

文章编号: 1673-9469 (2017) 02-0100-05

doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2017.02.020

2005—2015 京津冀地区麦秸秆焚烧时空变化分析

刘海新¹, 崔明月^{1,2}, 赵安周¹, 白志辉³, 王冬利¹

(1. 河北工程大学 矿业与测绘工程学院, 河北 邯郸 056038, 2. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083, 3. 冀中能源 峰峰集团, 河北 邯郸 056107)

摘要: 为监测和分析京津冀地区麦收期间秸秆焚烧状况, 并为麦秸秆焚烧治理提供辅助决策信息, 以 MODIS 火点产品 MOD14/MYD14 和地表覆被产品 MCD12Q1 为基本数据源, 提取 2005—2015 年 6 月麦秸秆焚烧点, 并对其空间分布规律和时间变化趋势进行分析。研究结果表明: 从空间分布来看, 整个研究区 6 月麦秸秆焚烧以邯郸、邢台、衡水等地最为严重, 并出现先少后多、先南后北的时空分布规律; 从时间序列分析来看, 11 年的麦秸秆焚烧除奥运会举办年 (2008 年) 最低, 总体上处于上升趋势, 且发生时间集中在 6 月中旬, 整个 6 月来看, 呈近似正态分布。

关键词: MODIS 产品; 麦秸秆焚烧点; 时空变化分析; 京津冀地区

中图分类号: X87

文献标识码: A

Spatiotemporal variation analysis of wheat straw burning during 2005—2015 in Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Region

LIU Haixin¹, CUI Mingyue^{1,2}, ZHAO Anzhou¹, BAI Zhihui³, WANG Dongli¹

(1.School of Mining and Geomatics, Hebei University of Engineering, Hebei Handan, 056038, China;2.School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083,China;3.Fengfeng Group, Jizhong Energy corporation, Hebei Handan, 056107, China)

Abstract: In order to monitor and analyze wheat straw burning of Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Region during or after the wheat harvest, and provide the government abundant decision-making assistant information to forbid wheat straw burning, based on the fire products (MOD14/MYD14) and land cover products (MCD12Q1) of MODIS, the wheat straw burning points were extracted during the June of 2005-2015, and the patterns of spatiotemporal variation of wheat straw burning points were also investigated. The results showed that the wheat straw burning of the study area in June mainly concentrated in Handan, Xingtai and Hengshui were the most serious. The number of wheat straw burning points first decreased and then increased, and the wheat straw burning points showed a change trend from southeast to the northwest over time. Time series analysis indicated that number of wheat straw burning points had a general increase trend except hosted the Olympic Games (2008) during 2005-2015; the time of occurrence concentrated in mid-June, and the statistical figure of the whole June was similar to the normal distribution.

Key Words: MODIS products; wheat straw burning point; temporal and spatial variation; Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan region

我国是一个农业大国, 每年在农作物收获之后产生的秸秆资源居世界首位, 年产量近 7×10^8 t, 相当于 5×10^8 t 标准煤^[1]。虽然农业收割机械化在我国已经得到了迅速发展, 但是受传统思想的影响,

大多数农民仍采用焚烧的方式来处理秸秆, 导致农村地区的秸秆焚烧现象时常发生。随着遥感技术的发展, 相关行业和部门利用遥感技术在大尺度内快速获取地面信息, 也为秸秆焚烧点时空变化的监测

收稿日期: 2017-03-07

特约专稿

基金项目: 河北省自然科学基金 (D2015402134); 河北省教育厅计划项目 (QN2015105, QN2016234)

作者简介: 刘海新 (1980-), 男, 山东栖霞人, 硕士, 讲师, 主要从事 3S 技术在农业、环境方面的应用研究。

提供了良好的基础。目前利用遥感数据监测秸秆焚烧或火点的数据源和相关算法很多^[2-12], 但是由于受时空分辨率的限制, 使得某些短时间和小规模秸秆焚烧可能被遗漏。MODIS 是当前世界上新一代“图谱合一”的光遥感仪器, 其仪器特征参数从设计上考虑到了火灾监测, 专门对高温敏感的波段做了优化, 能够探测到比气象卫星更小更多面积的火点(最小面积可达 50 m²), 使其监测火灾能力大大提高^[13], 因此利用 MODIS 数据进行监测可以获取更真实、更详细的秸秆焚烧时空分布。

目前, 大多数研究均是对秸秆焚烧算法的相关研究, 而忽视了秸秆焚烧长时间序列的时空变化分析, 鉴于此, 本文以 MODIS 热异常产品 MOD14/MYD14 为火点信息提取数据源, 基于土地利用/覆盖类型产品 MCD12Q1 筛选麦秸秆焚烧点, 并对提取的麦秸秆焚烧点进行时空分析, 为秸秆焚烧更有效的监管提供数据支持。

1 研究区概况

京津冀是由首都经济圈的概念发展而来, 包括北京市、天津市以及河北省的保定、廊坊、沧州、秦皇岛、唐山、承德、张家口、衡水、邢台、邯郸、石家庄 11 个地级市。地理坐标为东经 113° 27' ~ 119° 50', 北纬 36° 05' ~ 42° 40', 土地面积 21.6 万 km², 常驻人口约为 1.1 亿人, 其中外来人口为 1 750 万。地势西北高、东南低, 由西北向东南倾斜。地貌复杂多样, 高原、山地、丘陵、盆地、平原类型齐全, 有坝上高原、燕山和太行山山地、河北平原三大地貌单元, 地形南高北低, 平均海拔 1 200 ~ 1 500 m。研究区地表覆被类型主要包括耕地、林地、草地、建设用地、水域、湿地等, 其耕地主要分布在京津冀地区的东南部平原地区。

2 数据来源及数据处理

2.1 热异常数据及处理

通过对目前秸秆焚烧点监测常用遥感数据源及相关算法进行对比和分析, 发现 MODIS 的 MOD14/MYD14 火点产品获取方便, 质量和精度可靠, 火点信息提取便捷, 且能够探测比气象卫星更小更多的火点信息^[11], 是监测秸秆焚烧理想的数据源。因此本文选择 MOD14/MYD14 产品作为麦秸秆焚

烧点提取的基础数据源。MOD14/MYD14 产品是 MODIS 研发团队分别基于 Terra 卫星和 Aqua 卫星上 MODIS 传感器的 3.9 和 11 μm 波段, 通过设定火点和背景温度差阈值来提取白天和夜间的温度异常区域和火点信息^[14], 其空间分辨率为 1 km, 两颗卫星每天均有白天和夜间两期产品, 考虑到秸秆焚烧一般发生在白天, 因此本文选用的 MOD14/MYD14 产品均为白天的。基于研究区麦收时间和麦秸秆焚烧发生在麦收之后的考虑, 本文从 NASA 官网上下载了 2005—2015 共 11 年 6 月每日 MOD14/MYD14 数据日产品, 并采用 MOD03/MYD03 数据对其地理定位。MOD03/MYD03 数据同样来自于 NASA 官网并与 MOD14/MYD14 产品一一对应。地理定位后的 MOD14/MYD14 产品需进一步拼接和裁剪, 并从中提取 Fire Mask 数据集, 从而满足后续火点信息的提取。

2.2 耕地信息的获取

秸秆焚烧点一般发生在耕地上, 因此, 需利用土地利用/覆盖类型数据的耕地信息对 MOD14/MYD14 产品数据获取的火点信息进行进一步筛选。鉴于此, 本文选用 2010 年 MODIS 的陆地 3 级标准数据产品 MCD12Q1, 并在原有的马里兰大学土地覆盖数据集基础上, 提取研究区耕地的分布。同时由于 MCD12Q1 空间分辨率为 500 m, 为保证与 MOD14/MYD14 数据产品一致, 本文将获取的土地利用/覆盖类型数据进行重采样为 1 km。

3 研究方法

首先依据 MODIS 火点产品 MOD14/MYD14 的

表 1 MOD14/MYD14 火点产品 Fire Mask 数据集 DN 值说明

Tab.1 The introduction of the DN Value about fire Mask Dataset of the MOD14/MYD14 fire products

DN 值	含义
0	源数据缺失
1 ~ 2	未处理 (淘汰)
3	水体
4	云
5	未发现火点
6	未知
7	火点 (低可信度)
8	火点 (中等可信度)
9	火点 (高可信度)

Fire Mask 数据集元数据说明(表1)从预处理后MOD14/MYD14产品的Fire Mask数据集中提取研究区疑似火点信息,由表1可知,像元亮度值7、8、9分别代表低可信度、中等可信度和高可信度火点信息,本研究将其一律标识为火点信息。其次利用MCD12Q1获取的耕地图斑与提取的疑似火点信息叠加求交集,获得秸秆焚烧点。最后对提取的秸秆焚烧点进行空间特征和时间变化进行分析。具体流程如图1所示。

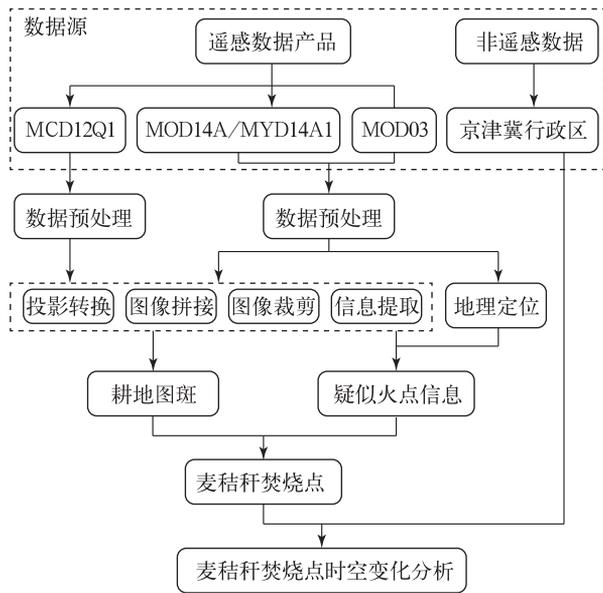


图1 技术流程图
Fig.1 Technique flow chart

4 结果

4.1 京津冀麦秸秆焚烧点空间分布特征

根据图1技术流程,分别提取了2005—2015共计11年6月每日的白天的秸秆焚烧点信息,其2005—2015年6月麦秸秆焚烧点累计汇总空间分布如图2所示,可以看出,麦秸秆焚烧点最多的是邢台市、其次是邯郸市、衡水市;秸秆焚烧点最少的是张家口,其次是承德。其主要原因是邢台、邯郸、衡水等地区耕地较多,且主要农作物是小麦和玉米,而承德、张家口其耕地数量较少,主要土地利用类型是草地和林地。另外由图2可以看出,虽然唐山的耕地数量也不少,但是其麦秸秆焚烧点却不多,通过查看历年河北省统计局的年鉴发现,唐山市冬小麦种植面积仅为邯郸市的1/3左右;同时,唐山北部和东北部多山,主要经济作物为果树,南部和西部为滨海盐碱地和洼地草泊,仅有中部为燕山山

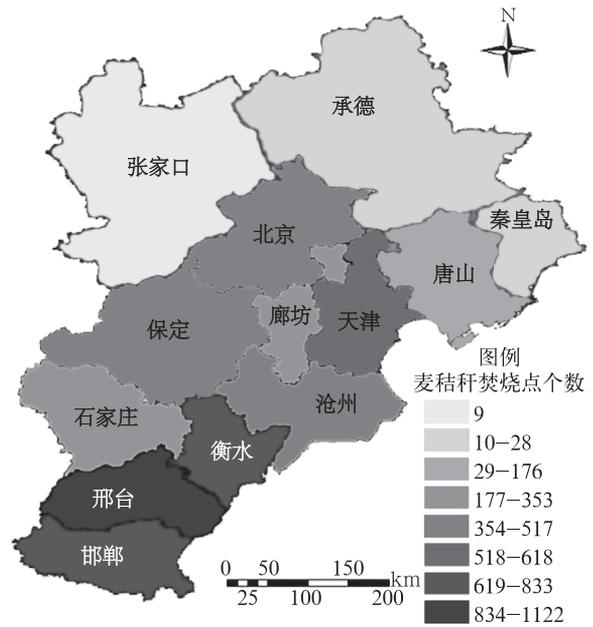
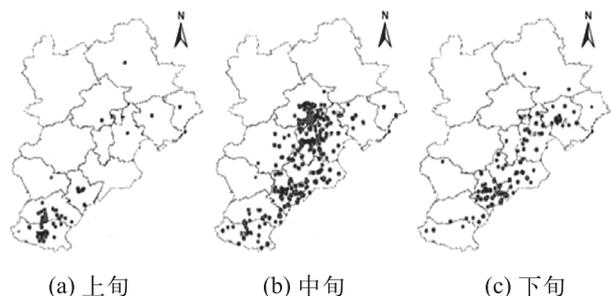


图2 2005—2015年累计麦秸秆焚烧点空间分布图
Fig.2 The spatial distribution map of the wheat straw burning point accumulative number during 2005—2015

前平原,能够大范围种植农作物,而当地的农作物类型很多,除小麦之外还有水稻、花生,这些因素的综合作用导致该区域麦秸秆焚烧点少。

同时,本文按旬统计了研究区2005—2015麦秸秆焚烧的情况,以2013年为例(图3),可以看出,6月上旬,麦秸秆焚烧点基本集中在京津冀南部的邯郸、邢台等地;中旬时火点数量明显增多,麦秸秆焚烧点发生地点也集中在京津冀中部的衡水、沧州、保定、天津、北京、唐山等地,而京津冀南部却有所减少;下旬麦秸秆焚烧点数量也骤减,且京津冀南部麦秸秆焚烧点基本上已经不存在,而主要集中在研究区的中部地区;综合分析上中下三旬,麦秸秆焚烧点在研究区北部基本上没有。这个现象主要是受到纬度因素的影响,小麦的成熟期依次由南向北递推,因此麦秸秆焚烧点数量形成先少后多、



(a) 上旬 (b) 中旬 (c) 下旬
图3 2013年6月上中下三旬麦秸秆焚烧点空间分布
Fig.3 Spatial distribution of wheat straw burning point in Early June, mid-June and last June, respectively

先南后北的空间分布规律。

4.2 京津冀麦秸秆焚烧点时间变化特征

4.2.1 麦秸秆焚烧点数量年际变化

统计结果表明，从 2005 年以来，麦秸秆焚烧点数量平均值为 550 个，并呈现波动中上升趋势，递增率为 31.1 个 /a (图 4)。2007—2008 年，麦秸秆焚烧点数量出现大幅度降低，并为 2005 年以来最低值，其主要原因应为 2008 我国举办夏季奥林匹克运动会，为了保证空气质量，国家在秸秆焚烧方面实施了一系列监管措施并严格落实。2008 年以后，虽然国家在政策和措施方面要求依然严格，但监管力度不如奥运会期间，且农民的意识未得到根本转变，很多农民避开监管人员，偷偷进行麦秸秆焚烧，因此自 2009 年焚烧点个数有强烈反弹。

4.2.2 2005—2015 年麦秸秆焚烧点数量日均值分析

2005 年—2015 年日均值秸秆焚烧火点如图 5 所示，由图可以看出京津冀地区的秸秆焚烧具有明显的时间特性，6 月上旬开始火点数量出现并随时间推移逐渐增加，直至中旬达到峰值状态后开始减少，焚烧点数量分布接近正态分布。由此可以看出，麦秸秆焚烧时间较为集中，6 月中旬为秸秆焚烧最严重的时间段。

5 结论

从时间序列上来看，除 2008 年外，京津冀地区 2005—2015 年内疑似麦秸秆焚烧点数量总体上呈增加趋势。11 年来研究区麦秸秆焚烧主要发生在 6 月中旬，上下旬较少，总体沿时间轴呈近似正态分布。

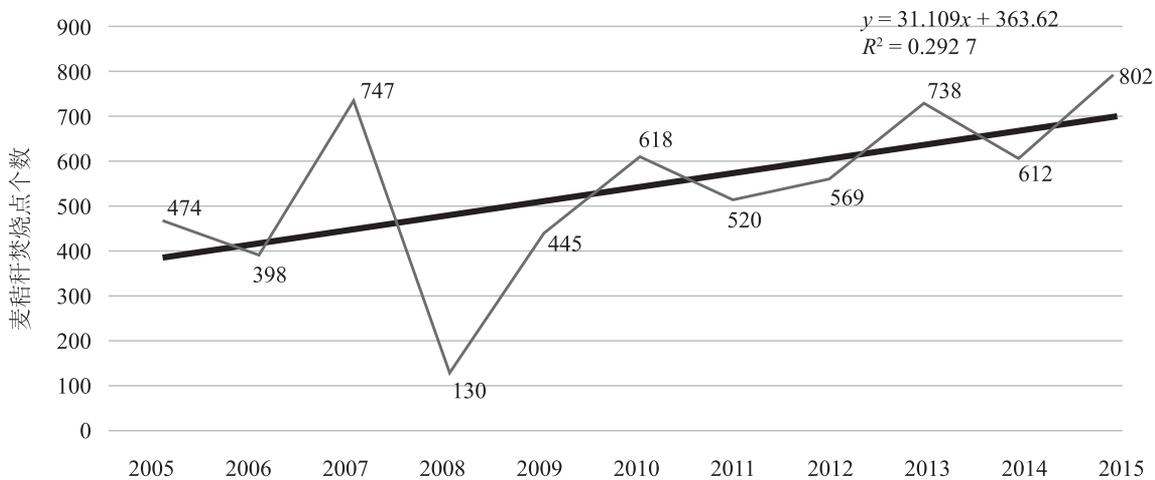


图 4 2005—2015 年麦秸秆焚烧点年际变化

Fig. 4 Interannual variation of wheat straw burning point during 2005 to 2015

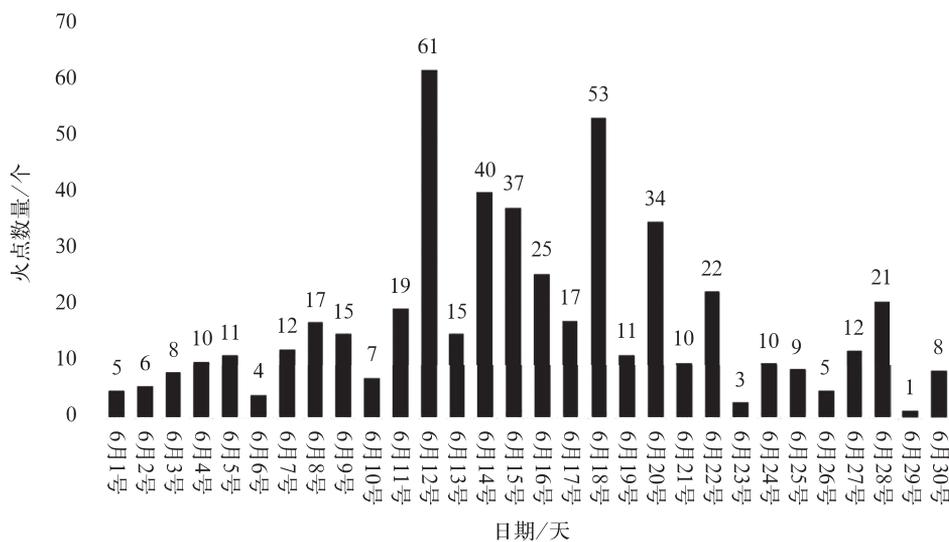


图 5 2005—2015 研究区秸秆焚烧点数量日均值

Fig. 5 Daily mean value of wheat straw burning point in study area during 2005 to 2015

从空间分布上来看,疑似麦秸秆焚烧点空间分布不均匀,主要发生在耕地较多的京津冀平坦地区,承德、张家口、秦皇岛等山区和丘陵地带较少。通过时空分析可以发现,麦秸秆焚烧先从研究区南部开始,随时间推移逐渐向北移动。

利用 MODIS 产品进行麦秸秆焚烧监测和统计具有很多优点,但由于缺乏实际调查数据,其准确性和精度难以验证。另外本文在麦秸秆焚烧点提取时使用的耕地图斑信息采用的是 2010 年 MODIS 的 MCD12Q1 土地利用数据产品,虽有相关研究^[15-18]表明,在中国境内,MODIS 土地覆盖产品总体精度较高,达到 61.9%,但用于从 MOD14/MYD14 产品的 Fire Mask 数据集中提取麦秸秆焚烧点仍存在误判的可能。

参考文献:

- [1]何立明,王文杰,王桥等.中国秸秆焚烧的遥感监测与分析[J].中国环境监测,2007(1):42-50.
- [2]王子峰,陈良富,顾行发.基于 MODIS 数据的华北地区秸秆焚烧监测[J].遥感技术与应用,2008,23(6):611-617.
- [3]刘婷,王来刚,范磊.基于 EOS/MODIS 数据的河南省小麦秸秆焚烧监测分析[J].河南农业科学,2011(11):158-160.
- [4]邵卫伟,杨哲,周斌.基于中分辨率成像光谱仪的秸秆焚烧火点提取方法的改进[J].环境污染与防治,2012(9):38-42.
- [5]GIGLIO L.An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS[J].Remote Sensing of Environment,2003,87:273-282.
- [6]胡梅,齐述华,舒晓波,等.华北平原秸秆焚烧火点的 MODIS 影像识别监测[J].地球信息科学,2008(6):6802-6807.
- [7]王钊.新一代极轨气象卫星 FY3A-VIRR 数据的地表火监测算法研究与评价[J].火灾科学,2011(3):140-145.
- [8]FLASSE S P, CECCATO P. A Contextual Algorithm for AVHRR Fire Detection[J]. International Journal of Remote Sensing,1996,17(2):419-424
- [9]冯登超,秦焕禹,杨晓冬,等.基于资源三号卫星影像的秸秆焚烧火点监测研究[J].电子测量与仪器学报,2015(4):616-621.
- [10]张为兵.基于环境一号卫星数据的小麦秸秆焚烧点提取方法研究[D].南京:南京师范大学,2013.
- [11]王玲,田庆久,包颖.基于 HJ 卫星 IRS 遥感数据的农作物秸秆火点提取模式研究[J].地理科学,2011(6):661-667.
- [12]田庆久,王玲,包颖,等.基于 HJ-1B 卫星的作物秸秆提取及其焚烧火点判定模式[J].中国科学:信息科学,2011(Z1):117-127.
- [13]杨珊荣,李虎,余涛,等.基于 MODIS 的秸秆焚烧火点识别原理及算法 IDL 实现[J].遥感信息,2009(2):91-97.
- [14]卿清涛,谢向明,张顺谦,等.EOS/MODIS 卫星遥感监测四川省森林火灾的阈值设置研究[J].四川气象,2007(2):24-25.
- [15]JUSTICE C, GIGLIO L, BOSCHETTI L, et al. Algorithm technical background document MODIS fire products[J]. MODIS ATBD. Version,1998(10):1-77.
- [16]冉有华,李新,卢玲.四种常用的全球 1 km 土地覆盖数据中国区域的精度评价[J].冰川冻土,2009(3):490-500.
- [17]吴文斌,杨鹏,张莉,等.四类全球土地覆盖数据在中国区域的精度评价[J].农业工程学报,2009(12):167-173.
- [18]刘向培,王汉杰,何明元,等.三种土地覆盖遥感数据在中国区域的精度分析[J].农业工程学报,2012(24):252-259.

(责任编辑 王利君)