

# 古尔班通古特沙漠 NDVI 时空变化及其与沙尘天气的关系

李杨<sup>1</sup>, 刘艳<sup>1</sup>, 张璞<sup>1</sup>, 尹育红<sup>2</sup>

(1 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2 莫索湾气象站, 新疆 石河子 832000)

**摘要:** 利用1981~2003年逐月NOAA/AVHRR NDVI时间序列数据, 分析了古尔班通古特沙漠NDVI的时空分布特征及其与沙漠南缘绿洲沙尘天气的关系。结果表明, 23年来古尔班通古特沙漠NDVI总体上呈现增加趋势, 年内NDVI月均值从4月开始逐渐增加, 6~8月达到最大;在空间分布上NDVI高值区集中分布在沙漠中部和西部, 即德佐索腾艾里松沙漠中部和索布古尔布格莱沙漠, 同时也是23年来NDVI显著增加的区域。对古尔班通古特沙漠植被NDVI与同期沙尘天气的相关性分析发现, NDVI与沙尘天气之间呈现明显的负相关关系, 在夏季这种负相关更为显著。说明在古尔班通古特沙漠植被状况与沙尘日数间存在负耦合关系, 植被是影响沙尘天气发生及其强度的因子之一。

**关键字:** 古尔班通古特沙漠; 植被; NDVI; 沙尘天气

大范围荒漠地区的植被野外调查非常困难, 而遥感技术的发展提供了从多时相、多波段遥感信息提取地表植被状况的强有力手段, 使得大范围地表植被的监测成为可能。VI (Vegetation Index, 植被指数)法是从遥感影像获取大范围植被信息常用的经济且有效的办法, 它将在轨卫星包含了90%以上植被信息的红光和红外波段进行不同组合开展植被研究<sup>[1]</sup>。干旱、半干旱地区植被稀疏、盖度低, 地表强烈异质, 通过分析不同VI发现, NDVI(Normalized Difference Vegetation Index, 归一化植被指数)探测低盖度植被的能力最强<sup>[2]</sup>, 能够较好地监测荒漠植被的变化。NOAA/AVHRR是迄今为止最长时间序列的卫星对地观测数据集之一, 因此NOAA/AVHRR NDVI成为区域尺度上分析植被参数最重要的数据<sup>[3]</sup>。

古尔班通古特沙漠约4.88万平方公里, 是我国面积仅次于塔克拉玛干沙漠的第二大沙漠。与其他流动性沙漠不同, 其特殊的地理环境和气候条件使大量荒漠植被得以生存, 沙丘表面植被覆盖度可达15%~50%<sup>[4]</sup>。同时, 古尔班通古特沙漠又处于从西北路径影响我国沙尘暴的必经之地上, 其植被状况直接关系到地表的稳定性, 对沙尘暴的发生起着削弱或加强的作用。有关古尔班通古特沙漠植被的研究较多<sup>[5~11]</sup>, 从研究的方法和特点来看, 大部分是采取野外调查和实地监测的方法对植被群落、分布和发育等方面进行研究, 资料范围有限、时间序列短, 未见从区域尺度上分析古尔班通古特沙漠植被方面的文献。因此, 使用长序列遥感数据从区域尺度上对古尔班通古特沙漠植被的时空变化及与沙尘天气关系的研究, 可为该区域降低沙尘暴的危害、改善生态环境及人们的社会经济生活提供科学依据。

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(40701148);科技部社会公益研究专项(2005DIB6J113)共同资助

**作者简介:** 李杨(1976-), 女(汉族), 新疆石河子人, 助理研究员, 主要从事沙漠气象、遥感、生态环境等方面的研究. E-mail: liyang@idm.cn

## 1 研究区域概况

古尔班通古特沙漠地处新疆北部,准噶尔盆地中央,地理范围为 $44^{\circ}11' \sim 46^{\circ}20' N$ 和 $84^{\circ}31' \sim 90^{\circ}00' E$ ,是我国最大的固定、半固定沙漠<sup>[12]</sup>。其由4片沙漠组成,西部为索布古尔布格莱沙漠,东部为霍景涅里辛沙漠,中部为德佐索腾艾里松沙漠,北部为阔布北—阿克库姆沙漠(见图1)。

古尔班通古特沙漠所处纬度以及高山环绕和远离海洋的地理位置,决定其属温带荒漠,夏季最高月平均气温可达 $23^{\circ}C \sim 27^{\circ}C$ ,冬季最低月平均气温在 $-20^{\circ}C \sim -30^{\circ}C$ 之间。气候干旱,地表径流缺乏,地下水位较深,年降雨量虽只有 $100 \sim 150 mm$ ,但季节分配均匀,冬春有降雪,最大积雪深度多在 $20 cm$ ,积雪时间可达4个月。冬春的雨雪,给早春短命植物的发育提供了有利的水分条件。地表生物结皮广泛分布,以固定、半固定沙丘占绝对优势。植被较其它荒漠茂密,以梭梭、白梭梭及小半灌木为主要群落<sup>[13~15]</sup>。

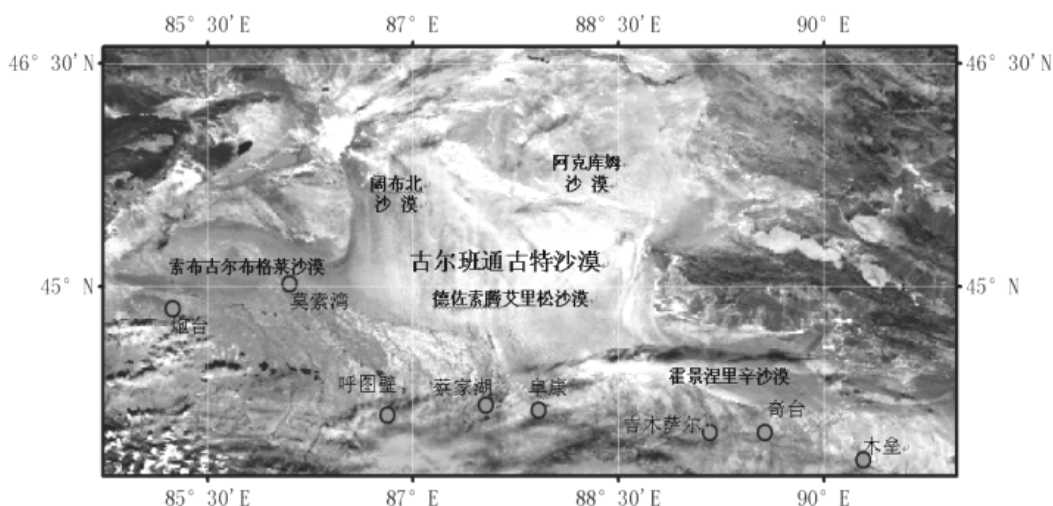


图 1. 古尔班通古特沙漠及所选台站地理位置示意图

Fig.1 Location of Guerbantonggute desert

## 2 数据来源及处理方法

### 2.1 数据来源

本研究所用NOAA/AVHRR NDVI数据来自美国USGS/EROS数据中心,NDVI数据由以下公式计算得来:

$$NDVI = (CH2 - CH1) / (CH2 + CH1) \quad [15] \quad (1)$$

式中,CH1 和CH2分别为NOAA/AVHRR第1、2通道的反射率。NDVI数据空间分辨率为 $8 km \times 8 km$ ,投影方式为Albers等面积投影,时间分辨率为半月,时间序列为1981~2003年,共552景。该数据集经过了大气校正、云检验、质量控制和旬NDVI最大化MVC

(Maximum Value Composite) 植被指数处理。

中国西部2000年1:10万土地利用图和中国1:10万沙漠图数据来源于国家自然科学基金委员会“中国西部环境与生态科学数据中心”(<http://westdc.westgis.ac.cn>) 地球系统科学数据共享网冰川冻土分中心(<http://wcdg.westgis.ac.cn/>)。

沙尘暴、扬沙日数数据来源于新疆气象局信息中心,数据主要包括各月、年沙尘暴、扬沙天气(合计)数,由于有沙尘暴发生将不计扬沙,所以本文定义的沙尘日数为扬沙和沙尘暴日数之和,时间序列为1981~2003年。

## 2.2 处理方法

先使用ArcMap软件将古尔班通古特沙漠边界矢量文件转成与NDVI数据相同的投影方式,然后调用ERDAS软件(均为批处理方式)将边界矢量文件转换为IMG格式,再使用ERDAS的Mask功能从欧亚大陆数据集中提取古尔班通古特沙漠的NDVI数据,并将其转换为分辨率为0.1度的经纬网投影(Geographic),最后,将IMG格式文件导出为二进制格点数据,使用IDL语言编写程序对552景NDVI数据进行统计计算。为了更加有效地消除云遮蔽、大气影响、观测中的几何关系等不利因素的影响,对研究区域旬NDVI数据进行MVC处理(式2),以获取月NDVI最大值。

$$NDVI_i = MAX (NDVI_{ij}) \quad (2)$$

式中,  $NDVI_i$  为第  $i$  月NDVI值,  $NDVI_{ij}$  为第  $i$  月第  $j$  旬NDVI值。

由于NDVI数据分辨率太低,植被类型的微小变化在图中不可能反映出来。同时,根据一年中植物生长和NDVI变化的规律,定义NDVI月均值、年均值分别作为逐月、逐年植被变化的响应值。

$$NDVI_i = MEAN (NDVI (i, k)) \quad (3)$$

式中,  $NDVI_i$  为植被在第  $i$  年NDVI年均值,  $NDVI (i, k)$  为植被在 **第  $i$  年第  $k$  月NDVI** 月均值,  $i=1981, \dots, 2003$ ;  $k=1, 2, \dots, 12$ 。

## 3 结果与分析

### 3.1 古尔班通古特沙漠 NDVI 时空变化特征

对1981~2003年古尔班通古特沙漠的NDVI年均值和月均值进行统计发现:23年以来NDVI整体呈现波动性增加趋势,1981~1983年NDVI较低,2003年达到最高;从年内变化来看,古尔班通古特沙漠NDVI从4月开始明显增加,6、7、8三月达到最高,随后逐渐降低,12~2月降至最低。NDVI是对地表植被覆盖度、长势和种类等多种信息的综合反映,经在莫索湾、炮台的实地考察和观测发现,古尔班通古特沙漠春季积雪在3月底基本融化,3月下旬至4月上旬沙漠早春短命植被开始萌发,5月是短命植物生长的旺季,6~8月热量条件最为充足是沙漠中分布最广、生长面积最大的梭梭和白梭梭

植物群落生长最为茂盛的时期，这与NOAA/AVHRR NDVI数据所反映的植被年内生长状况基本一致。

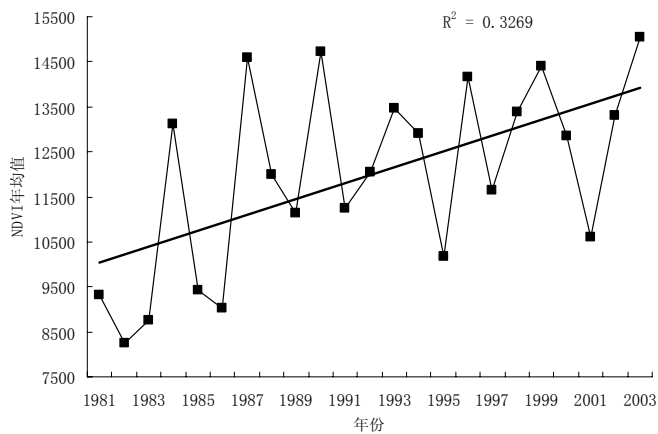


图2. 1981~2003年古尔班通古特沙漠NDVI年际变化

Fig.3 Variation of annual vegetation coverage in Guerbantonggute desert from 1981 to 2003

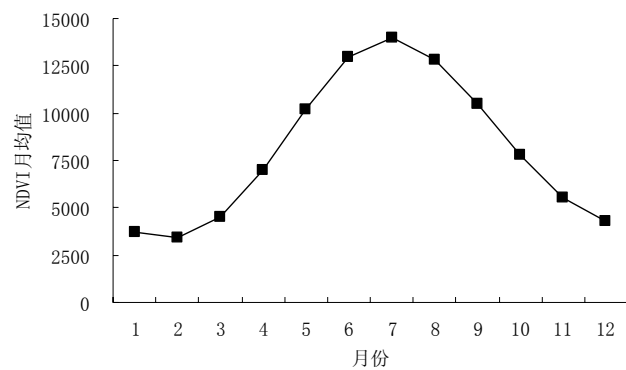


图3.古尔班通古特沙漠1981~2003年NDVI月均值的年内变化

Fig.2 Variation of monthly mean NDVI from 1981 to 2003 in Guerbantonggute desert

植物多样性是古尔班通古特沙漠区别于国内其它沙漠的显著特点，由于受水分、热量条件、地貌形态和土壤理化性质等气候环境因子的影响，古尔班通古特沙漠不同区域的植被生长状况也有所差异。为了进一步了解过去20年古尔班通古特沙漠植被NDVI的空间格局变化, 分别计算1981~1983、1991~1993和2000~2003年NDVI年均值，以此来反映20世纪80年代初、90年代初和本世纪初的植被状况（图4），由图可见：23年来NDVI年均值的高值区集中分布在古尔班通古特沙漠的中部和西部，即德佐索腾艾里松沙漠中部和索布古尔布格莱沙漠，该区域的NDVI年均值较大，在0.25~0.73之间。同时可看出，这里也是23年以来NDVI显著增加的区域，NDVI年均值由80年代初的

>0.25 增加到本世纪初的>0.35。而古尔班通古特沙漠北部的阔布北—阿克库姆沙漠和东南部的霍景涅里辛沙漠NDVI年均值较小，基本在0.15以下，且23年来变化不大。

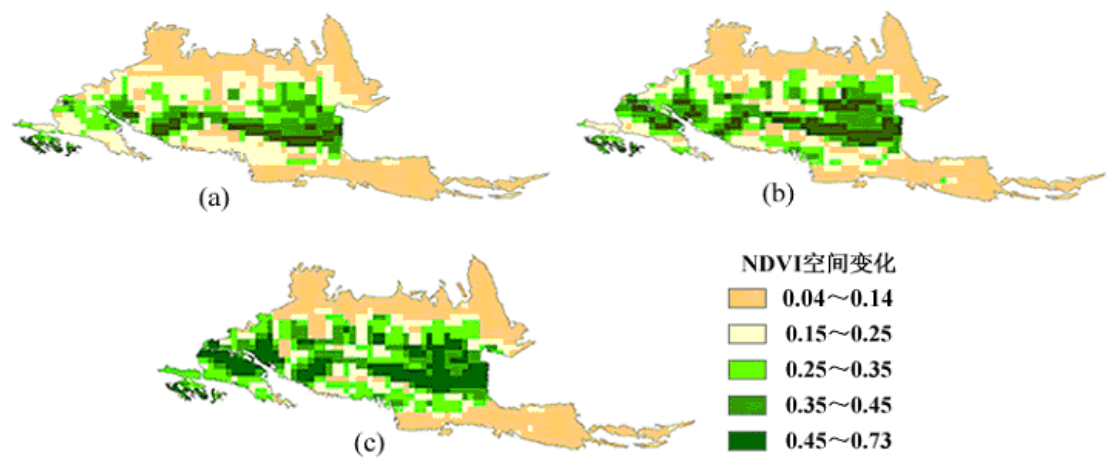


图4. 古尔班通古特沙漠1981~2003年NDVI空间变化  
(a) 80年代初 (1981~1983) (b) 90年代初 (1991~1993), (c) 本世纪初 (2000~2003)

Fig.4 Spatial distribution changes of 3-year mean NDVI in the early 1980s (a), the early 1990s(b), and the early 2000s(c) in Guerbantonggute desert

### 3.2 植被覆盖与沙尘天气的关系

古尔班通古特沙漠所处的准噶尔盆地为向西开口的封闭型盆地，春、夏季从西部各山谷和山口通过西风气流会带来频繁的大风天气。由于风季与地面干旱同期<sup>[17]</sup>，古尔班通古特沙漠流动、半流动性沙面因结构松散，极易成为大风路径上的沙源，对沙漠南部绿洲造成沙尘天气。由上节可知，古尔班通古特沙漠NDVI在23年来总体呈现增加趋势，说明植被状况有所好转，植被的变化是否会对沙漠南部绿洲的沙尘天气有所影响？为此，本文选取了距离古尔班通古特沙漠南缘最近的8个气象站点（自西向东为炮台、莫索湾、呼图壁、蔡家湖、阜康、吉木萨尔、奇台、木垒），分析1981~2003年沙尘天气日数与沙漠NDVI的关系。

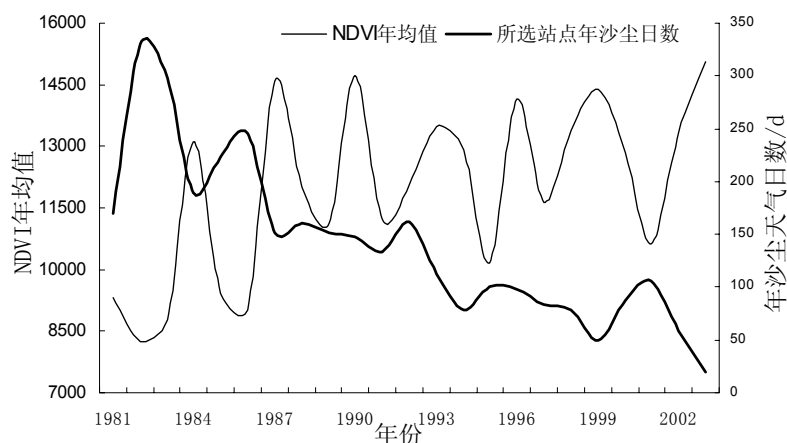


图5. 1981~2003年所选站点年沙尘天气总日数与古尔班通古特沙漠NDVI变化趋势图

Fig.5 Trend of annual vegetation coverage and days of sand-dust weather  
in Guerbantonggute desert from 1981 to 2003

图5粗线是所选站点23年来年沙尘天气总日数变化趋势，细线是古尔班通古特沙漠NDVI变化。可以看出，沙尘总日数总体呈现下降趋势，与古尔班通古特沙漠NDVI的总体变化趋势相反。绝大部分年份，古尔班通古特沙漠NDVI增加(减少)对应所选站点沙尘总日数减少(增加)，据统计二者相关系数为-0.73，并通过置信度 $\alpha=0.001$ 的检验。可见，古尔班通古特沙漠南缘绿洲的沙尘天气日数与NDVI有明显负相关关系。

由于古尔班通古特沙漠南缘绿洲的沙尘天气主要集中在4~9月，因此我们利用1981~2003年春季(4~6月)和夏季(7~9月)的NDVI数据与所选各站点的沙尘日数，进一步分析了春、夏植被状况与沙尘天气发生日数的关系。

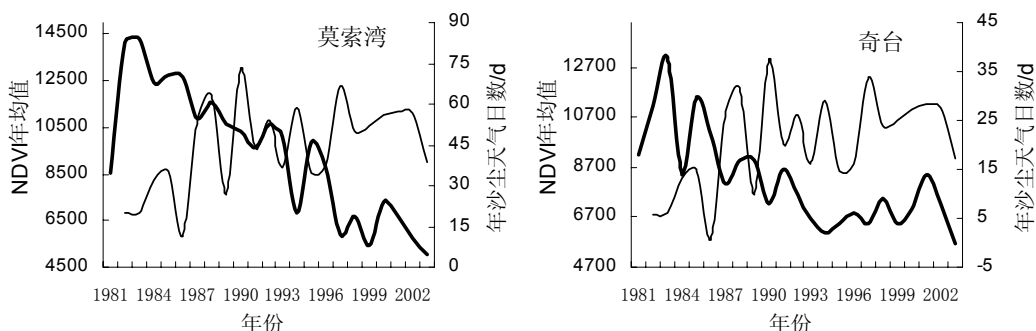


图6. 代表站沙尘日数与古尔班通古特沙漠春季NDVI年变化(1981~2003)

Fig6 Variation of annual vegetation coverage and days of sand-dust weather in spring  
in Guerbantonggute desert from 1981 to 2003

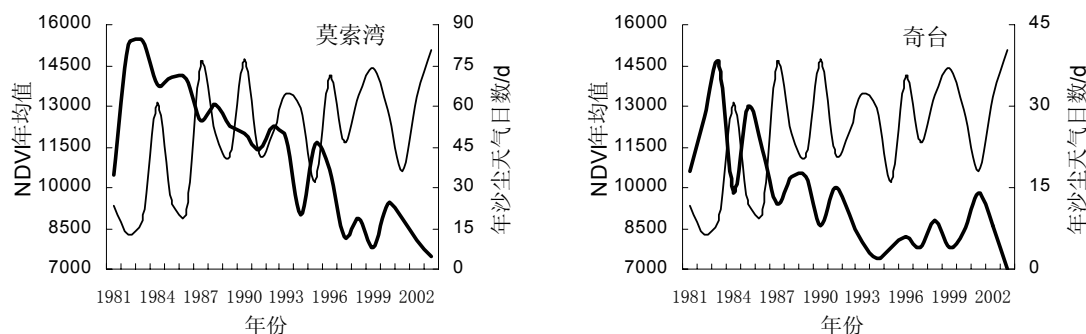


图 7. 代表站沙尘日数与古尔班通古特沙漠夏季 NDVI 年变化 (1981~2003)

Fig7 Variation of annual vegetation coverage and days of sand-dust weather in summer  
in Guerbantonggute desert from 1981 to 2003

从图6、图7中可以看出，春季NDVI与沙尘天气发生日数基本呈现相反的趋势，23年来春季NDVI总体上逐渐上升，而沙尘天气日数却逐渐下降；同样地，夏季NDVI与沙尘天气发生日数也呈相反的趋势。这说明古尔班通古特沙漠春季和夏季的植被状况均对沙尘天气的发生有所影响。

表1 所选站点年沙尘天气日数与古尔班通古特沙漠春、夏季NDVI的相关系数

Tab.1 Correlation coefficients between vegetation coverage and days of sand-dust weather  
in spring and summer in Guerbantonggute desert

站点	春季	夏季
炮台	-0.55**	-0.66***
莫索湾	-0.58**	-0.56**
蔡家湖	-0.55**	-0.67**
呼图壁	-0.50*	-0.70***
阜康	-0.62**	-0.58**
吉木萨尔	-0.48*	-0.66**
奇台	-0.56**	-0.76***
木垒	-0.26	-0.73***
平均	-0.51	-0.66

注：\* 通过置信度  $\alpha = 0.05$  的检验；\*\* 通过置信度  $\alpha = 0.01$  的检验；\*\*\* 通过置信度  $\alpha = 0.001$  的检验

所选站点年沙尘天气日数与古尔班通古特沙漠春、夏季NDVI的相关系数及其显著性水平如表1所示。可以看出，表中所有相关系数都为负相关，并基本通过置信度  $\alpha = 0.01$  的检验。说明所选站点年沙尘天气日数与古尔班通古特沙漠春、夏季NDVI在统计上均有明显的负相关。夏季NDVI与各站沙尘天气的相关性较好（相关系数在0.56~0.76之间），均通过置信度  $\alpha = 0.001$  的检验。而春季NDVI与各站沙尘天气的相关性稍

低于夏季,除木垒站外,均通过置信度 $\alpha=0.05$ 的检验。这说明古尔班通古特沙漠NDVI对沙尘日数的影响在季节上有所差异,夏季NDVI对沙尘天气的影响要略大于春季。

## 4 结论

本文利用NOAA/AVHRR NDVI时间序列数据从区域尺度上分析了古尔班通古特沙漠NDVI的时空变化特征。结果表明,23年来古尔班通古特沙漠NDVI总体上呈现增加趋势,年内NDVI月均值从4月开始逐渐增加,6~8月达到最大,12~2月降至最低;在空间分布上NDVI高值区集中分布在沙漠中部和西部,即德佐索腾艾里松沙漠中部和索布古尔布格莱沙漠,同时这里也是23年来NDVI显著增加的区域。

沙尘天气的发生必须具备大风、沙源和低层大气层结不稳定这三个基本条件<sup>[18]</sup>。虽然气候因素是沙尘天气形成的基础条件,但沙尘天气的形成及强度在很大程度上也取决于沙尘源区的地表植被状况。对23年来古尔班通古特沙漠NDVI与同期沙尘天气的相关性分析发现,其NDVI与沙尘天气之间呈现明显的负相关关系,在夏季这种负相关更为显著。这说明在古尔班通古特沙漠,植被状况与沙尘天气之间存在着负耦合关系,植被是影响沙尘天气发生及其强度的因子之一。

虽然古尔班通古特沙漠为固定、半固定沙漠,但是它的抗逆性较差,一旦地表植被覆盖被破坏,流动沙面就会形成,是生态环境状况比较脆弱的区域。因此,降低人类活动对古尔班通古特沙漠脆弱生态平衡的干扰破坏,保护和恢复原始荒漠植被,是减少沙尘天气、改善绿洲生态环境的有力措施。

### 参考文献 (References):

- [1] 田庆久, 闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球科学进展, 1998, 13(4): 327-333.
- [2] 高志海, 李增元, 魏怀东, 等. 干旱地区植被指数(VI)的适宜性研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(2): 243-248.
- [3] 李本纲, 陶澍. AVHRR—NDVI与气候因子的相关分析[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 898-902.
- [4] 王雪芹, 李丙文, 张元明. 古尔班通古特沙漠沙垄表面的稳定性与顶部流动带的形成[J]. 中国沙漠, 2003, 23(2): 126-131.
- [5] 钱亦兵, 吴兆宁, 张立运, 等. 古尔班通古特沙漠植被与环境的关系[J]. 生态学报, 2007, 27(7): 2802-2810.
- [6] 张立运, 陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点[J]. 生态学报, 2002, 22(11): 1923-1932.
- [7] 刘彤, 崔运河, 翟伟, 等. 莫索湾南缘沙漠植物群落多样性抽样方法的研究[J]. 干旱区地理, 2006, 29(3): 367-374.
- [8] 钱亦兵, 张立运, 吴兆宁. 工程行为对古尔班通古特沙漠植被的破损及恢复[J]. 干旱区研究, 2001, 18(4): 47-51.
- [9] 王雪芹, 赵从举. 古尔班通古特沙漠工程防护体系内的蚀积变化与植被的自然恢复[J]. 干旱区地理, 2002, 25(3): 201-207.
- [10] 李生字, 雷加强. 古尔班通古特沙漠公路扰动带植被恢复研究[J]. 新疆环境保护, 2002, 24(1): 01-07.
- [11] 钱亦兵, 雷加强, 吴兆宁. 古尔班通古特沙漠风沙土水分垂直分布与受损植被的恢复[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(4): 69-74.
- [12] 新疆地理学会. 新疆地理手册[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1990. 19.



- [13] 张立运, 陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点[J]. 生态学报, 2002, 22(11):1923-1932.
- [14] 杨小芸, 王玉宝, 崔东, 等. 古尔班通古特沙漠砂的物理力学性质[J]. 中国沙漠, 2005, 25(4):563-569.
- [15] 钱亦兵, 吴兆宁, 张立运, 等. 准噶尔南部沙尘暴发生的地表条件研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(4):540-542.
- [16] Eklundh L. Estimating relation between AVHRR NDVI and rainfall in East Africa at 10-day and monthly time scales[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(3): 563-568.
- [17] 李江风. 新疆气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991. 97-115.
- [18] 胡金明, 崔海亭, 唐志尧. 中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响[J]. 自然灾害学报, 1999, 8(4): 49~56.

## **Desert Vegetation Coverage Changes and Their Impacts on Sand-Dust Weather in Gurbantonggut Desert**

**LI Yang<sup>1</sup>, LIU Yan<sup>1</sup>, ZHANG Pu<sup>1</sup>, YIN Yu Hong<sup>2</sup>**

(1. Institute of Desert Meteorological, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China;  
2. Mosuowan Meteorology Station, Shihezi 832026, China) ;

**Abstract:** Using a time series of NOAA/AVHRR NDVI during the period of 1981 to 2003, we analyze Gurbantonggut desert vegetation coverage changes and their impacts on oasis sand-dust weather on the southern border. As a result, it is found that, 1) Gurbantonggut desert has an overall trend of coverage area increase in recent 20 years, 2) large vegetation coverage is in the central and western Gurbantonggut, where vegetation coverage has been increasing apparently since 23 years ago, 3) vegetation coverage has a negative correlation with days of sand-dust weather in spring and summer, and the negative correlation of summer vegetation coverage and days of sand-dust weather is most salient. In general, our study has shown that, in Gurbantonggut, desert vegetation coverage is negatively related to days of sand-dust weather, and further vegetation coverage is one influence factor of sand-dust weather formation.

**Keywords:** NDVI, vegetation coverage, Gurbantonggut desert, sand-dust weather