

# 径流量干旱指数在河西走廊灌区的应用<sup>①</sup>

王劲松<sup>1</sup> 冯建英<sup>1</sup> 吴伟<sup>2</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所  
甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 兰州 730020;  
2. 兰州大学大气科学学院)

## 提 要

利用径流量干旱指数以及河西地区的酒泉、张掖和武威的春小麦单产资料, 探讨干旱指数的等级与去趋势春小麦产量之间的关系。研究表明, 径流量干旱指数与河西灌溉区春小麦气候产量呈反位相的变化趋势。因此, 可利用径流量干旱指数的变化来预测该地区未来春小麦产量变化趋势。

**关键词:** 径流量干旱指数 气候变化 春小麦产量趋势

## 引 言

甘肃省河西地区地处我国的西北, 是甘肃省主要的商品粮基地。由于这一地区常年少雨, 如果仅靠自然降水来维持农业生产的需要是远远不够的, 其农业生产的用水主要依靠灌溉来实现, 水资源则来自位于其境内的三条内陆河, 它们从西到东分别属于疏勒河流域、黑河流域和石羊河流域。“有水则绿洲, 无水则荒漠”是河西地区的真实写照。可见, 内陆河水资源状况对该地区的农业生产起到十分重要的作用。

在确定旱涝标准方面人们已做过一些工作, 并建立了一些有效的指标<sup>[1,2]</sup>。这些指标往往是依赖于降水量而建立的, 目前, 这种以降水量的多少来衡量旱涝程度的指标得到了较为广泛的应用<sup>[3,4]</sup>, 但是, 这些指标对于年降水量很小的河西地区来说是不适宜的。因此, 利用径流量来建立一种适合河西地区的径流量干旱指数是有其实际意义的。王劲松等<sup>[5]</sup>通过对河西地区三条内陆河月径流量资料的分析研究, 揭示了径流量的变化特征, 针对径流量变化程度, 确定了对农业生产有直接影响的径流量干旱指数, 并对其进行了等级划分。本文将以此径流量干旱指数为标

准, 找出河西地区春小麦产量与该指数旱涝等级的关系, 分析径流量干旱指数在实际中的应用以及在春小麦产量预测中的作用。

## 1 资料及方法

### 1.1 资料来源

本文选取酒泉、张掖和武威分别作为疏勒河流域(祁连山西段)、黑河流域(祁连山中段)和石羊河流域(祁连山东段)三个灌溉区的粮食产量代表站, 选取昌马堡、莺落峡和九条岭分别为上述三条内陆河的水文代表站。径流量资料为 1959~2002 年逐月平均径流量, 粮食产量资料为 1959~1995 年逐年春小麦单产产量。

### 1.2 资料处理方法

粮食的实际产量一般可分解为趋势产量、气候产量和随机产量三部分。其中趋势产量是假设在自然条件正常的情况下, 非自然因素影响的那部分产量; 气候产量是指气候因子波动而影响的那部分产量; 随机产量为社会不稳定等随机因素影响的那部分产量, 由于随机产量占实际产量的比重不大, 故可以忽略不计<sup>[6]</sup>。根据上述论点, 本文在对实际粮食产量资料进行处理时, 从实际产量中剔除了趋势产量, 从而得到由于气候变化

<sup>①</sup> 基金项目: 甘肃省科技厅“十五”公关项目“西北干旱成因及其应用研究”第四子专题资助(GS012-A45-118-04)

的影响而造成的气候产量,然后再寻找气候产量和径流量干旱指数之间的关系,而不是直接寻找实际产量和径流量干旱指数之间的关系。趋势产量的提取方法采用线性模拟法<sup>[7]</sup>。

## 2 径流量干旱指数

对主要靠内陆河灌溉的河西地区农业生产来说,根据径流量变化程度来确定一种对农业生产有直接影响的干旱指数是很必要的,这与以雨养农业区为主的河东地区是截然不同的。在理论上,径流量干旱指数的研制<sup>[5]</sup>,已经给出了满足上述条件的一个干旱指数,但是该径流量干旱指数是通过分析汛期径流量的分析和计算得到的,而对春小麦产量影响最大的是春季径流量<sup>[6]</sup>,因此在利用径流量干旱指数前,必须要分析径流量干旱指数是否仍适用于主要受春季径流量影响的春小麦气候产量。为此,先对春季径流量和汛期径流量之间的关系进行分析,图1给出了三条内陆河春季径流量和汛期径流量的演变,无论对疏勒河、黑河还是石羊河而言,可以看出,在春季径流量和汛期径流量的曲线上,除极个别的年份外,两者上升和下降的趋

势几乎都是一样的,即三条内陆河各自的春季径流量和汛期径流量多寡的演变特征在长期变化趋势上几乎是趋于一致的。

从春季径流量和汛期径流量的相关系数来看,二者之间存在较好的正相关关系。疏勒河春季径流量和汛期径流量的相关系数为0.34,达到0.05的显著性水平;黑河、石羊河春季径流量和汛期径流量的相关系数分别为0.55、0.5,都超过了0.001的显著性水平。说明春季径流量与汛期径流量的变化趋势具有同步性和同向性。

从上面的分析可知,由于春季径流量与汛期径流量大小的变化特征在长期变化趋势上具有一致性,表明利用汛期径流量计算得到的径流量干旱指数在一定程度上也能够反映春季径流量的旱涝程度,因此本文就利用文献<sup>[5]</sup>推导得到的径流量干旱指数,通过对该指数旱涝等级与河西春小麦产量的讨论,得出径流量干旱指数等级的演变与河西春小麦产量变化的长期趋势之间的关系。

## 3 径流量干旱指数和春小麦产量的关系

径流量干旱指数  $Z$  的转换公式为:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left( \frac{C_s}{2} J_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6}$$

式中  $C_s$  为偏态系数,  $J_i$  为径流量的标准化变量,二者均可由径流量资料序列计算得出,计算公式如下:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{nS^3}, \quad J_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$$

其中  $S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$  为均方差。

利用以上径流量  $Z$  指数的转换公式和疏勒河、黑河、石羊河 1959~2001 年径流量,首先计算出  $Z$  指数值,然后按照表 1 所示的  $Z$  指数值,确定干旱等级。在本文中将  $Z$  指数在实际农业灌溉应用中的 4 个等级分别定为 1、2、3、4 级,分别表示径流量对农业灌溉的影响为正常、轻度偏旱、重度偏旱、旱,即等级值越大,表明越早(表 1)。需要说明的是,这里径流量干旱指数  $Z$  的等级中没有“涝”,这是因为只要内陆河径流量达到丰沛或正

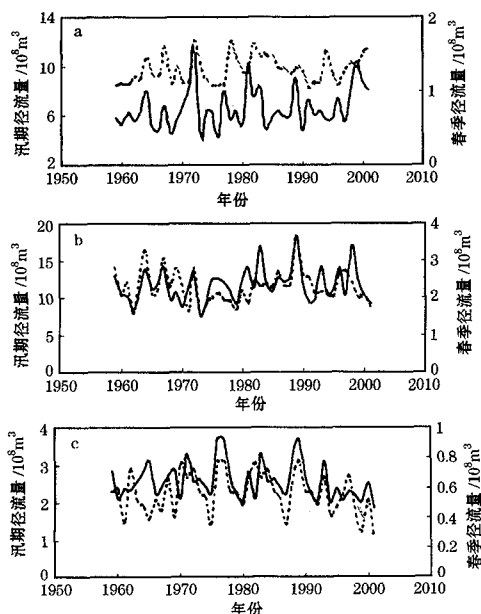


图 1 1959~2001 年疏勒河(a)、黑河(b)、石羊河(c)汛期(实线)和春季(虚线)径流量的演变

常,那么就能够满足农业灌溉的正常需要。因为农业灌溉是人为进行的过程,所以来水的丰沛并不意味着农田会出现涝的情况,人们对充沛的内陆河水是可以合理利用的,因而,径流量的“涝”、“偏涝”和“正常”的等级,对于农业灌溉来说可合并为一级,在这里记为“正常”。

表1 Z指数等级划分

Z指数值	Z指数值的等级	径流量对农业灌溉的影响
$Z \geq -0.5244$	1	正常
$-1.0846 < Z < -0.5244$	2	轻度偏旱
$-1.6448 \leq Z \leq -1.0846$	3	重度偏旱
$Z < -1.6448$	4	旱

图2给出了三条内陆河径流量干旱指数Z的等级以及灌溉区三个代表站酒泉、张掖和武威春小麦单产的气候产量的变化曲线。从图中给出的趋势曲线可看出,总的来说,三条内陆河的径流量干旱指数Z等级的变化趋势与它们相应的灌溉区的代表站的春小麦气候产量的变化趋势是相反的,即当Z指数等级值越大时,相应的春小麦的气候产量表

现为减少;当Z指数等级值越小时,相应的春小麦的气候产量则表现为增加。即二者长期变化趋势具有反位相的特点。

但进一步分析可以发现,上世纪90年代以后,疏勒河Z指数的等级与酒泉春小麦的气候产量的变化趋势尽管仍呈反位相的关系,但可以看到这种反位相的关系不是十分明显。具体表现为疏勒河Z指数等级的值偏小,即在灌溉用水上可保证为“正常”,但酒泉春小麦的气候产量的变化趋势却非常平缓,它随着Z指数等级的下降而上升的趋势并不明显。而黑河和石羊河径流量干旱指数的等级与其相应灌溉区的春小麦产量呈反位相的特点仍十分明显。也就是说,90年代以后,径流量干旱指数Z在黑河和石羊河流域的应用比在疏勒河流域的应用要好。如果仅从对疏勒河径流量干旱指数Z等级的判断上来预测相应灌溉区酒泉的春小麦产量,至少在该时段不是十分合适的。已有的研究表明<sup>[8]</sup>,影响河西走廊春小麦产量的热量条件是春、夏季的温度,因此分析灌溉区三个代表站春、夏季的温度变化,结果发现相对于1961~1990年的春、夏季平均温度而言,1990~1999年的10年间酒泉春、夏季温度平均上升了0.5℃,张掖、武威则分别上升了0.4℃和0.35℃。可见,酒泉春、夏季平均温度上升较张掖、武威快。在河西灌溉区,温度对春小麦的影响主要表现在幼穗分化期和灌浆期,且均为负效应,即温度低使这两个发育期延长,产量自然就高。这就说明尽管90年代后疏勒河径流量干旱指数Z的等级是偏小的,按照Z指数等级值与相应的春小麦的气候产量变化趋势具有反位相的特点,其灌溉区酒泉的春小麦产量应该是上升的;但是通过以上对酒泉春、夏季平均温度上升幅度的讨论,可以看到90年代后酒泉春、夏季平均温度有较大的上升幅度,较高的温度反而不利于产量的提高,即干旱指数Z等级的偏小和酒泉较高的温度对春小麦产量的提高起相互抵消的作用,结果导致了干旱指数的等级与春小麦气候产量趋势具有反位相的特点不再明显。因此在保证正常灌溉用水的前提下,灌溉区温度的上升也是影响春小麦产量

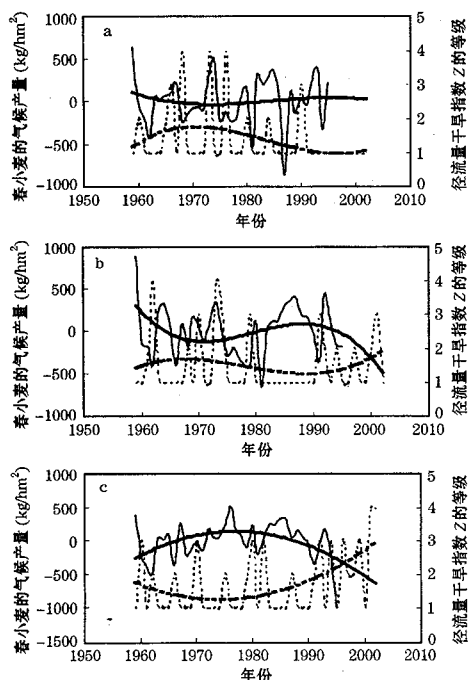


图2 径流量干旱指数Z的等级(虚线)以及春小麦的气候产量(实线)的变化  
a. 疏勒河、酒泉; b. 黑河、张掖; c. 石羊河、武威

的因素之一,应加以考虑。因为径流量干旱指数的变化只是同时反映了内陆河上游山区温度与降水的变化<sup>[5]</sup>,并没有涉及灌溉区的气候条件,对灌溉区而言,其粮食产量还受到当地温度的影响,所以在利用径流量干旱指数作春小麦的气候趋势预测时,必须还要配合灌溉区的温度变化来考虑问题,具体的定量研究有待作进一步的探讨,将另文讨论。

#### 4 结论

径流量干旱指数等级的确定,为农业灌溉用水提供了一定的理论基础。通过对春小麦产量和径流量干旱指数等级之间关系的研究,在计算得到径流量干旱指数等级的基础上,可对春小麦产量趋势作定性的预测。一般来说,径流量干旱指数的等级值的变化与河西走廊灌区春小麦气候产量的长期变化趋势曲线是呈反位相的关系。因此以径流量为指标的干旱指数的确定对于干旱少雨,主要靠内陆河灌溉的河西走廊灌区农业生产来说,是十分必要的。

尽管径流量干旱指数在春小麦产量趋势的定性预测上有一定的作用,但是在应用时还要适当考虑灌溉区的具体气候条件。初步的研究认为在保证正常灌溉用水的情况下,当灌溉区的温度发生较大的升幅时,径流量

干旱指数在春小麦产量趋势的预测上有一定的局限性。除此之外,在温度变化平缓的时期,径流量干旱指数在春小麦产量趋势预测中起到了指导性的作用,其预测的上升或下降趋势是可信的。因此,作为灌溉区的干旱标准,径流量 Z 指数在春小麦的预测中是符合实际的变化趋势的,具有其合理性和可用性。

#### 参考文献

- 1 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究. 应用气象学报,1997,8(1): 26~32.
- 2 张存杰,王宝灵,刘德祥等. 西北地区大气旱涝指标的研究. 高原气象,1998,17(4):381~389.
- 3 周月华,高贤来. 1407~2000年湖北省旱涝变化分析. 气象,2003,29(12):18~21.
- 4 周后福. 安徽省近554年旱涝演化规律和跃变现象. 气象,2004,30(7):18~22.
- 5 王劲松,冯建英. 甘肃省河西地区径流量干旱指数初探. 气象,2000,26(6):3~7.
- 6 冯建英,王劲松,韩永翔. 甘肃省河西内陆河径流量对河西地区春小麦产量的影响. 干旱气象,2004,22(1): 17~20.
- 7 冯定原. 几种产量资料处理方法比较. 农业气象预报文集. 北京:气象出版社,1983.
- 8 邓振镛,林日暖. 河西气候与农业开发. 北京:气象出版社,1993.

## Application of Runoff Drought Index to the Hexi Irrigational Area

Wang Jinsong<sup>1</sup> Feng Jianying<sup>1</sup> Wu Wei<sup>2</sup>

- (1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster, Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020  
2. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University)

#### Abstract

Based on the runoff drought index, the spring wheat yield data of Jiuquan, Zhangye and Wuwei in Hexi area, the relationship between the grades of runoff drought index and spring wheat yield without natural growth tendency is studied. The result shows that runoff drought index and spring wheat climate output of Hexi irrigational area appears opposite variation tendency. So, the change tendency of runoff drought index can be used to predict the variation tendency of output of spring wheat of this area.

**Key Words:** runoff drought index spring wheat yield climate variation