估算示范研究, 以便为广西甘蔗生产提供决策依据。同时, 有针对性地评估 HJ-1 A、B 星在农业资源调查动态遥感监测中的应用能力, 为今后的 HJ-1 A、B 星 CCD 图像开展更多领域的应用研究奠定基础。

### 1 材料和方法

#### 1.1 材料准备

实验区选择广西壮族自治区崇左市扶绥县。属亚热带

收稿日期: 2010-08-02 修订日期: 2010-12-07

基金项目: 国防科学技术工业委员会 HJ-1 卫星数据应用研究专题(2009A02A0100)

作者简介: 马尚杰(1983—), 男, 河南南阳人, 助理工程师, 主要从事遥感图像处理及 GIS 应用与研究工作。Email: mashangjie@agri.gov.cn

\*通信作者: 裴志远(1968—), 男, 安徽人, 研究员, 主要从事农业遥感应用与研究工作。Email: peizhiyuan@agri.gov.cn

带湿润季风区, 四季长青, 地貌以丘陵、台地平原为主, 地物类型比较丰富, 历年来普遍有种植甘蔗的习惯, 常年甘蔗种植面积在 8 万  $\text{hm}^2$  左右, 是广西壮族自治区种植甘蔗重点县。同时还种植水稻、花生、麻类等其他作物。

试验所用数据有 2009 年 11 月 5 日、2009 年 11 月 23 日、2009 年 12 月 5 日、2010 年 2 月 19 日环境一号小卫星 HJ1-A、HJ1-B 的多光谱 CCD 影像。时间跨度从 2009 年 11 月 5 日至 2010 年 2 月 19 日, 覆盖 2009/2010 甘蔗榨季的大部分时间。两景获取时间分别为 2009 年 4 月 16 日和 2009 年 4 月 26 日的法国 SPOT4 图像。这两景 SPOT4 图像利用地面控制点进行了几何校正, 这里作为环境星的参考图像使用。扶绥县行政界线矢量图以及其他基础地理数据。解译标志和验证点等地面实测数据, 来源于 2009 年 5 月、8 月、11 月 3 次赴扶绥野外调查。所有解译标志和验证点通过手持 GPS 定位并记录属性信息, 定位精度 5~10 m。

## 1.2 技术方法

本次试验的技术路线是首先进行遥感图像的几何校正和投影变换、研究区裁切等预处理, 然后建立典型地

物解译标志, 再对第一时相 CCD 数据进行甘蔗信息提取获取年度甘蔗种植信息并利用地面验证点对提取精度进行评价, 再利用第一时相提取结果对第二时相 CCD 数据掩膜处理进行第二时相甘蔗信息提取, 依次完成 4 个时相的甘蔗信息提取。最后将前后两个时相的甘蔗信息做叠加运算, 获得两个时相期间的甘蔗收割范围和收割面积, 进而得到监测期间的甘蔗收割过程情况 (见图 1)。详细步骤如下:

1) 图像精校正与投影转换。利用覆盖相同区域且已经完成几何精校正的 SPOT4 的图像作为参考图像, 分别对 4 个时相的环境星图像进行几何精校正。并将投影转换成正轴等积双标准纬线割圆锥投影 (albers), 椭球体为 krasovsky。

2) 研究区裁切。利用扶绥县行政界线矢量数据分别对完成几何精校正的 4 个时相的环境星图像进行研究区边界裁切。

3) 建立典型地物解译标志。通过 2009 年 5 月、8 月、11 月 3 次实地调查, 建立典型地物 (水体、林地、甘蔗、水稻、香蕉、果园、玉米、麻类等) 的解译标志。

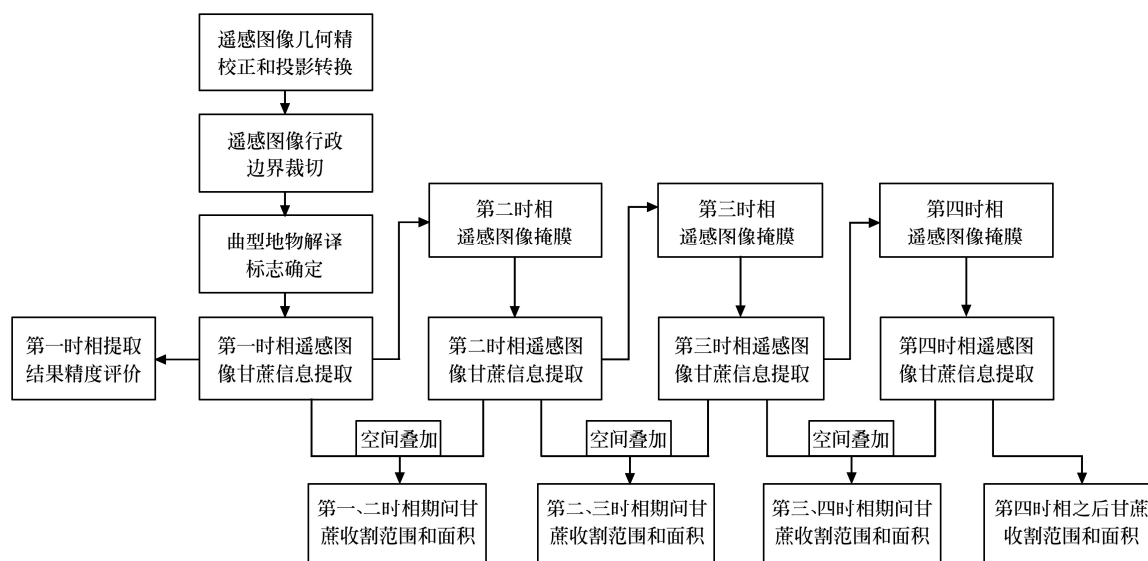


图 1 甘蔗收割过程遥感监测流程图

Fig.1 Flow of monitoring sugarcane harvesting process

4) 甘蔗收割过程遥感监测。通过对 4 个时相遥感图像逐时相进行甘蔗信息提取, 然后前后 2 个时相的甘蔗信息做叠加运算, 获得两时相期间的甘蔗收割范围和收割面积。首先提取第一时相, 即 2009 年 11 月 5 日的甘蔗信息, 作为该年度甘蔗的种植信息。用第一时相得到的甘蔗信息作为掩膜文件, 对第二时相的遥感图像作掩膜处理, 然后进行甘蔗信息提取获得第二时相的甘蔗信息。依次类推, 得到第三时相、第四时相的甘蔗信息。将前后两个时相的甘蔗信息作空间叠加运算, 即用第一时相与第二时相的差集, 作为这两个时相期间甘蔗的收获范围并计算其面积。相同的方法, 获得第二时相到第

三时相期间、第三时相到第四时相期间的甘蔗收割范围和收割面积。甘蔗信息提取采用决策树分类方法将图像划分成甘蔗和非甘蔗两大类, 然后提取出甘蔗。具体方法为, 第 1 步, 首先利用非监督分类将图像粗分为 50 类, 然后根据解译标志, 将 50 个小类进行区分合并, 划分成甘蔗和非甘蔗, 提取出其中甘蔗的分布范围。第 2 步, 在非监督分类获取的甘蔗分布范围中随机选择分布均匀, 面积较大的区域作为感兴趣区, 对感兴趣区内图像的 4 个波段灰度值进行统计, 得到甘蔗的图像灰度值范围。第 3 步, 以上一步获得的 4 个波段甘蔗的图像灰度值范围为参考, 不断调整, 得到 4 个波段的甘蔗阈值,

建立起甘蔗信息提取决策树。以第一时相的图像为例，4 个波段的甘蔗阈值分别是  $66 \leq \text{Band4} \leq 83$ ， $30 \leq \text{Band3} \leq 37$ ， $35 \leq \text{Band2} \leq 41$ ， $48 \leq \text{Band1} \leq 54$ ，建立起的甘蔗信息决策树如图 2 所示，即首先判断第 4 波段灰度值是否在 66 和 83 之间，若不是则判为非甘蔗；若是再判断第 3 波段灰度值是否在 30 和 37 之间，若不是则判为非甘蔗；若是再判断第二波段灰度值是否在 35 和 41 之间，若不是则判为非甘蔗；若是再判断第 1 波段灰度值是否在 48 和 54 之间，若不是则判为非甘蔗；若是则判为甘蔗。其他 3 个时相的阈值如下：第二时相是  $38 \leq \text{Band4} \leq 68$ ， $27 \leq \text{Band3} \leq 35$ ， $25 \leq \text{Band2} \leq 37$ ， $34 \leq \text{Band1} \leq 48$ ；第三时相是  $49 \leq \text{Band4} \leq 59$ ， $40 \leq \text{Band3} \leq 50$ ， $30 \leq \text{Band2} \leq 43$ ， $47 \leq \text{Band1} \leq 58$ ；第四时相是  $42 \leq \text{Band4} \leq 71$ ， $53 \leq \text{Band3} \leq 68$ ， $48 \leq \text{Band2} \leq 61$ ， $58 \leq \text{Band1} \leq 72$ 。第 4 步，根据建立起来的决策树，采用决策树分类方法将图像分为甘蔗和非甘蔗，进行甘蔗信息提取。

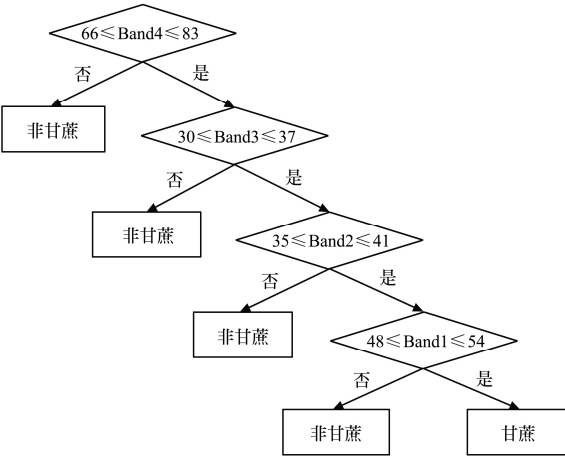


图 2 第一时相甘蔗信息提取决策树

Fig.2 Decision trees of first-phase sugarcane information extraction

2 结果和分析

提取时相 2009 年 11 月 05 日图像的甘蔗信息，作为 2009/2010 榨季甘蔗的种植总面积，93 923  $\text{hm}^2$ （见图 3）。随机选取县域内分布相对均匀的野外调查验证点 120 个，其中甘蔗 86 个，其他地物 34 个，在像元尺度上对提取结果进行精度评价，混淆矩阵如表 1 所示，分类的总体精度是 83.3%。可以满足区域尺度农业遥感监测的要求，但是对于地块尺度、较精细的地物提取精度还不够高。分析发现，误分为甘蔗的其他地物是林地和麻类，其他地物如水稻、玉米、花生、果园、香蕉则和甘蔗光谱差异较大，区分较好。整体来看，11 月份时相的图像，甘蔗与非甘蔗的其他地物差别明显，容易区分，在丘陵附近，容易同林地（常绿）和麻类混淆。

利用提取出来的时相 2009 年 11 月 5 日的甘蔗分布图作为掩膜文件，对时相 2009 年 11 月 23 日的图像进行裁切。在裁切范围之内，利用建立好的决策树提取甘蔗

信息。之后的 2009 年 12 月 5 日、2010 年 2 月 19 日时相的图像，也分别用其前一个时相提取的甘蔗分布图作为掩膜文件进行裁切，在裁切范围之内，根据建立好的决策树提取当时时相的甘蔗信息，生成甘蔗分布图。2009 年 11 月 23 日甘蔗面积 77 420  $\text{hm}^2$ ，2009 年 12 月 5 日甘蔗面积 70 329  $\text{hm}^2$ ，2010 年 2 月 19 日甘蔗面积 31 884  $\text{hm}^2$ 。据此，通过叠加运算可以得到甘蔗的收割过程（见图 4），从 2009 年 11 月 5 日到 2009 年 11 月 23 日 18 d 期间收割面积 16 503  $\text{hm}^2$ ，占总种植面积的 17.57%；从 2009 年 11 月 23 日到 2009 年 12 月 5 日 12 d 期间收割面积 7 091  $\text{hm}^2$ ，占总种植面积的 7.55%；从 2009 年 12 月 5 日到 2010 年 2 月 19 日 76 d 期间收割面积 38 445  $\text{hm}^2$ ，占总种植面积的 40.93%；2010 年 2 月 19 日之后收割面积 31 884  $\text{hm}^2$ ，占总种植面积的 33.95%。

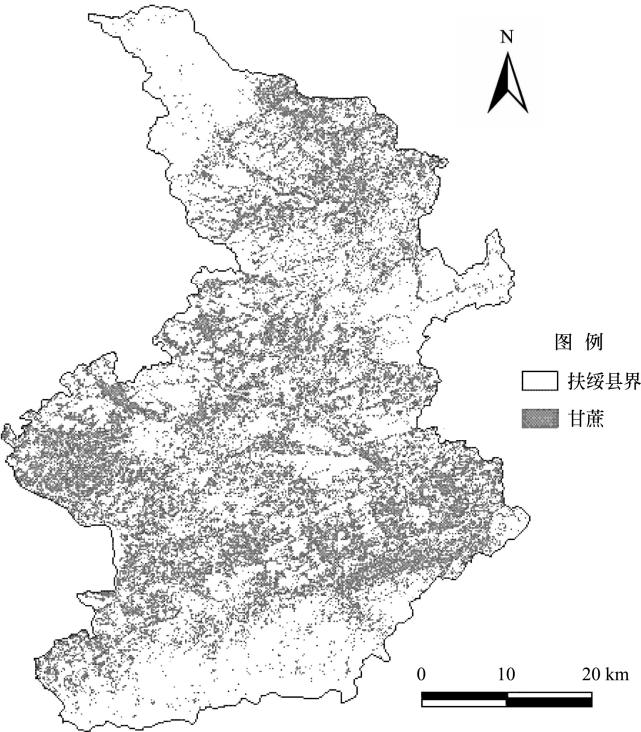


图 3 2009/2010 榨季甘蔗种植信息空间分布图

Fig.3 Spatial distribution of sugarcane planting information in 2009/2010

表 1 2009 年 11 月 5 日甘蔗信息提取混淆矩阵

Table 1 Confusion matrix of sugarcane information extraction on Nov 5 <sup>th</sup> , 2009				
实测数据类型	分类数据类型		实测总和	使用者精度/%
	非甘蔗	甘蔗		
非甘蔗	28	6	34	82.35
甘蔗	14	72	86	83.72
分类总和	42	78	120	
生产者精度/%	66.67	82.31		
整体精度/%			83.33	
Kappa 系数			0.617	

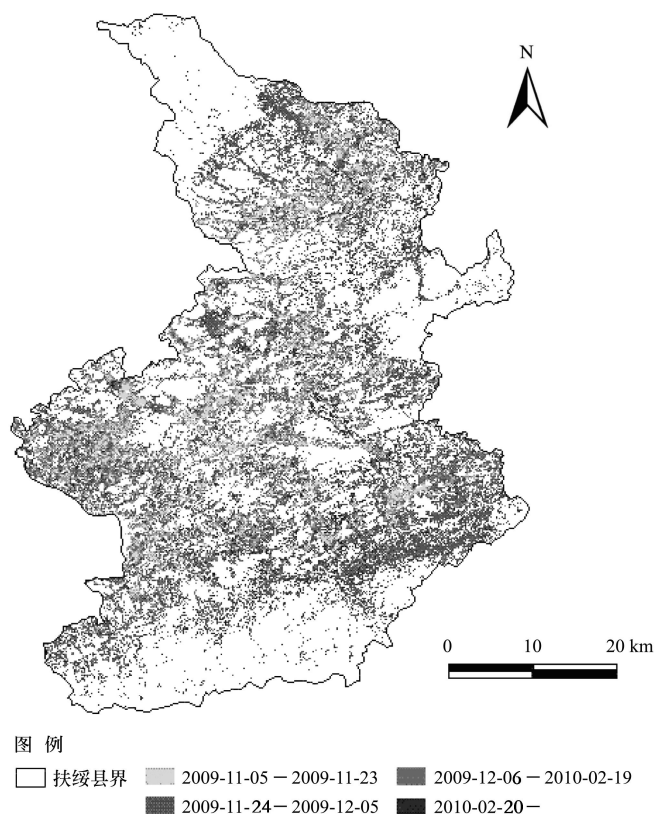


图 4 甘蔗收割过程空间分布图

Fig.4 Spatial distribution of sugarcane harvesting process

### 3 结论与讨论

试验区所在的广西扶绥县地貌以丘陵、台地平原为主, 属亚热带湿润季风区, 四季常青, 地物类型丰富, 除大量种植甘蔗外, 还种植有水稻、花生、麻类等其他作物。本研究选择 2009 年 11 月 5 日 HJ-1 A、B 星 CCD 图像提取甘蔗信息精度达到 83.3%, 这表明在适当的时相下, HJ-1 A、B 星 CCD 图像的空间分辨率, 波段设置和辐射分辨率, 能够满足县域及以上区域尺度下, 在地物复杂地区进行大宗农作物种植信息提取和面积估算的应用需求。但是对于地块尺度、较精细的地物提取, 本次试验的分类精度难以满足, 还需要进一步的研究或者换用更高分辨率的遥感数据。在甘蔗收割过程监测实验中, 综合多个时相, 能够反映甘蔗收割过程情况。这表明, HJ-1 A、B 星 CCD 图像宽幅宽和时间分辨率的特性, 能满足影像数据时相要求较高的农业资源调查统计遥感应用的要求。

当前中国农业遥感监测主要依赖欧美等国的对地观测系统, 其结果直接导致业务系统运行受制于人, 部分数据购买费用高, 获取困难, 研究技术难以在大区域尺度实时动态快速利用, 难以满足农业宏观决策需求。环境减灾小卫星星座作为中国自主对地观测系统, 有必要在本次试验的基础上, 进一步开展大规模、运行性的示范应用, 以推动环境一号小卫星数据在中国农业上广泛、深入的应用。

### [参 考 文 献]

- [1] 邓展云, 刘海斌. 影响糖厂于 10 月份开榨配套技术采纳因素的分析[J]. 甘蔗糖业, 2004(3): 13—18.  
Deng Zhanyun, Liu Haibin. Analysis of factors affecting the adoption of technology suitable for grinding in oct[J]. Sugarcane and Canesugar, 2004(3): 13—18. (in Chinese with English abstract)
- [2] 庞波. 海棠蔗区榨季前甘蔗估产方法[J]. 广西蔗糖, 2008(3): 35—37.  
Pang Bo. Method of sugarcane yield estimation before grinding in Hai Tang sugarcane growth region[J]. Guangxi Sugarcane and Canesugar, 2008(3): 35—37. (in Chinese with English abstract)
- [3] 谭宗琨, 吴良林, 丁美花, 等. EOS/MODIS 数据在广西甘蔗种植信息提取及面积估算的应用[J]. 气象, 2007, 33(11): 76—81.  
Tan Zongkun, Wu Lianglin, Ding Meihua, et al. Study on the extraction of sugar-cane planting area from EOS/MODIS data[J]. Meteorological Monthly, 2007, 33(11): 76—81. (in Chinese with English abstract)
- [4] 丁美花, 谭宗琨, 熊文兵, 等. 基于 MODIS 数据提取广西甘蔗信息初步研究[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(9): 94—100.  
Ding Meihua, Tan Zongkun, Xiong Wenbing, et al. A primary study of MODIS-based information recognition technology for sugarcane in Guangxi[J]. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2008, 30(9): 94—100. (in Chinese with English abstract)
- [5] 丁美花, 钟仕全, 谭宗琨, 等. MODIS 与 ETM 数据在甘蔗长势遥感监测中的应用[J]. 中国农业气象, 2007, 28(2): 195—197.  
Ding Meihua, Zhong Shiquan, Tan Zongkun, et al. Application of MODIS and ETM data in sugarcane growth monitoring[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2007, 28(2): 195—197. (in Chinese with English abstract)
- [6] 丁美花, 谭宗琨, 杨鑫, 等. 基于 MODIS 数据的甘蔗冻害监测初步研究: 以广西来宾市为例[C]//广西甘蔗学会论文集, 2008: 343—347.  
Ding Meihua, Tan Zongkun, Yang Xin, et al. Primary study on the sugarcane frost damage monitoring based on MODIS data: A case study of Laibin City of Guangxi[C]//Guangxi Sugarcane Society Collected Papers, 2008: 343—347. (in Chinese with English abstract)
- [7] 丁美花, 谭宗琨, 何燕, 等. 基于 MODIS 数据的甘蔗冻害监测研究: 以广西来宾市为例[J]. 热带作物学报, 2009, 30(7): 918—922.  
Ding Meihua, Tan Zongkun, He Yan, et al. Monitoring of sugarcane frost damage based on MODIS data: A case study of Laibin City of Guangxi[J]. Chinese Journal Of Tropical Crops, 2009, 30(7): 918—922. (in Chinese with English abstract)
- [8] 匡昭敏, 李强, 尧永梅, 等. EOS/MODIS 数据在甘蔗寒害监测评估中的应用[J]. 应用气象学报, 2009, 20(3): 360—364.  
Kuang Zhaomin, Li Qiang, Yao Yongmei, et al. Application

- of EOS/MODIS data to monitoring sugarcane cold damage[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2009, 20(3): 360—364. (in Chinese with English abstract)
- [9] 匡昭敏, 丁美花, 孙涵, 等. 基于 EOS/MODIS 卫星数据的甘蔗干旱遥感监测研究[J]. 地球科学进展, 2007, 22(11): 102—107.  
Kuang Zhaomin, Ding Meihua, Sun Han, et al. Research of sugarcane drought monitoring with remotely sensed data from EOS/MODIS[J]. Advance in Earth Science, 2007, 22(11): 102—107. (in Chinese with English abstract)
- [10] 匡昭敏, 朱伟军, 丁美花, 等. 多源卫星数据在甘蔗干旱遥感监测中的应用[J]. 中国农业气象, 2007, 28(1): 93—96.  
Kuang Zhaomin, Zhu Weijun, Ding Meihua, et al. Application of multi-sources satellite data in monitoring sugarcane droughts[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2007, 28(1): 93—96. (in Chinese with English abstract)
- [11] 郭朝辉, 亓雪勇, 龚亚丽. 环境减灾卫星监测森林火灾应用研究[J]. 遥感信息, 2010, (4): 85-88, 99.  
Guo Zhaohui, Qi Xueyong, Gong Yali. Study on the Technology and Method of Forest Fire Monitoring by Using HJ Satellite Images[J]. Remote Sensing Information, 2010, (4): 85-88, 99. (in Chinese with English abstract)
- [12] 王中挺, 厉青, 陶金花, 等. 环境一号卫星 CCD 相机应用于陆地气溶胶监测[J]. 中国环境科学, 2009, 29(9): 902—907.  
Wang Zhongting, Li Qing, Tao Jinhua, et al. Monitoring of aerosol optical depth over land surface using CCD camera on HJ-1 Satellite[J]. China Environment Science, 2009, 29(9): 902—907. (in Chinese with English abstract)

## Research of sugarcane harvest process monitoring with multi-temporal HJ-1 satellite data

Ma Shangjie<sup>1</sup>, Pei Zhiyuan<sup>1\*</sup>, Wang Qingfa<sup>1</sup>, Guo Lin<sup>1</sup>, Liang Zili<sup>2</sup>, Teng Dongjian<sup>2</sup>

(1. Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China;

2. Office of Agricultural Resources and Regional Planning of Guangxi Autonomous Region, Nanning 530022, China)

**Abstract:** Guangxi Autonomous Region is the largest sugar production area in China, whose sugarcane planting area and sugar production account for about 60% of the country. Timely and accurately monitoring sugarcane planting and harvesting information is of great significance for sugarcane production. The multi-temporal HJ-1 A, B satellite CCD data were used to extract the sugarcane planting and harvesting information and area in Fusui county, Guangxi Autonomous Region. In this paper, We chose four temporal images from Nov.5<sup>th</sup>, 2009 to Feb 19<sup>th</sup>, 2010 and extracted the sugarcane information in each image, then overlaid the adjacent temporal sugarcane information and got the harvest area during the period. The research showed that: 1) The spatial resolution, waveband, radiation resolution of HJ-1 A, B satellite CCD data can meet the requirement of extracting main crop growth information and calculation area in complex land cover area at county scale and above; 2) The multi-temporal HJ-1 A, B satellite CCD data can be applied to monitoring the sugarcane harvest process and survey and statistic of agricultural resources which need high-temporal remote sense data.

**Key words:** HJ-1 A, B satellite CCD data, multi-temporal, sugarcane harvest process, remote sensing