

文章编号 :1006-7639(2004)-01-0017-04

# 甘肃省河西内陆河径流量对河西地区 春小麦产量的影响

冯建英,王劲松,韩永翔

(中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃兰州 730020)

**摘要** 利用甘肃省河西地区 3 条主要内陆河昌马河、黑河、西营河流量以及酒泉、张掖、武威 3 个地区的春小麦产量资料,分析了甘肃省河西地区内陆河流量对河西地区春小麦产量的影响。结果表明:河西的粮食产量除了受灌溉水利发展、农业技术和优良品种等生产力水平提高,呈现波动上升趋势外,还受到灌溉水源的影响。春季径流的差异会导致春小麦单产的明显年际波动。年径流短期波动对产量影响较小,但径流长期波动的影响要大于短期波动,特别是春季径流的长期趋势决定着调节水库的蓄水量多寡,这在一定程度上反映出目前的农业生产仍受气候变化的影响。

**关键词** 内陆河流量,春小麦产量,影响

中图分类号:TV121

文献标识码:A

## 引言

粮食是人类赖以生存的基本物质基础,国内外有关学者和农业生产实际表明,造成粮食产量波动的主要原因是气候条件。近 10~20a 来,随着各国政府、各有关国际组织和科研结构对气候变化及其对农业生产的影响越来越关注,国内外气象、气候、农业气象以及农学家们对粮食生产与气候条件之间的关系进行了大量的研究与探索,已取得了许多显著的成就<sup>[1~5]</sup>。

甘肃省河西走廊平原土地辽阔、光能丰富、土热利用率高,但年降水量仅有 35~200mm,是我国干旱地区之一。在那里,雨水很少形成地表径流,大部分仅渗入土壤表层,只能满足春小麦需水的 3%~14%,且降水的年际波动非常大。但河西走廊南侧为祁连山区,祁连山地区地处青藏高原北缘,降水较丰沛,年际降水变率小,并且多冰川积雪分布,降水和冰雪融水形成的内陆河径流量比较稳定,解决了河西平原水资源问题,在半荒漠和荒漠中养育着片片绿洲,使得河西走廊地区成为全国重要商品粮基地之一。因此,内陆河径流量的丰枯对河西走廊平原粮食产量有较大影响。春小麦是河西地区的主要

商品粮,常年播种面积  $3 \times 10^3 \text{hm}^2$ ,占全省春小麦总播种面积的 45% 左右,约占全省小麦播种面积的 23%,且产量高,河西地区也是全国小麦单产较高的地区之一<sup>[6]</sup>。本文用河西走廊春小麦平均单产量和河西内陆河径流量资料,分析了内陆河径流量对春小麦产量的影响,为河西地区春小麦产量的预报提供参考依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

河西内陆河流域自东到西分为石羊河、黑河、疏勒河 3 个水系,年径流量在 1 亿  $\text{m}^3$  以上独立出山的河流有 15 条,各水系中径流量最大的分别为西营河、黑河、昌马河,其多年平均径流量分别为  $3.24 \times 10^8 \text{m}^3$ 、 $8.37 \times 10^8 \text{m}^3$  和  $14.47 \times 10^8 \text{m}^3$ ,因此,本文选取代表西营河、黑河、昌马河出山口流量的昌马堡(1953~1996)、莺落峡(1944~1998)、九条岭(1953~1996)水文站的月平均流量资料。产量资料为 1949~1995 年酒泉、张掖、武威地区的春小麦单产、总产量资料。内陆河流量资料来自甘肃省水文总站,春小麦产量资料来自甘肃省统计局。

收稿日期 2004-02-12,改回日期 2004-03-02

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

作者简介:冯建英(1963—),女(汉族),山西娄烦人,副研究员,主要从事干旱气候及其对水资源的影响研究。

## 1.2 产量的处理方法

农作物产量的丰欠受到各种因素的影响。这些因素大体上可以分为两种:自然因素和非自然因素。自然因素主要包括土壤、地形和气象条件等。非自然因素包括作物品种、肥力条件、耕作制度、农业政策和一定的农业技术措施。因此在产量预报中普遍应用的方法是将产量构成用下式表达:

$$Y = Y_t + Y_w + Y_e$$

式中,  $Y$  为实际产量,  $Y_t$  为趋势产量,  $Y_w$  为气候产量,  $Y_e$  为随机产量。趋势产量  $Y_t$  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, 在一般情况下, 农业技术措施和肥力的投入是逐渐改善的, 所以  $Y_t$  通常表现为时间的正函数, 它在时间序列上是个比较平稳的变化过程, 是比较平滑的曲线, 可以用各种函数去描述。  $Y_w$  为自然因素影响的那部分产量, 由于土壤、地形等因素随时间的变化非常缓慢, 因此  $Y_w$  主要是气候因子波动而影响的那部分产量。  $Y_e$  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, 因此对实际产量资料处理时, 一般是从实际产量中提取出趋势产量  $Y_t$ , 即可得到气候产量  $Y_w = Y - Y_t$ 。趋势产量的提取方法有很多种, 有滑动平均法、线性模拟法、非线性模拟法和分段模拟法等<sup>[7]</sup>, 应根据产量资料的具体情况作适当处理。冯定原在用不同的方法对产量资料作了处理后, 对结果进行了比较, 认为当实际产量曲线线性趋势明显时, 不论采用何种方法处理, 其效果差异不大<sup>[8]</sup>。图 1 为河西 3 个地区春小麦产量及其

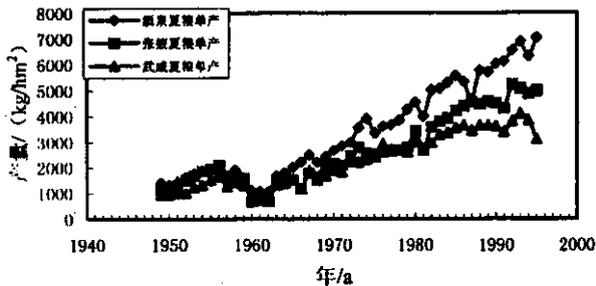


图 1 河西地区春小麦单产变化曲线图

Fig. 1 The grain of spring wheat yields change in Hexi corridor 趋势的长期变化图, 从图 1 可看出, 除 1960 年、1961 年、1962 年 3 年外, 产量基本呈线性增加, 因此本文采用线性趋势来模拟趋势产量  $Y_t$ 。分解后实际产量与趋势产量、气候产量之间的关系如表 1 所示。结果表明, 经线性模拟分解后的气候产量变化能够反映出实际产量的变化。

表 1 产量与趋势产量、气候产量之间的相关系数

Tab. 1 The correlation coefficient between  $Y$  and  $Y_t$  and  $Y_w$

$Y$	$Y_t$	$Y_w$
武威	0.947	0.358
张掖	0.919	0.394
酒泉	0.960	0.400

## 2 河西地区春小麦单产演变特征

由图 1 可知, 河西 3 个地区春小麦单产随着时间的变化趋势基本一致, 即自 1949 年以来呈明显波动上升趋势: 1949~1956 年产量逐年上升, 其上升倾向率分别为 67.5、121.6、102kg/hm<sup>2</sup>, 从 1957 年开始, 产量逐年下降, 尤其是 1960 年、1961 年、1962 年 3 年, 产量剧烈下降到了 1949 年以来的历史最低值。从 1963 年开始, 单产随时间上升加快, 1967~1991 年, 趋势产量近乎直线上升, 1963~1980 年酒泉地区春小麦单产上升趋势明显快于张掖、武威地区, 其上升倾向率为 158.8kg/hm<sup>2</sup>, 张掖为 102.5kg/hm<sup>2</sup>, 武威为 103kg/hm<sup>2</sup>。1981 年以后酒泉单产上升趋势略有加快, 上升倾向率为 164.6, 张掖地区单产上升趋势也明显加快, 上升倾向率为 126.3, 而武威地区单产上升趋势较缓慢, 上升倾向率仅为 49.5。

趋势产量约占单产的 85% 左右, 这是因为河西地区大部分农田是灌溉农业, 在水资源满足的条件下受气候条件的制约较小, 生产力水平提高的很快, 远远大于雨养农业区。前期的上升动力主要得利于水利建设的成果开始发挥效益, 水库的调节作用日益明显。另外, 采用优良品种等也促进了农业技术措施等生产力的提高。20 世纪 80 年代后, 由于“联产承包”极大地调动了农民的积极性, 同时化肥、地膜、整地机械、抗旱高产优质品种在全省农业生产中进行了较大规模的应用, 生产力水平和农民的抗灾能力逐年提高, 使得趋势产量呈直线上升。20 世纪进入 90 年代, 由于仅靠现有的技术而使旱农技术再获新的突破已出现了难度, 趋势产量的增长势头开始变缓。

## 3 流量对河西地区春小麦产量的影响

黑河流域是河西地区最大的内陆河, 流长 821km, 流域面积约  $1.3 \times 10^5 \text{km}^2$ 。张掖地区位于黑河中下游, 大部分农田为灌溉农业区, 光照和热能都十分丰富, 年平均气温 4~8℃, 年降水量为 50~100mm, 蒸发量为 2 000~3 000mm, 农作物只有灌

溉才能获得收成。因此,黑河水量的多少对张掖地区春小麦产量有很大的影响。我们选择黑河径流量与张掖地区的春小麦产量进行了分析。

对黑河径流量与张掖地区的春小麦产量进行简单的相关分析,发现它们之间存在正相关,相关系数为 0.3,达到了 0.05 的显著性水平,但春季径流量与气候产量的相关系数为 0.554,超过了 0.001 的显著性水平。将黑河春季径流量与气候产量通过高频滤波,滤去 8a 以下的短期波动,就会观测到春季径流量与气候产量的长期趋势几乎完全相同(图 2)。而气候产量的丰、歉年与黑河春季流量的丰、枯年基本一致。表明春季流量的差异会导致春小麦单产的波动。

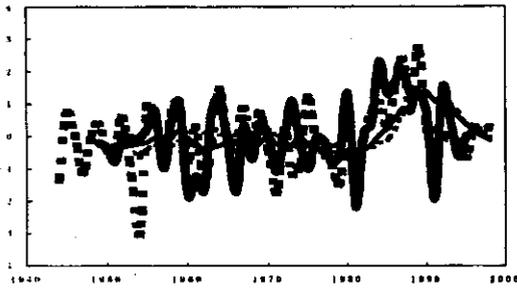


图 2 黑河春季流量与张掖地区春小麦气候产量的演变及其趋势

Fig. 2 The change and trend of runoff in Heihe river in spring and spring wheat yields in Zhangye regions

经功率谱分析,张掖地区春小麦单产存在 2~3a 和 15a、30a 的显著周期,而黑河春季径流量也存在 2~3a 和 17a、34a 的显著周期<sup>[8~9]</sup>。为了进一步搞清径流量与产量之间不同周期波动的相互关系及其密切程度,对它们进行了交叉谱分析,交叉谱分析的余谱反映 2 序列谱的同向变化成分,凝聚谱则反映 2 序列的相关程度。交叉谱分析表明,春季流量与春小麦气候产量的余谱在所有周期上均为正值,说明 2 序列的波动是同向的,春季流量对春小麦气候产量做正的贡献,即春季流量越大,气候产量越高。在 2.75~3.67a 周期段上,其凝聚谱较大,通过了信度 0.05 的检验,在 11~22a 周期段上凝聚谱值达到了峰值,通过了信度 0.01 的检验,说明春季径流量与气候产量在这两个波段内有极其密切的关系,流量的长期波动对产量的影响要大于短期波动。

值得注意的是,此阶段内两个波的位相,在 2.75~3.67a 周期段上,它们基本同位相,而在 11~22a 周期段上,在时间上春季流量序列的波动要较

夏粮气候产量的波动早 1a 左右的时间。这是因为 4~6 月正是河西地区春小麦播种、出苗到乳熟主要生长的季节,对水分的需求最大。尽管有水库的调节,但属年调节,使当年春季流量对作物产量的影响有所降低,并使流量的长期波动对产量的影响要大于短期波动。当年春季流量的大小,还是直接影响当年农作物的保灌面积,进而影响当年产量的高低。而春季流量的长期趋势决定着水库蓄水量的多少,长期的丰水年,必然使水库蓄水量充足,长期的枯水年,必然导致水库蓄水量缺乏,水库蓄水量的丰欠必然又会在第二年的农田灌溉中得到体现。

本文也对黑河年径流量与张掖地区春小麦单产做了分析,结果发现年径流量的短期波动对产量的影响很小,但长期影响比春季径流量的相关更好,这进一步表明了水库的调节作用。

## 4 结论与讨论

决定河西地区春小麦单产的主要因素是趋势产量,气候产量围绕趋势产量呈周期性波动。1967 年开始至 1991 年,趋势产量近乎直线上升,趋势产量约占单产 85% 左右,这是建立在内陆河径流量和水库的调节基础之上的,在此基础上的灌溉农业,其趋势产量的高低取决于当地生产力水平的程度,亦即作物品种、肥料的改良、耕作制度和农业技术措施的进步以及适宜的农业政策等非自然因素造成了产量的逐年递增。

河西的粮食产量除了受灌溉水利发展、农业技术和优良品种等生产力水平提高,呈现波动上升趋势外,还受到灌溉水源的影响,气候产量的丰、歉年与黑河春季流量的丰、枯年基本一致,表明引流灌溉的春季径流差异会导致春小麦单产明显的年际波动。

春小麦产量和径流量时间序列的趋势、周期及短期波动分析表明,年径流短期波动对产量影响较小,但径流的长期波动的影响要大于短期波动,特别是春季径流的长期趋势决定着调节水库的蓄水量多寡,这在一定程度上可以反映出目前的农业生产仍受气候变化的影响,因此,要做好短期气候预测,更好地服务农业生产,克服气候变化的不利因素。

近 100a 来,尤其是近 50a 来,气候处于相对平稳的阶段,以上仅是 1949~1995 年近 47a 的径流量和产量的分析,由于资料的缺乏,更长阶段的分析还有待于以后的研究。

另外需要说明的是本文所用春小麦单产属武威、张掖、酒泉各地区的平均情况,一定程度反映该河流域的灌溉农业生产水平,与采用3条河流的径流资料有代表性一致的部分,也可能出现一些不相符的问题,如各地区的地下水开发,并还涉及到其他河流的径流,但一般来说各流域中选择的3条河流的径流变化的趋势基本上可以反映该水系或灌区的趋势。

#### 参考文献:

- [1] 马力文,李凤霞,梁旭.宁夏干旱及其对农业生产的影响[J].干旱地区农业研究,2001,19(4):12-130.
- [2] 王晓冬.陕甘宁地区气候暖干化农业影响分析[J].干旱地区农

业研究,2002,20(3):128-130.

- [3] 戴晓笠,李剑萍,李凤霞.扬黄新灌区影响春小麦的主要气象灾害分析[J].干旱地区农业研究,2000,18(2):124-130.
- [4] 许彦平,姚晓红,朱德强.20世纪天水干旱气候演变对农业影响及对策分析[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):121-124.
- [5] 刘树泽,张宏铭,蓝鸿弟.作物产量预报方法[M].北京:气象出版社,1987.242.
- [6] 邓振镛,林日暖.河西气候与农业开发[M].北京:气象出版社,1993.8.
- [7] 崔读昌.略论气候与农业生产发展的关系[J].中国农业气象,1990,11(4):21-24.
- [8] 冯定原.几种产量资料处理方法比较[A].农业气象预报文集[C].北京:气象出版社,1983.88-89.
- [9] 冯建英,李栋梁.甘肃省河西内陆河流量长期变化特征[J].气候与环境研究,2001,1(4):476-484.

## Impact of the Surface Runoff of Inland Rivers on the Spring Wheat Yields in Hexi Corridor of Gansu

FENG Jian - ying ,WANG Jin - song ,HAN Yong - xiang

( Institute of Arid Meteorology ,CMA , Lanzhou 730020 ,China )

**Abstract** By using the data of monthly surface runoff of Shule ,Heihe and Xiying rivers and spring wheat yields in Zhangye ,Jiuquan and Wuwei regions more than 40 years , the impacts of the surface runoff of inland rivers on the spring wheat yields in Hexi region were analyzed. The results show that the spring wheat yield is increasing fluctuaty due to the development of irrigation ,agricultural technology and improved variety , additionally , it 's also impacted by the source of irrigation. The difference of runoff in spring could lead to annual fluctuation of spring wheat yield , short - term fluctuation of annual runoff impacts on yield is small but long - term fluctuation is larger , especially the long tendency of runoff in spring decides measuring the amount of water in reservoirs , so it shows that agricultural production is impacted by climate change.

**Keyword** surface runoff of inland river ;spring wheat yield ;influence