

甘肃省气候暖干化与农业干旱灾害的联系

宁惠芳^{1,2}, 林婧婧³, 陈佩璇³

(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, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省气象信息与技术装备保障中心, 甘肃 兰州 730020; 3. 西北区域气候中心, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 基于甘肃省 59 站的 1961~2008 年月平均气温和月降水量资料, 计算了陆面蒸散量、干燥度及线性变化率, 揭示了甘肃省气候暖干化的事实, 分析了暖干化及与农业干旱灾害的联系。结果指出: 甘肃近 48 a 气温呈上升趋势, 降水量呈减少趋势, 干燥度呈增大趋势, 气候暖干化趋势明显; 气候暖干化导致了干旱灾害频繁发生, 是农业受旱灾面积扩大, 粮食减产的主要原因。

关键词: 甘肃省; 气候暖干化趋势; 干旱灾害; 农业影响

中图分类号: S161

文献标识码: A

引言

在全球气候变暖的背景下, 甘肃省 20 世纪 90 年代气温普遍显著升高, 降水量减少且变率增大, 干旱事件频繁发生。甘肃省大部分地方为干旱和半干旱气候, 特别是河东雨养农业区, 既是气候变化敏感区, 又是生态环境脆弱带, 气候变化的响应最为敏感。干旱不仅影响粮食的收成, 严重干旱有时也影响人类生存, 是政府和公众广泛关注的问题。对于甘肃而言自然降水量的变化是决定该地区农业生产和生存环境演变的最根本因素。近年来有关专家从气候学角度进行了深入的研究和探索^[1-6], 但大多数研究主要集中在对降水和气温变化的研究上。最新的研究表明: 由于降水减少和温度升高的共同作用, 全球干旱面积近 50 a 来扩大了 1 倍^[7]。本文的目的是通过对气温、降水量和干燥度(陆面蒸散量与降水量之比)变化的分析, 对该区域气候暖干化与农业干旱灾害的联系进行探索, 以为甘肃省粮食安全生产、农业可持续发展、气候变化应对工程的实施等提供参考。

1 资料和方法

农业受旱灾面积和粮食产量来自《甘肃省农村

年鉴》。考虑到所用资料的一致性, 采用甘肃省 59 个气象站 1961~2008 年气温和降水量资料。计算了气温、降水量和干燥度指数的线性趋势变化率, 用一次线性方程表示^[8], 即:

$$Y = a_0 + a_1 t \quad (1)$$

式中 Y 为气候要素, t 为时间, a_0 为常数项, a_1 为线性趋势变化率。

衡量一个地区气候干旱程度的量称为干燥度, 其计算式定义为:

$$D = E/R \quad (2)$$

式中 D 为干燥度, R 为该地的年降水量, E 为利用月降水和平均气温所计算的陆面蒸散量, 本文使用高桥浩一郎公式^[9], 形式如下:

$$E = \frac{3100R}{3100 + 1.8R^2 \exp\left[-\frac{34.4T}{235 + T}\right]} \quad (3)$$

其中 R 为月降水总量, T 为月平均温度。该公式是经验公式, 但在物理上考虑了 2 个影响实际蒸发量的最主要因子, 并有实际观测资料作依据, 该方案已

收稿日期: 2010-01-29; 改回日期: 2010-04-18

作者简介: 宁惠芳(1970-), 女, 甘肃和政人, 大学本科, 主要从事气象资料质量控制、加工处理及分析研究. E-mail: ninghui@163.com

在文献[10]中进行过验证,这里不再赘述,验证结果指出:该公式不失为当前计算蒸散的一个较好方法。

2 甘肃气候暖干化的事实分析

2.1 气温

甘肃省近48 a(1961~2008年)全省年平均气温随时间的变化呈升高趋势(图1),年平均气温随时间的变化为显著的正相关,相关系数 R 为0.7118,显著性水平 α 超过了0.001。年平均气温随时间的线性趋势变化率为 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,尤其是1997~2008年连续12 a比平均值(1971~2000年,下同)偏高 $0.5\sim 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,其中2006年偏高 $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,是1951年以来气温偏高幅度最大的年份。

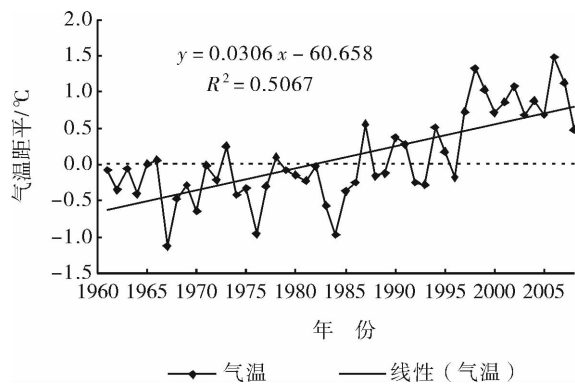


图1 甘肃省1961~2008年全省年平均气温距平的变化(单位:°C)

Fig.1 The trend of annual average temperature departure from 1961 to 2008 in Gansu

近48 a,冬季、春季、夏季、秋季全省平均气温随时间的变化也呈升高趋势,各季气温随时间的变化为显著的正相关,相关系数 R 分别为0.4989、0.4683、0.5041、0.5595,显著性水平 α 都超过了0.001。

近48 a,冬季、春季、夏季、秋季全省平均气温随时间的线性趋势变化率分别为 $0.39\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.27\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.23\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。冬季全省平均气温升高的速度最快,尤其是1997~2007年连续11 a冬季气温比平均值偏高;春季和秋季全省平均气温升高的速度比较接近,夏季气温升高的速度最小。

2.2 降水量

近48 a(1961~2008年)全省平均年降水量总

体呈减少趋势(图2),平均年降水量随时间的变化为显著的负相关,相关系数为 -0.2443 ,显著性水平超过了0.10。平均年降水量的线性趋势变化率为 $-10.1\text{ mm}/10\text{ a}$,尤其是近15 a(1994~2008年)中,只有4 a降水量比平均值(1971~2000年)是偏多的,而11 a是偏少的。

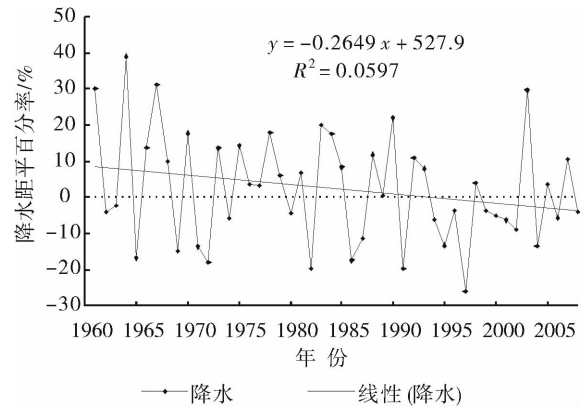


图2 甘肃省1961~2008年全省平均年降水量距平百分率的变化

Fig.2 The anomaly percentage change of annual mean precipitation from 1961 to 2008 in Gansu

近48 a甘肃年降水量变化的区域性差异十分显著,河西有增加的现象,河东呈明显减少趋势。河西平均年降水量随时间的变化为正相关,年降水量的线性趋势变化率为 $3.4\text{ mm}/10\text{ a}$;而河东平均年降水量随时间的变化为显著的负相关,年降水量的线性趋势变化率为 $-11.0\text{ mm}/10\text{ a}$ 。

冬季全省平均降水量随时间的变化也呈增加趋势,降水量随时间的变化为显著的正相关,相关系数 R 为0.4184,显著性水平 α 超过了0.01。春季、夏季、秋季全省平均降水量随时间的变化呈减少趋势,其中只有秋季降水量随时间的变化为显著负相关,相关系数 R 为 -0.3176 ,显著性水平 α 超过了0.05。而春季和夏季全省降水量随时间的变化仍为负相关,但达不到显著性水平。

冬季、春季、夏季、秋季全省平均降水量的线性趋势变化率分别为 $1.02\text{ mm}/10\text{ a}$ 、 $-2.94\text{ mm}/10\text{ a}$ 、 $-1.38\text{ mm}/10\text{ a}$ 、 $-6.77\text{ mm}/10\text{ a}$,秋季降水量减少的趋势更加明显。

2.3 干燥度的变化

近48 a(1961~2008年)全省年干燥度呈增大趋势(图3),干燥度随时间的变化为显著的正相关,相关系数 R 为0.3673,显著性水平 α 超过了0.02,

表明气候趋向干旱化的速度在加快。

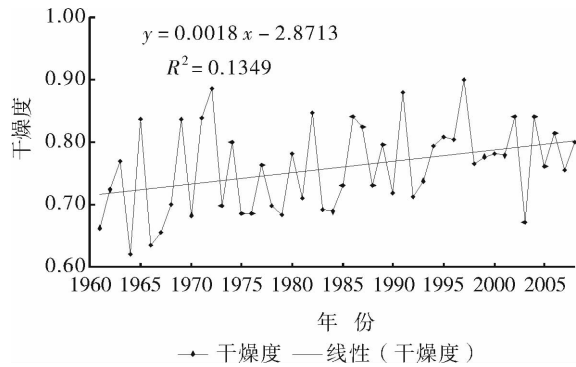


图3 甘肃省1961~2008年干燥度的变化

Fig. 3 The annual dryness index change from 1961 to 2008 in Gansu

3 气候暖干化与农业干旱灾害的联系

3.1 干燥度增大对农业干旱灾害的影响

1971~2006年全省年干燥度与农业受旱灾面积(图4)、干旱造成的粮食减产量(图略)之间的历年变化为显著的正相关,其相关系数为0.6063和0.4691,显著性水平超过了0.001和0.01。1990年代以来,由于气候变暖,气温明显升高,降水量明显减少,干燥度也在增大。气候的暖干变化使得严重的干旱灾害事件频繁出现,农业受旱灾面积也在扩大,因干旱造成的粮食减产量在增加。如1995年、1997年和2000年全省出现大范围严重干旱,农作物受旱灾面积分别为 $2.1 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 、 $1.5 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 、 $1.6 \times 10^6 \text{ hm}^2$;造成的粮食减产量分别为 $1.5 \times 10^6 \text{ t}$ 、 $1.11 \times 10^6 \text{ t}$ 、 $1.14 \times 10^6 \text{ t}$ 。

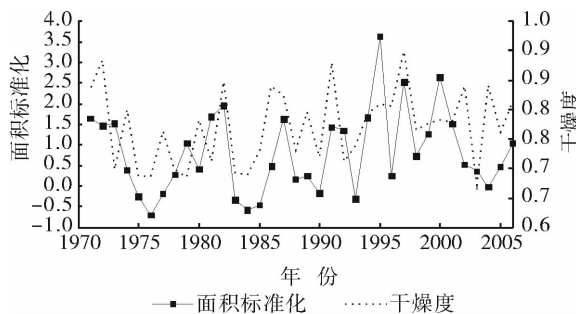


图4 甘肃省1971~2006年年干燥度和农业干旱受灾面积标准化值的关系

Fig. 4 Comparison of annual mean dryness indexes and drought acreages from 1971 to 2006 in Gansu

3.2 降水量减少对农业干旱灾害的影响

甘肃省1971~2006年全省平均年降水量与农业受旱灾面积(图5)、干旱造成的粮食减产量(图略)之间的历年变化为显著的负相关,其相关系数为-0.5645和-0.4410,显著性水平超过了0.001和0.01。显示出降水量的减少、干旱灾害频繁发生是导致农业受旱灾面积扩大、粮食减产量的主要原因。

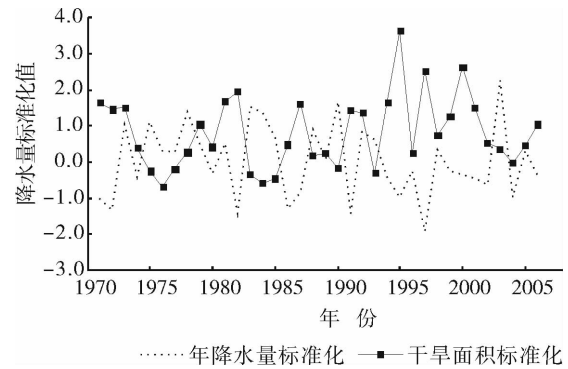


图5 甘肃省1971~2006年年降水量和农业干旱受灾面积标准化值的关系

Fig. 5 Comparison of annual normalized precipitation and drought acreages from 1971 to 2006 in Gansu

3.3 气温升高对农业干旱灾害的影响

甘肃省1971~2006年全省年平均气温与农业受旱灾面积(图6)、干旱造成的粮食减产量(图略)之间的历年变化为显著的正相关,其相关系数为0.4020和0.2956,显著性水平超过了0.02和0.10。分析表明,在降水量减少条件下,气温随时间的升高,加剧了地面水分的蒸发,导致干旱灾害的频繁发生,也是影响干旱面积扩大和粮食减产量的原因。

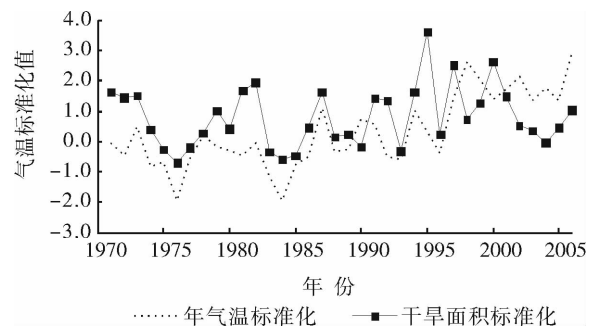


图6 甘肃省1971~2006年年平均气温和农业干旱受灾面积标准化值的关系

Fig. 6 Comparison of annual normalized mean temperature and drought acreages from 1971 to 2006 in Gansu

4 小 结

(1) 甘肃省近 48 a 全省平均年降水量总体呈减少趋势,年降水量随时间的变化为显著的负相关。降水量变化的区域性差异十分显著,河西有增加的现象,河东呈明显减少趋势。

(2) 近 48 a 气温呈升高趋势,年平均气温随时间的变化为显著的正相关。冬季气温升高的速度最快,春季和秋季气温升高的速度比较接近,夏季气温升高的速度最小。

(3) 近 48 a 全省年干燥度呈增大趋势,干燥度随时间的变化为显著的正相关,气候趋向干旱化的速度在加快。

(4) 1971 ~ 2006 年全省年干燥度、平均气温与农业受旱灾面积、粮食产量之间呈显著正相关,降水量与农业受旱灾面积、粮食产量之间呈显著负相关。气温普遍升高,降水减少且变率增大,干燥度增大,气候暖干化导致了干旱灾害频繁发生,是农业受旱灾面积扩大、粮食减产的主要原因。

参考文献:

- [1] 宋连春,张存杰. 20 世纪西北地区降水变化特征[J]. 冰川冻土, 2003,25(2):143-148.
- [2] 张存杰,高学杰,赵红岩. 全球气候变暖对西北地区秋季降水的影响[J]. 冰川冻土,2003,25(2):157-164.
- [3] 张强,张存杰,白虎志,等. 西北地区气候变化新动态及对干旱环境的影响[J]. 干旱气象,2010,28(1):1-7.
- [4] 韩晖,孟丽霞. 甘肃省近 46 年降水结构空间变化分析[J]. 干旱气象,2010,28(1):30-34.
- [5] 罗哲贤. 西北干旱研究的若干问题[J]. 干旱气象,2003,21(4):55-58.
- [6] 安华银,李栋梁. 甘南高原近 40 年气候变化及其对农牧业影响的研究[J]. 干旱气象,2003,21(4):23-25.
- [7] 马柱国. 我国北方干湿演变规律及其与区域增暖的可能联系[J]. 地球物理学报, 2005,48(5):1011-1018.
- [8] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社, 2007. 37-40.
- [9] 高桥浩一郎. 从月平均气温、月降水量来推算蒸散发量的公式[J]. 天气(日本),1979,26(12):759-762.
- [10] 宋正山,杨辉,张庆云. 华北地区水资源各分量的时空变化特征[J]. 高原气象,1999,18(4):552-565.

Impacts of Warming and Drying Climate on Agricultural Drought Disaster in Gansu Province

NING Huifang^{1,2}, LIN Jingjing³, CHEN Peixuan³

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA; Key laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province; Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster reduction of CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Meteorological Information and Technical Support Center, Lanzhou 730020, China; 3. Lanzhou Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Based on the data of monthly average temperature and precipitation from 59 meteorological stations in Gansu Province, the dryness indexes were calculated, and the impacts of climate warming and drying on the agricultural drought disaster were investigated. The results show temperature increased, precipitation decreased, dryness index increased in the past 48 years in Gansu Province, which resulted in drought events occurring frequently, agricultural drought disaster areas extending in this region.

Key words: Gansu province; climate warming and drying; drought disaster, impacts on agriculture