

# 归一化植被指数与降水量、土壤湿度的关系

普布次仁

(西藏自治区气象局,拉萨 850000)

## 提 要

归一化植被指数(*NDVI*)是描述植被绿色度及生长状况的指数,由于植被生长依赖于环境条件,因此*NDVI*与环境参量(降水量、土壤湿度等)的关系是应用*NDVI*监测环境状况的基础。分别应用位于中国北部的干旱及半干旱地区的降水量资料对*NDVI*与降水量之间的关系进行了分析,结果表明仅在干旱及半干旱地区生长季末的累积降水量与累积*NDVI*(及最大*NDVI*)存在着显著的非线性关系,相关系数为0.78(及0.80)。在此同时,经对位于中国华北、西南地区6个站的0—50cm平均土壤绝对湿度的累积值与*NDVI*的相关分析,发现在生长季中期(6—8月),累积*NDVI*(及最大*NDVI*)与0—50cm平均土壤绝对湿度的累积值之间存在着比较明显的非线性关系,相关系数为0.60—0.65(及0.60—0.63)。

关键词: *NDVI* 降水量 土壤湿度

## 引 言

由NOAA极轨卫星上AVHRR辐射计测量到的可见光及近红外波段的反射率为监测绿色植被的密度及生长状况提供了手段。由于植物的光合作用,可见光波段中的光合有效辐射部分(0.47—0.78 $\mu\text{m}$ )是一强吸收带,而在近红外波段(0.78—1.1 $\mu\text{m}$ )为一反射高峰,因此归一化植被指数 $NDVI = (\text{近红外} - \text{可见光}) / (\text{近红外} + \text{可见光})$ 反映了植被生长状况及光合有效辐射的吸收量。

目前*NDVI*在地表监测上已得到广泛应用。由于*NDVI*反映了植被冠层对光合有效辐射的吸收量,因此它被应用到植被光合强度的估算上<sup>[1,2]</sup>,同时,Price<sup>[3]</sup>和Benedetti<sup>[4]</sup>提出了应用*NDVI*估算植被生物量的方法。此外,由于外界环境因素对植被的光合强度存在影响,因此*NDVI*与环境参量的关系也成为人们关注的课题。1990年,Kogan<sup>[5]</sup>应用*NDVI*的长时间序列资料组成了条件植被指数(VCI),并用之估计天气气候条件对

植被的影响,为干旱监测提供了手段。另外,Hielkema<sup>[6]</sup>及Narasimha Rao<sup>[7]</sup>对非洲地区*NDVI*与降水量及土壤湿度的关系研究表明:在该地区*NDVI*与降水量、土壤湿度之间存在较显著的关系。

## 1 资料及处理

### 1.1 气象资料

本文所用的1986—1991年之间的逐旬降水量及土壤湿度资料来源于中国国家卫星气象中心,其中有降水观测的站点为148个,这些站符合农牧渔业部确定的适于旱地农业的年降水量标准250—750mm(半干旱和半湿润易旱地区)<sup>[8]</sup>,本文将年降水量小于500mm的地区划分为干旱、半干旱地区,年降水量大于500mm的地区划分为湿润、半湿润地区。在此基础上,根据降水资料的可用性及消除大城市的影响,分别从南部(湿润、半湿润地区)选取了22个站点资料,从北部(干旱、半干旱地区)选取了13个站点资料来进行分析。

土壤湿度资料是由6个站点的5、10、20、30、40、50cm逐旬绝对土壤湿度的平均值组成。

### 1.2 卫星资料

本文所用的归一化植被指数取自NOAA、AVHRR逐周叠加全球植被指数数据集(GVI),该数据集是通过对4km分辨率的逐日AVHRR辐射计值抽样、投影到16km分辨率的图上,针对每一象元存储7天中近红外波段与可见光波段差值最大的一天的资料,从而减小云的影响<sup>[9]</sup>,但是由于其它因素如气溶胶、水汽、太阳及卫星与目标物几何角度的影响,GVI数据仍然存在噪声<sup>[10]</sup>。为了消除该种噪声,本文应用复合中值滤波算法对NDVI的时间序列做了平滑。在此基础上,为了减小地表非均匀性的影响,针对每一站点所用的NDVI为以站点为中心的3×3象元的平均值。另外,由于GVI数

据为逐周资料,而降水量、土壤湿度资料为逐旬资料,因此采用以下算法将逐周资料外延为逐旬资料。首先,植被生长在一周内波动不大,可认为对某一周逐日的NDVI与本周的NDVI相等,则逐旬的NDVI<sub>10</sub>为:

$$NDVI_{10} = [a \cdot NDVI(i) + b \cdot NDVI(i+1)]/10 \quad (1)$$

其中,a为该旬内属于第i周的天数,b是该旬内属于第i+1周的天数。

## 2 结果及分析

### 2.1 NDVI与降水量

水是影响植物生长的重要环境因素之一,水份胁迫将直接影响植物的光合速率,从而决定植物生物量的高低。图1为1986年布赫特和乌拉斯台两个站的NDVI与降水动态曲线。从图1中可见,NDVI与降水动态曲线相似,这表明在NDVI与降水量之间存在着某种关系。

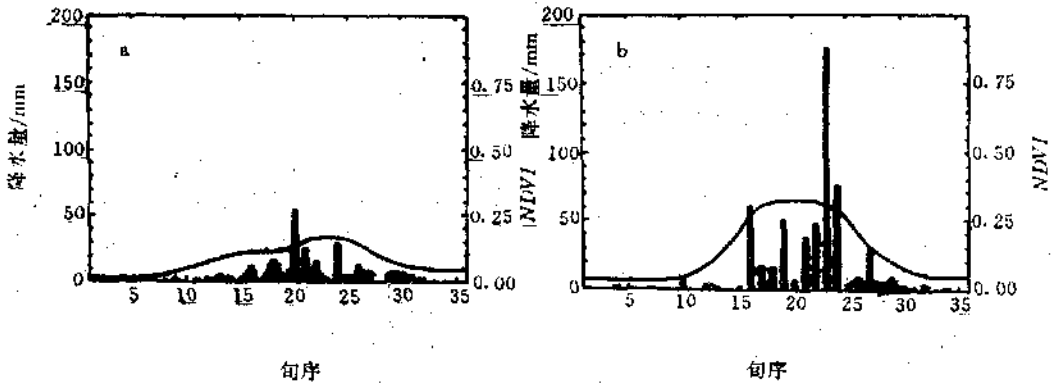


图1 1986年NDVI与降水量动态曲线  
a:布赫特;b:乌拉斯台。

2.1.1 累积NDVI与累积降水量之间的关系。许多研究<sup>[1,10,11]</sup>已经证明NDVI是反映植被吸收光合有效辐射大小的指数,从生长季开始的累积NDVI与植被的生物量存在线性关系。

累积NDVI通过下式求得:

$$(\text{累积})NDVI = \int_{t_1}^{t_2} NDVI_t dt$$

$$= \sum_{i=n_1}^{n_2} 10 \times NDVI(i) \quad (2)$$

其中,t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>分别为生长季开始及生长季某一时段的时间序号;n<sub>1</sub>、n<sub>2</sub>分别为生长季开始及生长季中某一时段的旬序号。以4月1日为生长季开始期。

基于累积NDVI与生物量存在线性关系的基础,分别就取自南部(湿润)、北部(干旱)地区的站点资料分析了累积NDVI与影

响植被生长的环境因子-降水量的关系。图2中实心圆曲线为累积NDVI与累积降水量之间相关系数的时间动态曲线,其中图2(a)为由南部(湿润)地区的站点计算而得结果,从该图可以看出:在南部(湿润)地区累积NDVI与累积降水量之间的关系是不明显的。该区域气候温热、湿润,年平均降水量在697—2219mm之间,植被主要为作物,故受人为影响(如种植制度等)较大,这是造成NDVI与降水量关系不明显的原因之一。

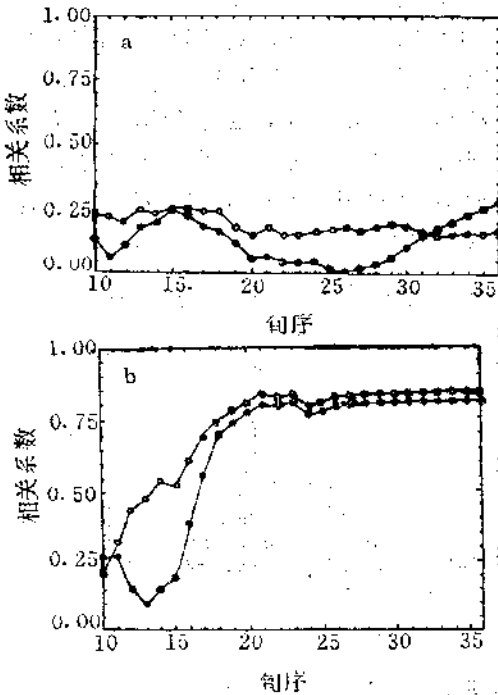


图2 累积NDVI(实心圆)、生长季最大NDVI(虚心圆)与累积降水量相关系数动态曲线 a:湿润、半湿润区;b:干旱、半干旱区;生长季起止期为4月1日—8月20日。

图2(b)为由北部(干旱)地区的站点计算而得的结果。该区域年降水量低于450mm,在如此的干旱及半干旱环境下,水份是限制植物生长的重要因子之一。由图2(b)可以看出:在生长初期(4月1日—5月

10日),累积NDVI与累积降水量的相关系数仅为0.001—0.27,但是在4—5旬以后,相关系数逐渐增大,在生长末期,相关系数达到0.77—0.81。图3为两者的相关散布图。由该图可见,在生长末期累积NDVI与累积降水量之间的关系呈非线性,这与植物生长的基本规律相一致,即光合速率和生物量的积累不仅取决于可利用光合有效辐射的大小,而且还取决于可利用水份的多少。

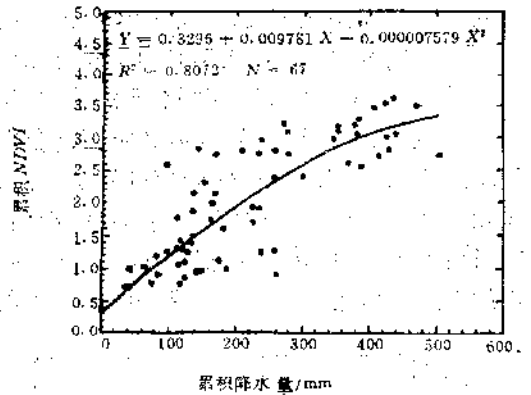


图3 累积NDVI与累积降水量之间相关散布图 日期:4.1—8.20

2.1.2 生长季最大NDVI与累积降水量之间的关系。Tucker等人<sup>[10]</sup>的研究表明,年中最大NDVI与植物生物量存在着明显的相关关系,因此最大NDVI是反映植物生产的标志之一。

本文分析了最大NDVI与生长季累积降水量的关系。图2中空圆曲线分别为南部湿润地区(a)和北部干旱地区(b)的相关系数曲线,从该图可以看出:结果和生长季累积NDVI与生长季累积降水量的关系相似,在南部湿润区域相关不明显,相关系数仅为0.19—0.43,而在北部干旱地区,从生长季中期开始相关便逐渐明显,在生长末期相关系数达到0.80,并呈非线性关系(见图4)。

## 2.2 NDVI与土壤湿度

### 2.2.1 生长季累积NDVI与0—50cm土壤

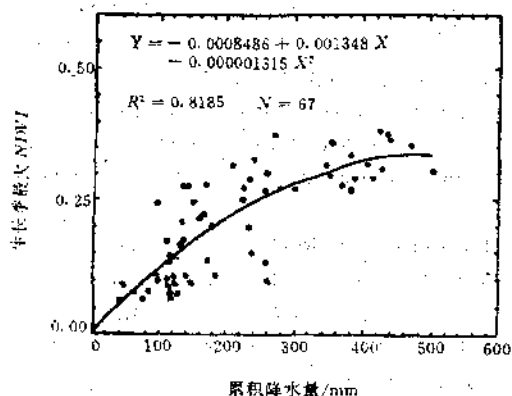


图4 生长季最大NDVI与累积降水量之间相关散布图

日期:4.1—8.20

平均绝对湿度的累积值的关系。目前有许多种方法测量及计算土壤湿度。本文所用为绝对土壤湿度。经分析计算发现生长季累积NDVI与0—50cm平均绝对含水量的累积值在生长季中期(6—8月)具有较明显的相关关系,从图5可见相关系数动态曲线在6—8月有一峰值(0.6—0.65),并且这种相关为非线性的(见图6)。

2.2.2 生长季最大NDVI与0—50cm土壤平均绝对湿度的关系。图7为两者的相关系数时间动态曲线,从该图可以看出生长季最大NDVI与0—50cm土壤平均绝对湿度的

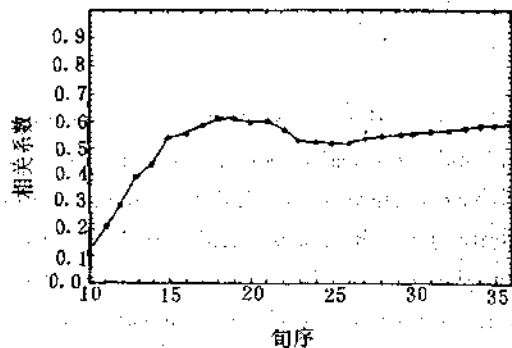


图5 累积NDVI与0—50cm平均绝对含水量累积值之间相关系数动态曲线

相关在生长初期非常弱,在生长中期(6—8月)为一波峰,峰值为0.60—0.63,此后又逐渐减弱至0.53—0.54,同样,表现为非线性关系(见图8)。

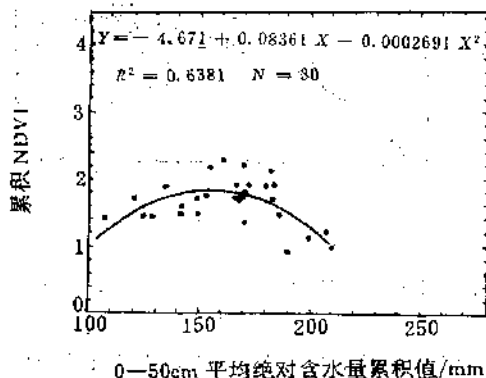


图6 累积NDVI与0—50cm平均绝对含水量累积值之间相关散布图

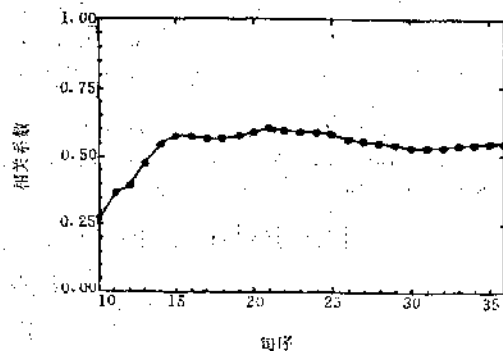
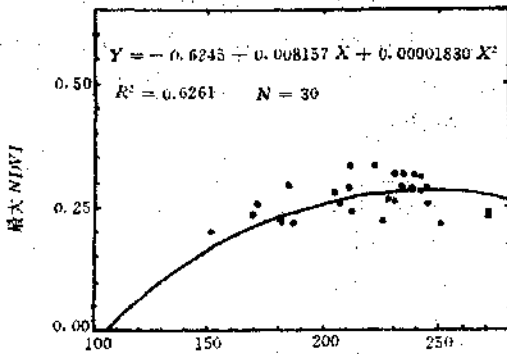


图7 最大NDVI与0—50cm平均绝对含水量累积值之间相关系数动态曲线

### 3 结论

3.1 由于在干旱、半干旱地区生长季累积NDVI(或生长季最大NDVI)与生长季累积降水量存在较好的相关关系,因此在一定程度上可以作为评价无气象站点地区生长季降水状况的指标,为干旱、半干旱地区的气候区划提供一定的依据。

3.2 土壤湿度与NDVI除生长季中期外无



0—50cm 平均绝对含水量累积值/mm

图8 最大NDVI与0—50cm平均绝对含水量累积值之间相关散布图

明显相关性,因此应用NDVI评价土壤湿度存在一定的困难。

参考文献

- 1 Samuel N. Goward. Vegetation Canopy PAR Absorption and the Normalized Difference Vegetation Index: An Assessment Using the Soil Model. REMOTE SENS. ENVIRON 1992,39, 119—140.
- 2 Bartlett, D. S. etc. Use of Vegetation Indices to Estimate Intercepted Solar Radiation and Net Carbon Dioxide Exchange In Grass Canopy. Remote Sens. Environ 1990,30, 115—128.
- 3 Prince, S. D. A Model of Regional Primary Production For Use With Course Resolution Satellite Data. Int. J. Remote Sens. 1991,12(6),1313—1330.

- 4 Benedetti, D. P etc. On the Use of NDVI Profile As Tool for Agricultural Statistics: The Case Study of Wheat Yield Estimate and Forecast In Emilia Romagna. Remote Sens. Environ. 1993, Vol 45,311—326.
- 5 Kogan, F. N. Remote Sensing of Weather Impacts On Vegetation In Non—homogeneous Areas International Journal of Remote Sensing, 1990, Vol 11, No 8: 1405—1419.
- 6 J. U Hielkema, etc. Rainfall And Vegetation Monitoring In The Savanna Zone of The Democratic Republic of Sudan Using The NOAA Advanced Very High Resolution Radiometer. INT. J. REMOTE SENSING, 1986, Vol 7, No. 11,1499—1513.
- 7 P. V. Narasimha Rao, etc. Relation Between Root Zone Soil Moisture and Normalized Difference Vegetation Index of Vegetation Fields. TNT. J. REMOTE SENSING, 1993, Vol. 14, No. 3, 441—449.
- 8 王先明. 西藏降水的气候特点与旱地农业. 西藏农牧科研究成果论文集. 西藏农牧科学院, 1986, 215—217.
- 9 NOAA. 1983. Global Vegetation Index User's Guide, SDS/NESDIS, National Climate Data Center, Washington, D. C.
- 10 Tucker, C. J. etc. Satellite Remote Sensing of Primary Production. INT. J. REMOTE SEVSING, 1986, No. 7, 1395—1416.
- 11 Pinker, R. T. Solar Angle Independence In The Relationship Between Absorbed PAR and Remotely Sensed Data for Alfalfa. Remote Sensing of Environ, 1993, No. 18.

## The Relationship between NDVI and Precipitation and Soil Moisture

Pubu Ciren

(Xizang Autonomous Region, Lasa 850000)

Abstract

The relationship between the normalized difference vegetation index (NDVI) and precipitation is analysed, using the precipitation data in the arid and semi-arid region in the north of China. The result shows that the nonlinear relationship between cumulative NDVI (and maximum NDVI) by the end of growing season and the cumulative precipitation is significant. Its correlation coefficient is 0.78; In Huabei and Southwest China, the relationship between cumulative NDVI (and maximum NDVI) in the medium of growing season and the absolute moisture in 0—50cm soil layer is nonlinear. Its correlation coefficient is 0.60—0.65 (0.60—0.63).

Key Words: NDVI precipitation soil moisture