

文章编号: 1000-0534(2008)05-1046-08

植被状态指数监测西北干旱的适用性分析

管晓丹¹⁻², 郭 锐², 黄建平¹, 葛颢铭¹, 郑志海¹

(1. 兰州大学 大气科学学院, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国气象局 兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 利用 1982—2003 年 22 年逐月 GIMMS 8 km 分辨率的 NDVI 数据和西北地区 138 个气象台站同期月降水数据, 分析了植被状态指数(VCI)对西北地区历史干旱的监测能力。根据西北气候和植被类型的特点, 选取雨养农业区、灌溉农业区和青藏高原高寒草原区为典型研究区域, 研究了 VCI 对不同地区气象干旱的监测能力, 并对 VCI 监测干旱的适应性进行分析。结果表明: VCI 可以较好地反映西北大部分历史干旱的空间分布及其演变特征。对于不同的气候区域, VCI 监测干旱的效果存在一定的差别。对于西北东部的雨养农业区, VCI 能够较好地反映降水的盈亏对植被影响, 是监测这一地区干旱的有效指标; 在西北区西部的灌溉农业区, VCI 基本不能反映这一地区降水的多寡, 不能作为这些地区气象干旱监测的指标; VCI 也不能反映青藏高原高寒草原区降水的亏缺, 不能作为监测这些地区气象干旱的指标; 在极渴干旱的戈壁、沙漠地区 VCI 会出现虚假的高值。

关键词: 西北地区; VCI; 降水距平百分率; 雨养农业区; 灌溉农业区

中图分类号: P463.22 **文献标识码:** A

1 引言

干旱是我国最严重的自然灾害之一, 每年干旱灾害都给我国经济造成了很大的损失。据 1950—2000 年的统计, 近 50 年来中国的干旱灾害呈现受灾面积增大和频率加快的趋势^[1]。西北地区由于其特殊的自然地理环境, 是我国干旱发生最频繁和受灾最严重的地区之一, 尤其是西北区东部雨养农业区流传着“十年九旱”、“三年两头旱”的民谣, 各地每年都不同程度地受到干旱灾害的困扰。干旱已经严重阻碍当地经济的发展, 影响了人民生活水平的提高。

对干旱的监测通常利用常规气象台站观测资料进行, 由于气象站点分布密度有限, 不能对干旱进行无缝隙监测, 从而影响了干旱监测的效果。而卫星遥感技术的发展使迅速、连续获得大范围干旱信息成为可能, 补充了常规观测的不足, 因而得到了广泛地应用。

人们在研究卫星监测干旱的过程中, 定义了许多基于卫星资料的遥感干旱指数。例如: 归一化植

被指数 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)、温度条件指数 TCI(Temperature Condition Index)、作物水分指数 CMI(Crop Moisture Index)、气象危险指数 MDI(Meteorological Danger Indices)和植被状态指数 VCI(Vegetation Condition Index)等。其中, NDVI 经实际应用, 表明可以作为监测干旱的指标, 在这方面已有许多的研究成果^[2-16]。植被状态指数(VCI)是以 NDVI 为基础建立的遥感指数。Kogan 等^[17]于 1990 年提出植被状态指数 VCI, VCI 定义为一个比值, 分子是每周平滑的 NDVI 与 NDVI 多年最小值的差值, 分母是 NDVI 多年最大值与最小值的差值, 该指数利用地表植被状况变化程度来反映干旱。Kogan^[18]利用 1984—1987 年 NOAA 全球植被指数(GVI)数据集, 发现 VCI 比 NDVI 能够更好地解释月降水百分比之间的关系。目前, VCI 已广泛地应用到全球不同地区干旱监测的研究中^[19-25]。如美国国家海洋大气局 NOAA 下属的国家环境卫星数据和信息中心(NOAA NESDIS)一直采用植被状态指数 VCI 和温度条件指数 TCI 方法进行全球和区域的

收稿日期: 2007-01-29; 改回日期: 2007-10-26

基金项目: 科技部公益研究项目“中国干旱气象灾害监测预警方法研究”(2004DIB5J192); 国家自然科学基金项目(40375011)共同资助

作者简介: 管晓丹(1983—), 女, 吉林辉南人, 硕士生, 主要从事卫星遥感应用研究. E-mail: xdanguan@gmail.com

干旱监测, 中国气象局国家卫星气象中心也在应用 VCI 和 TCI 的组合进行全国的干旱监测。

VCI 以卫星监测地面植被生长状况作为研究基础。西北地区气候类型多样, 东部为半干旱气候背景下的雨养农业区, 西部为干旱气候背景下的灌溉农业区。雨养农业区的植物用水完全靠自然降水提供, 植被的生长状况由一年降水量的多寡及降水的时空分布决定。西北区西部(河西走廊和新疆内陆河地区), 由于有河流的灌溉, 农作物生长较大地受到人为因素影响。除此之外, 西北地区还分布着青藏高原这样的海拔在 3000 m 以上高寒阴湿的牧区。这些地区气温低, 降水相对丰沛, 干旱的表现形式也与其他地区不同。西北地区的多种气候类型增加了对该区干旱监测的难度。

本文针对西北地区气候和植被的特点, 利用 NASA 戈达德航天中心的 1982—2003 年 GIMMS NDVI 数据集和西北地区 138 个站点同期月降水数据, 计算了西北地区 22 年来逐月的 VCI, 对比分析了历史上几个典型干旱年份 VCI 与降水距平百分率的分布。根据气候条件、植被分布和植被种植条件的差异, 选取雨养农业区、灌溉农业区和青藏高原高寒草原区几类不同植被类型区域, 分析了 VCI 对这些地区监测干旱的能力, 旨在为有效利用卫星遥感监测干旱提供依据。

2 资料介绍

NDVI 数据取自 NASA 戈达德航天中心的 GIMMS 数据集, 资料时间跨度为 1981 年 7 月—2003 年 12 月, 空间分辨率为 8 km。GIMMS/NDVI 数据集, 较 PAL 数据集有较大的改进。主要改进有: (1) 进一步消除了云的残留影响。GIMMS 数据集采用的是 15 天最大化合成期, 第一个合成期为每月 1~15 日, 第二个合成期为 16 日到月底, 每一个月产生两个合成数据; (2) 采用经验模式分解(EMD)更有效地确定并消除由于卫星轨道漂移所产生的噪音; (3) 在辐射定标方面, 利用交叉辐射定标的方法降低了仪器定标对 NDVI 的影响; (4) 利用 NOAA-9 降交点的资料, 插补了 1994 年 9 月至 1995 年 1 月由于 NOAA-13 发射失败而 NOAA-11 过赤道时间偏晚造成的 PAL 资料空缺, 使数据保持连续; (5) 进一步降低了 1982—1984 年和 1991—1994 年期间由于火山爆发产生的气溶胶粒子在平流层堆积对 NDVI 产生的影响。Slayback 等^[26]比较了 5 种不同处理的 NDVI 数据

系列在阿拉伯沙漠地区的变化情况和传感器改变对不同区域 GIMMS-NDVI 的影响。研究表明, GIMMS 数据与 SPOT/VGT 和 TERRA/MODIS 等高质量的传感器的数据有更好的相关性^[27], 其对 NDVI 反映的精度要比 PAL 数据集高。这将提高对全球生态系统研究的精度, 特别是全球气候变化的研究。

气象资料选用了新疆、甘肃、青海、陕西和宁夏 138 个观测站 1982—2003 年的月降水资料。对 22 年的月降水资料进行相关的降水距平百分率运算, 并计算降水距平百分率与 VCI 的相关系数, 以检验 VCI 在不同类型区域对干旱的监测能力。

3 研究区域概况

本文以西北新疆、甘肃、青海、陕西和宁夏五省区为研究区域。西北地区气候类型多样, 西北西部(包括甘肃省河西走廊及新疆)为西风带气候影响区; 青海省、甘肃甘南地区以及祁连山区为高原气候区; 西北区东部(陕西省、甘肃省乌鞘岭以东、宁夏)为东亚夏季风区^[28]。由于气候类型复杂, 直接导致西北地区植被类型的多样性。西北地区也是我国生态条件最脆弱的地区, 除陕西南部属于森林地带, 大多数属于干旱半干旱的森林草原、草原、荒漠草原和荒漠地带, 干旱半干旱地区约占总面积的 82.8%^[29]。西北区东部为半干旱地区, 年降水量为 300~500 mm, 且降雨时空分布不均, 植被类型也以适应半干旱气候条件的植物为主, 干旱时常发生。西北区西部为干旱或极端干旱气候区, 年降水量<200 mm。但该地区得益于发源于祁连山、昆仑山、天山、阿尔泰山等高大山系的众多内陆河流以及黄河的灌溉, 在广袤的戈壁沙漠上形成一串串绿洲, 是中国商品粮、棉花和育种基地。尽管这里地处干旱气候区, 由于有河水的灌溉, 农业产量稳定, 受气候的波动影响较小。

为了研究 VCI 对西北不同地区干旱监测的能力, 针对西北地区的气候和植被特点, 在西北区东部雨养农业区、西北区西部灌溉农业区、青藏高原高寒草原区选取了 14 个典型植被区, 其中包括半干旱地区的宁夏灌区; 干旱地区的渭干河、叶尔羌、和田、石河子、张掖和武威等绿洲区; 半干旱半湿润地区的陕北、陇东、长城沿线雨养农业区; 青藏高原高寒草原区。

4 研究方法

NDVI 是应用最广泛的一种卫星遥感的植被指

数,其值为近红外波段与可见光红波段数值之差和这两个波段数值之和的比值,其表达式为^[30]

$$\text{NDVI} = \frac{\text{CH2} - \text{CH1}}{\text{CH2} + \text{CH1}}, \quad (1)$$

式中 CH2 是近红外波段的计数值, CH1 是可见光红波段的计数值。

本文选用 VCI 作为研究西北地区干旱的植被指数。VCI 定义为^[19]

$$\text{VCI} = 100 \times \frac{\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}}{\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min}}, \quad (2)$$

其中, NDVI、 NDVI_{\max} 、 NDVI_{\min} 分别为月的归一化差值植被指数、月植被指数的多年最大值和最小值(这里用了 22 年的资料)。VCI 的取值范围是 0~100,若 $\text{VCI} \leq 30$,则植被生长状况较差,表明干旱比较严重;若 $30 < \text{VCI} \leq 70$,则植被生长状况适中,干旱程度适中;若 $\text{VCI} > 70$,则植被生长状况良好,无干旱发生。VCI 数值越低,植被生长状况越差。VCI 数值大小取决于地面的植被生长状况,它相当于把短期的天气信号从长期的生态信号中分离出来^[31]。因此,VCI 是利用卫星系统将生态信号转换成天气信号以监测干旱的手段之一,其对干旱的发生、发展以及对植被的影响具有很好的监测能力^[24]。

降水距平百分率是一个常用来描述降水多寡的量,也是气象上监测干旱的一个重要指标。本文以降水距平百分率来分析干旱发生的程度,并作为 VCI 监测干旱能力的一个验证指标。对选取的地区某一时段降水资料进行如下运算处理:

$$R_{\text{ano}} = \frac{R - R_{\text{ave}}}{R_{\text{ave}}} \times 100\%, \quad (3)$$

其中 R_{ano} 表示某一时段降水距平百分率, R 代表这

一时段降水总量, R_{ave} 代表 1982—2003 年同一时段降水总量的平均值。

5 结果分析

5.1 几次典型干旱年份 VCI 的特征分析

以近 20 年西北地区干旱发生较为严重的 1982, 1995 和 2000 年为例,分析 VCI 对典型干旱的监测能力。1982 年是西北地区旱情较重的一年。以甘肃省为例,全省受灾面积达 $130.27 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。旱情自 1982 年 5 月开始,黄河以东地区降水量比历年同期减少 3~5 成,中部减少 6~8 成。其中,会宁、靖远、皋兰等地区的土壤含水量到了作物干枯临界线的 10%^[32]。1982 年 3~5 月降水距平百分率图显示(图 1b),陕西西部、甘肃大部分地区的降水量均比历年同期减少 30%,表明有干旱发生。由 1982 年 5 月 VCI 分布图可见(图 1a),陕西中部和北部、甘肃大部分地区、青海中东部的 VCI 数值均低于 30,新疆北部地区的 VCI 数值也较低,VCI 高值区在塔里木盆地及青海南部的小部分地区,除塔里木盆地外,VCI 的高低值分布与降水距平百分率分布有很好的对应。

1995 年是西北区东部近 50 年来的特大干旱年,其影响范围、干旱程度和持续时间为近 50 年之最。从 1994 年伏秋至 1995 年春末夏初,西北大部分地区降水持续偏少,气温偏高,尤其是西北区东部发生少见的冬春连旱,并出现严重的春末夏初旱。甘肃陇东和中部地区,1~6 月降水总量较正常年同期偏少 9~6 成。干旱最严重时段出现在 5 月份,除新疆北部降水略偏多外,新疆南部、甘肃、青海西部滴水未降^[33]。1995 年 5 月 VCI 图(图 2a)显示,除陕西东南部、青海南部外,西北大部分地

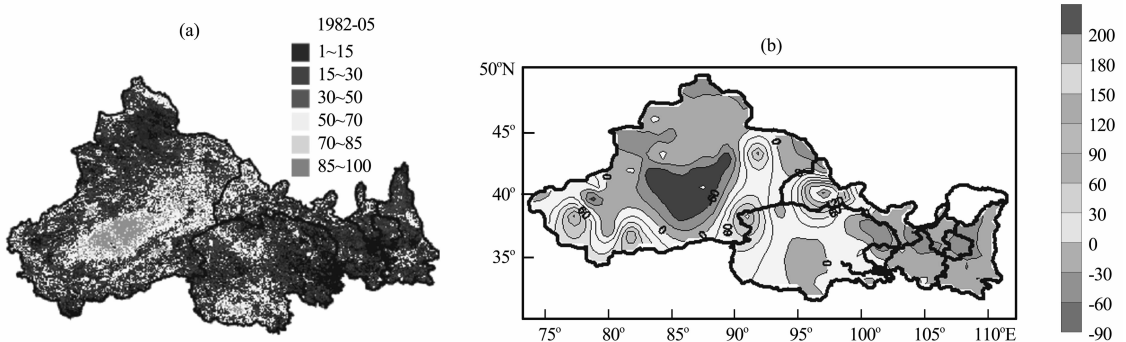


图 1 1982 年 5 月 VCI(a)与 3~5 月降水距平百分率(b)

Fig. 1 The distributions of VCI in May (a) and the precipitation percentage anomalies from March to May 1982 (b)

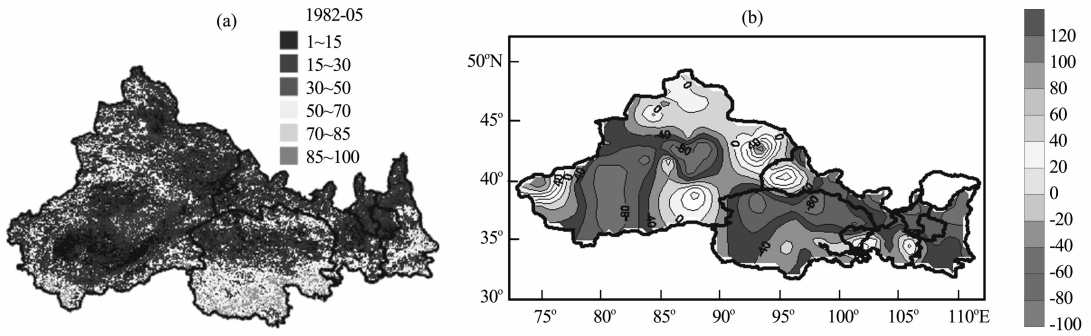


图 2 同图 1，但为 1995 年
Fig. 2 The same as Fig. 1, but for 1995

区 VCI 数值均在 30 以下，并且 VCI 明显低于 1982 年 5 月的 VCI 数值。降水距平百分率表明(图 2b)，陕西北部、宁夏、甘肃大部分地区及青海的降水量都远低于正常年份，降水量比历年同期减少 4 成，局部地区降水量比历年同期减少 6 成，表明这些地区发生了重大旱情。除新疆个别地区外，VCI 与降水距平百分率分布相同。

2000 年也是一个干旱程度较重的年份。2000 年 5 月 VCI 分布表明(图 3a)，陕西、宁夏和甘肃中东部存在低值区，塔里木盆地及其周边地区的 VCI 数值也较低。青海、新疆的大部分地区的 VCI 数值较高。3~5 月降水距平百分率图显示(图 3b)，陕西、宁夏和甘肃东部的降水普遍偏少，表明在这些地区发生了旱情。新疆和青海的一些地区降水高于历年平均值。VCI 与降水距平百分率(图 3b)的高低值分布大致相同，但河西地区有所差异。

从 1982, 1995 和 2000 年 3 个典型干旱年份的 VCI 与降水距平百分率的对比分析来看，VCI 与降水距平百分率的高低值分布大致相同，尤其在西北区东部有着较好的对应关系。说明 VCI 对这些地区的干旱发生有较好的监测能力，但在西北区西部沙漠地区和部分干旱地区有所差异。

5.2 典型区域 VCI 监测干旱的效果分析

为了分析 VCI 对西北不同地区干旱监测能力的大小，本文对植被生长季(4~9 月)不同地区的 VCI 与不同时段的降水距平百分率进行了相关分析(表 1)。

由表 1 可以看出，陇东、陕北、陕西长城沿线地区的 VCI 与不同时段的降水距平百分率的相关系数比较大，这说明 VCI 和降水距平百分率在雨养农业区的一致性比较好。其中，VCI 与同月的降水距平百分率相关系数较小，与提前 1~2 月的降水距平百分率相关性较好，说明植被对降水的反映具有 1~2 个月的滞后性。在石河子、武威等灌溉区域，VCI 与降水距平百分率的相关系数比较小，表明在这些地区，植被的生长对降水的依赖性不强。我国西北区西部的农作物生长用水主要来自发源于祁连山、昆仑山、天山、阿尔泰山等高大山系的众多内陆河流以及黄河的灌溉，因此，灌溉区域的植被与降水之间的关系不密切。在青藏高原高寒草原区，7 月份的 VCI 与降水距平百分率呈现显著的负相关，尤其 7 月份与 5~7 月降水距平百分率的相关系数都达到了-0.6865。青藏高原高寒草原区海拔高，气温低，降水相对丰沛，这些地区生长的植

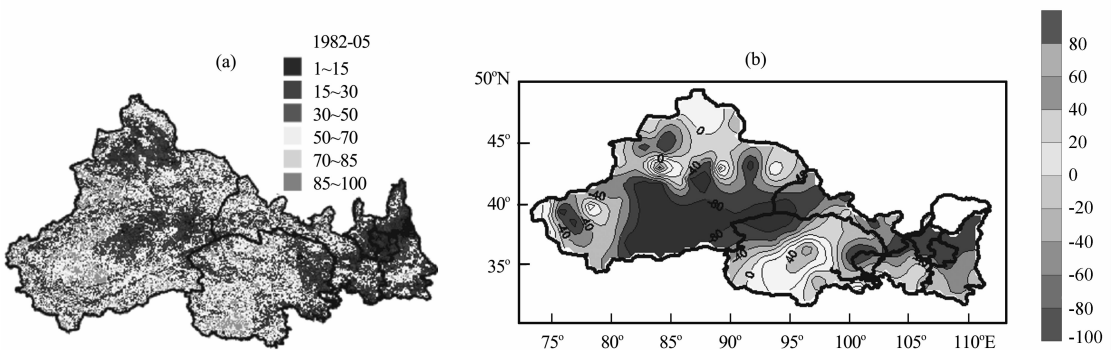


图 3 同图 1，但为 2000 年
Fig. 3 The same as Fig. 1, but for 2000

表 1 不同地区植被生长季的 VCI 与降水距平百分率(R_{ano})的相关分析
 Table 1 Correlation analysis of VCI and the precipitation percentage anomalies (R_{ano})
 in growing season of vegetation in different regions

地区及 R_{ano}		不同月份的 VCI					
		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
陇东雨养农业区	同月	0.3485	0.2929	0.1356	0.3928*	0.3480	0.035
	滞后 1 月	0.2146	0.3058	0.5857**	0.5842**	0.3956*	0.505*
	前 1 个月+同月	0.412*	0.361*	0.516*	0.727***	0.505*	0.350
	前 2 个月	0.069	0.561**	0.522*	0.561**	0.325	0.453*
	前 2 个月+同月	0.2194	0.5146*	0.4849*	0.6331**	0.4960*	0.3537
陕北雨养农业区	同月	0.2974	0.2276	0.2779	0.0971	0.0940	0.1559
	滞后 1 月	0.4505*	0.5932**	0.4977*	0.1110	0.4536*	0.2071
	前 1 个月+同月	0.518*	0.547**	0.120	0.387*	0.556**	0.382*
	前 2 个月	-0.021	0.064	0.1004	0.1439	0.3263	0.2984
	前 2 个月+同月	0.3008	0.4146*	0.5801**	0.4526*	0.0917	0.3057
陕西长城沿线	同月	-0.0275	0.0762	0.1265	-0.0231	0.1473	-0.0091
	滞后 1 月	0.2765	0.3132	0.5411**	0.4793*	0.1127	0.3878*
	前 1 个月+同月	0.184	0.315	0.467*	0.456*	0.188	0.259
	前 2 个月	0.083	0.5137*	0.2692	0.4175*	0.3495	0.3180
	前 2 个月+同月	0.0558	0.5279*	0.2987	0.3975*	0.3905*	0.2265
石河子灌溉农业区	同月	-0.2999	0.3270	0.3814*	0.1584	0.5202*	0.2658
	滞后 1 月	0.0104	-0.0975	-0.1826	0.3694*	0.2463	0.2948
	前 1 个月+同月	-0.178	-0.0640	0.1004	0.1439	0.3263	0.2948
	前 2 个月	-0.0215	-0.0640	0.1004	0.1439	0.3263	0.2984
	前 2 个月+同月	-0.1572	0.1099	0.2581	0.2066	0.5474**	0.3943*
武威灌溉农业区	同月	0.3108	0.3450	0.4636*	0.0226	0.1491	-0.0664
	滞后 1 月	0.0370	0.091	-0.0675	0.0683	0.4109*	0.2609
	前 1 个月+同月	0.212	0.311	0.304	0.079	0.367*	0.115
	前 2 个月	0.1276	-0.2531	-0.2743	0.0975	0.0771	0.4417*
	前 2 个月+同月	0.2609	-0.0366	0.0792	0.1162	0.1488	0.3056
青藏高原高寒草原	同月	-0.5210*	0.3463	-0.1254	-0.4408*	-0.4125*	0.0172
	滞后 1 月	0.0732	-0.1738	-0.1251	-0.5292*	0.0521	0.1996
	前 1 个月+同月	-0.44*	0.16	-0.16	-0.64**	-0.26	0.17
	前 2 个月	0.045	-0.1	-0.247	-0.613**	0.059	0.349
	前 2 个月+同月	-0.3934*	0.2016	-0.2232	-0.6865***	-0.1818	0.3126

注: *, **, *** 分别表示通过 0.1, 0.01 及 0.001 显著性水平检验

被具有一定的特殊性, 导致 VCI 与降水距平百分率相关系数出现负值。

为进一步说明西北 3 个不同类型地区的 VCI 监测干旱的能力, 本文以甘肃陇东半干旱雨养农业

区、新疆叶尔羌绿洲灌溉区和青藏高原高寒草原区为例, 分析了 1982—2003 年的植被生长旺盛时期(7 月)的 VCI 与降水距平百分率的关系。从陇东 7 月份的 VCI 和 6~7 月降水距平百分率变化曲线

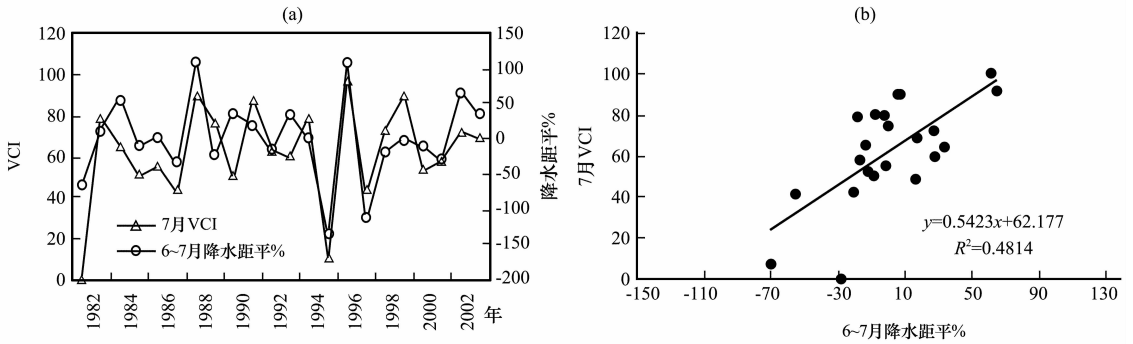


图 4 陇东地区逐年 7 月份 VCI 与 6~7 月降水距平百分率 R_{ano} 变化趋势(a), 7 月份 VCI 与 6~7 月 R_{ano} 的散点分布(b)

Fig. 4 The change trend of VCI in July and the precipitation percentage anomalies from June to July (a) and the scatter distribution of the VCI in July and the precipitation percentage anomalies from June to July (b) in Longdong region

(图 4a)可以看出, 陇东地区 7 月 VCI 年际间变化与 6~7 月降水距平百分率的变化趋势大致相同, VCI 较好地反映了 22 年来该地区降水的波动状况。根据该图中 VCI 的变化曲线(图 4a)分别在 1982, 1987, 1995, 1997 和 2000 年等年份出现 VCI 低值, 与历史同期在陇东地区发生的旱灾情况一致, 在陇东地区 VCI 与降水距平百分率点聚图上(图 4b), VCI 可以较好地反映这一地区的干旱情况。7 月份的 VCI 和降水距平百分率有很好的相关, 通过 99% 信度, VCI 可以作为反映这一地区气象干旱的指标。

从叶尔羌绿洲植被 7 月 VCI 与 6~7 月降水距平百分率(R_{ano})变化曲线(图 5a)中可以看出, 反映叶尔羌绿洲植被的 VCI 与降水距平百分率的变化存在着一定的差异, VCI 与降水距平百分率曲线的峰、谷值间对应不是很好。如 1985, 1986 和 1989 年的 VCI 数值较低, 而在相应年份的降水距平百分

率未出现低值(图 5a)。这表明该地区在 1985, 1986 和 1989 年均属于正常年份, 未出现旱情。在旱灾严重的 1995 年和 2000 年的 VCI 数值均达到 40 以上(图 5a), 与这两年在西北地区发生重大旱灾的事实不符。叶尔羌绿洲的 VCI 与 R_{ano} 点聚图表明(图 5b), VCI 和降水距平百分率的相关性很差, 随机性较大。出现这种情况的原因是叶尔羌绿洲年降水稀少, 植被生长过程用水主要靠内陆河水补给, 当地的植被不能完全反映出年降水量及降水分布情况。从而使得 VCI 监测该区气象干旱效果不理想。

图 6a 给出了青藏高原高寒草原区 7 月 VCI 与 6~7 月降水距平百分率曲线图。由图 6a 可看出, VCI 与降水距平百分率的高低值分布具有明显的反相关。从青藏高原高寒草原区点聚图中可看出(图 6b), 7 月的 VCI 和 6~7 月的降水距平百分率呈现负相关。青藏高原高寒草原区地处我国青藏高原东

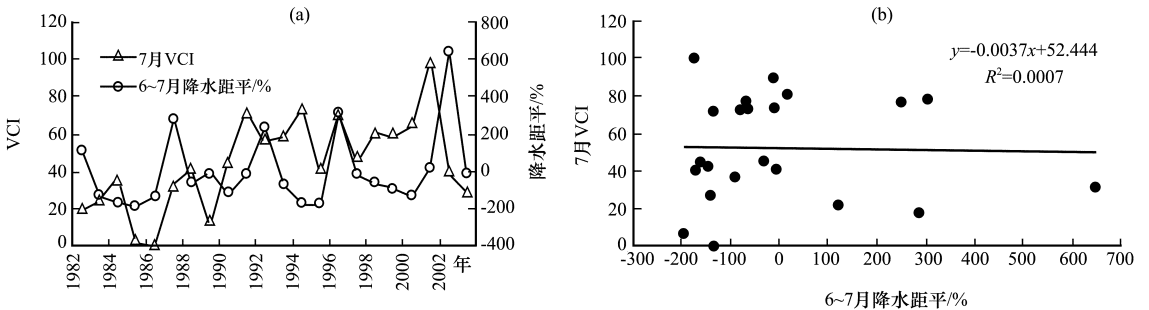


图 5 叶尔羌绿洲逐年 7 月份 VCI 与 6~7 月 R_{ano} 变化趋势(a), 7 月份 VCI 与 6~7 月 R_{ano} 的散点分布(b)

Fig. 5 The change trend of VCI in July and the precipitation percentage anomalies from June to July (a) and the scatter distribution of the VCI in July and the precipitation percentage anomalies from June to July (b) in Yeerqiang oasis

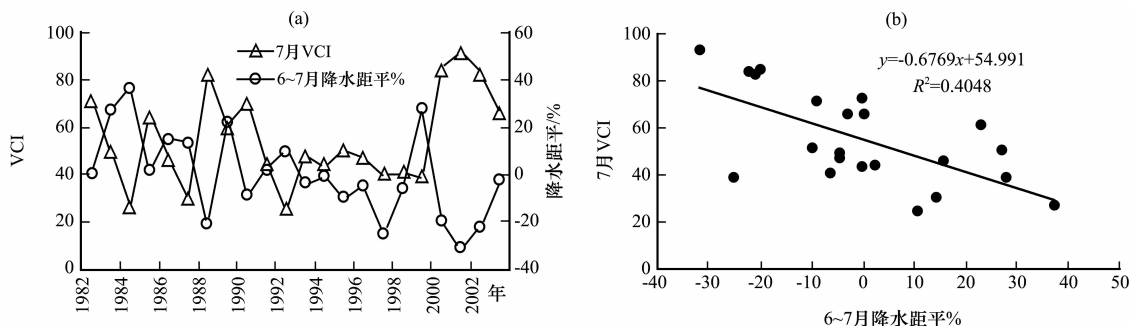


图 6 同图 5, 但为青藏高原高寒草原区

Fig. 6 The same as Fig. 5, but for in alpine grasslands of Qinghai-Xizang Plateau

北部, 海拔较高, 气温低, 降水相对丰沛, 属高寒阴湿地区, 植被生长环境恶劣。植被生长对水分的需求状况与其他地方不同, 降水距平百分率是否能作为衡量干旱的指标值得商榷。

6 结论与讨论

通过对 22 年来 VCI 与气象资料的对比分析, 得到以下结论:

(1) VCI 可以反映大范围的干旱, 尤其对西北区东部的监测效果很好。

(2) 对于西北区东部雨养农业区, 植被生长季各月的 VCI 与前期 1 月或 2 月的累计降水距平百分率有显著的相关, VCI 可以有效地监测出这些地区干旱发生的时间和范围, 是监测这些地区干旱较好的指标。

(3) 西北灌溉农业区的植被生长受到自然降水和河流灌溉双重因素的影响, 使得各月 VCI 和不同时段的降水距平百分率没有显著的相关性, VCI 不能反映这些地区大气干旱情况。

(4) 地处青藏高原东北部的青藏高原高寒草原区, 植被生长对水分的需求状况与其他地方不同, VCI 与降水距平百分率之间存在负相关, 降水距平百分率是否能够作为这类地区衡量植被干旱的指标值得商榷。

VCI 对西北极端干旱的戈壁和沙漠地区干旱监测有误, 会出现虚假的 VCI 高值区, 需要对 VCI 指标进行改进, 以适合全球不同区域的干旱监测。

致谢: 感谢美国 NASA 戈达德航天中心提供的 GIMMS 数据资料!

参考文献

[1] 李茂松, 李森, 李育慧. 中国近 50 年旱灾灾情分析[J]. 中国农业气象, 2003, 24(1): 7-10

[2] Wan Z, P Wang, X LT. Using MODIS land surface temperature and normalized difference vegetation index products for monitoring drought in the southern great plains, USA [J]. Inter J Remote Sens, 2004, 25(1): 61-72

[3] Ramesh P Singh, Sudipa Roy, F Kogan. Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India [J]. Inter J Remote Sens, 2003, 24(22): 4393-4402

[4] Song X, G Saito, M Kodama, et al. Cover early detection system of drought in East Asia using NDVI from NOAA/AVHRR data [J]. Inter J Remote Sens, 2004, 25(16): 3105-3111

[5] 齐述华, 李贵才, 王长耀, 等. 利用 MODIS 数据产品进行全国干旱监测的研究[J]. 水科学进展, 2005, 16(1): 56-61

[6] 郭广猛, 赵冰茹. 使用 MODIS 数据监测土壤湿度[J]. 土壤, 2004, 36(2): 219-221

[7] 谭德宝, 刘良明, 鄢俊洁, 等. MODIS 数据的干旱监测模型管理[J]. 长江科学院院报, 2004, 21(3): 11-15

[8] 宋小宁, 赵英时. 应用 MODIS 卫星数据提取植被-温度-水分综合指数的研究[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(2): 13-17

[9] 德力格尔, 汪青春, 周陆生, 等. 1997-1999 年黄河上游玛曲地区人工增雨生态效应的检验[J]. 高原气象, 2005, 24(3): 442-449

[10] 除多. 基于 NOAA AVHRR NDVI 的西藏拉萨地区植被季节变化[J]. 高原气象, 2003, 22(增刊): 145-151

[11] 王江山, 殷青军, 杨英莲. 利用 NOAA/AVHRR 监测青海省草地生产力变化的研究[J]. 高原气象, 2005, 24(1): 117-122

[12] 杨兰芳, 李宗义. 陇东地区近 5 年植被变化与降水的关系[J]. 高原气象, 2005, 24(4): 629-634

[13] 胡晓, 马耀明, 王介民, 等. 大气订正对 MODIS 植被参数的影响[J]. 高原气象, 2007, 26(4): 732-740

[14] 马耀明, 刘东升, 王介民, 等. 卫星遥感敦煌地区地表特征参数研究[J]. 高原气象, 2003, 22(6): 531-536

[15] 贾立, 王介民. 黑河实验区地表植被指数的区域分布及季节变化[J]. 高原气象, 1999, 18(2): 245-250

[16] 胡晓, 马耀明, 马伟强, 等. 4~10 月藏北地区地表植被参数的卫星遥感研究[J]. 高原气象, 2006, 25(5): 1020-1027

- [17] Kogan F N. Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas[J]. *Inter J Remote Sens.* 1990, 11: 1405—1419
- [18] Kogan F N. NOAA plays leadership role in developing satellite technology for drought watch[J]. *Earth Observation Magazine*, 1994, 11: 1405—1409
- [19] Kogan F N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data [J]. *Bull Ameri Meteor Soc*, 1995b, 76: 655—688
- [20] Unganai L S, F N Cogan. Drought monitoring and corn yield estimation in southern Africa From AVHRR data [J]. *Remote Sens of Environ*, 1998, 63(3): 219—232
- [21] Domenikiotis C, M Spiliotopoulos, E TSIFOS, et al. Early cotton yield assessment by the use of the NOAA/AUHRR derived Vegetation Condition Index (VCI) in Greece [J]. *Inter J Remote Sens*, 2004, 25(14): 2807—2819
- [22] 蔡斌, 陆文杰, 郑新江. 气象卫星植被状态指数监测土壤状况[J]. *国土资源遥感*, 1995, (4): 20—25
- [23] 冯强. 中国干旱遥感监测系统的研究[D]. 中国科学院遥感应用研究所博士后出站报告[D]. 2001
- [24] Gitelson A A, F Kogan, E Zakarin, et al. Using AVHRR data for quantitative estimation of vegetation conditions: calibration and validation[J]. *Adv Space Res.* 1998, 22(5): 613—676
- [25] Liu W, F N Kogan. Monitoring regional drought using the vegetation condition index [J]. *Inter J Remote Sens.* 1996, 17: 2761—2782
- [26] Slayback D, J Pinzon, S O Los, et al. Northern hemisphere photosynthetic trends 1982—1999 [J]. *Global Change Biology*, 2003, 9: 1—15
- [27] Anyamba A, C J Tucker. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA—AVHRR NDVI data form 1981—2003 [J]. *J Arid Enviroment*, 2005, 63: 596—614
- [28] 谢金南主编. “西北地区干旱预测系统研究”专题研究成果综述 [C]. *中国西北干旱气候变化与预测研究*. 北京: 气象出版社, 2000: 1—8
- [29] 翟明普. 西北地区植被恢复与建设的原则[J]. *中国水土保持科学*, 2003, 1(1): 60—63
- [30] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 374
- [31] Kogan F N. Global drought watch from space [J]. *Bull Ameri Meteor Soc*, 1997, 78: 621—636
- [32] 董安祥. 中国气象灾害大典(甘肃卷)[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 82—119
- [33] 郭锐, 李栋梁, 蔡晓军, 等. 1995 年中国西北东部特大干旱的气候诊断与卫星监测[C]//谢金南主编. *中国西北干旱气候变化与预测研究*. 北京: 气象出版社, 2000: 97—101

Applicability Analysis of VCI to Monitoring Northwest China Drought

GUAN Xiao-dan¹⁻², GUO Ni², HUANG Jian-ping¹,
GE Jin-ming¹, ZHENG Zhi-hai¹

(1. *College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730000, China;*

2. *Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China)*

Abstract: The capability of Vegetation Condition Index (VCI) monitoring drought in northwest China was analyzed using GIMMS NDVI data set from January 1982 to December 2003 and the monthly precipitation data at 138 meteorological stations during the same period. The NDVI data set was collected at spatial resolution of $8 \times 8 \text{ km}^2$ and one month interval. According to the characteristic of climate type and vegetation planting in the northwest region, several typical research regions including rain-fed areas, irrigated areas and the grassland at the Qinghai-Tibet Plateau were chose. The applicability of VCI monitoring drought in different areas was studied in northwest China. The results show that VCI can reflect the drought spatial distribution and the development commendably in most of the areas in northwest China. The effect in VCI monitoring drought were different in these research regions. The VCI could preferable monitor the drought in rain-fed areas, it is an effective index in monitoring meteorological drought. The VCI were not useful in monitoring the drought happened in irrigated districts and in the grassland in Qinghai-Xizang Plateau. The VCI appears abnormal high value in the desert regions.

Key words: Northwest China; VCI; Rainfall anomalies; Rainfed agricultural region; Irrigation agricultural area