

2017年巴西大豆长势遥感监测数据的分析研究

黄青 刘航 邹金秋

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要: 巴西是我国重要的大豆进口国。研究巴西大豆的产量变化和供给状况对中国大豆进出口贸易乃至国际大豆市场的发展具有重要意义。利用目前作物长势遥感监测中应用最广泛的归一化植被指数NDVI, 对巴西2017年大豆长势进行监测, 并采用差值模型, 与2016年同期大豆长势的平均状况进行对比研究, 以期获得巴西大豆2017年产量变化趋势, 为我国大豆进口政策提供数据支撑。研究结果表明: 巴西大豆长势在2017年期间呈现“前期较好, 中期略变差, 后期变好”的趋势, 大豆长势总体好于2016年同期。在空间分布上, 巴西中西部、东北部和东南部大豆全年长势好于2016年同期, 而在南部的一些州, 大豆长势基本与2016年同期持平。大豆主要生育期内良好的天气因素是2017年巴西大豆长势较好的主要原因。

关键词: MODIS数据; 归一化差分植被指数; 长势监测; 巴西; 大豆

中图分类号: S127

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2017.06.009

Analysis of Soybean Growth Condition Based on MODIS-NDVI Data in Brazil of 2017

HUANG Qing, LIU Hang, ZOU Jinqu

(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Brazil is the second largest soybean production and export country in the world, which is also the most important soybean import country to China. The yield changes and the supply of Brazil's soybean have great impacts both on the international soybean market and Chinese soybean import and export, which also become one of the important factors affecting the safety of food supply in China. Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which is the most widely used in crop growth remote sensing monitoring at present, this paper monitored and analyzed the soybean growth condition in Brazil in 2017 using a difference crop model by comparing the growth condition average values of this year with those of the same period of last year. The study can obtain the changing trend of soybean yield in 2017, and provide the data support for China's soybean import policy. The results showed that the soybean growth condition in Brazil showed "better in the early period in 2017, slightly worse in the middle period, and better again in the late" tendency. The soybean growing conditions were overall better than last year. In spatial distribution, the soybean growth condition was better than the same period of last year in Midwest, Northeast and Southeast of Brazil, while in Southern states, the soybean growth condition

作者简介: 黄青 (1978—), 女, 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所副研究员, 研究方向: 农情遥感监测; 刘航 (1992—), 女, 中国农业科学院研究生院硕士研究生, 研究方向: 农情遥感监测; 邹金秋 (1975—), 男, 中国农业科学院农业资源“欧盟作物模型BioMA在中国的适应性研究”与农业区划研究所助理研究员, 研究方向: 智慧农业 (通讯作者)。

基金项目: 农业部“引进国际先进农业科学技术”(948计划)资助“农业遥感监测系统关键技术引进”(2016-X38); 国家科技基础性工作专项项目“科技基础性工作数据资料集成与规范化整编”(2013FY110900); 中央级公益性科研院所专项资金资助项目“欧盟作物模型BioMA在中国的适应性研究”(IARRP-720-33)。

收稿时间: 2017年7月14日。

showed a normal state compared with the same period of last year. From the autumn of 2016 to March of 2017 year, the overall weather were fine are the main agricultural regions of Brazil, soil moisture was all favorable to the soybean growth, which are the main reasons that the soybean growth was better than last year in Brazil.

Keywords: MODIS data, NDVI, crop growth monitoring, Brazil, soybean

1 引言

巴西是全球大豆第二大生产国和出口国，也是我国最重要的大豆进口国^[1]。巴西大豆的产量变化和供给状况对国际大豆市场和我国大豆进出口都有较大影响，也是影响我国食物供给安全的重要因素之一。因此，实时监测巴西大豆长势，能够掌握并预测早期的大豆产量，对我国农业生产管理部门政策的制定、进出口贸易管理、农业政策的调整以及保障粮食安全等具有重要的意义。

巴西位于南美洲，东濒大西洋，面积 851 万 km²，约占南美洲面积的 47.3%^[2]，为世界国土面积第五大的国家。其地形的最大特点是高原多，约占领土面积的 59%，全境地形分为亚马逊平原、巴拉圭盆地、巴西高原和圭亚那高原，其中亚马逊平原约占全国面积的 1/3，巴西的耕地和草场面积广阔^[3]（图 1）。

巴西地处亚热带和热带，湿润多雨，大部分地区年降水量 2000 ~ 3000mm，国内有亚马孙、巴拉那和圣弗朗西斯科三大水系，水力资源丰富。巴西拥有丰富的自然资源，特别是农业资源得天独厚，农牧业发达，可耕地面积占国土面积的 70%，总人口 2.01 亿人（2013 年），其中农业人口约 3540 万人，70% 的耕地种植大豆和玉米。作为农作物中的最主要产品，大豆种植面积和产量均相当于全国农作物总种植面积和产量的一半，其产值约占全部农产品产值的 1/3，大豆产量占世界总产量的 20%，为世界大豆第二大生产国和出口国，也是中国进口大豆的主要供应国家^[2-4]（图 2）。

根据 2015—2016 年巴西大豆播种面积和产量统计情况，巴西中西部的戈亚斯州（Goias）、马托格罗索州（MatoGrosso）和南马托格罗索州（MatoGrosso do Sul），东北部的巴伊亚州（Bahia）和马拉尼昂州（Maranhao），东南部

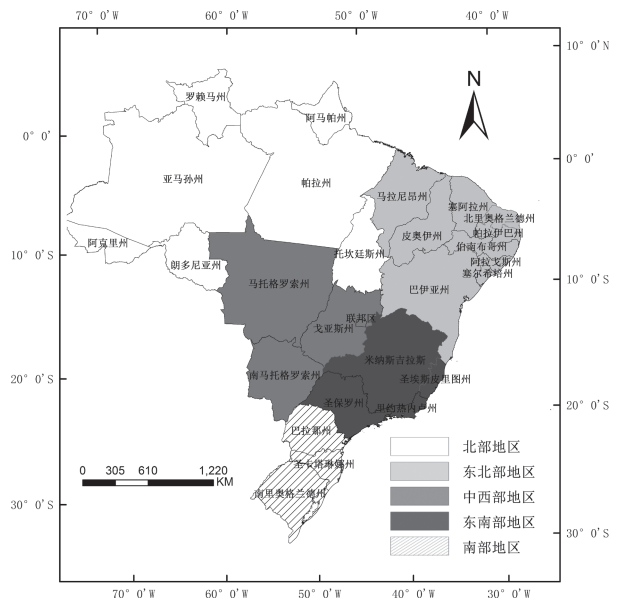


图 1 巴西农业区划示意图

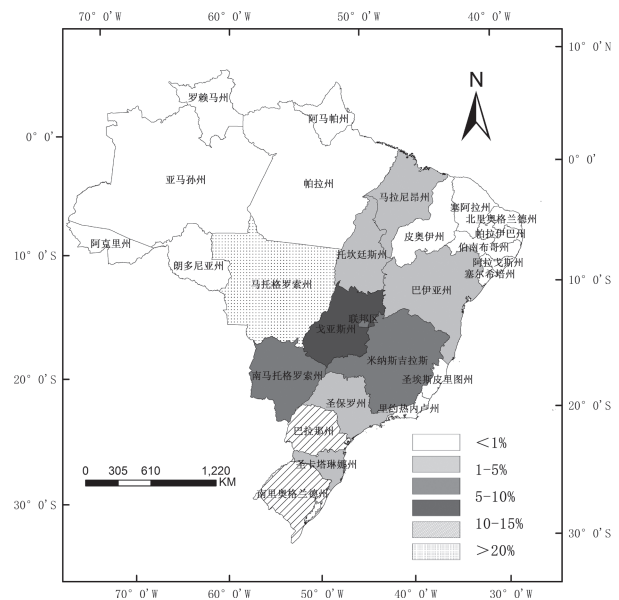


图 2 巴西各州大豆面积百分比示意图

的米纳斯吉拉斯州（Minas Gerais）和圣保罗州（Sao Paulo），南部地区的巴拉那州（Parana）、南里奥格兰德州（Rio Grande do Sul）和圣卡塔琳娜州（Santa Catarina），以及北部地区的托坎廷斯州（Tocantins）播种面积占巴西大豆播种总面

积的95%以上,而产量占巴西大豆总产量的99%以上^[5]。因此,对这11个主产州大豆长势的监测具有代表性。

常规的地面作物长势监测可以通过作物的个体特征判断,如叶的数量、颜色、形状,茎的株高、干物重,根的长度、数量、布局,穗的籽粒数、千粒重等,也可以通过作物的群体特征判断,如种植密度、亩穗数、均一性、生育期动态特征等。但不论是个体特征还是群体特征的地面调查都费时费力,难以在短时间内及时获得大范围作物长势情况。而遥感获得的时间序列图像可以反映受环境影响的农田土壤和作物特性等的光谱特征,从而提供了农田作物生长的时空变异信息,在作物生长季中不同时间序列图像可以确定作物长势的动态变化。因此,遥感以其快速准确、现势性强等优势,日益成为大区域范围内作物长势动态变化监测的重要手段。

国内外学者采用高分辨率的光学数据、雷达数据以及中低分辨率的MODIS等同遥感数据源^[6-8],利用植被指数法、同期对比法、作物生长过程监测法、模型诊断法等^[9-11],对不同作物不同生育期内的作物长势监测进行了大量研究^[12-14]。各国学者们对作物长势遥感数据源和监测方法的研究大都集中在小区域范围^[15-17],各国农业监测机构也重点关注本国、本区域范围内主要作物的面积、长势、产量等方面^[18-20]。本文则将以巴西大豆11个主产州为研究对象,对巴西2017年大豆长势进行遥感监测,并对所获得的遥感数据进行分析,研究巴西大豆2017年产量变化趋势,以期为我国大豆进口政策提供数据支撑。

2 数据收集与处理方法

2.1 数据源与预处理

本文遥感数据来源于美国国家航空航天局NASA(National Aeronautics and Space Administration)网站的Earthdata,中分辨率成像光谱MODIS(moderate-resolution imaging spectroradiometer)卫星中的Terra星16天合成的500m分辨

率数据^[21],下载相关数据后进行投影转化、分辨率重采样(原始下载图像分辨率非500m)、去除非植被区的NDV负值、按研究区拼接、裁切等预处理,利用这些遥感数据进行长势实时比较监测分析;大豆面积分布数据来源于我国农业部农情遥感监测中心每年巴西大豆播种后的实时面积解译数据,主要用来作为监测区域面积掩膜的本底;气象数据来源于美国农业部网站USDA中外国农业服务气象10天合成数据,主要用来进行作物长势气象条件分析^[22]。部分统计数据来源于国家统计局网站国际统计数据^[23]。

2.2 作物长势监测模型

利用遥感数据监测作物长势的原理为:根据作物对光谱的反射特性,在可见光部分有较强的吸收峰,近红外部分有较强的反射峰,这些敏感波段及其组合可以反映作物生长的空间信息,进而实现对作物生长状态的判断。常用的植被指数有归一化植被指数、差值植被指数、比值植被指数和双差值植被指数等。在众多的植被指数中,归一化差值植被指数NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)的应用最为广泛,被认为是植被生长状态及植被覆盖度的最佳指示因子,是反映生物量和植被监测的最佳指标。经归一化处理的NDVI,部分消除了太阳高度角、卫星扫描角及大气程辐射的影响,特别适用于全球或各大陆等大尺度的植被动态监测^[24-26]。

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

其中,R为可见光敏感波段的反射率,NIR为近红外敏感波段的反射率。

本文主要选择NDVI的差值模型来评价作物长势情况。首先利用差值模型将2017年同期的遥感数据NDVI值与2016年同时段NDVI图像进行对比求差,从而反映作物生长差异年际间空间变化状态。基于2016年作物长势已知,该方法可以反映作物生长趋势上的差异。

$$R = NDVI_{2017} - NDVI_{2016} \quad (2)$$

在式(2)中,R是作物长势指数,NDVI₂₀₁₇是2017年某时段NDVI像元值,NDVI₂₀₁₆是2016年同时段NDVI值。

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上年、与上年持平和差于上年3个等级。其中，针对监测数据，质量判断为监测前后2年中如有1年及以上有云覆盖的区域则作为非监测区处理。

3 长势的时空特征

图3—图5是2017年1月—3月巴西大豆长势与2016年平均长势对比情况。2017年1月，巴西大豆长势总体较好。在监测区域11个主产州中，长势好于2016年的比例总体达到28.2%，其中中西部的戈亚斯州、马托格罗索州和南马托格罗索州长势较好的比例都超过40%。东北部的马拉尼昂州和北部的托坎廷斯州长势亦较好。而巴伊亚州和米纳斯吉拉斯州由于天气干燥，部分大豆长势较差，整体来说，大豆长势不及2016年同期的比例为14.0%（图3）。2017年2月，大豆长势总体较好的比例为24.1%，较1月略微下降，大豆长势较差的比例增加了0.8%，中西部的戈亚斯州、马托格罗索州和南马托格罗索州长势依然较好（图4），北部局部地区的洪涝影响托坎廷斯州大豆长势，对部分已经开始收获地区的收获进度产生一定影响。进入3月，巴西大豆大部

处于结荚—收获期，大部产区温高光足，大豆长势整体较好，长势较好的比例占到24.9%，长势较差的比例减少至10.8%。除了前期长势一直较好的中西部地区3个州外，东北部的巴伊亚州、马拉尼昂州，北部地区的托坎廷斯州，东南部的米纳斯吉拉斯州，南部地区的巴拉那州长势都较好（图5）。总体来看，巴西大豆长势在2016—

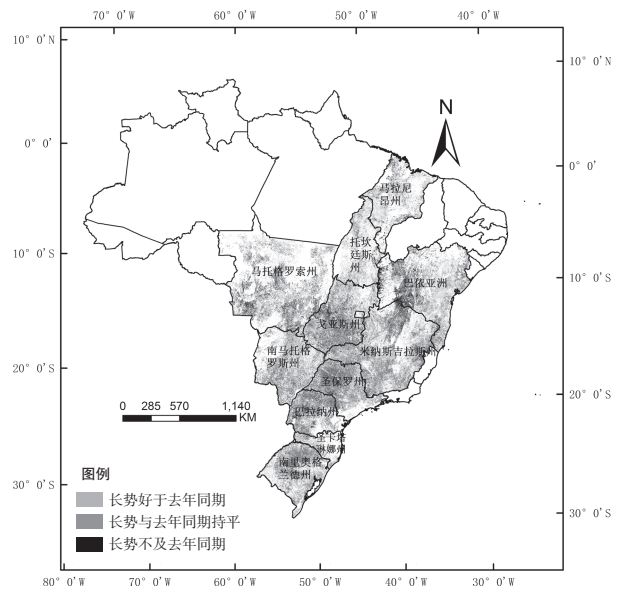


图4 2017年2月2日到2月17日巴西大豆长势遥感监测结果

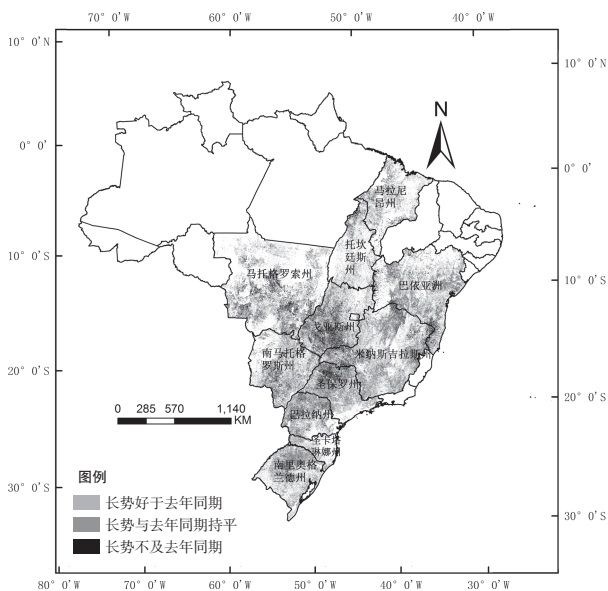


图3 2017年1月1日到1月16日巴西大豆长势遥感监测结果

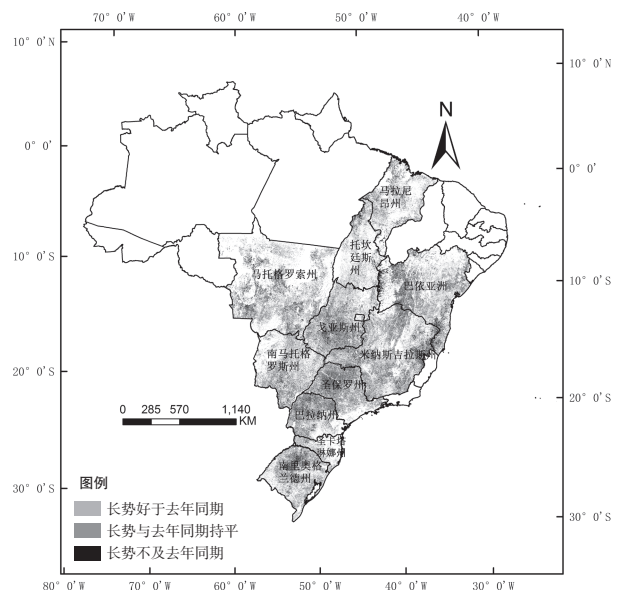


图5 2017年3月6日到3月21日巴西大豆长势遥感监测结果

2017年呈现“前期较好，中期略变差，后期变好”的趋势。

图6显示了2017年1—3月巴西大豆11个主产州大豆长势好、长势正常和长势差的比例变化情况。中西部的戈亚斯州、马托格罗索州和南马托格罗索州，东北部的马拉尼昂州，北部的托坎廷斯州及南部的巴拉那州，长势较好的比例一直保持在20%以上，东北部的巴伊亚州和马拉尼昂州大豆长势较差的比例前期较大，但后期均有较大的改善。2017年巴西大豆长势整体较好，有望迎来一个丰收之年。

4 长势变化的影响因素

2016年10月巴西大豆开始陆续播种，查询巴西天气预报情况获知：由于播种时大部地区降雨形势较好，光温水条件总体适宜，大部地区播种进程较快，大豆播种及出苗情况较好。进入2016年11月后，巴西中部和东北地区大豆主产区降雨较常年同期偏多，雨量充沛，利于大豆作物苗期生长，但巴西南部天气干燥，墒情下滑，

对部分地区的播种及出苗率略有影响。2016年12月，巴西农业产区的天气整体良好，特别是降水的覆盖率和降雨量都明显大于常年，良好的土壤墒情对大豆生长较为有利，大豆长势好于2015年同期，只有东南部、东北部等地局部干燥天气和南部地区局部出现前期干燥、后期农田过湿的现象，对大豆播种和苗期生长略有影响。进入2017年1月，巴西大部地区降水状况良好，农田墒情基本适宜，但东南部、东北部等地局部降水前期偏少，但月内后期出现较大范围降水，土壤墒情得到改善。2017年2月，巴西大豆大部处于开花结荚期，大豆主产区降水范围进一步增加，主产区有50~200mm的降水，北部局部地区降水达到250~350mm，引发局部地区洪涝，对部分已经开始收获的大豆，收获进度产生一定影响，其余大部温高光足，土壤墒情适宜，大豆长势总体正常。2017年3月，巴西大豆大部处于结荚—收获期，大部产区温高光足，对产量形成和整体收获较为有利，大豆长势整体较好。总体来看，2017年尽管巴西局部地区出现阶段性干旱、

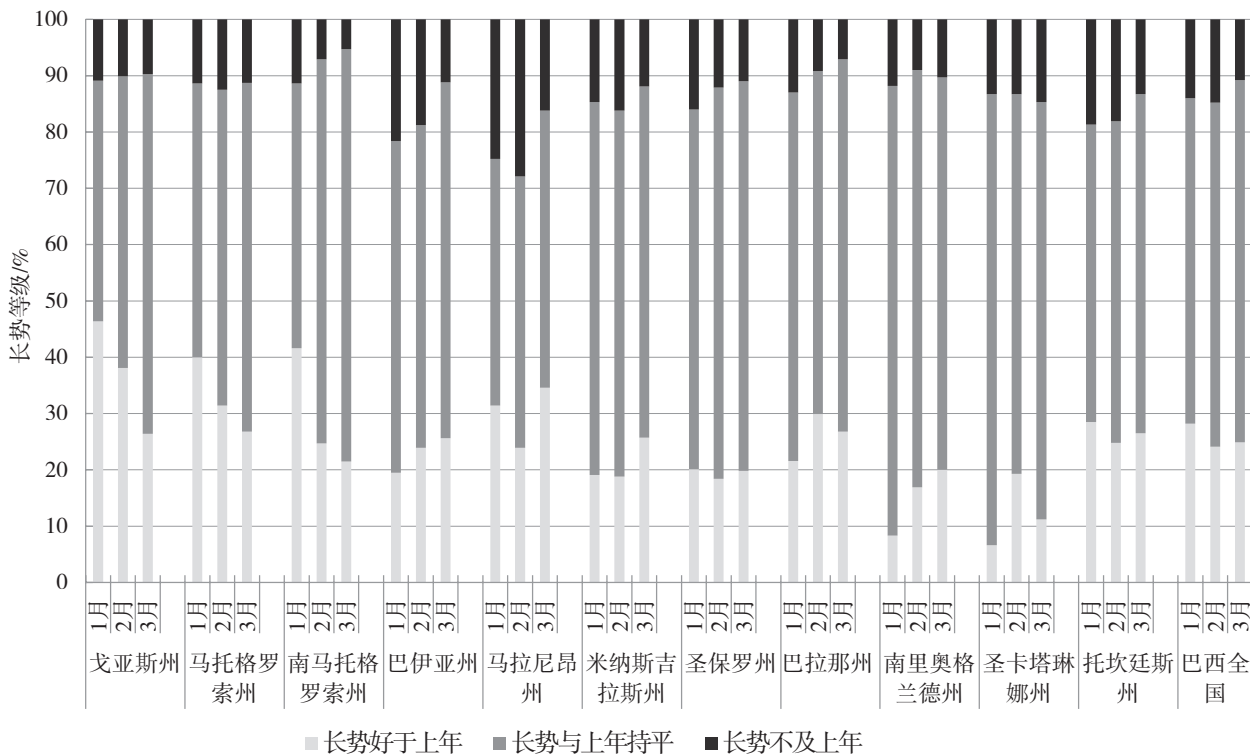


图6 2017年1—3月巴西大豆主产州大豆长势变化情况

土壤过湿等不利条件，但2017年的光温水条件总体利于大豆生长，为巴西全国大豆单产增加发挥了重要作用。

5 结论与讨论

(1) 本文对2017年巴西大豆长势的遥感监测分析表明：2017年1—3月，巴西大豆长势呈现了“前期较好，中期略变差，后期变好”的趋势，大豆长势总体好于2016年同期，2017年巴西大豆有望成为丰收之年。因此，建议我国政府在制定2017年大豆进口政策和谈判过程中予以关切。

(2) 本研究监测对象为巴西大豆，缺乏足够的地面验证资料，因此监测精度有待提高，未来希望能与巴西农业部门积极合作，共享一些当地农业地面验证数据。

(3) 遥感模型虽然具有快速、客观的优势，但要从机理上对作物长势变化进行分析，离不开作物模型。遥感模型反演参数和作物模型的进一步结合，是今后精确模拟作物生长发育过程的方向。

参考文献

- [1] 强文丽,成升魁,刘爱民,等.巴西大豆资源及其供应链体系研究[J].资源科学,2011,33(10):1855-1862.
- [2] 龙吉泽.巴西的农业生产及农业机械化[J].湖南农机,2014(12):95-96.
- [3] 赵秀兰,侯英雨.巴西大豆产量变化趋势与展望[J].农业展望,2010,6(7):33-35.
- [4] 黎海波.巴西农业与农机化[J].湖南农机,2005(6):38-39.
- [5] 巴西农业统计数据[EB/OL].[2017-05-10]. <http://www.ibge.gov.br/english/>.
- [6] 李丹,韩留生,黄思宇,等.基于HJ-1数据的冬小麦种植面积、长势与收割进度遥感监测[J].中国农学通报,2016,32(12):20-28.
- [7] FIEUZAL R, SICRE C M, BAUP F. Estimation of corn yield using multi-temporal optical and radar satellite data and artificial neural networks[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,2017(57): 14-23.
- [8] 黄青,周清波,王利民,等.基于遥感的冬小麦长势等

- 级与气象因子相关性分析[J].农业机械学报,2014,45(10):318-324.
- [9] 王来刚,邹春辉,刘婷,等.河南省冬小麦长势遥感监测指标的适宜性[J].麦类作物学报,2013,33(5):1006-1011.
- [10] 孙晨红,杨贵军,董燕生,等.旱冻双重胁迫下的冬小麦幼苗长势遥感监测研究[J].麦类作物学报,2014,34(5):635-641.
- [11] 乌兰吐雅,乌兰,姜英君,等.基于MODIS NDVI的春小麦苗期长势监测:以呼伦贝尔市大兴安岭西麓为例[J].安徽农业科学,2015,43(31):356-358.
- [12] FIEUZAL R, BAUP F, MARAIS-SICRE C. Monitoring wheat and rapeseed by using synchronous optical and radar satellite data: from temporal signatures to crop parameters estimation[J]. Advances in Remote Sensing, 2013(2): 162-180.
- [13] REN D D W, TRIPATHI S, LI L K B. Low-cost multi-spectral imaging for remote sensing of lettuce health[J]. Journal of Applied Remote Sensing,2017,11(1). DOI:10.1117/1.JRS.11.016006.:016006.
- [14] 黄敏堂,陈燕丽,王国安,等.HJ-1星上思县甘蔗工艺成熟期长势多年对比监测[J].安徽农业科学,2014,42(36):13129-13131.
- [15] CLAVERIE M, DEMAREZ V, DUCHEMIN B, et al. Maize and sunflower biomass estimation in southwest France using high spatial and temporal resolution remote sensing data[J]. Remote Sensing of Environment, 2012,124: 844-857.
- [16] 黄青,王利民,滕飞.基于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[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):213-217.
- [17] 武晋雯,张玉书,冯锐,等.辽宁省作物长势遥感评价方法[J].安徽农业科学,2009,37(36):18104-18107.
- [18] NASA TECHNICAL REPORTS. The LACIE crop years—an assessment of the crop conditions experienced in the three years of LACIE[EB/OL].[2014-05-25]. <http://ntrs.nasa.gov/index.jsp>.
- [19] 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.
- [20] FAO. Multiple frame agricultural surveys Volume 2: Agricultural surveys programs based on area frame or dual frame (area and list) sample designs[M]. Rome : Food and Agriculture Organization, 1998.

(下转第75页)

了该方法的合理性和可靠性。应用该方法持续监测大豆主产区种植分布的空间变化、长势的时序变化、干旱发生等情况, 可为全球粮食安全动态感知与预判提供基础信息。

充分利用低分辨率数据源的多时相信息以及较高空间分辨率遥感数据产品的地类信息, 具有宏观、高效、准确的特点, 非常适宜国家尺度的大片种植作物的快速提取, 具有广阔的应用前景。但应注意的是, 该方法并不能直接用于像我国种植结构复杂、种植面积不集中、物候差异显著的国家进行作物识别和长势监测。通过添加和修改物候匹配的约束条件可在一定程度上提高该方法的适用性。未来的研究可从物候信息校准、NDVI 产品分辨率提高、土地利用时效性及精度提升、作物异种程度区分等方面进一步深入探讨。

参考文献

- [1] 吴炳方, 蒙继华, 李强子. 国外农情遥感监测系统现状与启示[J]. 地球科学进展, 2010, 25(10): 1003–1012.
- [2] 张喜旺, 刘剑锋, 秦奋, 等. 作物类型遥感识别研究进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(33): 278–285.
- [3] 胡宗辰. 基于MODIS的中国主要粮食作物种植时空分布信息提取方法研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
- [4] 朱钟正, 苏伟. 基于局部空间统计分析的SPOT 5影像分类[J]. 遥感学报, 2011, 15(5): 957–972.
- [5] YANG Wei, CHEN Jin, MATESUSHITA Bunde, et al. 基于相关系数匹配的混合像元分解算法[J]. 遥感学报, 2008, 12(3): 454–461.
- [6] 潘耀忠, 李乐, 张锦水, 等. 基于典型物候特征的MODIS-EVI时间序列数据农作物种植面积提取方法: 小区域冬小麦实验研究[J]. 遥感学报, 2011, 15(3): 578–594.
- [7] 陆俊, 黄进良, 王立辉, 等. 基于时空数据融合的江汉平原水稻种植信息提取[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(6): 874–881.
- [8] 王玉. 基于时序光谱库的棉花种植面积信息提取研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2013.
- [9] 盛永伟, 陈维英, 肖乾广, 等. 利用气象卫星植被指数进行我国植被的宏观分类[J]. 科学通报, 1995, 40(1): 68–71.
- [10] 陈晓苗. 基于MODIS-NDVI的河北省主要农作物空间分布研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2010.
- [11] 刘真真. 基于改进CASA模型的小区域冬小麦遥感估产研究[D]. 开封: 河南大学, 2016.
- [12] ZHAO H, YANG Z, DI L, et al. Crop phenology date estimation based on NDVI derived from the reconstructed MODIS daily surface reflectance data[C]//International Conference on Geoinformatics. IEEE, 2009: 1–6.
- [13] 黄健熙, 张洁, 刘峻明, 等. 基于遥感DSI指数的干旱与冬小麦产量相关性分析[J]. 农业机械学报, 2015, 46(3): 166–173.
- [14] MONTEITH J L. Evaporation and environment[M]//FOGG B D. The state and movement of water in living organism, symposium of the society of experimental biology. Cambridge: Cambridge University Press, 1965: 205–234.
- [15] MU Q, HEINSCH F A, ZHAO M, et al. Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 111(4): 519–536.
- [16] 林文鹏, 王长耀. 大尺度作物遥感监测方法与应用[M]. 北京: 科学出版社出版, 2010: 69–78.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 巴西气象10天合成数据[EB/OL]. [2017-01-20]. <https://www.pecad.fas.usda.gov/cropexplorer/imagewiew.aspx?regionid=br>.
- [20] 巴西大豆播种面积[EB/OL]. [2017-01-20]. <http://data.stats.gov.cn>.

(上接第65页)

- [21] MODIS16天合成数据[EB/OL]. [2017-01-20]. <https://urs.earthdata.nasa.gov>.
- [22] 巴西气象10天合成数据[EB/OL]. [2017-01-20]. <https://www.pecad.fas.usda.gov/cropexplorer/imagewiew.aspx?regionid=br>.
- [23] 巴西大豆播种面积[EB/OL]. [2017-01-20]. <http://data.stats.gov.cn>.