

陈燕丽,钟仕全,莫建飞,等. HJ-1 星水稻生育期长势动态监测研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):339-342.

# HJ-1 星水稻生育期长势动态监测研究

陈燕丽<sup>1,2,3</sup>, 钟仕全<sup>1,2,3</sup>, 莫建飞<sup>1,2,3</sup>, 王君华<sup>1,2,3</sup>, 莫伟华<sup>1,2,3</sup>, 王莹<sup>1,2</sup>

(1. 广西壮族自治区气象减灾研究所,广西南宁 530022; 2. 国家卫星气象中心遥感应用试验基地,广西南宁 530022;

3. 气象 GIS 应用联合实验室,广西南宁 530022)

**摘要:**利用环境减灾卫星(HJ 星)CCD 多光谱数据提取水稻种植面积,采用全区、样方 2 种尺度对水稻生育期间遥感植被指数进行动态监测,分析监测区水稻长势分布状况。利用 2009—2011 年 3 年水稻监测结果,结合农情资料,分析水稻生育期 NDVI 变化规律,为建立水稻生育期定量遥感监测模型奠定基础。

**关键词:**水稻;HJ-1 星;长势;遥感监测

**中图分类号:** TP75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)07-0339-04

我国“环境一号”卫星 A、B 星(简称 HJ-1A、HJ-1B 卫星)于 2008 年 9 月 6 日成功发射。其中,HJ-1A 星搭载有 4 个谱段 30 m 分辨率的 CCD 相机和 115 个谱段 100 m 分辨率的 HIS(高光谱成像仪),HJ-1B 星搭载有 4 个谱段 30 m 分辨率的 CCD 相机和 4 个谱段 150 m 分辨率的 IRS(红外多光谱相机),回归周期均为 4 d。利用环境一号卫星科学、快速地进行作物识别、作物长势监测,定量分析农业信息,对政府

进行农业决策具有重要意义。

应用遥感技术为农业服务是当前农业高新技术产业化中最前沿的领域之一。通过分析遥感影像的光谱特征进行作物识别是一种普遍而有效的方法,目前应用该技术已在多种农作物识别上取得成效<sup>[1-4]</sup>。作物长势监测是农作物遥感的重要研究领域,对水稻长势遥感监测的研究也取得了一系列研究成果。陈建军等利用 2010 年 MODIS 数据对江西省水稻长势遥感监测指标进行了研究,提取了 4 种植被指数作为遥感参数,利用地面实测数据进行精度分析确定了增强植被指数 EVI 作为水稻长势的监测指标<sup>[5]</sup>。张有智选择黑龙江省泰来县为试验样区,利用环境减灾卫星数据,结合遥感、地理信息系统和全球定位系统技术手段对水稻种植面积进行监测并分析水稻抽穗期的长势情况<sup>[6]</sup>。郑小波等用 GIS 技术分离提取贵州高原上大坝子的地理信息,选择其中栽培水稻的大坝子

收稿日期:2012-12-22

基金项目:广西科技成果推广与应用示范项目(编号:桂科攻 10100004-6);广西自然科学基金(编号:2011GXNSFA018098);广西农业重点科技计划(编号:200702)。

作者简介:陈燕丽(1982—),女,广西柳州人,硕士,工程师,主要从事生态气象与遥感应用研究。Tel:(0771)5882822;E-mail:cyl0505@sina.com。

- [10] Mathioudakis V L, Kapagiannidis A G, Athanasoulia E, et al. Extended dewatering of sewage sludge in solar drying plants[J]. Desalination, 2009, 248(1/3): 733-739.
- [11] Kalderis D, Aivalioti M, Gidararakos E. Options for sustainable sewage sludge management in small wastewater treatment plants on islands: The case of Crete[J]. Desalination, 2010, 260(1/3): 211-217.
- [12] Wojciechowska E. Application of microwaves for sewage sludge conditioning[J]. Water Research, 2005, 39(19): 4749-4754.
- [13] Ponne C T, Bartels P V. Interaction of electromagnetic energy with biological material - relation to food processing[J]. Radiation Physics and Chemistry, 1995, 45(4): 591-607.
- [14] Menéndez J A, Inganzo M, Pis J J. Microwave - induced pyrolysis of sewage sludge[J]. Water Research, 2002, 36(13): 3261-3264.
- [15] Menéndez J A, Domínguez A, Inganzo M, et al. Microwave - induced drying, pyrolysis and gasification (MWDPG) of sewage sludge: Vitrification of the solid residue[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2005, 74(1/2): 406-412.
- [16] Lin Q H, Cheng H, Chen G Y. Preparation and characterization of carbonaceous adsorbents from sewage sludge using a pilot - scale microwave heating equipment[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2012, 93: 113-119.

- [17] Hsieh C H, Lo S L, Chiueh P T, et al. Microwave enhanced stabilization of heavy metal sludge[J]. Journal of Hazardous Materials, 2007, 139(1): 160-166.
- [18] Tomoaki N, Yoshiaki M, Ryosuke Y, et al. Hydrothermal treatment of dewatered sewage sludge cake for solid fuel production[J]. Journal of Environment Engineering, 2009, 4(1): 68-77.
- [19] Jiang Z L, Meng D W, Mu H Y, et al. Study on the hydrothermal drying technology of sewage sludge[J]. Science China, 2010, 53(1): 160-163.
- [20] Park S J, Bae J S, Lee D W, et al. Effects of hydrothermally pretreated sewage sludge on the stability and dispersibility of slurry fuel using pulverized coal[J]. Energy Fuels, 2011, 25(9): 3934-3939.
- [21] 卢宁, 文一波, 魏娟娟. 污泥的电渗透脱水技术研究进展[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(3): 85-87, 95.
- [22] Mahmoud A, Olivier J, Vaxelaire J, et al. Electrical field: A historical review of its application and contributions in wastewater sludge dewatering[J]. Water Research, 2010, 44(8): 2381-2407.
- [23] Li W D, Li W F, Liu H F. Effects of sewage sludge on rheological characteristics of coal - water slurry[J]. Fuel, 2010, 89(9): 2505-2510.
- [24] 胡勤海, 孟媛媛, 朱建航, 等. 污泥水煤浆在 3.2 MW 卧式锅炉中的燃烧特性研究[J]. 环境科学学报, 2011, 31(2): 401-406.

为遥感监测区域,用 2005—2006 年 MODIS 的旬合成 NDVI 序列与地面农业气象观测站数据,分析水稻生育期、长势与 NDVI 值的关系<sup>[7]</sup>。李卫国等利用水稻分蘖期 HJ-1A 卫星遥感影像,提取江苏省姜堰市水稻种植面积并分析水稻的长势情况<sup>[8]</sup>。由于卫星传感器的差异,MODIS 水稻生育期监测指标在 HJ 上并不适用,而利用 HJ 遥感数据对水稻长势的已有研究都是基于单景影像,缺乏系列数据验证。

本研究利用 3 年的 HJ-1 卫星遥感数据对广西宾阳县晚稻进行全生育期长势动态监测。利用广西省遥感本底信息数据库中的水稻空间分布信息去除城镇、水体、林地等非水稻信息,生成监测区水稻归一化植被指数数字图像,采用全区、样方 2 种尺度对监测区水稻全生育期长势进行动态监测,并结合农情资料,分析水稻生育期 NDVI 变化规律,为建立水稻生育期定量遥感监测模型奠定基础。

## 1 数据预处理

### 1.1 研究区概况

宾阳县位于广西省中南部,地处 108°32′~109°15′E, 22°54′~23°37′N,海拔高度 63~1 167 m。其中,平原占县域面积的 35.57%,丘陵占县域面积的 33.36%,山地占县域面积的 31.07%,地势东南和西南高、东北低,三面高山陡岭尽向东部和东北部倾斜,将宾阳县形成比较典型的盆地。县境内受海洋暖湿气流影响,高温多雨,夏长冬短,年平均气温为 28.8℃,利于水稻种植。该县是全国 500 家产粮大县之一,1996 年被列为“九五”首批国家商品粮基地县,1998 年成为广西省优质粮生产县。

### 1.2 数据源

卫星遥感数据选用了 HJ-1A、B 卫星 CCD 成像的 1~4 波段,分别为蓝波段 B1(0.43~0.52 μm)、绿波段 B2(0.52~0.60 μm)、红波段 B3(0.63~0.69 μm)和近红外波段 B4(0.76~0.90 μm),该数据由中国资源卫星应用中心提供,列属二级产品。

## 2 遥感数据预处理

### 2.1 传感器辐射定标

首先利用绝对定标系数将 HJ-1 CCD 数据 DN 值转换为大气顶层的表观发射率,公式如下:

$$L = DN/A + L_0$$

式中: $L$  为辐亮度, $A$  为绝对定标系数增益, $L_0$  为偏移量,可以通过查阅环境减灾卫星绝对辐射定标系数获得。

然后再将图像的辐亮度转化为反射率,公式如下:

$$\rho = \frac{\pi L d^2}{E_0 \times \cos \theta_s}$$

式中: $\rho$  为表观反射率, $L$  是表观辐亮度, $E_0$  为卫星的波段平均太阳辐照度, $\theta_s$  为太阳天顶角, $d$  为日地距离(天文单位),值为 1。

### 2.2 几何精校正

根据植被的光谱特征和 HJ-1A 星 CCD 数据的特点,利用 ENVI 遥感图像处理软件,将 HJ-1 数据采用 B2(R)、B4(G)、B3(B)波段组合进行假彩色合成,以经过精校正分辨率为 30 m 的 2008 年 TM 遥感数据为参考影像,对 HJ-1A 星遥感数据进行几何校正。采用人机交互式方法选择地面控制点

(同一地区范围的景图像内均匀选取 9 个以上对应控制点),利用二次多项式和最邻近内插法对图像进行几何精度纠正,经重新选点检验,将误差控制在 1 个像元内。

### 2.3 植被监测模型

采用归一化植被指数模型对监测区水稻进行动态监测,计算公式如下:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$$

式中: $NDVI$  为归一化植被指数, $\rho_{nir}$  为近红外波段反射率, $\rho_{red}$  为红波段反射率,分别对应 HJ-1 图像上的 B4、B3 波段。

## 3 动态监测结果

### 3.1 全生育期动态监测

利用广西省本底遥感信息数据库中的水稻空间分布信息去除城镇、水体、林地等非水稻信息,生成水稻监测区归一化植被指数(NDVI)数字图像。采用全区、样方 2 种尺度对宾阳县水稻生长期遥感植被指数进行动态监测,监测样方分布如图中方框所示(图 1),样方大小为 6 km×6 km。对全监测区水稻 NDVI 进行均值统计,对样方水稻 NDVI 进行分级统计,并采用同一标准制作全区及样方 NDVI 等级分布图。水稻 NDVI 分级断点为 0.35、0.50、0.65,以此为断点划分了 4 个水稻 NDVI 分布区间,分别为: $<0.35$ 、 $0.35 \sim 0.50$ 、 $0.50 \sim 0.65$ 、 $>0.65$ 。

由 2010 年宾阳县水稻监测 NDVI 等级分布图(图 1)可知,水稻全生育期间 NDVI 经历了“低—高一低”的变化。8 月 30 日监测区晴空图像,晚稻处于分蘖期,全监测区水稻 NDVI 分布比较分散,低( $NDVI < 0.35$ )、中( $NDVI$  为  $0.35 \sim 0.65$ )、高( $NDVI > 0.65$ )值均有分布;9 月 19 日监测区晴空图像,水稻处于孕穗期,全区水稻 NDVI 分布集中,集中在高值区;10 月 20 日监测区晴空图像,水稻处于乳熟至成熟期,全区水稻 NDVI 分布集中,集中在中值区;11 月 13 日监测区晴空图像,水稻处于成熟期,且多处水稻收割完毕,收割后稻区 NDVI 小于 0.35。样方动态监测结果与全区变化趋势一致(图 2)。

### 3.2 NDVI 变化规律分析

为了更好地对多年监测结果进行比较分析,相同月份监测遥感数据时间尽量控制在同一旬内,但受天气影响,每年水稻监测实际所用的遥感影像部分时间跨度较大。表 1 列举了 2009—2011 年水稻全生育期监测所用遥感影像成像时间及其所处生育期(生育期资料参考农业气象旬报),由表 1 得知,尽管选用的遥感影像在时间上有一定出入,但各月水稻所处生育期基本一致。

根据监测区水稻 NDVI 均值绘制了 2009~2011 年水稻全生育期 NDVI 变化曲线,并同时绘制其多年平均变化曲线,如图 3 所示。由图 3 得知,8 月下旬水稻 NDVI 差异较大,其原因主要在于同一地区插秧时间差异较大,导致秧苗返青、分蘖快慢不同;9 月中旬即水稻孕穗期前后这一时期的 NDVI 差异较分蘖期大大减小,NDVI 值在 0.55 左右浮动;10 月中旬水稻进入乳熟期,其 NDVI 值分布集中,多年 NDVI 均值为 0.59;11 月中旬大部水稻成熟并收割,收割后稻区 NDVI 一般小于 0.35。由水稻全生育期变化规律,乳熟期水稻 NDVI 值

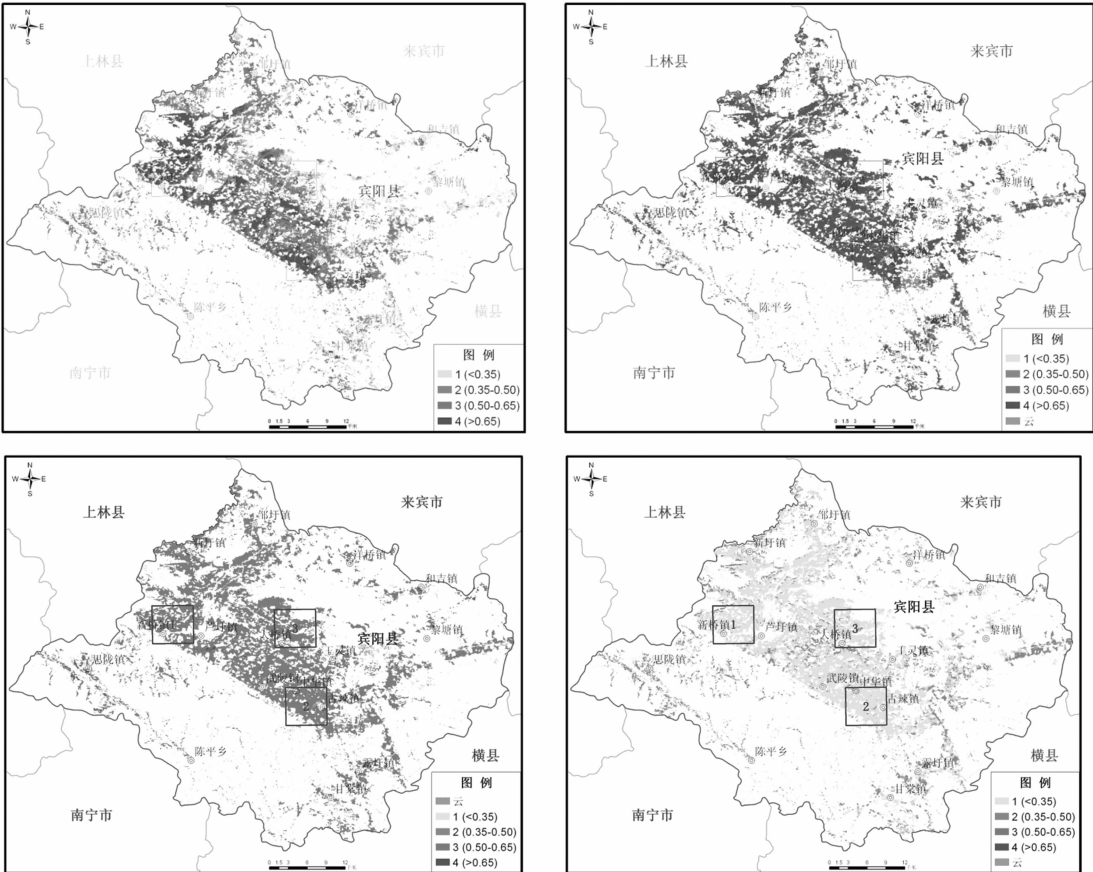


图1 广西宾阳县 2010 年 HJ-1 星水稻监测 NDVI 等级分布图 ( 从左到右依次为 8—11 月 )

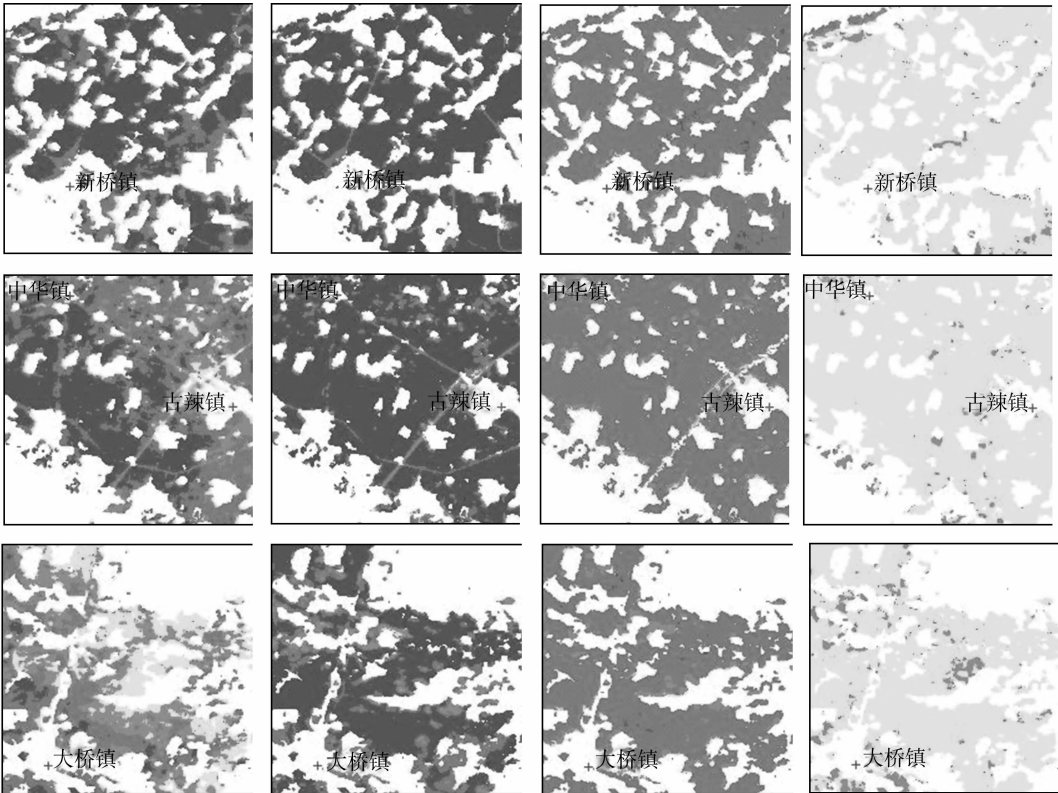


图2 广西宾阳县 2010 年 HJ-1 星水稻监测样区 NDVI 等级分布图 ( 从上到下分别是样区 1 ~ 3, 从左到右分别是样区 8—11 月 )

表 1 2009—2011 年宾阳县水稻生育期 HJ-1 星晴空数据

年份	8 月	9 月	10 月	11 月
2009	31(分蘖)	23(孕穗)	07(灌浆-乳熟)	11(收割)
2010	30(分蘖)	19(孕穗)	20(乳熟-成熟)	13(收割)
2011	22 (返青-分蘖)	23 (孕穗-抽穗)	17(乳熟)	12 (成熟-收割)

最高,2009 年的偏低值由于选用数据为 10 月 7 日,大部水稻还处于灌浆期末进入乳熟期。计算 3 个样区在不同 NDVI 区间百分比均值(图 4),其动态与全区变化趋势吻合。

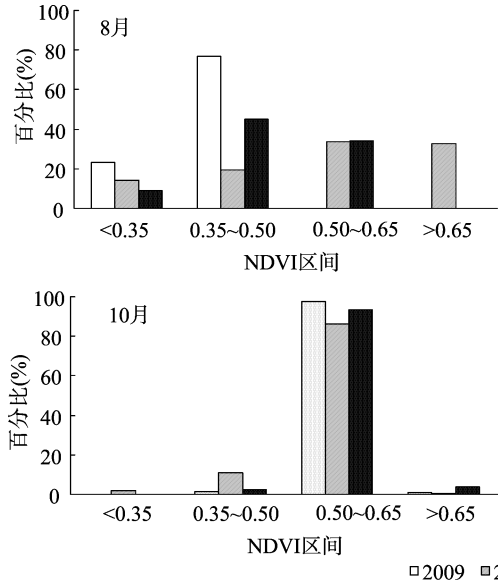


图4 广西宾阳县样区 HJ-1 星水稻全生育期 NDVI 变化

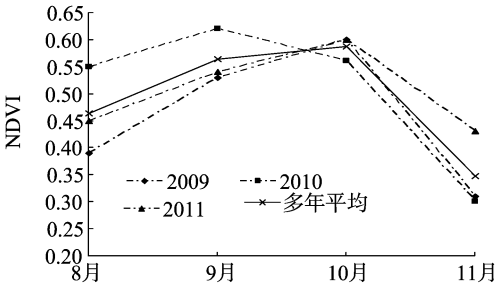


图3 广西宾阳县 HJ-1 星水稻全生育期 NDVI 变化曲线

4 结论与讨论

利用归一化植被指数模型对水稻全生育期长势进行动态监测,所定义的 NDVI 区间 ( < 0. 35, 0. 35 ~ 0. 50, 0. 50 ~ 0. 65, > 0. 65 ) 能较好地反映水稻各个生育期长势状况。

水稻全生育期内 NDVI 经历了“低—高一低”的变化,最高值出现乳熟期。综合分析多年 NDVI 变化规律,水稻分蘖期 NDVI 差异最大,分布最分散;孕穗期 NDVI 差异减小,到乳熟期 NDVI 差异最小,分布最集中;收割后稻区 NDVI 一般小于 0. 35,藉此可判断水稻收割进度。

在监测区所选择的 3 个样方,其水稻 NDVI 变化规律与全区吻合度较高,说明所选样方具有代表性,2 种尺度的综合分析能更好地反映水稻长势状况及变化规律。

参考文献:

[1]Thenkabail P S. Optimal hyperspectral narrowbands for discriminating

agricultural crops[J]. Remote Sensing Reviews,2001,20(4):257 - 291.

[2]曹卫彬,杨邦杰,宋金鹏. TM 影像中基于光谱特征的棉花识别模型[J]. 农业工程学报,2004,20(4):112 - 116.

[3]钟仕全,莫建飞,陈燕丽,等. 基于 HJ-1B 卫星遥感数据的水稻识别技术研究[J]. 遥感技术与应用,2010,25(4):464 - 468.

[4]钟仕全,陈燕丽,陈玉兰,等. 中巴 02B 星遥感数据的油菜识别技术研究[J]. 国土资源遥感,2010(2):77 - 79,85.

[5]陈建军,黄淑娥,景元书. 基于 EOS/MODIS 资料的江西省水稻长势遥感监测[J]. 江苏农业科学,2012,40(6):302 - 305.

[6]张有智. 基于遥感技术的水稻抽穗期长势分级监测研究[J]. 黑龙江农业科学,2012(5):142 - 143.

[7]郑小波,陈娟,康为民,等. 利用 MODIS 监测高原水稻生育期和长势的方法[J]. 中国农业气象,2007,28(4):453 - 456.

[8]李卫国,李花,黄义德. HJ 卫星遥感在水稻长势分级监测中的应用[J]. 江苏农业学报,2010,26(6):1206 - 1209.