

干旱气候对陇东南主要农作物产量影响的评估

蒲金涌^{1,2}, 张存杰¹, 姚小英³, 邓振镛¹, 刘卫民³, 苗具全⁴

(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, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省天水农业气象试验站, 甘肃 天水 741020; 3. 天水市气象局, 甘肃 天水 741000; 4. 宕昌县气象局, 甘肃 宕昌 745800)

摘要: 以天水市境内 7 个气象站 1961~2005 年(代表站 1936~2005 年)的逐月、逐年降水资料及干旱灾害发生的次数、造成粮食减产等数据为基本资料, 运用数理统计方法分析干旱灾害的时间分布特征及造成的损失程度。得出 1961~2005 年干旱发生的频率呈上升趋势, 一年之内干旱发生的频率以伏旱最高, 春旱最低。提出了干旱灾害对主要粮食作物产量的影响系数, 建立了定量评估模式, 并对粮食作物的种植风险程度进行了评述。

关键词: 干旱气候; 农作物; 产量评估; 陇东南

中图分类号: S 162.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007) 01-0167-05

干旱由于其发生频率高、持续时间长、影响范围广、后延影响大, 是我国农业生产上最严重的农业气象灾害。现代气候变化特征表明, 降水量减少主要表现后果是北方夏季干旱化趋势^[1~3]。我国北方近 10a 来干旱灾害频繁发生, 35°N~40°N 的长江以北至黄河流域一带是旱灾严重发生的地区。在对众多的自然灾害变化的研究中, 干旱灾害对农业生产的影响是不容回避的^[6~9]。

甘肃东南部的天水市地处内陆, 境内沟壑纵横, 土壤涵水性差, 90% 以上的耕地为山地, 生态环境脆弱, 抵抗自然灾害能力弱, 粮食作物丰欠由天, 是典型的雨养农业区。降水的多寡及其时空分布是制约当地粮食生产发展的主要气候因素。尤其 20 世纪 90 年代以来, 降水总量逐年减少, 干旱灾害频繁发生, 粮食总产徘徊不前, 农业生产风险程度加大, 严重地延缓粮食生产的发展速度^[9]。研究干旱灾害对该地主要粮食产量的影响, 旨在尝试定量描述其危害程度, 计算农作物种植生产的风险程度, 趋利避害, 为合理利用气候资源, 发展生态农业提供参考。

1 资料与方法

运用天水市境内 7 个气象站 1960~2005 年(代表台站 1936~2005 年)的逐月、逐年降水量及 1960~2005 年干旱发生的频数资料, 用数理统计方法分析该地干旱灾害及干旱所造成的粮食减产程度在时间分布上的基本特征。结合计算及调查, 确定不同时段干旱对主要粮食作物产量减产程度的影响系

数, 并以此计算该地粮食作物的种植风险程度。建立干旱灾害对粮食作物影响的评估模式, 定量评述干旱灾害的危害程度。干旱划分标准依农业气象统计方法结合当地生产实际制定(轻旱: 降水距平百分率 -15%~-20%; 中旱: 降水距平百分率 -21%~-49%; 重旱: 降水距平百分率 ≤ -50%)。干旱受灾面积及减产资料来自统计部门。

2 结果与分析

2.1 干旱灾害对近 40a 天水市粮食作物产量的影响

干旱灾害一直是影响天水市粮食产量最严重的自然灾害^[1]。自 20 世纪 60 年代以来农田遭受干旱危害的面积逐年上升(图 1), 40a 间出现了两个连续 2~3a 的干旱高峰期即 70 年代初和 90 年代末。尤其是 1973 年与 1997 年, 全市 80%~90% 的农田受到干旱灾害的威胁。60 年代以后干旱灾害造成的粮食减产损失逐年代增加(表 1)。其中 70 年代比 60 年代的减产幅度增加了 1 倍, 90 年代比 80 年代增加了 40%。40a 间所造成的粮食损失相当于该地区正常粮食生产年景 3.3a 粮食产量的总和。平均受干旱灾害危害的面积, 占全部自然灾害成灾面积的一半以上。

2.2 各时段降水量对天水市主要粮食作物生产的影响

天水市地区年降水量为 475~593 mm, 变异系数为 16.3%~20.9%, 降水量值稳定性差, 时空分

收稿日期: 2006-03-13

基金项目: 科技部科研院所社会公益研究项目“中国干旱气象灾害监测预警方法研究”(2004DI B5 192); 甘肃省科技攻关计划“甘肃干旱生态环境对全球气候变暖的响应及减灾技术的研究”(2GS 042-A 44-017)

作者简介: 蒲金涌(1960-), 男, 甘肃省天水市人, 高级工程师, 主要从事应用气象试验研究工作。E-mail: pujinyong 6@163.com.

布极不均匀。极大地影响着粮食生产水平的总体提高。据统计分析(表 2),降水对天水市地区主要粮食作物产量影响较大的时段为春、夏及初秋季节。初秋是麦田休闲期,降水的多寡将影响小麦的播种质量及冬前的苗期生长;春季是冬小麦返青后营养生长积累的主要时段,为小麦生殖生长提供物质基础,而此阶段的降水量常常不能满足其要求,这是制约小麦产量提高的主要因素;初夏是小麦生殖生长的主要时段,小麦的抽穗、灌浆、乳熟等都在此时段完成,该地区此期降水不足,常常影响小麦产量的最终形成^[13]。伏期降水是影响玉米产量的关键因子,玉米的营养,生殖生长在此时段同时进行,对水分、养分需求比较敏感,该地区常常在伏期发生“卡脖子”旱,对玉米的产量影响极大,其次是苗期生长期(5~6月)和灌浆成熟期(8~10月)^[13]。伏期马铃薯

薯处在茎块膨大期,对水分的需求非常敏感,降水对其影响最大,其次是苗期生长(5~6月)及成熟期(9~10月)^[14]。

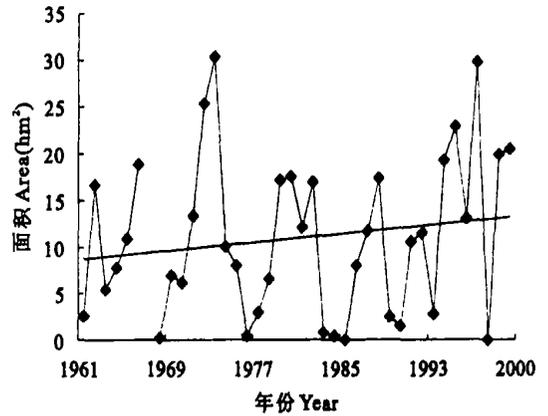


图 1 天水市历年干旱受灾面积(1961~2000年)

Fig. 1 The area of drought disaster in Tianshui (1961~2000)

表 1 天水市各年代干旱灾害造成的粮食减产及占受灾面积比例

Table 1 The yield reduction caused by drought disaster and it's area ratio caused by natural disaster

项目 Items	1960's	1970's	1980's	1990's	合计(平均) Sum(mean)
减产 Yield reduction(10 ⁴ t)	26.78	55.93	54.14	77.33	214.18
占受灾面积比例 Share in gross area (%)	59.2	43.0	41.0	60.3	50.9

表 2 主要粮食作物产量与各时段降水量相关系数

Table 2 The correlation coefficient of precipitation and yield of crop

作物 Crop	3~4月(March to April)	5~6月(May to June)	7~8月(July to August)	9~10月(Sep. to Dec.)
小麦 Wheat	0.4037**	0.5067**	—	0.3308**
玉米 Corn	—	0.3914**	0.4384**	0.5963**
马铃薯 Potato	—	0.3545**	0.4832**	0.3205*

注: **, * 分别表示通过信度 0.01 及 0.05 的假设检验。

Note: **, * were significant at 0.01, 0.05 level.

2.3 天水市干旱灾害分布的基本特征

根据林纾等的分析^[13],天水市是甘肃降水量变化的负趋势中心之一。降水量值总体呈减少趋势

(图 2)。在 20 世纪 60、80 年代及 2001~2005 年,年降水量偏多,20 世纪 70 年代和 90 年代正好相反,降水量偏少。70 年代比历年平均偏少 4%~10%;

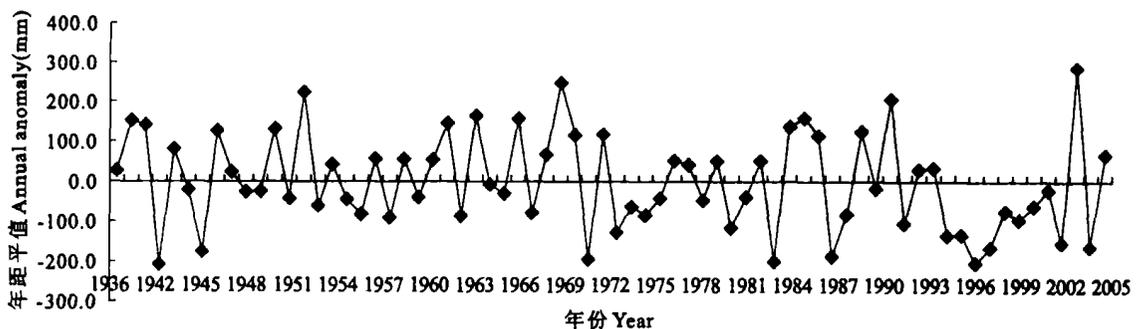


图 2 天水秦州历年降水量距平值(1936~2005年)

Fig. 2 The annual anomaly of precipitation in Qanzhou, Tianshui, in 1936~2005

90 年代比历年平均偏少 12%~21%(表 3)。1936~2005 年 70a 的降水趋势有准 20 年的周期。1961~2005 年,天水市春旱、初夏旱、伏旱及初秋旱发生频率均较高。其中无旱 12a,占 27%;一个旱段 14a,占 31%;两个旱段 12a,占 27%;3 个旱段 5a,占

11%;4 个旱段 2a,占 4%。20 世纪 60 年代以来,干旱随年代的递进呈逐渐增多加重之势(表 4),各时段旱灾出现频率都有增加,其中夏季降水分布最为不均,伏旱出现频率最多,其次为初秋干旱和初夏干旱。

表 3 天水市各地不同年代降水量(mm)

Table 3 The annual precipitation in Tianshui in different period

年代 Age	麦积 Maiji	秦州 Qinzhou	张川 Zhangchuan	清水 Qingshui	秦安 Qian'an	甘谷 Gan'gu	武山 Wushan
1961~1970	658.2	641.6	652.2	610.5	550.6	576.2	511.9
1971~1980	482.5	487.1	546.6	550.0	477.2	471.6	461.1
1981~1990	550.7	554.8	585.4	587.8	480.0	477.1	462.8
1991~2000	455.9	433.9	493.4	503.4	391.9	377.5	374.8
2001~2005	520.6	527.6	567.0	597.6	469.0	486.6	463.8

表 4 1961~2005 年各时段旱灾出现频率

Table 4 Frequency of drought disaster in different period during 1961~2005

年代 Age	春 Spring			初夏 Early summer			伏 Hot summer			初秋 Early autumn			合计 Sum	频率 (次/a) Frequency (times/a)
	轻 Light	中 Middle	重 Serious	轻 Light	中 Middle	重 Serious	轻 Light	中 Middle	重 Serious	轻 Light	中 Middle	重 Serious		
1961~1970	1	2	1	1	2	2	1	1	0	1	1	0	13	1.3
1971~1980	0	0	1	1	3	0	0	2	2	0	2	1	12	1.2
1981~1990	0	2	0	0	1	1	0	2	1	0	2	2	11	1.1
1991~2000	1	4	1	2	1	2	1	2	2	2	2	3	21	2.1
2001~2005	0	0	2	0	0	1	0	2	1	0	2	0	8	1.6
合计 Sum	2	8	5	4	7	6	2	9	6	3	9	6	—	—
频率 (%) Frequency	4.4	17.0	11.1	8.9	15.6	13.3	4.4	20.0	13.3	6.7	20.0	13.3	—	—

2.4 天水市干旱灾害对粮食作物产量的影响评估

各时段干旱对粮食产量均能造成一定影响,作物生长发育时段不同及干旱的轻重程度不一,其危害程度差异较大^[9]。对多年粮食作物产量受各时段的干旱影响进行统计,发现对冬小麦产量影响最大是春季及初夏的干旱,比较严重的干旱会造成冬

小麦的大量减产甚至绝收;对玉米产量影响较大的是伏期的干旱;对马铃薯产量影响较大的是伏期及初秋的干旱。以此建立各时段干旱对粮食作物产量的影响系数(表 5),并作为评估干旱对天水市主要粮食作物产量影响的依据。

表 5 各时段干旱对粮食产量的影响系数

Table 5 The effective coefficient of different drought to yield of crop

作物 Crop	春 Spring			初夏 Early summer			伏 Hot summer			初秋 Early autumn		
	轻 Light	中 Middle	重 Serious	轻 Light	中 Middle	重 Serious	轻 Light	中 Middle	重 Serious	轻 Light	中 Middle	重 Serious
小麦 Wheat	0.10	0.20	0.30	0.00	0.20	0.30	—	—	—	0.05	0.10	0.20
玉米 Corn	—	—	—	0.02	0.05	0.10	0.10	0.15	0.20	0.05	0.10	0.20
马铃薯 Potato	—	—	—	0.02	0.04	0.10	0.05	0.10	0.20	0.05	0.10	0.15

根据表 5 可以得出,如果在小麦生长关键时段均逢严重旱灾发生,影响系数总和为 0.8,其产量水平将降低 80%;玉米各关键生育时段均逢严重干

旱,影响系数的总和为 0.50,产量水平将降低 50%;马铃薯各关键生育时段均出现严重干旱,影响系数的总和为 0.45,产量水平将降低 45%。这种估算与

实际生产是基本吻合的。用 $U = \text{干旱系数} \times \text{干旱频率}$ 来表示该地区主要粮食作物种植的风险程度。影响每种粮食作物产量的干旱组合可能有 27 种,用 $F = 1 - U$ 表示该地区主要粮食作物种植的保险率。

根据历史上干旱所发生的频率(表 4),选取最大的 U 值,就可以计算各年主要粮食作物生产的最低保险率(表 6)。

表 6 主要粮食作物生产最低保险率(%)

Table 6 The lowest ration of insurance in planting crops in Tianshui

作物 Crop	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2005	平均 Mean
小麦 Wheat	88.0	89.0	89.0	80.0	92.0	87.6
玉米 Corn	95.5	88.0	92.0	89.0	96.5	92.2
马铃薯 Potato	92.8	92.5	94.0	89.5	97.5	93.3
平均 Mean	92.1	89.8	91.6	86.2	95.3	91.0

1961~2005 年该地区主要粮食作物种植的最低保险率马铃薯最大,最小为冬小麦。各年代不同作物种植的气候利弊程度不一,综合来讲,气候条件 60 年代最好,90 年代最差,2001~2005 年逐渐转好,这与粮食作物的生产实际情况相符。以此模式来评估干旱对粮食作物的影响程度是可行的。

3 结论与讨论

1) 干旱气候给农业生产带来了严重的灾害。陇东南天水市因干旱减产而损失的粮食,90 年代最多,60 年代最少。干旱灾情最重是 1973 年和 1997 年。

2) 降水量的明显减少,加速了干旱发生的次数。从 60 年代到 90 年代干旱发生的频率呈上升趋势。一年之内干旱发生的频率以伏旱最高,春旱最低。

客观评述干旱灾害对主要粮食作物产量的影响,提出影响系数,对定量评价干旱灾害对该地主要粮食作物的产量影响有一定的实际意义。但由于干旱对作物的产量影响机制比较复杂,虽是定量评述,在实际使用中仍有一定偏差。

参考文献:

[1] 邓振镛. 高原干旱气候作物生态适应性研究[M]. 北京: 气象出版社, 2005. 216—249.
 [2] 左洪超, 吕世华, 胡德樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 238—244.

[3] 宋连春, 张存杰. 20 世纪西北地区降水量变化特征[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 143—147.
 [4] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 中国西北地区气候变化特征[A]. 中国气象学会气候学委员会. 新世纪气象科技创新与大气科学发展——气候系统与气候变化论文集[C]. 北京: 气象出版社, 2003. 426—429.
 [5] 刘德祥, 董安祥, 陆登荣. 中国西北地区近 43 年气候变化对农业生产的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 195—200.
 [6] 宋连春, 邓振镛, 董安祥, 等. 干旱[M]. 北京: 气象出版社, 2003. 54—56, 99—111.
 [7] 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.
 [8] 邓振镛, 董安祥, 郝志毅, 等. 干旱与可持续发展及抗旱减灾技术研究[J]. 气象科技, 2003, 32(3): 187—190.
 [9] 尹宪志, 邓振镛, 董安祥. 甘肃省近 50 年干旱灾情研究[J]. 干旱区研究, 2005, 22(1): 120—124.
 [10] 姚小英, 蒲金涌. 天水市夏秋作物种植布局风险决策的研究[J]. 甘肃科学学报, 2002, 14(1): 87—90.
 [11] 温克刚, 董安祥. 中国气象灾害大典(甘肃卷)[M]. 北京: 气象出版社, 2005. 9—82.
 [12] 蒲金涌, 邓振镛, 姚小英, 等. 甘肃省冬小麦生态气候分析及适生种植区划[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(1): 179—185.
 [13] 刘明春, 邓振镛, 李巧珍, 等. 甘肃省玉米气候生态适应性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 35—39.
 [14] 蒲金涌, 邓振镛, 姚小英, 等. 甘肃省马铃薯生态气候分析及综合区划[J]. 华北农学报, 2004, 23(增刊): 243—246.
 [15] 林纾, 陆登荣. 近 40 年来甘肃省降水变化的特征[J]. 高原气象, 2004, 23(6): 898—904.
 [16] 许彦平, 姚小红, 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): 120—124.

Assessment on the influence of drought climate on main crop yield in Southeast of Gansu

PU Jin yong^{1,2}, ZHANG Cun jie¹, YAO Xiao ying³, DENG Zhen yong¹, Liu Wei min³, MIAO Ju quan⁴

(1. Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730020, China;

2. The Agrometeorological Experiment Station of Tianshui, Tianshui Gansu 741020, China; 3. The Tianshui Meteorological Bureau, Tianshui, Gansu 741000, China; 4. The TanChang Meteorological Bureau, Tanchang Gansu 745800, China)

Abstract: Based on the monthly precipitation, yearly precipitation of 7 weather stations in Tianshui 1961~2005 (represent station 1936~2005), frequency of drought disaster and the yield reduction caused by drought disaster, the frequency of drought disaster in temporal distribution and degree of loss had been analyzed. The results showed that the frequency of drought had been increased from 1961 to 2005; the highest frequency of drought disaster was in hot summer while the lowest was in spring in a year. The effective coefficient of drought disaster to main crop has been given and the assessment of degree of risk to planting crop also has been made.

Keywords: drought climate; crop; yield assessment; Southeast of Gansu

(上接第 157 页)

The response of winter wheat growth to the climate warming of Loess Plateau of East Gansu

WANG Wei tai^{1,2,3}, HUANG Bin², ZHANG Tian feng², WANG Run yuan¹,

XUE Jing xuan², WANG Ling mei⁴, WANG Qin²

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, Gansu; 2. the meteorology Bureau of Qingyang city in Gansu Gansu Xifeng 745000; 3. Open laboratory of climate research, CMA, Beijing 100081, China; 4. Qingyang city xifeng primary middle school Gansu Xifeng 745000)

Abstract: Using the ground parallel observation data, the response of winter wheat to the climate warming on Loess Plateau of east Gansu was compared and analyzed. The result showed that the response of winter wheat to the climate warming was mainly that whole growth period and the winter period have been shortened; reviving period and maturity period has been advanced since 1981. The response to temperature increase is distinct in different growth phases, temperature increase makes reviving rising jointing of alimentation growth phase and blooming and maturity of procreation growth phase earlier, the days of milk maturity and blooming to maturity phase change not distinctly, but temperature increase leads to prolonging of blooming to milk maturity, shortening of days of milk maturity to maturity. The yield increases with increase of the lowest temperature, $\geq 0^{\circ}\text{C}$, $\geq 5^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ and $\geq 15^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature, and reduce with increase of $\geq 20^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature, which indicates that the high temperature weather compels to mature and reduces output of winter wheat yield.

Keywords: Loess Plateau; winter wheat; growth; climate warming; response