

包玉龙, 来全, 丽娜, 等. 基于 MOD10A1 的草原黑灾监测方法研究[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 54-58. [BAO Yulong, Laiquan, Lina, et al. Analysis of Monitoring Method of Grassland Winter Drought Disaster based on MOD10A1 [J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(2): 54-58. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.02.010.]

基于 MOD10A1 的草原黑灾监测方法研究*

包玉龙^{1,2}, 来全², 丽娜¹, 宋佳丽¹, 呼格吉勒吐², 包玉海^{1,2}, 萨楚拉¹

(1. 内蒙古师范大学 地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010022;

2. 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010022)

摘要: 采用 MOD10A1 积雪产品, 通过时间序列栅格数据提取方法, 监测内蒙古一个积雪季(2013年10月初至2014年3月末)的黑灾分布规律的实例, 初步探讨了 MOD10A1 积雪产品在草原黑灾监测中的应用。以连续无雪天数、连续无雪 20 d 次数、连续无雪 40 d 的次数和连续无雪 60 d 的次数作为计算指标, 通过进行逐日像元上的计算, 获得每个像元上的指标值后进行统计分析。结果表明: ①在研究期间, 内蒙古阿拉善盟、巴彦淖尔盟北部出现的黑灾频率较高; 通辽、赤峰北部降雪多, 但气温高, 积雪日数短, 因此黑灾出现频率也是较大; 而锡林郭勒盟东部、呼伦贝尔以及兴安盟出现黑灾的几率最小。②按月份统计分析得出, 在这一积雪季中内蒙古 12 月发生的黑灾面积较小, 10、11 和 3 月份发生的黑灾面积较大。③利用 MOD10A1 数据通过无雪信息提取方法监测的结果与内蒙古的气候自然特征以及前人的研究基本上吻合, 因此本文中的监测方法可以在黑灾研究中利用。

关键词: 内蒙古; 黑灾; MOD10A1; 积雪

中图分类号: X43; P954 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)02-0054-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.02.010

黑灾是指冬春季节因无雪导致牲畜损失的主要气象灾害^[1], 黑灾的发生与冬季有无明显降雪天气有直接的关系。积雪是无水源草场冬季牲畜的唯一饮水来源, 降雪过少或无雪, 地面无积雪时间过长, 不利于牲畜饮水及来年春季牧草返青, 则形成“黑灾”^[2]。如内蒙古自治区在 1964-1966 年连续两年发生重黑灾, 给牧业生产造成严重危害和重大损失^[3]。在连续干旱的年景下, 草场受灾严重, 牲畜无法转场放牧。入冬后, 锡林郭勒盟、巴彦淖尔市、包头市等牧区仍无降雪, 冬至翌年春出现全区性黑灾。巴彦淖尔盟乌拉特后旗绵羊死亡率 36.4%, 骆驼死亡率 35.8%, 牲畜总头数比上年减少 10 万头(只), 全盟下降 163.3 万头(只)。包头市达尔罕茂明安联合旗牲畜死亡率 36%, 锡林郭勒盟苏尼特左旗牲畜死亡 11.2 万头(只), 镶黄旗比上年减少 2.4 万头(只)^[4]。而且这种灾害往往是恶性循环, 发生黑灾后会导

致第二年春季降雨量偏少、夏季旱灾发生几率大。黑灾对牧区这种大面积区域影响最大, 危害主要体现在草场和牲畜上, 黑灾发生期间常因草场长期无积雪, 牲畜饮水困难, 部分畜群只能进入无水源的冬季牧场放牧, 虽然不能直接造成牲畜大量死亡, 但是在黑灾发生的年份因地表温度偏高而极易造成传染病流行, 导致牲畜死亡。另一方面因牧场长期失水, 严重影响牧草春季返青^[2]。

内蒙古自治区牧区居多, 容易发生黑灾, 黑灾发生期主要在 10 月份至翌年 3 月末^[3]。黑灾形成的主要表现特征是降雪持续偏少或无降雪及连续性无积雪^[1], 而地面积雪信息可以通过遥感卫星数据来获取到。目前在学术领域开展范围较广的研究是利用 MODIS 积雪产品 MOD10A^[5-6]。影响积雪制图的主要因素就是积雪判识和对云雪的区分。但本次研究区主要为草原, 在草原地区和冻土带以及大的湖区, 积雪制图的精度较高,

* 收稿日期: 2016-08-29 修回日期: 2016-10-24

基金项目: 国家自然科学基金(41561099); 国家十二五科技支撑项目(2013BAK05B00); 内蒙古自然科学基金项目(2015BS0505); 内蒙古自然科学基金项目(2016MS0409); 内蒙古科技计划项目(201502095)

第一作者简介: 包玉龙(1982-)男, 蒙古族, 内蒙古通辽人, 博士, 讲师, 主要从事灾害与环境风险方面的研究。

E-mail: baoyulong@imnu.edu.cn

通讯作者: 包玉海(1965-)男, 蒙古族, 内蒙古兴安盟人, 教授, 博士生导师, 主要从事自然灾害遥感方面研究。

E-mail: Baoyuhai@imnu.edu.cn

最后得到的积雪覆盖区与野外测量结果一致性高达 97% 以上, 因此可以忽略黑灾这样大面积监测上的影响^[7]。

本文利用 2013 年 10 月 - 2014 年 3 月末的 MOD10A1 数据, 对无雪信息进行提取, 通过监测草原黑灾的实例来初步探讨 MOD10A1 积雪产品数据在草原黑灾监测中的应用。

1 数据来源

MOD10A1 数据是从美国国家冰雪数据中心 (National Snow and Ice Data Center, NSID) http://nsidc.org/data/modis/Data_summaries/index.html 网站下载获得。是搭载在 Terra 卫星传感器上的积雪覆盖 L3 全球网格产品第 5 版逐日积雪数据, 此数据覆盖的时间范围是从 2000 年 2 月 24 日到至今, 空间上覆盖全球, 空间分辨率为 500 m^[8-10], 从数据中可以获取每像元上每日的积雪覆盖情况。本文选取了覆盖整个研究区的 h25v03、h25v04、h25v05、h26v03、h26v04、h26v05、h27v04 等 7 幅 184d 的影像 (共 1 288 幅), 进行投影转换和镶嵌后得到了共 6 个月的 184 幅 HDR 格式数据。

2 监测方法

2.1 黑灾等级划分

2.1.1 黑灾等级划分标准

从黑灾形成的特征来看无雪或无积雪是主要原因, 而且该状况持续到一定程度以后成灾。因此连续无积雪日数成为黑灾等级划分的主要指标。

表 1 黑灾等级划分

等级划分	轻度黑灾	中度黑灾	重度黑灾
等级指标	连续无雪日数 20 ~ 40 d	连续无雪日数 40 ~ 60 d	连续无雪日数 60 d 以上

表 2 内蒙古牧区黑灾等级区划

等级划分	无雪日数	最高连续无雪日数	轻度黑灾	中度黑灾	重度黑灾
等级指标	连续无雪日数	连续无雪日数最大值	连续 20 d 无雪日数	连续 40 d 无雪日数	连续 60 d 无雪日数

表 3 MOD10A1 数据编码值

属性名	定义	样值
丢失的值	整数用来表示缺失的数据	0
雪覆盖百分比%	积雪覆盖地区 (0 ~ 100)	68
云覆盖百分比%	云在影像中的百分比 (0 ~ 100)	5
陆地区域百分比%	陆地影像中的百分比 (0 ~ 100)	89

关键代码

整数代码的解释

254 = 非产品数据, 200 = 雪, 100 = 湖冰, 50 = 云, 39 = 海洋, 37 = 陆地水, 25 = 陆地, 11 = 夜晚, 1 = 无值

目前我国根据地面连续无积雪日数把黑灾划分为 3 个等级, 即连续无积雪日数在 20 ~ 40 d 称为轻度黑灾, 40 ~ 60 d 称为中度黑灾, 60 d 以上称为重度黑灾 (表 1)^[11]。

2.2.2 内蒙古牧区黑灾等级划分

根据国家黑灾划分标准和 MOD10A1 产品的特征, 内蒙古牧区黑灾等级划分指标选取了无雪日数、最高连续无雪日数、连续 20 d 无雪日数、40 d 无雪日数、连续 60 d 无雪日数等。其中, 连续 20 d 无雪日数、连续 40 d 无雪日数、连续 60 d 无雪日数等级跟国家标准一致。无雪日数是研究区内每个像元上的冬季内无雪日数的和, 最高连续无雪日数则为每个像元上连续无雪日数中的最大值 (表 2)^[4]。

2.2 数据处理与信息提取

MOD10A1 数据中包含积雪覆盖范围 (Snow Cover Daily, SCD)、积雪反照率 (Snow Albedo, SA)、积雪覆盖率 (Fractional Snow Cover, FRA) 以及质量评估 (Quality Assessment, AQ) 等 4 种数据信息。MOD10A1 数据中的数字代码如表 3 所示^[8]。本文利用了积雪覆盖范围 (Snow Cover Daily, SCD) 数据运用无雪信息的提取方法来监测草原黑灾。

3 实例分析

对数据 MOD10A1 进行预处理时包括以下几个步骤: 利用 MODIS 数据处理工具软件 MRT (MODIS REPROJECTION TOOL), 对 MODIS/Terra 每日积雪分类产品 MOD10A1 进行数据格式转换和投影转换处理及镶嵌, 将正弦曲线投影转换为 Albers 投影, 椭球体选择 WGS84, 重采样方法选用最邻

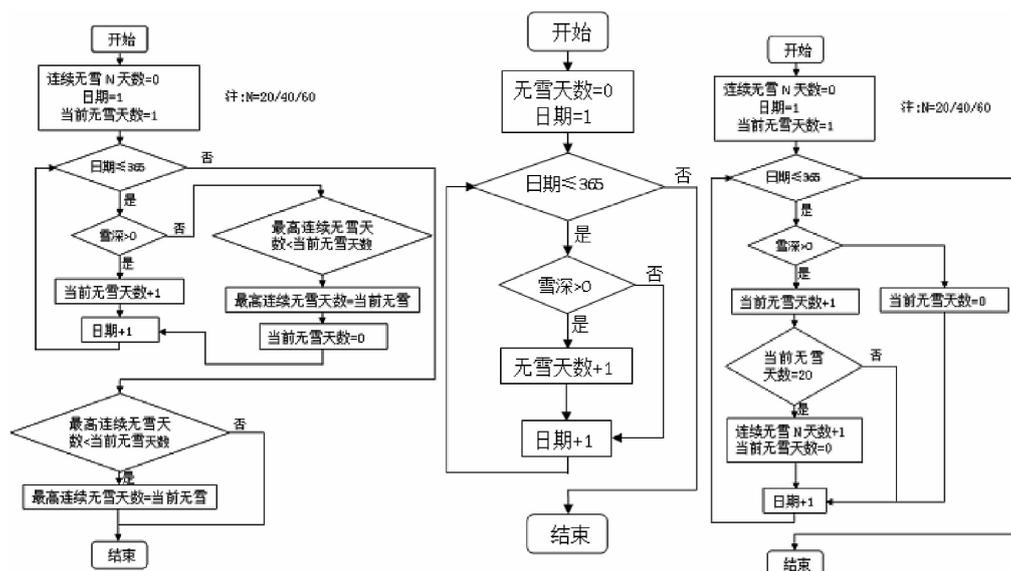


图1 无雪信息提取流程图

近法, 影像文件转换为 TIFF 格式, 输出数据为积雪覆盖范围(Snow Cover Daily, SCD)。再用研究区矢量边界对其进行裁剪获得了研究区的积雪覆盖数据。

无雪信息提取方法流程为: 对裁剪完的 TIFF 文件进行逐日逐像元提取数值为 200 的积雪像元, 为有雪区域和无雪区域进行分类, 将 184 d 的 TIFF 文件通过无雪信息提取方法多值提取至点, 再将点转至栅格对无雪日数、最高无雪日数以及连续无雪 20 d(轻度黑灾)、40 d(中度黑灾)以及 60 d(重度黑灾)作为指标来统计出无雪信息, 运用无雪信息提取方法统计各等级指标的具体流程看图 1。

3.1 内蒙古草原黑灾空间分布特征

图 2 是内蒙古 2013 年 10 月初到 2014 年 3 月末共 184 d 的连续无雪日数分布特征, 从此图可以看出在上述时间段中内蒙古地区最高连续无雪日数达到 184 d, 最低达到 76 d。184 d 连续无雪表明整个积雪季的 6 个月未下雪或积雪, 造成冷季的严重黑灾。出现最高连续无雪日数分布范围较广, 主要分布在阿拉善、巴彦淖尔、鄂尔多斯、包头、呼和浩特及乌兰察布和锡林郭勒盟西部等内蒙古中西部地区黑灾较为严重。而出现最低连续无雪的分布范围较小, 主要是在呼伦贝尔盟、锡林郭勒盟东部以及赤峰市西北少部分地区。图 3 ~ 图 5 是内蒙古不同程度的黑灾发生频次的空间分布特征, 图 3 是以 20 d 连续无雪为指标提取的内蒙古轻度黑灾频次分布图, 可以看出只有在呼伦贝尔中部小面积地区未出现轻度黑灾(频次为 0)。呼伦贝尔西北部轻度黑灾出现 1 ~ 2 次, 内蒙古中部、

赤峰、通辽小部分地区以及锡林郭勒中部南北一条和内蒙古西部小面积的出现频次为 7 ~ 8 的轻度黑灾, 锡林郭勒东部和呼伦贝尔地区存在着频次为 3 ~ 6 次的黑灾。而阿拉善盟, 巴彦淖尔市的南部以及西部地区频次最高达到 9 次。图 4 是表示内蒙古地区中度黑灾(40 d 连续无雪)频次的分布情况。呼伦贝尔中西部以及东部小面积的地区和兴安盟阿尔山地区未出现中度黑灾, 在锡林郭勒东部和南部以及呼伦贝尔大部分地区只出现一次的中度黑灾。最为严重的是阿拉善盟、巴彦淖尔盟和鄂尔多斯北部, 频次最高达到 4 次。图 5 是重度黑灾(60 d 连续无雪)的频次分布图, 内蒙古西部大部分地区和中部以及赤峰、通辽地区出现频次达到 3 次的重度黑灾, 在呼伦贝尔中部、东部以及东北部和锡林郭勒东部和南部地区和兴安盟西北部阿尔山市地区未出现重度黑灾。

3.2 内蒙古草原黑灾时间变化特征

图 6 是内蒙古各盟市各月无雪面积的柱状图, 从图中可以看出 2013 年 10 月初至 2014 年 3 月末的内蒙古各盟市的每个月的无雪面积变化。其中阿拉善盟的无雪面积每个月都差不多, 平均每月 24.5 万 km^2 。巴彦淖尔的 3 月份的无雪面积最高, 12 月份的最低。乌海市的无雪面积平均每个月都在 640 km^2 左右, 基本上每个月的无雪面积都一样。鄂尔多斯的无雪面积除 2 月份以外其余月份的无雪面积平均 8.7 万 km^2 。包头、呼和浩特以及乌兰察布的无雪面积变化与鄂尔多斯的无雪面积变化规律一样。锡林郭勒盟的 12 月和 2 月份的无雪面积相对低于其他月份, 2 月份的无雪面积是 7.179 万 km^2 , 但 10 月的无雪面积最高, 是 18.014

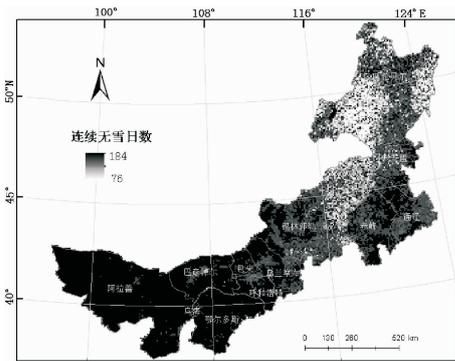


图2 连续无雪分布

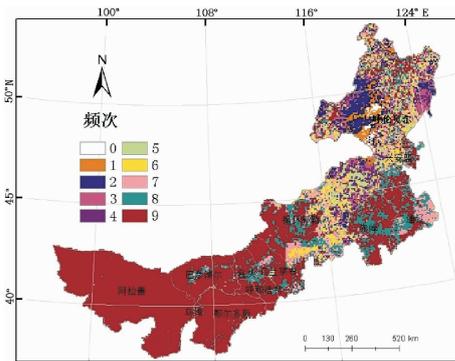


图3 轻度黑灾频次分布

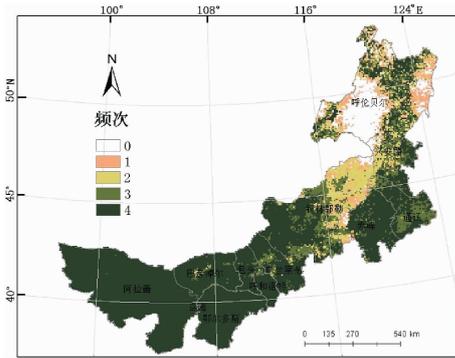


图4 中度黑灾频次分布

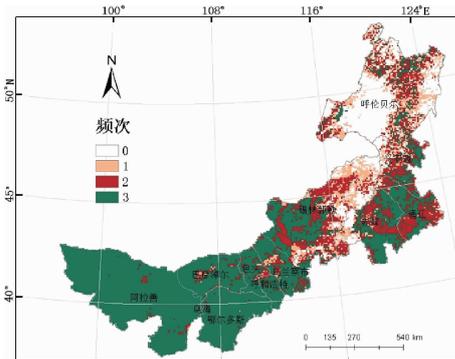


图5 重度黑灾频次分布

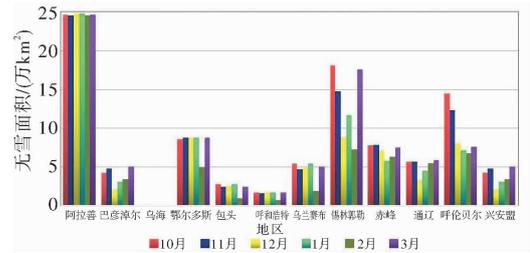


图6 各盟市各月份的无雪面积图

万 km²。而兴安盟的无雪面积较小, 并且 12 月份的无雪面积最小, 3 月份的无雪面积最高。呼伦贝尔的无雪面积在总面积的占比来看是较低的, 无雪面积最高的是 10 月份。总体来看, 整个内蒙古的无雪面积在 2013 年 10 月初至 2014 年 3 月末这期间上来看 10 月份的无雪面积最大, 其他月份无雪面积由大到小依次为 11 月、3 月、2 月和 1 月, 无雪面积最小的是 12 月。因此 12 月发生的黑灾面积小, 而 10、11 和 3 月份发生的黑灾面积较大。

4 讨论

黑灾发生的区域不但要地面长期无积雪, 而且必须符合地面上也没有给水措施等条件。因此在黑灾监测中还要考虑地面有无其它水源的问题。目前, 黑灾的研究较少, 尤其是利用遥感技术监测方面, 更是利用 MODIS 遥感卫星积雪产品 MOD10A1 数据通过无雪信息提取方法监测的很少。在已知地面水资源状况后, 我们就可以利用卫星遥感数据确定某一区域发生黑灾的面积和持续时间。2013 年 10 月初至 2014 年 3 月末的监测结果只能说明这一时段的内蒙古黑灾的分布特征, 而只有多年连续动态监测才能够准确确定黑灾覆盖范围、影响程度以及持续时间等问题^[2]。本文使用 MOD10A1 数据得出的结果较理想, 但也需要地面的水源设施分布等辅助信息来进行研究更为全面。地表气温和降雪量变化是造成黑灾的主要原因, 并且内蒙古气温的明显上升引起暖冬化^[12], 可能导致积雪面积的减少而导致内蒙古黑灾的加剧。因此对草原黑灾影响因素的分析尚待进一步深入研究。

利用 MOD10A1 数据对内蒙古草原黑灾监测的时空分布特征结果与裴浩等^[2]的“利用气象卫星监测白灾和黑灾”和能乃扎布的《牧区防灾学》^[13]中的内蒙古黑灾时空分布特征的结果比较吻合, 因此进一步证明了利用 MOD10A1 数据进行无雪信息提取来监测草原黑灾的研究方法是可行的。

5 结论

通过利用 MOD10A1 逐日积雪数据来监测内蒙古草原黑灾分布特征获得以下结果。

(1) 内蒙古 2013 年 10 月初到 2014 年 3 月末这期间轻度、中度以及中度黑灾最为严重的地区为阿拉善盟, 巴彦淖尔北部地区。并且内蒙古大部分地区都存在着各程度黑灾的发生, 只有呼伦贝尔中部小部分地区未发生黑灾。由于阿拉善盟、巴彦淖尔北部冬春季节降雪少以及积雪日数短而不易形成稳定积雪, 因此黑灾的出现频率较大。通辽、赤峰北部降雪多但气温高, 积雪日数短, 也不易形成稳定积雪, 因此黑灾出现频率也是较大的。锡林郭勒盟东部、呼伦贝尔以及兴安盟出现黑灾的几率最小。

(2) 内蒙古地区在积雪季(10月初至翌年3月末)中12月发生的黑灾面积小, 而10、11和3月份发生的黑灾面积较大。

(3) 利用 MOD10A1 数据通过无雪信息提取方法监测出的结果与内蒙古的气候自然特征以及前人的研究基本上是吻合的, 因此本文中的监测方法可以在黑灾研究中利用。

参考文献:

[1] 李友文, 刘寿东. 内蒙古牧区黑、白灾监测模式及等级指标

- 的研制[J]. 应用气象学报, 2000, 11(4): 499-504.
- [2] 裴浩, 李云鹏, 教艳青. 利用气象卫星监测白灾和黑灾[J]. 内蒙古气象, 1994(4): 23-25.
- [3] 邸瑞奇, 樊建平. 内蒙古牧区黑白灾气候特点分析[J]. 内蒙古气象, 1995(6): 23-27.
- [4] 邢野. 内蒙古自然灾害通志[M]. 内蒙古: 内蒙古人民出版社, 2001: 56-57.
- [5] 刘金平, 包安明, 李均力, 等. 2001-2013年中亚干旱区季节性积雪监测及时空变异分析[J]. 干旱区地理, 2016, 39(2): 405-412.
- [6] 赵明洋, 别强, 何磊, 等. 基于去云处理的祁连山积雪覆盖遥感监测研究[J]. 干旱区地理, 2014, 37(2): 325-332.
- [7] 侯慧姝, 杨宏业. MODIS 积雪产品及研究应用概述[J]. 遥感技术与应用, 2009, 24(2): 252-256.
- [8] Chuck L, Jiang Zhu, Amy E. M, et al. Miller. Deriving snow cover metrics for Alaska from MODIS[J]. Remote Sensing, 2015(7): 12961-12985.
- [9] Marchane, L. Jarlan, L. Hanich, et al. Assessment of daily MODIS snow cover products to monitor snow cover dynamics over the Moroccan Atlas mountain range [J]. Remote Sensing of Environment, 2015(1): 72-86.
- [10] University of Colorado Boulder, National Snow and Ice Data Center [EB/OL]. [2016-05-01]. http://nsidc.org/data/modis/data_summaries/index.html.
- [11] 吴孝兵. 草原畜牧业与灾害性天气[J]. 当代畜牧, 2001(3): 24-26.
- [12] 萨楚拉, 刘桂香, 包刚, 等. 内蒙古积雪面积时空变化及其对气候响应[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(2): 137-142.
- [13] 能乃扎布. 牧区防灾学[M]. 内蒙古: 内蒙古人民出版社, 2003: 22.

Analysis of Monitoring Method of Grassland Winter Drought Disaster Based on MOD10A1

BAO Yulong^{1,2}, Laiquan², Lina¹, SONG Jiali¹, Hugejiletu², Bao Yuhai^{1,2} and Sachula

(1. College of Inner Mongolia Normal University Geography Science, Hohhot 010020, China;

2. Inner Mongolian Key Laboratory of Remote Sensing and Geographic Information System, Hohhot 010020, China)

Abstract: Using MOD10A1 of MODIS remote sensing satellite snow cover product data by methods of extract no snow information, through monitoring the winter drought disaster of one snow season in Inner Mongolia to discussed of monitoring method of grassland winter drought disaster based on the MOD10A1. The results show that: ①During the study period, winter drought disaster has higher frequency in Alxa League, north of Bayannur League; North of Tongliao and Chifeng appear higher frequency too; But, Eastern of Xilingol, Hulunbeier and Xinggan League has minimum of frequency. ②According to the analysis of month statistical, small area of Inner Mongolia winter drought disaster in December during this study period. And it occurred in a large area of winter drought in October, November and March. ③Using MOD10A1 data by methods of extract the no snow information for monitoring results is basically consistent with characteristics of natural climate in Inner Mongolia and previous research, so, this monitoring method can be used in winter drought disaster research.

Key words: Inner Mongolia; winter drought disaster; MOD10A1; accumulate snow