

利用 MODIS—NDVI 数据提取新疆棉花播种面积信息及长势监测方法研究

黄 青, 王利民, 滕 飞

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室, 北京 100081)

摘 要: 利用 MODIS—NDVI 数据, 以新疆棉花为例, 探讨基于遥感影像全覆盖的大尺度农作物遥感综合自动识别及长势监测的技术方法。通过分析新疆地区棉花作物的种植结构、物候历特征及其生物学特性和时序 NDVI 曲线特征, 确定棉花信息提取的 NDVI 阈值, 建立棉花面积提取模型, 并最终获取了 2009 年中国农情遥感监测中新疆棉花作物长势监测所需的作物空间分布数据。与多年平均统计数据比较, 总体精度达到了 78% 以上。基于提取的棉花面积信息空间分布数据, 利用 MODIS—NDVI 差值模型, 对新疆棉花 2009 年的长势进行监测。结果表明, 与近 5 a 平均状况对比, 2009 年新疆棉花在其整个生育期内长势基本与常年持平, 但时空分布差异较大。

关键词: MODIS 数据; 面积提取; 中国农业遥感监测系统; 长势监测; 新疆; 棉花

中图分类号: S127 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)02-0213-05

自 20 世纪 70、80 年代遥感技术发展以来, 遥感就被用来进行大面积农作物长势监测、种植面积监测及产量预测等^[1~5]。如美国自 20 世纪 70 年代中期开始进行 LACIE 计划, 到 1986 年建立了全球级的农情监测运行系统; 欧盟遥感应应用研究所通过实施 MARS 计划, 建成了欧盟区的农作物估产系统。在农作物长势、面积等的监测方法上, 国外科学家主要利用适合大面积监测的 NOAA—AVHRR 卫星。在农作物播种面积遥感估测方面, LACIE 实验中利用空间分辨率为 80m 的 Landsat MSS 数据成功地预报美国小麦的面积和产量, 并且这种方法被推广到其他地区和对其他农作物进行面积获取。之后随着传感器空间分辨率的提高, 用 MODIS、SPOT、TM 等数据提取作物播种面积的研究也逐渐成为研究热点^[6~9]。

可以看出, 虽然遥感技术已经广泛应用于地表覆盖的面积监测中, 但研究的重点却多集中在用遥感手段监测不同土地利用类型面积及其相互变化方面, 对涉及到耕地内部不同作物空间分布的研究却少有, 且用遥感手段对作物长势进行监测多集中于在某一小区域范围内某种作物的实验研究^[10~12], 大区域尺度下分作物空间分布信息的及时提取及业务化运行的研究极少。中国科学院和中国气象局等部门也建立了一些农情遥感监测系统, 但主要是对

耕地上的作物长势、产量等进行监测, 针对耕地内部不同作物的长势、产量等的监测还没有实现业务运行。不同作物空间分布信息的缺乏, 一方面制约着目前作物长势遥感监测的精度, 另一方面导致了长势遥感监测在分区、分作物建立模型时遇到很大困难^[13~15], 同样的问题也存在于作物估产及农情灾害预报中。及时地获取大区域尺度农作物空间分布信息和及时地分作物长势监测不但是农情遥感监测中的核心问题, 也是研究全球变化环境响应的一个基础核心问题。

新疆是我国重要的棉花生产基地, 新疆棉花自 1995 年起, 其总产、单产、品质、人均占有量以及外调量等就一直连续居全国主要产棉区首位。近年来, 新疆棉花种植面积约占全国的四分之一, 棉花产量约占全国的三分之一, 2008 年, 新疆棉花产量占到了全国棉花产量的 40% 以上^[16]。对这样一个产棉大省的棉花分布及长势情况进行及时监测, 可为政府部门, 农业生产管理部门, 农业保险行业和种植户等提供相关管理及决策依据。

1 数据与方法

1.1 数据源与数据预处理

MODIS 数据空间分辨率为 1 km, 500 m, 250 m, 由于其每天一次对地区的覆盖及更高的空间分辨率

收稿日期: 2010-10-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(40930101、41001246); “973”项目(2010CB951504); 国际科技合作项目(2010DFB10030); 中央级公益性科研院所专项资金和农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室开放课题; 农业部“全国农业遥感监测系统业务化运行”项目

作者简介: 黄 青(1978—), 女, 新疆昌吉人, 助理研究员, 目前主要从事农业资源遥感方面的研究。E-mail: hqjing@caas.net.cn。

和光谱分辨率给大尺度运行化作物面积及作物长势监测提供了机遇^[17]。本研究所用的 MODIS 数据全部来自农业部遥感应应用中心。利用 2005~2009 年每年 4~10 月每日覆盖新疆全省的 MODIS 数据,经过辐射定标、几何校正等过程,计算每天的 NDVI 值,并进行每旬及每 14 天的最大值合成,得到 2005~2009 年各年每旬及同一监测期每 14 天的最大值。每旬的 NDVI 通过不同模型来提取棉花分布面积,每 14 天合成的 NDVI 用来监测棉花长势情况。

统计数据来源于 2005~2008 年中国农业统计资料。

1.2 方 法

1.2.1 棉花信息提取模型 对于大多数作物来说,从播种到黄熟之前,随着物候期的更替,红光反射率因作物覆盖度和叶面积系数的增大而减小,近红外波段反射率逐渐增大,而且在某一时间断面上,各种作物的状态和结构因物候期的不同而有明显差别^[17,18]。因此不同作物之间的物候历差异是选择作物识别最佳时相的常用依据。分析新疆棉花的物候历、棉花生育期及植被指数与物候期的对应关系,利用 MODIS 数据获取棉花种植面积空间信息需要几个关键时相的遥感数据。为了模型的可读性好,用 $NDVI_{xy}$ 表示不同时相的 NDVI 值^[11],其中 x 取值范围为 1~12,表示月份, y 取值范围为 1~3,分别表示上、中、下旬,如 $NDVI_{82}$ 表示 8 月中旬的 NDVI 值。

新疆地域范围广,各地棉花生育期差别较大。这样决定了模型提取的复杂性。一般来说,南疆地区棉花 4 月上、中旬播种,4 月下旬出苗,5 月上旬三叶,5 月中旬五叶,5 月下旬~6 月上旬现蕾,6 月下旬开花,7 月上旬进入开花盛期,8 月中下旬进入裂铃期,9 月上旬吐絮,大约 10 月上旬停止生长,而北疆地区棉花生育期比南疆地区晚 10~30 天左右。棉花播种期一般为空地,可初步将其和冬小麦分开,棉花从播种期到苗期,由于其覆盖率较低,表现在遥感影像上,其 NDVI 指数较低,进入现蕾期后,棉花生长迅速,NDVI 值开始大幅度上升,当棉花从开花到裂铃,其营养器官充分发育,NDVI 值达到最大,吐絮后期,棉花叶子内的叶绿素含量降低,NDVI 指数随之下降。根据棉花的这一物候历及植被指数与物候期的对应关系特征,我们可以得到南北疆地区棉花播种面积提取的一般模型为:

南疆地区,如果像元值同时满足:

$$NDVI_{33} < T_1, NDVI_{42} < T_2, NDVI_{61} > T_3, NDVI_{71} >$$

$$NDVI_{63}, NDVI_{71} > NDVI_{83}, NDVI_{91} > T_4, NDVI_{101} < T_5,$$

则判断该像元为棉花。 (1)

北疆地区,如果像元值同时满足:

$$NDVI_{41} < T_6, NDVI_{43} < T_7, NDVI_{62} > T_8, NDVI_{72} >$$

$$NDVI_{71}, NDVI_{72} > NDVI_{91}, NDVI_{92} > T_9, NDVI_{102} < T_{10},$$

则判断该像元为棉花。 (2)

模型(1)、(2)中, $T_1 \sim T_{10}$ 是不同生育期的阈值,其数值大小来源于不同区域植被指数与物候期的一一对应关系。以南疆地区为例,棉花播种前的 3 月下旬,一般是裸地,NDVI 值一般在 0.1 以下,5 月下旬或 6 月上旬 NDVI 一般介于 0.3~0.4 之间,而处于峰值的 NDVI 可以达到 0.65 以上,甚至更高。限定了这些阈值参数后,将参数带入上述模型中,就可以提出棉花面积空间分布。

特别需要说明的是,由于受播种时间,生育期差异和长势差异等的影响,NDVI 值在同一时相不同地区可能不同,而每年气候对生育期的进程亦产生影响。模型中关键位点的 NDVI 值、 T_x 值要根据每年的物候历、作物一般的光谱特征资料或农情野外监测数据来分修正分区,上述只是一般提取模型。具体操作中,每年要先根据前几年不断积累建立的阈值先建立提取模型,运行之后,再根据实测地面数据对阈值进行修正,因此分区的模型可达到数十个。

1.2.2 棉花长势监测模型及方法 NDVI 是目前长势监测中应为最为广泛的植被指数之一^[18,19]。本文主要选用 NDVI 的差值模型来评价棉花的长势情况。首先,根据棉花生育期,将近 5 a 每年同一时间每 14 天的 NDVI 进行最大值合成,之后求出 5 a NDVI 的平均值,然后应用差值模型,用 2009 年每 14 天的 NDVI 值减去多年同时段的 NDVI 值,求出 2009 年 NDVI 与 5 a NDVI 平均值的差值。

$$R = NDVI_{09} - NDVI_{average} \quad (3)$$

模型(3)中, R 是作物长势指数, $NDVI_{09}$ 是 2009 年某时段 NDVI 像元值, $NDVI_{average}$ 是多年 NDVI 的平均值,这里是近 5 a NDVI 的平均值。

最后,根据 R 值的大小,对差值图进行分类计算,将作物长势分为好于常年、与常年持平 and 差于常年三个等级。5a 中如有 3a 及以上有云覆盖的区域,作为非监测区处理,不做长势总体评价。

2 结果与分析

2.1 棉花信息空间分布结果

根据模型(1),模型(2),分别提出南北疆地区棉花 2009 空间分布,见图 1。

一次的全生育期长势监测,并分析了全年长势变化的时空分布特征。该研究结果在中国农情遥感监测系统初步成功试运行说明了其技术方法的可行性。

本文面积提取精度主要是与多年统计数据进行比较,这在大尺度的精度验证中是比较常用的一种方法^[22,23],但主要是数量上的一种精度验证。同时由于统计数据本身的精度问题,在业务化运行中,怎样根据野外本地调查数据以及结合高分辨率遥感影像在不同尺度下进行更科学的精度验证需要更深入的研究。

此外,新疆面积广大,气候类型、地域类型复杂,且农业种植结构区域差异大。模型中阈值的设定关系到提取的精度,只分为南北疆两个地区建立模型还不能完全反映地区的差异。棉花面积提取前根据调查及统计信息及时更新南北疆不同地区每年的物候历及种植结构是面积信息提取模型中参数设计本地化的基础,面积信息模型中关键点位的 NDVI 值、 T_x 值如何科学合理的及时更新是今后需进一步研究的问题;同时,由于 MODIS 分辨率的问题,在作物面积提取中如何考虑混合像元分解问题^[24],提高面积提取精度也需更深入的研究。

参考文献:

- [1] 刘海启. 欧盟 MARS 计划简介与我国农业遥感应用思路[J]. 中国农业资源与区划, 1999, 20(3): 55—57.
- [2] Sushil Pradhan. Crop area estimation using GIS, remote sensing and area frame sampling[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2001, 3(1): 86—92.
- [3] 刘海启, 金敏毓, 龚维鹏. 美国农业遥感技术应用状况概述[J]. 中国农业资源与区划, 1999, 20(2): 56—60.
- [4] NASA TECHNICAL REPORTS. The LACIE crop years—An assessment of the crop conditions experienced in the three years of LACIE [EB/OL]. <http://ntrs.nasa.gov/index.jsp>.
- [5] FAO. Multiple frame agricultural surveys. Volume II: Agricultural surveys programs based on area frame or dual frame (area and list) sample designs[M]. Rome, 1998.
- [6] 窦燕, 陈曦, 包安明. 近 40 年和田河流域土地利用动态变化及其生态环境效应[J]. 干旱区地理, 2008, 31(3): 449—455.
- [7] Loveland T R, Reed B C, Brown J F, et al. Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1—km AVHRR Data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21: 1303—1330.
- [8] 陶文芳, 张仁慧, 常庆瑞, 等. 西安市土地覆被时空变化及驱动因子研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 231—236.
- [9] 郭碧云, 张广军. 基于遥感和 GIS 的土地利用/覆被变化研究——以内蒙古多伦县为例[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 240—244.
- [10] Omkar S N, Senthilnath J, Dheevatsa Mudigere, et al. Crop classification using biologically-inspired techniques with high resolution satellite image[J]. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 2008, 36(2): 175—182.
- [11] 杨小唤, 张香平, 江 东. 基于 MODIS 时序 NDVI 特征值提取多作物播种面积的方法[J]. 资源科学, 2004, 26(6): 17—22.
- [12] 贾科利, 常庆瑞. 基于 TM 的陕北农牧交错带土地利用覆盖动态变化遥感监测[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(3): 175—179.
- [13] Silke Migdall, Heike Bach, Jans Bobert, et al. Inversion of a canopy reflectance model using hyperspectral imagery for monitoring wheat growth and estimating yield[J]. Precision Agriculture, 2009, 10(6): 508—524.
- [14] 闫 岩, 柳钦火, 刘 强, 等. 基于遥感数据与作物生长模型同化的冬小麦长势监测与估产方法研究[J]. 遥感学报, 2006, 10(5): 804—811.
- [15] 吴炳方, 张 峰, 刘成林, 等. 农作物长势综合遥感监测方法[J]. 遥感学报, 2004, 8(6): 498—514.
- [16] 史建伟. 资源紧张低于预期, 棉花后市变数较大[EB/OL]. 中国棉花信息网. Shi Jianwei: Resource—constrained is lower than—expected, cotton varies larger [EB/OL]. China Cotton Information Network. <http://www.cottonchina.org/news/pubzmb.php?articleid=93731&newtime=2009-12-13>.
- [17] 周清波. “国家级农情遥感监测与信息服务系统(2003131020)”项目验收报告[R]. 北京: 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 2008.
- [18] 江 东, 王乃斌, 杨小唤, 等. NDVI 曲线与农作物长势的时序互动规律[J]. 生态学报, 2002, 22(2): 247—252.
- [19] 王纪华, 赵春江, 黄文江, 等. 农业定量遥感基础与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008, (4): 259—276.
- [20] 徐新刚, 李强子, 周万村, 等. 应用高分辨率遥感影像提取作物种植面积[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(1): 17—23.
- [21] 唐华俊, 吴文斌, 杨 鹏, 等. 农作物空间格局遥感监测研究进展[J]. 中国农业科学, 2010, 43(14): 2879—2888.
- [22] 闫慧敏, 曹明奎, 刘纪远, 等. 基于多时相遥感信息的中国农业种植制度空间格局研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4): 85—90.
- [23] 许文波, 张国平, 范锦龙, 等. 利用 MODIS 遥感数据监测冬小麦种植面积[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 144—149.
- [24] 郑秀仁, 潘剑君, 林 海, 等. 4 种混合地物的光谱特征研究[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(4): 55—59.

MODIS—NDVI-based monitoring of cotton planting areas and growth condition in Xinjiang

HUANG Qing, WANG Li-min, TENG Fei

(*Institute of Agricultural Resources and Regional Planning of Chinese Academy of Agricultural Sciences/
Key Laboratory of Resource Remote Sensing and Digital Agriculture, Ministry of Agriculture/
Hulunber Grassland Ecosystem Observation and Research Station, Beijing 100081, China*)

Abstract: Large-scale crop type automatic identification methods were studied based on remote sensing images. The characteristics of NDVI time series of cotton in Xinjiang were analyzed, and then the threshold values of extracting planting area in different zones were set and the extraction models of planting area in different zones were established, and finally the spatial distribution of cotton of 2009 were obtained. Compared with years of average statistical data, the extraction accuracy is more than 78%. Secondly, we used NDVI difference model to monitor the cotton growth condition of Xinjiang in 2009, and compared it with the average cotton growth of last five years. The results showed that there were different characteristics in the spatio-temporal distribution.

Keywords: MODIS data; area extraction; China Agriculture Remote Sensing Monitoring System (CHARMS); crop growth monitoring; Xinjiang; cotton

(上接第 203 页)

Landuse change and driving factors in the Xi'an—Xianyang urban areas, Northwest China

TAO Wen-fang^{1,2}, CHANG Qing-rui¹, ZHAO Ye-ting¹

(*1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Department of Natural Resources Science, University of Rhode Island, Kingston, RI 02881, USA*)

Abstract: Urbanization has significant effects in densely populated China. The increasing extent of urban built-up areas and the associated land-use and land-cover change (LULCC) are among major factors in considerations for resources and environmental management, in particular in ecologically fragile regions such as the western China. To better understand the urbanization process of the Xi'an-Xianyang urban areas, we documented land cover changes between 1988, 1995, and 2006 using Landsat remote sensing data, identified the socioeconomic factors driving the changes, and revealed the spatial pattern of change between the two cities. The research indicates that LULCC between the three time periods involved major transitions of land from agriculture to urban classes. Urban land cover of the Xi'an—Xianyang region increased during 1988~2006, while the agriculture and forest lands decreased. Analyses of socioeconomic data suggest that the change of household size, such as reduced number of occupants per household, has been a significant factor that affected urban land expansion. This involves the increased demands of the amount of land and materials and promoted the urbanization process.

Keywords: remote sensing; landuse change; driving factor; Xi'an—xianyang urban areas