

基于 CBERS 遥感的冬小麦长势分级监测

李卫国¹, 李正金^{1,2}, 杨澄²

(1. 江苏省农业科学院资源与环境研究所, 南京 210014; 2. 南京信息工程大学应用气象学院, 南京 210044)

摘要:应用遥感信息技术,可实时对冬小麦长势进行分级监测预报,便于农业部门及时制定和实施相应的管理措施,达到目标化生产的目的。以江苏省姜堰市为例,进行了基于中巴资源卫星(CBERS-02)遥感的冬小麦拔节期长势分级监测研究。经过计算机分类和人机交互式判读解译,结合GPS样点信息校验,冬小麦面积解译精度在90%以上。利用遥感植被指数反演叶面积指数(LAI)等长势信息,对整个区域的冬小麦长势状况进行分级监测。叠加样点的实测数据校验,监测精度达到85%以上,最终制作区域的冬小麦长势分级专题图,并对各长势状况进行了分析。结果说明,中巴资源卫星影像数据可以满足区域冬小麦长势监测要求,并可在实际生产中进行推广应用。

关键词:冬小麦; CBERS-02 影像; 长势分级

doi:10.3969/j.issn.1008-0864.2010.03.14

中图分类号:TP79 文献标识码:A 文章编号:1008-0864(2010)03-0079-05

Grading Monitoring of Winter Wheat Growth Condition by CBERS Satellite Image

LI Wei-guo¹, LI Zheng-jin^{1,2}, YANG Cheng²

(1. Institute of Resource and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014;

2. School of Applied Meteorological Science, Nanning University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Application of remote sensing information technology could real-time monitor and predict winter wheat growth by grading, so as to help the agriculture sector to develop and implement appropriate management measures to achieve target production purposes. Taking Jiangyan City, Jiangsu Province as example, the studies on grading monitoring of winter wheat growth during jointing stage were conducted based on CBERS (CBERS-02) satellite remote sensing images. Through computer classification techniques and human-computer interactive interpretation, combining with GPS information check, the interpretation accuracy of winter wheat area is over 90%. Growth status of winter wheat in the whole region was monitored in grade by using remote sensing vegetation index (VI) and inversion of leaf area index (LAI). Compared with the growth information data of sample sites and areas, accuracy of the monitoring is more than 85%. A winter wheat growing region classified map was completed to analyze winter wheat growing status of each period. The result showed that CBERS image data could meet the needs of winter wheat growth monitoring, and be applied and extended in practical production.

Key words: winter wheat; image of CBERS-02; grading of growth vigor

利用遥感信息技术实时监测冬小麦的叶面积指数、地上部干物重等主要长势指标信息,对其各生育期的长势状况进行分析,便于及时制定和实施相应的肥水管理与调控措施,以达到优质高产的目的^[1]。常规获取小麦苗情长势信息的方法有实地人工或仪器取样调查法,不适合大面积调

查;而遥感技术以其快速、准确和信息量丰富等特点,在冬小麦长势监测领域得以迅速的发展^[2-9]。本研究拟采用地面GPS定位调查数据,利用现有的冬小麦长势遥感监测模型,结合CBERS-02卫星影像解译获取的遥感信息,进行冬小麦长势遥感监测,并通过计算机分类技术和人机交互式判

收稿日期:2010-02-04;修回日期:2010-03-23

基金项目:国家863计划项目(2008AA10Z214);农业部行业科技项目(200803037);江苏省农业科学院人才基金(6510805)资助。

作者简介:李卫国,研究员,博士后,主要从事农作物遥感估产与品质监测预报研究。Tel:025-84390195;E-mail:jaaslwg@126.com

读方法,对冬小麦长势状况进行分级分类,制作专题图,旨在为农学专家和基层农业部门制定具有针对性的调优栽培管理措施提供信息决策支持,同时也为我国卫星遥感技术在农作物长势监测领域的进一步应用研究提供理论支持。

1 材料与方 法

1.1 数据来源

本研究所采用的影像数据是中巴资源卫星 02 星 CCD 数据,来自中国资源卫星应用中心。中巴地球资源卫星二号星(CBERS-02)于 2004 年 2 月投入运行,为太阳同步回归卫星,平均高度 778 km,回归周期 26 d。星上载有 3 种传感器:线性阵列扫描仪(CCD)、红外多光谱扫描仪(IRMSS)和宽视场相机(WFI)。其中 CCD 传感器共有 5 个波段($0.45 \sim 0.52 \mu\text{m}$; $0.52 \sim 0.59 \mu\text{m}$; $0.63 \sim 0.69 \mu\text{m}$; $0.77 \sim 0.89 \mu\text{m}$; $0.51 \sim 0.73 \mu\text{m}$),像元空间分辨率为 19.5 m,扫描幅宽为 113 km,其影像质量较 CBERS-01 有了很大程度的提高^[10]。

根据姜堰市的区域范围,获得的两景影像的 Path/Row 分别为:368/63(景号 814325)与 368/64(景号 814326)。其成像时间是 2009 年 3 月 29 日,当日天气较晴朗,姜堰市上空无云或少云,成像质量较好。由于成像范围限制,研究区域姜堰市被分割在两景影像中,且有重叠区域,需要对两幅影像分别几何校正并进行影像拼接和裁剪,获得姜堰市 3 月 29 日的完整影像。

地面控制点的建立,采用美国 Trimble 公司最新款的 Juno ST 手持 GPS 接收机,在姜堰市选择了 16 个试验样方点和 4 个面积较大的实验基地(图 1),采集地理坐标、测量实际范围和面积等数据。为消除非麦像元对小麦样点的影响,选择距离道路、建筑或其他植被 100 m 以上处建立样点,用对角线法 5 点取样,样点相距 5 m,利用英国 AD 公司生产的 AM-300 手持便携式叶面积仪获取样点的冬小麦叶面积数据,然后求取平均值。样点叶面积作为校验数据,对遥感长势模型模拟值进行对比分析,起到精度验证的作用。

1.2 图像预处理方法

波段间的配准精度不仅影响到图像的几何校

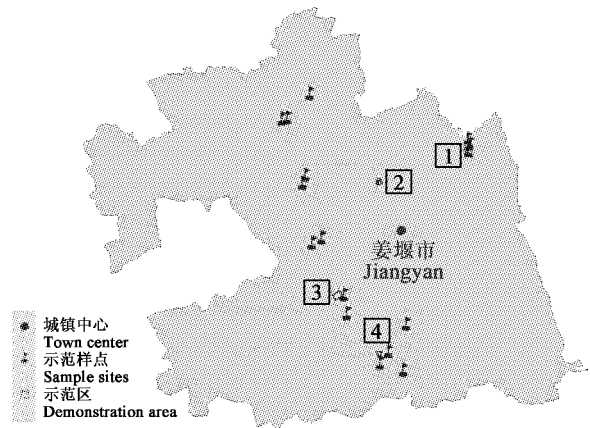


图 1 姜堰市冬小麦长势监测 GPS 样点和示范区分布
Fig. 1 The distribution of sample sites and demonstration areas for winter wheat growth monitoring.

正的精度,而且也影响到后面的冬小麦提取分类精度以及最终的冬小麦长势监测精度^[11]。由于 CBERS-02 CCD 相机第 4 波段数据质量较好,而第 5 波段全色波段成像往往会发生漂移,因此,首先需要在 ERDAS 中以第 4 波段为参考进行第 5 波段的几何纠正,通过选择 30 个左右的同名点,采用二次多项式模型进行匹配处理,缩小波段间的匹配误差。然后基于已有的姜堰地区 1:50 000 地形图对影像进行几何校正,同时结合地面实测的 GPS 控制点进行几何精确校正,确保校正后误差小于 1 个像元。

2 结果与分析

2.1 面积提取结果

采用计算机的 ISODATA 法进行非监督分类,叠加 NDVI 灰度图(图 2)和采集样点与示范区的数据,进行人机交互式的动态判读与目视解译,得到各类属性,进行类别合并并进行重编码。同时,将 GPS 样点和示范区的数据参加目视解译分类的全过程,较好地控制了分类的精度,得到姜堰市 2009 年冬小麦种植面积是 $2\,057.75 \text{ hm}^2$,而该市 2009 年实际冬小麦种植面积约为 $1\,866.67 \text{ hm}^2$,精确度在 89.76%,结果较为可靠。

2.2 分级分类结果及精度验证

在理解“NDVI→LAI→长势状况”关系的基础上,结合样点数据和农学专家经验,确定小麦长势状况的等级划分。冬小麦 3 月末至 4 月初正处



图2 NDVI 灰度图像
Fig.2 NDVI gray image.

于拔节到孕穗期,此时的 NDVI 数据与叶面积指数具有很好的相关性^[12-15]。通过遥感影像的波段计算获得麦区的 NDVI 数据,结合冬小麦长势遥感监测模型,反演叶面积指数,从而确定叶面积信息,经过线性转换,可获得反映整个区域长势情况的叶面积分布图。依据姜堰市主要种植冬小麦品种的长势表现,结合样点数据进行分析,确定长势分类的范围阈值。依次为长势过旺 Wheat_I ($LAI \geq 4.0$)、长势较好 Wheat_II ($3.5 \leq LAI < 4.0$)、长势一般 Wheat_III ($3.0 \leq LAI < 3.5$)和长势较差 Wheat_IV ($LAI < 3.0$)4 种类型。在此基础上制作该区域的冬小麦长势分级监测专题图(图3)。

图4 为分类后提取获得的各长势等级冬小麦的面积分布情况,可以看出,绝大部分小麦长势较



图3 姜堰市冬小麦长势分级监测专题图
Fig.3 The thematic map of winter wheat growth condition classification.

好,面积为 $1\,403.23\text{ hm}^2$, 占总面积的 68.19% ; 长势过旺的冬小麦面积较小,占总面积的 7.41% ; 长势一般和长势较差的小麦占了总面积的两成多,分别为 15.64% 和 8.76% 。

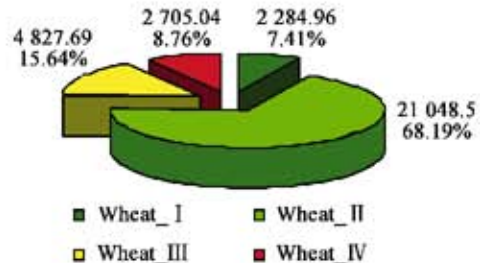


图4 分类后得到的各长势等级小麦的面积分布
Fig.4 The various growth condition grades area after classification.

本研究利用样点实验室实测数据和长势模型模拟数据对比分析,进行分类精度的检验(表1),其中模型所需的 NDVI 值是利用 GPS 样点的地理位置数据作为感兴趣点,在 NDVI 灰度图中提取各点的 NDVI 值。将 NDVI 作为变量输入长势遥感监测模型中,获得的 LAI 模拟数据。样点实测

表1 各样点 LAI 实测值和模拟值对比
Table 1 Comparison of LAI measured values and simulated values.

样点名称 Sample name	NDVI	LAI(模拟) LAI(Simulated values)	LAI(实测) LAI(Measured values)
JY-01	0.137 1	2.681 8	3.390 0
JY-02	0.243 5	3.103 5	3.540 0
JY-03	0.435 9	4.040 9	5.320 0
JY-04	0.333 3	3.510 5	2.950 0
JY-05	0.230 8	3.049 7	2.760 0
JY-06	0.545 5	4.696 2	4.100 0
JY-07	0.219 5	3.003 0	3.540 0
JY-08	0.161 9	2.774 8	2.250 0
JY-09	0.340 2	3.543 7	3.740 0
JY-10	0.368 4	3.683 6	4.320 0
JY-11	0.408 5	3.891 5	3.500 0
JY-12	0.250 0	3.131 2	3.400 0
JY-13	0.271 8	3.226 5	3.610 0
JY-14	0.090 9	2.517 3	3.350 0
JY-15	0.278 7	3.256 9	3.870 0
JY-16	0.495 7	4.386 1	5.150 0

叶面积数据和样点的面积之比得到 LAI 的实测值。对两组数据进行图形分析(图 5),可以看出,利用长势遥感监测模型模拟的 LAI 值与实测值之间具有很好的相关性,说明本研究制作的冬小麦长势分级监测专题图具有较高的精度,能比较好地反映田间冬小麦的长势状况。

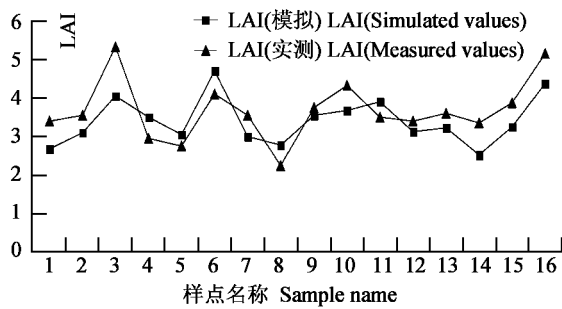


图 5 各样点 LAI 实测值和模拟值对比图
Fig. 5 Comparison chart of LAI measured and simulated values.

2.3 分类结果的分析

对表 1 中的面积分布数据和图 3 中各长势等级小麦分布信息进行综合分析,可得到以下几个方面信息:

①长势较好的冬小麦所占比重最大,且分布比较集中,主要在姜堰的东南部、中部和北部地区等重要的冬小麦种植区和产粮基地。分析原因主要是这些区域内地势比较平整,灌溉沟渠网发达,田间排水给水设施完善,且大都采用机械化作业,水肥配合合理,有诸多国家和集体农场分布其中,在抵御病虫害和春季冻害等方面起到了示范作用,所以该地区不论样点实测数据还是遥感监测结果都反映这些地区的长势比较好。

②长势过旺的冬小麦占总面积比重不大,但分布较为集中,主要是在东南部大面积小麦种植区内。本研究定义的长势过旺情况主要是指在冬小麦的某个生育期内,叶面积等生理生态指标超过正常值的范围,对后期的冬小麦的生长发育以及最终产量形成可能产生不利影响的这类小麦。按照冬小麦正常的生长发育,地上部和地下部(根系)是一个协调生长的过程,如果在拔节期出现基本苗过密、分蘖数过多或者施氮肥过多,就会导致的叶面积和地上部生物量过大,田间通风和透光条件变差,以致小麦基部节间过长,机械组织发育不良,最终会引起倒伏而影响最终产量。本

研究引入的长势过旺概念,具有重要的现实指导意义,根据分布图中显示的长势过旺的区域,当地的农业部门可以采取及时有效的田间管理措施,控制小麦长势过旺的势头,达到高产稳产优产的目的。

③长势一般和较差的小麦面积较大,且分布较为分散,主要在大面积田块的外围和地势低洼地区,以及城镇周围土地较为破碎的地带。由于排水不畅,地下水位过高,导致小麦根系发育不良;随着城镇建设的发展,使得城镇周围的土地支离破碎,小麦种植零星分布,缺乏统一有效的农田管理,使得长势状况较差。同时在实际调查过程中,还发现一部分小麦拔节期长势不好是受到早春冻害的影响,尤其是在姜堰中北部地区,分布较多。综上所述,说明在田间管理和种植方式的选择上还存在问题,可挖掘的潜力还非常大,如何加强这些田块的管理,改变长势较差的状况,提高中低产田的产量仍是当地农业部门今后非常重要的任务。

3 讨论

目前国内常用的冬小麦长势监测的遥感影像主要有 NOAA、MODIS 等,这些影像空间分辨率较低,很难满足小区域范围内的高精度冬小麦长势遥感监测应用;而分辨率较高的 SPOT、IKONS 等影像因为价格昂贵,应用于大范围的冬小麦监测所需财力物力庞大,不适合大规模推广应用;利用地面高光谱对小麦长势进行监测,虽然具有机理性好、精确度高的优点,但是其在应用过程中需要消耗大量的人力物力,同时由于仪器的限制,不太适合大范围的长势监测。随着中国自主研发的地球资源卫星以及其他高精度探测卫星陆续投入使用,尤其是中巴资源卫星不断升级,影像质量的提高,而且资料的开放性和获取的便捷性优势,为高精度大范围的冬小麦长势监测提供了很好的数据信息平台。本研究区域的姜堰市地处江苏省中部、黄淮海平原的边缘,内部交通水网发达,种植结构布局复杂,选用的 CBERS-02 星数据可以满足空间分辨率的要求,也可较好地控制遥感监测预报的精度。

本研究引用冬小麦长势遥感监测模型,结合植被指数信息,能及时快捷地获得反映冬小麦长

势状况的信息,且在与实测的样点数据对比时取得较高的拟合度,长势监测精度能达到 85% 以上,说明该方法可以应用于区域小麦的生产管理与指导。

参 考 文 献

- [1] 李卫国,赵春江,王纪华,等. 遥感和生长模型相结合的小麦长势监测研究现状与展望[J]. 国土资源遥感,2007,2:6-9.
- [2] 刘东升,李淑敏. 北京地区冬小麦冠层光谱数据与叶面积指数统计关系研究[J]. 国土资源遥感,2008,4:32-34.
- [3] 李卫国,王纪华,赵春江,等. 基于生态因子的冬小麦产量遥感估测研究[J]. 麦类作物学报,2009,29(5):906-909.
- [4] 李正金,李卫国,申双和. 基于优化 ISODATA 法的冬小麦长势分级监测[J]. 江苏农业科学,2009,2:301-302.
- [5] 李卫国,王纪华,赵春江,等. 基于 TM 影像的冬小麦苗情长势与植株氮素遥感监测研究[J]. 遥感信息,2007,2:12-15.
- [6] 黄敬峰,王人潮,刘绍民,等. 冬小麦遥感估产多种模型研究[J]. 浙江文学学报,1999,25(5):512-523.
- [7] Delecalle R, Mags S J, Guerif M. Remote sensing and crop production models: present trends[J]. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., 1992,47:145-161.
- [8] O'Leary, Connor D J, White D H. A simulation model of the development, growth and yield of the wheat crop[J]. Agric. Syst., 1985,17:1-26.
- [9] 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.
- [10] 齐腊,赵春江,李存军,等. 基于多时相中巴资源卫星影像的冬小麦分类精度[J]. 应用生态学报,2008,19(10):2201-2208.
- [11] 申克建,周伟,袁春,等. CBERS-02 星 CCD 数据土地利用分类方法研究——以江苏省宜兴地区为例[J]. 遥感信息,2009,2:71-75.
- [12] 李卫国,赵春江,王纪华,等. 基于卫星遥感的冬小麦拔节期长势监测[J]. 麦类作物学报,2007,27(3):523-527.
- [13] Frank Lin S E, Wilson B A. Spatial and spectral classification for remote sensing imagery [J]. Comp. Geosci., 1991,17:1151-1172.
- [14] Gitelson A, Kaufman Y. MODIS NDVI optimization to fit the AVHRR data series—spectral consideration[J]. Remote Sens. Environ., 1998,66(3):343-350.
- [15] 李卫国,王纪华,赵春江,等. 基于 NDVI 和氮素积累的冬小麦籽粒蛋白质含量预测模型[J]. 遥感学报,2008,12(3):506-514.
- [16] 王纪华,黄文江,赵春江. 利用光谱反射率估算叶片生化组分和籽粒品质指标研究[J]. 遥感学报,2003,7(4):277-284.
- [17] 李映雪,朱艳,曹卫星. 不同施氮条件下小麦冠层的高光谱和多光谱反射特征[J]. 麦类作物学报,2006,26(2):103-108.

【863 课题介绍】

课题名称:基于模型和 3S 技术的稻麦产量监测预报系统
课题编号:2008AA10Z214

课题内容、目标:

从稻麦生产管理的信息化角度出发,运用定量遥感技术、作物模拟技术和 GIS 技术,依据遥感信息-作物模型-长势和产量-气候环境的系统动态关系,以定量遥感反演及其与作物模型的耦合为主线,分析遥感光谱特征、农学参数与生态环境因素间的动态关系,明确影响稻麦光谱特征的主要气候环境因子,建立基于主要气候因子的农学参数遥感反演模型;构建可用于不同年份、不同区域下的稻麦生产力模拟模型,并以构件化的模式实现遥感反演信息与稻麦生产力模拟模型的协同应用。最终,建立可用于大面积稻麦长势监测与产量估算的计算

应用系统及相关技术理论体系。

课题进展:

①运用 RS 技术与作物生理生态技术,探讨了基于多遥感信息的稻麦长势监测的技术体系和理论方法,构建了水稻、小麦长势(包括 LAI、生物量、叶片含氮量、叶绿素含量等生理生态指标)监测的定量遥感模型;②以品种、气候环境因子、栽培措施与产量的系统动态关系为主线,建立了基于过程的稻麦遥感估产模型,并构建了符合 COM 标准的估产模型组件;③建立了稻麦长势与产量遥感分级监测预报技术和专题图信息产品,并进行了示范应用,累计示范应用面积约 20 万 hm^2 。