

# 基于 MODIS NDVI 和气候信息的 草原植被变化监测<sup>\*1</sup>

陈燕丽<sup>1)2)</sup> 龙步菊<sup>1)</sup> 潘学标<sup>1)</sup> 莫伟华<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(中国农业大学资源与环境学院农业气象系,北京 100094) <sup>2)</sup>(广西气象减灾研究所,南宁 530022)

## 摘 要

对植被的动态监测可以从一定程度上反映气候变化趋势。该文利用 2000—2005 年 MODIS NDVI 数据对锡林郭勒盟典型草原植被变化进行动态监测,在此基础上,以降水量、水汽压、平均气温、最高气温、最低气温、日照时数作为气候指标,分析锡林郭勒盟典型草原和荒漠草原 MODIS NDVI 与同期及前期气候因子的相关性,探讨草原植被变化的气候驱动因子。结果表明:2000—2005 年锡林郭勒盟植被改善面积大于退化面积,植被退化面积最大的区域为荒漠草原,占全盟面积的 12.84%,植被改善面积最大的区域为典型草原,占全盟面积 29.09%。4 类草原改善趋势由强到弱的顺序为草甸草原、典型草原、沙地草原、荒漠草原。对于典型草原,其 NDVI 与最高气温关系最密切,其次为水汽压;对于荒漠草原,其 NDVI 与最高气温关系最为密切,其次为最低气温。此外,NDVI 对气候因子的响应表现出明显的时滞效应。

**关键词:** NDVI; 植被变化; 气候变化; 锡林郭勒盟

## 引 言

动态监测植被生长状况是生态环境研究的热点之一,对植被的动态监测还可以从一定程度上反映气候变化的趋势。作为陆地典型植被之一的草地,其生态系统结构较为单一,对气候变化响应敏感,是研究气候变化及人类活动干扰作用较理想的平台<sup>[1]</sup>。

在过去的研究中,以 NOAA/AVHRR NDVI 运用最为广泛,采用该数据集在植被分类、植被变化监测、植被变化与气候关系等方面取得了一系列研究成果<sup>[2-11]</sup>。MODIS 植被指数产品是在已有植被指数基础上改进设计的,增强了对植被的敏感度,减少外部影响因素(如大气、观测视角和太阳角、云等)和内在因素(如叶冠背景、垃圾等)的影响。AVHRR 传感器的可见光波段和近红外波段为宽波段,均包含了几个强的水汽吸收区,降低了计算植被指数的可靠性;MODIS 传感器的可见光波段提高了

对叶绿素的敏感度,近红外波段则排除了大气水汽的干扰。因此,在植被监测中具有更高的准确性<sup>[12]</sup>。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区域概况

锡林郭勒盟位于内蒙古自治区中东部,地处 41°35′~46°46′N,111°09′~119°58′E,全盟辖 9 旗 2 市 1 县。该区域气候属于中温带半干旱大陆性气候类型,冬季寒冷,夏季炎热,降水不均,雨热同期。土壤类型多样,草地资源类型广泛,覆盖着草甸草原、干草原、荒漠草原、荒漠、草甸的各个亚类,在类型上具有一定的典型性和完整性,在空间分布上具有一定的连续性。

### 1.2 数据来源

#### 1.2.1 NDVI 数据

所用到的 NDVI 数据集为 NASA MODIS 陆地产品组根据统一算法开发的 MODIS 植被指数产

\* 国家自然科学基金项目“气候变化对北方农牧交错带生物多样性的影响与适应机制研究”(40575056)和广西自然科学基金项目“广西典型生态环境气象监测与评估应用技术研究”(桂科自 0991023)共同资助。

2009-06-23 收到,2010-02-05 收到再改稿。

品。本研究所用的 MODIS 产品为其陆地产品系列中的 MOD13A1, 即全球 500 m 分辨率 16 d 合成的植被指数产品, 数据版本为 V004。有关该产品的详细介绍参见文献[13]。对所获得的 MOD13A1 遥感数据集进行子集提取、图像镶嵌、数据格式转换、投影转换及质量检验等预处理, 这些处理可以采用 MODLAND 提供的专门软件进行, 经过以上处理得到质量可靠的 NDVI 数据集。

本文所用的 NDVI 数据采用了国际通用的最大值合成 MVC (Maximum Value Composites) 法获得。该法可以进一步消除云、大气、太阳高度角等的部分干扰。

$$I_{NDVmi} = \max(I_{NDVij}), \quad (1)$$

式(1)中,  $I_{NDVmi}$  是第  $i$  个 16 d 周期的 NDVI 最大合成值,  $I_{NDVij}$  是第  $i$  个 16 d 周期第  $j$  天 NDVI 值。在计算过程中, 各天 NDVI 值均小于 0.1 的网格不参与计算, 并取值为 0, 即表示没有植被变化信息, 所以统计反映的仅为有植被覆盖地区变化状况。

分析植被年际变化趋势时计算了年 NDVI ( $Y_{NDVI}$ ), 用其代表当年 NDVI 的总体情况。由于植被生长季主要集中在 4—9 月, 因此, 利用植被生长季的 NDVI 平均值作为当年的  $Y_{NDVI}$  值。

$$Y_{NDVIk} = \frac{\sum_{i=7}^{17} I_{NDVmi}}{11}. \quad (2)$$

式(2)中,  $Y_{NDVIk}$  是第  $k$  年生长季 NDVI 平均值,  $i$  的取值范围为 7~17, 即第 113 天到第 273 天。

### 1.2.2 气象数据

所用到的气象数据为国家气象信息中心和内蒙古气象局提供的锡林郭勒盟 12 个气象站点 2000—2005 年逐日的平均气温、最高气温、最低气温、降水量、水汽压、日照时数。分别计算各个气候因子与 NDVI 对应时间段(16 d)的统计值, 其中平均气温、最高气温、最低气温、水汽压、日照时数为 16 d 平均值, 降水量为 16 d 累积降水量。

### 1.2.3 植被图

所用的植被空间分布数据为两种比例的植被图, 分别为 1:1000000 中国植被图集<sup>[14]</sup> 和 1:4000000 矢量化中国植被图。其中 1:1000000 中国植被图用于确定研究区内 12 个气象站点所在区域的主要植被类型(10 km 范围内, 见表 1)。1:4000000 矢量化中国植被图用于在 GIS 叠加分析判断各类植被的年际变化趋势。

表 1 气象站点位置及其 10 km 范围内主要植被类型

Table 1 Location of meteorological stations in Xilingol and vegetation types within their 10-km buffer areas

区站号	站名	纬度	经度	海拔/m	草原类型
50915	东乌珠穆沁旗	45°31'N	116°58'E	838.9	典型草原
53083	那仁宝力格	44°37'N	114°09'E	1181.6	典型草原
54012	西乌珠穆沁旗	44°35'N	117°36'E	995.9	典型草原
53192	阿巴嘎旗	44°01'N	114°57'E	1126.1	典型草原
54102	锡林浩特	43°57'N	116°07'E	1003.0	典型草原
54205	正蓝旗	42°31'N	115°59'E	1301.0	典型草原
53289	镶黄旗	42°14'N	113°50'E	1322.8	典型草原
54208	多伦	42°11'N	116°28'E	1245.4	典型草原
53195	苏尼特左旗	43°52'N	113°38'E	1036.7	荒漠草原
53068	二连浩特	43°39'N	111°58'E	964.7	荒漠草原
53272	苏尼特右旗	42°45'N	112°39'E	1103.0	荒漠草原
53276	朱日和	42°24'N	112°54'E	1150.8	荒漠草原

## 1.3 方法

### 1.3.1 均值法

在统计某一区域(包括整个研究区域或部分典型区域)的 NDVI 值时, 采用均值法进行计算, 即统计区域内所有像元 NDVI 值的平均, 描述如下:

$$I_{NDVap} = \sum I_{NDVx,y}/n. \quad (3)$$

式(3)中,  $I_{NDVap}$  是某一区域的 NDVI 平均值,  $p$  为区

域代码,  $x$  为统计区域像元行数,  $y$  为统计区域内像元列数,  $n$  为统计区域内像元总数。

### 1.3.2 一元回归趋势线法

趋势线是对一组随时间变化的变量进行回归分析, 预测其变化趋势的方法。通过计算每个像元上 6 年的  $Y_{NDVI}$ , 用趋势线分析法模拟该像元  $Y_{NDVI}$  值在 6 年间的变化趋势, 即植被覆盖的年际变化。计

算公式为:

$$S_{\text{LOPE}} = \frac{n \times \sum_{k=1}^n k \times Y_{\text{NDVI}k} - \sum_{k=1}^n k \sum_{k=1}^n Y_{\text{NDVI}k}}{n \times \sum_{k=1}^n k^2 - (\sum_{k=1}^n k)^2} \quad (4)$$

式(4)中,  $k$  为  $1 \sim n$  的年序号,  $Y_{\text{NDVI}k}$  是第  $k$  年生长季 NDVI 平均值。变化趋势图反映了在研究时间范围内的时间序列中, 研究地区 NDVI 的年际变化趋势。某像元的趋势线是该点  $n$  年的生长季 NDVI 平均值用一元线性回归模拟出来的一个总的变化趋势,  $S_{\text{LOPE}}$  即为这条趋势线的斜率。  $S_{\text{LOPE}} > 0$ , 表示 NDVI 在  $n$  年间的变化趋势是增加的, 反之则减少。

### 1.3.3 统计分析

本文将 16 d NDVI 序列与同时期各个气候因子进行相关及偏相关分析, 并将 16 d NDVI 序列与前 0~9 期各个气候因子进行相关分析。相关系数反映了变量之间的总体相关程度, 偏相关系数则反映了多要素系统中在控制其他要素情况下两要素的相关程度。最后对各相关系数进行了显著性水平检验, 相关和偏相关系数均采用  $t$  检验法。

## 2 结果分析

### 2.1 锡林郭勒盟植被变化

#### 2.1.1 年内变化特征

将研究地区范围内 1:4000000 矢量化植被图与遥感影像叠加, 根据植被图确定遥感影像上各种植被的位置和区域, 并分别在草甸草原、典型草原、荒漠草原和沙地草原上选取一定样点用于分析各类草原植被的年内变化特征, 统计时间为 2000—2005 年。首先用均值法计算各类草原所选站点每 16 d NDVI 平均值, 再将 6 年的平均值平均, 由此得出锡林郭勒 4 类草原逐 16 d NDVI 均值的年内变化特征曲线(图 1)。

由图 1 可以看出, 各类草原 NDVI 变化曲线均可分为生长季和非生长季两个阶段。其中, 草甸草原表现得最为明显, 典型草原和沙地草原相当, 荒漠草原最不明显。相对于其他 3 种草原类型, 荒漠草原在整个生长季内呈现“低稳”状态, 说明在植被稀疏情况下 NDVI 对微弱的植被信号不敏感。

由于地形、土壤及植被自身条件的差异, 各类草原在返青时间、生长达最旺盛时间及各月 NDVI 变化速度表现出极大不同。其中, 草甸草原返青时间

最早, NDVI 增长最迅速, NDVI 持续增长期最长。各类草原的生长最旺盛时期集中于第 208 天~第 224 天, 即集中于 7—8 月, 此阶段各类植被 NDVI 差值最大, 适合于各类草原植被的分类。

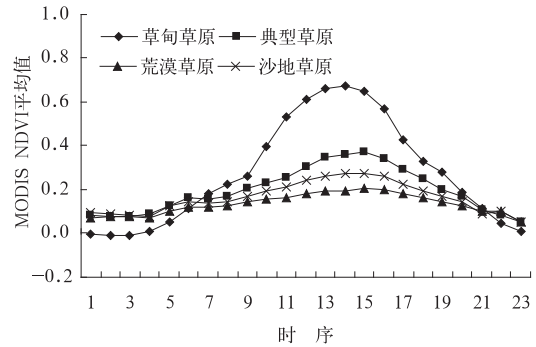


图 1 锡林郭勒盟 4 类草原 MODIS NDVI 16 d 平均值年内变化

Fig. 1 16 days change of MODIS NDVI average values in four kinds of typical grassland in Xilingol

#### 2.1.2 年际变化趋势

采用一元回归趋势线法计算得出的 2000—2005 年研究区内变化趋势图  $S_{\text{LOPE}}$  变化范围为  $-0.6519 \sim 1.0983$ , 平均值为 0.0345, 方差为 0.0797。为了使趋势图中不同级别的  $S_{\text{LOPE}}$  都得以体现, 最终确定了如下  $S_{\text{LOPE}}$  分类系统(表 2)。

表 2 2000—2005 年锡林郭勒  $Y_{\text{NDVI}}$  变化趋势图分类级别表

Table 2 Classification of vegetation change trend image during 2000—2005 in Xilingol

级别代码	$S_{\text{LOPE}}$ 变化范围	占全盟比例/%
4	$0.25 < S_{\text{LOPE}} \leq \max$	0.81
3	$0.15 < S_{\text{LOPE}} \leq 0.25$	7.29
2	$0.05 < S_{\text{LOPE}} \leq 0.15$	29.99
1	$0 < S_{\text{LOPE}} \leq 0.05$	26.77
-1	$-0.05 < S_{\text{LOPE}} < 0$	22.46
-2	$-0.15 < S_{\text{LOPE}} \leq -0.05$	12.40
-3	$-0.25 < S_{\text{LOPE}} \leq -0.15$	0.23
-4	$\min < S_{\text{LOPE}} \leq -0.25$	0.05

根据表 2 中的分级标准在 ENVI(the Environment for Visualizing Images, 遥感图像处理软件)中建立  $Y_{\text{NDVI}}$  变化趋势图的分类树对其进行分类, 得到变化趋势分类图(图 2)。

由图 2 可以看出, 全盟植被改善和退化的面积比例约为 2:1, 植被总体表现为改善趋势。植被退化地区主要分布在苏尼特左旗和苏尼特右旗, 以苏尼特左旗北部地区最为明显。

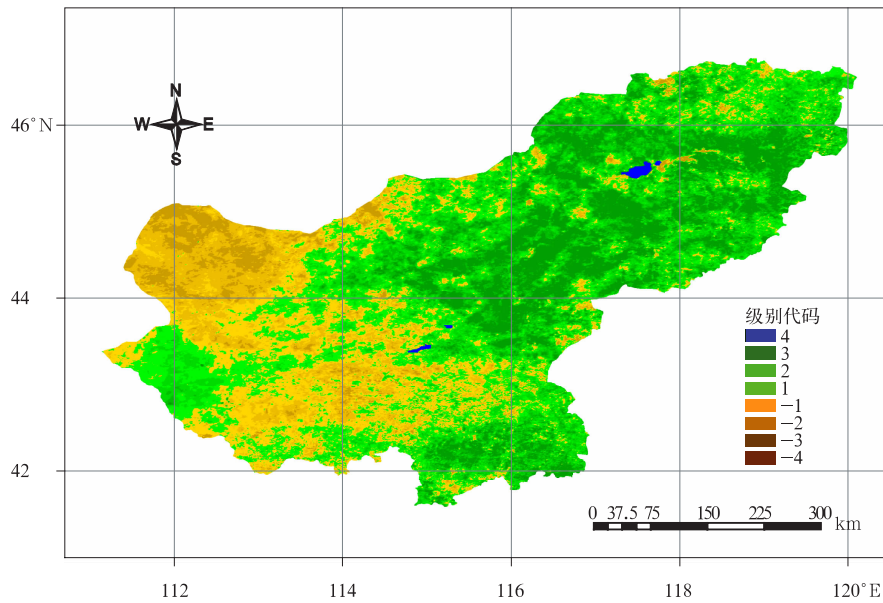


图 2 2000—2005 年锡林郭勒盟  $Y_{NDVI}$  变化趋势分类图

Fig. 2 Classification image of vegetation change trend simulated during 2000—2005 in Xilingol

为了进一步分析各类草原的植被变化状况,将变化趋势分类图转化为矢量图与锡林郭勒盟矢量化植被图进行叠加分析,统计分为两个层次:草原自身

比较,即统计不同变化趋势类在各类草原中所占的比例;全盟比较,即统计各类草原不同变化趋势类占锡林郭勒盟的比例(表 3)。

表 3 锡林郭勒盟各类草原植被变化趋势类统计表

Table 3 Statistic of vegetation change trend in different grassland in Xilingol

级别代码	草甸草原		典型草原		荒漠草原		沙地草原	
	自身	全盟	自身	全盟	自身	全盟	自身	全盟
4	2.35	0.44	0.52	0.21	0.02	0.00	0.34	0.03
3	12.88	2.43	9.13	3.72	0.00	0.00	2.48	0.22
2	43.26	8.15	35.22	14.35	9.71	2.05	20.27	1.80
1	23.43	4.41	26.54	10.81	29.50	6.23	32.15	2.85
-1	12.87	2.42	20.27	8.26	33.80	7.14	33.88	3.00
-2	5.04	0.95	8.08	3.29	26.84	5.67	10.83	0.96
-3	0.14	0.03	0.24	0.10	0.14	0.03	0.04	0.00
-4	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4 类草原中荒漠草原的总退化比例最高,达到 60.77%,草甸草原的总退化比例最低,仅为 18.07%。改善趋势由强到弱的顺序为草甸草原、典型草原、沙地草原、荒漠草原,总改善比例分别为 81.93%,71.41%,55.25%,39.23%,其中,草甸草原和典型草原改善幅度较高, $S_{LOPE}$  大于 0.05 比例分别为 58.50%和 44.86%。

对于全盟而言,植被退化比例为 35.27%,植被改善比例为 64.73%。植被退化面积最大的区域为

荒漠草原,占全区面积 12.84%,其次为典型草原,占全区面积 11.65%。植被改善面积最大的区域为典型草原,占全区面积 29.09%,其次为草甸草原,占全区面积 15.43%。

## 2.2 锡林郭勒盟植被与气候因子关系分析

### 2.2.1 同期相关性分析

为了揭示 NDVI 与气候因子的关系,对典型草原和荒漠草原 2000—2005 年逐 16 d NDVI 序列与同时期的气候因子序列进行了相关(表 4)及偏相关分析。

表 4 2000—2005 年全时间序列 NDVI 与同期气象因子的相关系数表

Table 4 Correlation analysis between completed NDVI series and climate variables during 2000—2005

草原类型	区站号	降水量	平均气温	最高气温	最低气温	水汽压	日照时数
典型草原	50915	0.371	0.783	0.785	0.788	0.747	0.596
	53083	0.422	0.812	0.819	0.817	0.713	0.497
	54012	0.584	0.861	0.859	0.867	0.853	0.593
	53192	0.431	0.783	0.787	0.790	0.718	0.574
	54102	0.517	0.738	0.741	0.740	0.784	0.447
	54205	0.600	0.842	0.841	0.854	0.847	0.455
	53289	0.527	0.767	0.768	0.781	0.780	0.389
	54208	0.545	0.836	0.829	0.853	0.899	0.252
荒漠草原	53195	0.398	0.702	0.706	0.709	0.653	0.421
	53068	0.366	0.587	0.593	0.588	0.536	0.335
	53272	0.385	0.688	0.688	0.700	0.689	0.395
	53276	0.433	0.670	0.675	0.677	0.649	0.432

注:表中相关系数均通过 0.01 的显著性检验。

事实上,影响 NDVI 的各个气候因子彼此之间也存在着相关性,NDVI 与各个气候因子的相关系数并未反映出这些情况,因此计算了 NDVI 与各个气候因子的偏相关系数,即在求 NDVI 与某一气候因子的相关性时控制其他气候因子的影响。

典型草原和荒漠草原 NDVI 与平均气温、最高气温、最低气温的偏相关系数绝大多数都通过了 0.01 的显著性检验,而与降水量、日照时数的偏相关系数多数不能通过显著性检验。典型草原 NDVI 与水汽压的偏相关系数大多数通过显著性检验,而荒漠草原 NDVI 与水汽压的偏相关系数都没有通过显著性检验。由此推论,在同时考虑影响 NDVI 的多个气候因子时,这两类草原 NDVI 与降水量、日照时数的相关性并不明显。事实上,在以 6 个气候因子作为因变量与 NDVI 采用逐步回归法建立回归方程时,降水量被剔除。而以平均气温、降水量、水汽压、日照时数作为因变量与 NDVI 采用同样方法建立回归方程时,降水量和日照时数同时被剔除。

在通过显著性检验的 4 个气候因子中,这两类草原 NDVI 与平均气温均为负相关关系,与最高气温、最低气温为正相关关系,典型草原 NDVI 与水汽压为正相关关系。对于典型草原,其 NDVI 与最高气温关系最密切,其次为水汽压,最后为最低气温;对于荒漠草原,其 NDVI 与最高气温关系最为密切,其次为最低气温。

## 2.2.2 滞后效应分析

植被生长对气候因子的响应存在一定滞后效

应,即气候因子对植被生长的影响往往在下一阶段才表现出来。在此分析了典型草原和荒漠草原 NDVI 时间序列与其对应的前 1~9 期(表示为-1~-9)气候因子的相关性,同期气候因子表示为 0 期。气候因子分为两大类:水分类(水汽压、降水量)、温度类(平均气温、最高气温、最低气温)。

### ① 水分类(水汽压、降水量)

两种草原 NDVI 序列对水汽压、降水量的响应均存在一定的滞后效应(图 3),具体表现为 NDVI 时间序列与水汽压、降水量的相关系数在同时不是最高值,而是分布在前 1 期或前 2 期。较之于荒漠草原,典型草原各站点 NDVI 序列对前期水汽压、降水量的响应更为一致。

典型草原和荒漠草原各站点 NDVI 序列与水汽压的相关系数在前 1 期最高,即两类草原对水汽压响应的滞后时间为 16 d。两类草原各站点 NDVI 时间序列与降水量滞后性分析结果与水汽压的结果相似,典型草原各站点 NDVI 时间序列对降水量响应的滞后时间为 16 d,荒漠草原除了二连浩特(53068)为 32 d 外,其余站点均为 16 d。

### ② 温度类(平均气温、最高气温、最低气温)

两种草原 NDVI 时间序列对温度类气候因子的响应也存在一定的滞后效应(图 4)。与荒漠草原相比,典型草原各站点 NDVI 序列对前期温度类气候因子的响应更为一致。

典型草原各站点 NDVI 序列对平均气温、最高气温、最低气温响应的滞后时间均为 16 d,荒漠草原各站点 NDVI 时间序列对平均气温响应的滞后时间为

16 d,只有两个站点对最高气温响应,表现出滞后效应,滞后时间为 16 d,另外两个站点二连浩特(53068)、朱日和(53276)无滞后。对最低气温响应的滞后时间多为 16 d,其中二连浩特(53068)无滞后效应。

综合比较两种草原 NDVI 时间序列与两大类

气候因子的前期相关系数,典型草原与各类气候因子的滞后期较一致,均为 16 d;荒漠草原对水分类气候因子及平均气温响应的滞后时间较一致,为 16 d;但荒漠草原对最高气温、最低气温响应的滞后时间无明显规律。

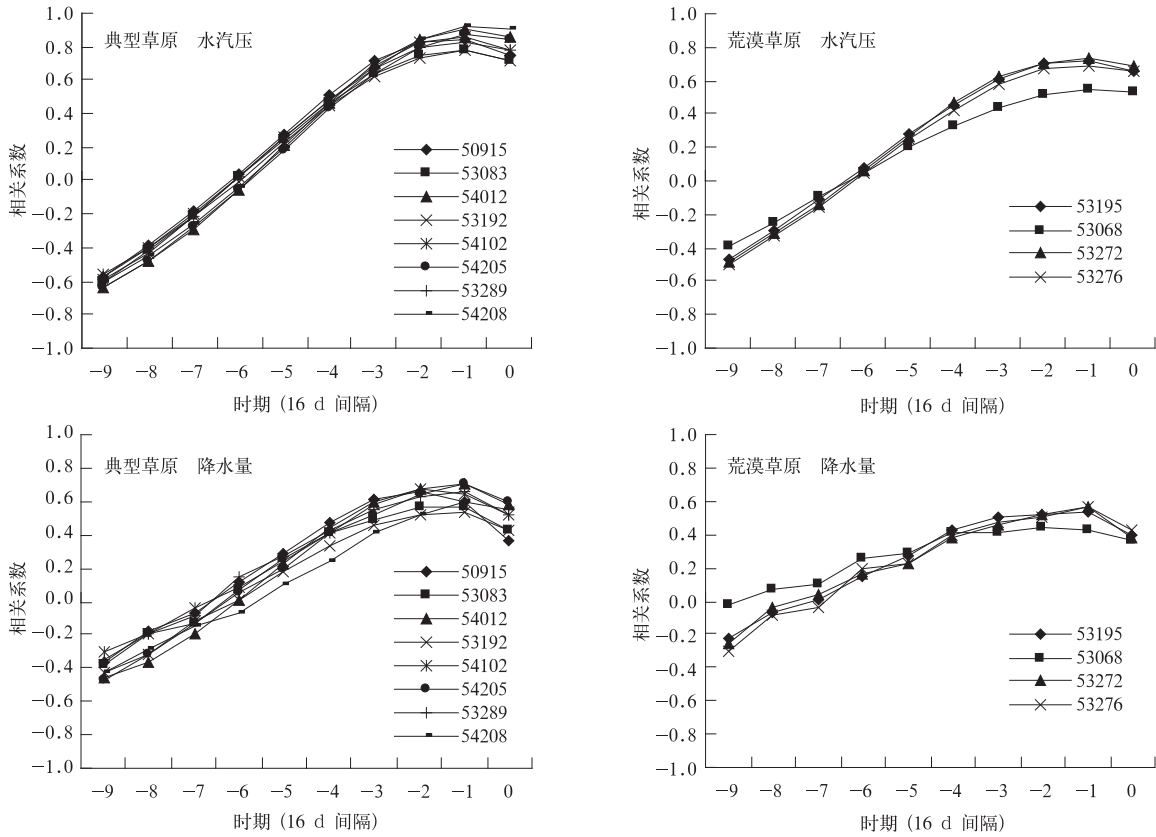


图 3 典型草原和荒漠草原全时间序列 NDVI 值与前期水汽压、降水量的相关性  
 Fig. 3 The relationship between completed NDVI series and vapor pressure, precipitation with different time at typical steppe and desert steppe

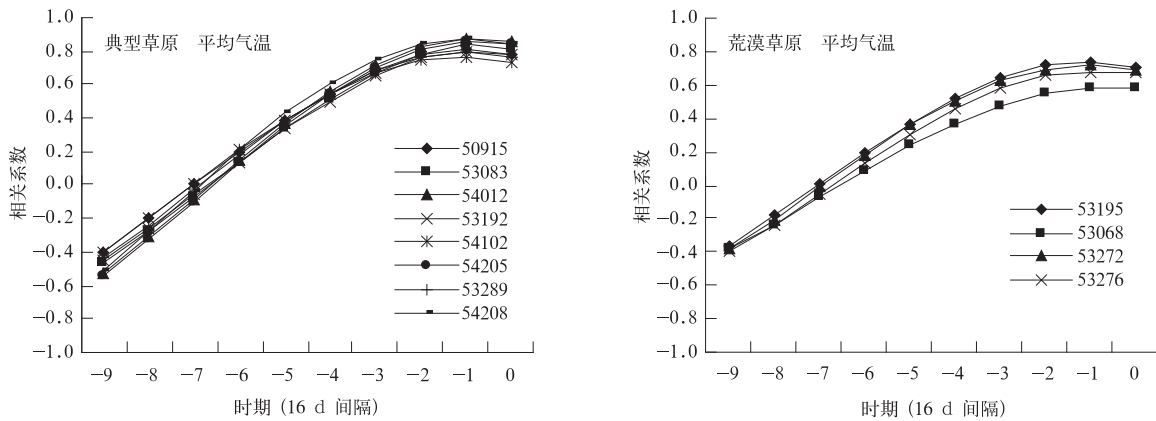
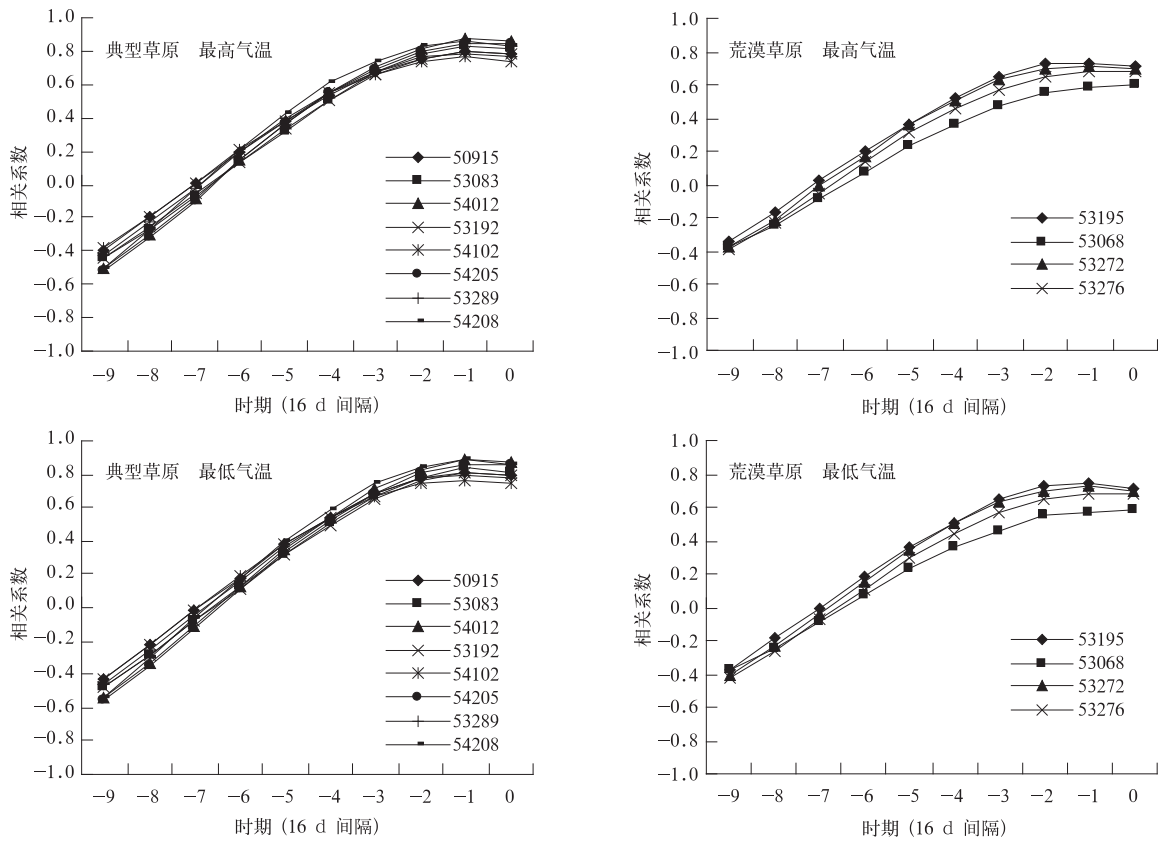


图 4 典型草原和荒漠草原全时间序列 NDVI 值与前期平均气温、最高气温、最低气温的相关性  
 Fig. 4 The relationship between completed NDVI series and mean temperature, max temperature, min temperature with different time at typical steppe and desert steppe





续图 4

### 3 结论与讨论

1) MODIS NDVI 对各类草原植被年内变化动态响应敏感,对各类草原植被区分性强。草甸草原、典型草原、沙地草原、荒漠草原 4 类草原具有明显的干湿差异,水分状况的不同导致其各异的波谱响应。MODIS 传感器的可见光波段和近红外波段为窄波段,不仅提高了对叶绿素的敏感度,还排除了大气水汽的干扰,因此能更好地对其进行区分。

2) 2000—2005 年锡林郭勒盟植被改善面积大于退化面积,植被退化面积最大的区域为荒漠草原,植被改善面积最大的区域为典型草原。4 类草原改善趋势由强到弱的顺序为草甸草原、典型草原、沙地草原、荒漠草原。

3) 对于典型草原,其 NDVI 与最高气温关系最密切,其次为水汽压,最后为最低气温;对于荒漠草原,其 NDVI 与最高气温关系最为密切,其次为最低气温。两类草原对各个气候因子的响应表现出明显的滞后效应,以典型草原最为明显,这与两类草原各自的土壤特性、植物种类的不同有关。

本文直接利用全时间序列 NDVI 与同期各气

候因子进行相关及偏相关分析,由于数据资料年限较短,未能进一步分析 NDVI 与气候因子的动态变化关系。此外,NDVI 的变化还受到放牧、土地利用变化等人为因素影响,这些都有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] 许振柱,周广胜,王玉辉. 草原生态系统对气候变化和 CO<sub>2</sub> 浓度升高的响应. 应用气象学报,2005,16(3):385-395.
- [2] 陈云浩,李晓兵,史培军. 1983—1992 年中国陆地 NDVI 变化的气候因子驱动分析. 植物生态学报,2001,25(6):716-720.
- [3] 马明国,王建,王雪梅. 基于遥感的植被年际变化及其与气候关系研究进展. 遥感学报,2006,10(3):421-431.
- [4] 朴世龙,方精云. 1982—1999 年青藏高原植被净第一性生产力及其时空变化. 自然资源学报,2001,17(3):373-380.
- [5] 陈云浩,李晓兵,陈晋,等. 1983—1992 年中国陆地植被 NDVI 演变特征的变化矢量分析. 遥感学报,2002,6(1):12-18.
- [6] 方精云,朴世龙,贺金生,等. 近 20 年来中国植被活动在增强. 中国科学(C 辑),2003,33(6):554-565.
- [7] 李晓兵,王瑛,李克让. NDVI 对降水季节性和年际变化的敏感性. 地理学报,2000,55(增刊):82-89.
- [8] 史培军,李晓兵,周武光. 利用“3S”技术检测我国北方气候变化的植被响应. 第四纪研究,2001,20(3):220-228.
- [9] 赵茂盛,符淙斌,延晓东,等. 应用遥感数据研究中国植被生态系统与气候的关系. 地理学报,2001,56(3):287-296.
- [10] 王开存,陈长和,郭妮. 用 NOAA/AVARR 探测地表反射率

- 和 NDVI 的订正及误差分析. 应用气象学报, 2003, 14(2): 165-175.
- [11] Nightingale Joanne M, Phinn Stuart R. Assessment of relationship between precipitation and satellite derived vegetation condition within south Australia. *Australian Geographical Studies*, 2003, 41(2): 180-195.
- [12] Huete Alfredo, Justice Chris, Leeuwen Wim van. Modis Vegetation Index(MOD13) Algorithm Theoretical Basis Document (version 3). 1999.
- [13] 王正兴, 刘闯. 利用 MODIS 增强植被指数反演草地上生物量. 兰州大学学报(自然科学版), 2005, 41(2): 10-16.
- [14] 中国植被图集编辑委员会. 中国植被图集. 北京: 科学出版社, 2001.

## Grassland Vegetation Change Based on MODIS NDVI Data and Climate Information

Chen Yanli<sup>1)2)</sup> Long Buju<sup>1)</sup> Pan Xuebiao<sup>1)</sup> Mo Weihua<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> (College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094)

<sup>2)</sup> (Guangxi Meteorological Disaster Mitigation Institute, Nanning 530022)

### Abstract

Monitoring vegetation change is an important aspect to study global climate change. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is the most frequently-used vegetation index to discuss environmental change. It's common to study vegetation change using the NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) data which are available for more than 20 years, and the EOS-Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data with improved quality are also widely used now. MODIS NDVI dataset during 2000—2005 in Xilingol are analyzed.

Precipitation, vapor pressure, mean temperature, max temperature, min temperature, hours of sunshine are taken as climatic elements to explore the relationship between MODIS NDVI and climatic factors over different types of grassland. Due to the narrow spectra bands of infrared and near-infrared satellite sensors, MODIS NDVI is sensitive for dynamically monitoring the four types of steppe: Meadow steppe, typical steppe, sandy steppe, desert steppe. As the water conditions of these four typical grassland vary widely, their spectral responses are also significantly different. The vegetation increases on the whole in Xilingol during the period of 2000 to 2005. Desert steppe decreases while typical steppe increases for the research area. The global warming trend is obvious in Xilingol. Although the rain doesn't increase much from 2000 to 2005, the grassland grows for the meadow steppe and the typical steppe, promoted by the increasing temperature and better water conditions. For the sandy steppe and the desert steppe where water conditions are poor, as the increasing temperature accelerates water evaporation, the vegetation degradation occurs as a result of the worse environment.

MODIS NDVI series exhibit obvious correlation with climatic factors. For typical steppe, max temperature is the most related factor with NDVI, and vapor pressure is the second. For desert steppe, max temperature is the most related factor with NDVI, and min temperature is in the second place. Responses of MODIS NDVI to climatic factors lag in time obviously. The lag time for all climatic factors is -1 stage for typical steppe, and for desert steppe, the lag time for both water and mean temperature climatic factors is -1 stage, while the lag time is inconsistent for max temperature and min temperature, which may be caused by the differences of soil texture and vegetation types.

**Key words:** NDVI; vegetation change; climate change; Xilingol