

文章编号: 1003-8701(2015)06-0042-05

吉林省主要农区气候变化特征及其对玉米农田土壤湿度的影响

王冬妮¹, 曲思邈¹, 姚渝丽², 郭春明^{1*}

(1. 吉林省气象科学研究所, 长春 130062; 2. 吉林农业大学农学院, 长春 130118)

摘要: 利用吉林省主要农区 34 个气象站 1981~2010 年作物生长季月气温、月降水资料和典型站点玉米农田土壤湿度旬资料, 采用数理统计分析方法, 分析了生长季气温和降水变化及其与玉米农田土壤湿度的关系。结果表明: 1981 年以来, 吉林省各农区作物生长季气温升高、降水减少、玉米农田土壤湿度下降, 且各农区气温升高、中部农区降水减少、中部和中东部农区玉米农田土壤湿度下降是突变现象, 突变发生在 20 世纪 90 年代。各农区玉米农田土壤湿度与降水关系较密切, 与气温关系以西部、中部农区较为密切; 生长季气温升高、降水减少是导致玉米农田土壤湿度下降的主要气候因素。

关键词: 玉米; 土壤湿度; 产量; 气候变化**中图分类号:** S162**文献标识码:** A

Characters of Climatic Changes in Main Crop Growing Regions of Jilin Province and Their Influence on Soil Humidity of Corn Farmland

WANG Dong-ni¹, QU Si-miao¹, YAO Yu-li², GUO Chun-ming^{1*}

(1. Jilin Institute of Meteorological Sciences, Changchun 130062;

2. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Based on the observed data of monthly temperature, monthly rainfall of 34 weather stations and ten-day soil humidity of typical maize agro-meteorological stations during growth period in Jilin Province from 1981 to 2010, using statistical method, the changing characters of temperature and rainfall and relationship between soil humidity of corn farmland and climate were analyzed. The results were as follows: since 1981, the temperature was increasing, the rainfall was decreasing, the soil humidity was descending during growth period, and temperature was increasing in each region, rainfall was decreasing in middle region, soil humidity descending in middle and middle-east region was a sudden phenomenon, which occurred in 1990s. The relation between soil humidity and rainfall was closely in each region, the relation between soil humidity and temperature was closely in the middle and west region. Temperature increasing and rainfall decreasing were the main climatic factors caused soil humidity descending.

Key words: Maize; Soil humidity; Yield; Climatic change

在全球气候变暖的背景下, 东北地区气温升高、降水变率增加、干旱频发^[1-2], 尤其是气候变暖将导致地表蒸发的加剧, 干旱有进一步发展和加重的趋势^[3-5], 干旱已成为吉林省粮食生产面临的最严重的农业气象灾害之一。土壤湿度是衡量气

象干旱和农业干旱的指标之一^[6], 其收支情况与气象要素(气温、降水等)有着密切的关系。前人在土壤湿度与气象要素关系方面开展了大量研究, 得到了比较一致的结论: 土壤湿度与气温呈负相关关系、与降水量呈正相关关系^[7-11], 但这种相关关系存在区域差异, 如姜丽霞等^[7-8]研究表明, 黑龙江省西部地区土壤湿度与气温的相关性尤为显著, 降水次之; 陈少勇等^[11]研究表明, 影响黄土高原 4~10 月土壤湿度的主要因素是降水, 但气温也有不可忽视的作用。由此可见, 不同区域土壤湿度对气温、降水变化的响应是不同的。因此, 本文拟基于吉林省

收稿日期: 2015-07-07**基金项目:** 公益性(气象)科研专项项目(GYHY201106026、GYHY201206018)**作者简介:** 王冬妮(1980-), 女, 高级工程师, 硕士, 从事农业气象与生态研究。**通讯作者:** 郭春明, 男, 高级工程师, E-mail: gch8188@sina.com

1981~2010年气温、降水、玉米农田土壤湿度观测资料,对吉林省作物生长季气温、降水变化特点及其与玉米农田土壤湿度的关系进行分析,旨在为应对气候变化提供参考。

1 研究方法

1.1 数据及来源

本文以吉林省主要农业区(西部平原农业区、中部平原农业区和中东部半山区农业区)为研究对象,所用数据为研究区内34个气象站1981~2010年5~9月逐月气温、降水资料(来自吉林省气候中心)。农田土壤湿度研究采取典型分析法,在各区内选取一个能够代表区域特征的典型站作为研究对象,选取了数据资料完整的松原、梨树、梅河口3个玉米农业气象观测站分别代表西部、中部和中东部,数据为1981~2010年0~30 cm土壤湿度旬资料(来自吉林省气候中心)。

1.2 曼-肯德尔(Mann-Kendall)趋势检验法

Mann-Kendall方法是一种用于检测序列变化趋势的方法,其优点是不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰,计算也比较简单^[12]。本文采用该方法检验气温、降水和土壤湿度的变化。

对于具有 n 个样本量的时间序列 x ,构造一秩序列:

$$s_k = \sum_{i=1}^k r_i, k = 2, 3, \dots, n, \text{ 其中}$$

$$r_i = \begin{cases} +1, & \text{当 } x_i = x_j, \\ 0, & \text{当 } x_i \leq x_j, \end{cases} j = 1, 2, \dots, i。$$

可见,秩序列 s_k 是第 i 时刻数值大于 j 时刻数值个数的累计数。

在时间序列随机独立的假设下,定义统计量:

$$UF_k = \frac{[s_k - E(s_k)]}{\sqrt{\text{var}(s_k)}}, k = 1, 2, \dots, n,$$

式中 $UF_1 = 0$, $E(s_k)$, $\text{var}(s_k)$ 是累计数 s_k 的均值和方差,在 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 相互独立,且有相同连续分布时,他们可由下式算出:

$$\begin{cases} E(s_k) = \frac{n(n+1)}{4} \\ \text{var}(s_k) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \end{cases}$$

UF_i 为标准正态分布,它是按时间序列 x 顺序 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 计算出的统计量序列。

按时间序列 x 的逆序 $x_n, x_{n-1}, \dots, x_1$,再重复上述过程,同时使 $UB_k = -UF_k (k = n, n-1, \dots, 1), UB_1 = 0$ 。

UF_k 或 UB_k 的值大于0,则表明序列呈上升趋势,小于0则表明呈下降趋势。给定显著性水平 α ,若 $|UF_i| > U_{\alpha}(U_{0.05} = \pm 1.96)$,则表明序列存在明显的趋势变化,超过临界线的范围确定为出现突变的时间区域。如果 UF_k 和 UB_k 两条曲线出现交点,且交点在临界线之间,那么交点对应的时刻便是突变开始的时间。

1.3 数据处理

采用Microsoft Excel数据处理软件分析研究区1981~2010年生长季内平均气温、平均降水量和平均土壤湿度的变化趋势,以线性倾向率表示趋势变化,以Mann-Kendall方法进行趋势检验,并对研究区气温、降水与土壤湿度的相关关系作回归分析。

2 结果与分析

2.1 吉林省作物生长季气候的变化趋势及检验

2.1.1 气温的变化趋势及检验

区域内所有站点平均值作为区域值,由此计算了吉林省各农区作物生长季(5~9月)气温、降水。由图1可以看出,1981~2010年,吉林省各农

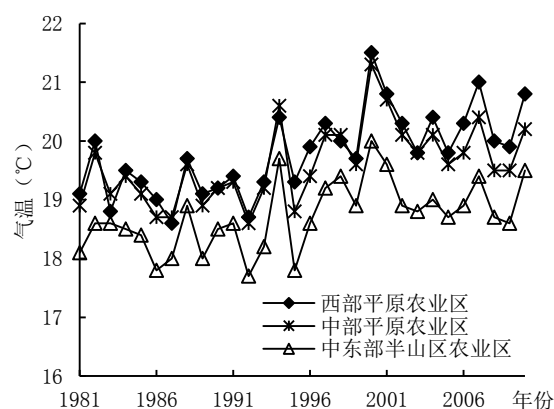


图1 吉林省作物生长季气温变化

区作物生长季气温的变化趋势比较一致,以西、中部农区变化趋势一致性好;西、中及中东部农区作物生长季气温的线性倾向率分别为0.054、0.041和0.035,说明作物生长季气温总体上呈上升趋势,且上升幅度西部>中部>中东部。西部农区作物生长季气温最低年出现在1987年,中部、中东部农区均出现在1992年,最高年均出现在2000年。1981~2010年30年间,有26年西部农区生长季气温最高,生长季气温最低均为中东部农区;以1981~2010年30年平均值作为吉林省各农区生长季温度平均状况,西部农区温度最高,为19.8℃;中部农区次之,为19.4℃;中东部农

区最低,为18.7℃。以上分析表明吉林省各农区作物生长季气温呈明显西高东低趋势,1981年以来生长季气温普遍升高,2000年达到最高,且生长季温度较高的地区升温幅度较大,区域间差异增大。

由图2可见,1981年以来,吉林省各农区生长季

气温有一明显的增暖趋势。2000年开始这种增暖趋势均超过显著水平0.05临界线,表明吉林省各农区生长季气温上升趋势是显著的。根据UF和UB曲线交点的位置,确定吉林省生长季气温升高是一突变现象,突变发生在20世纪90年代中期。

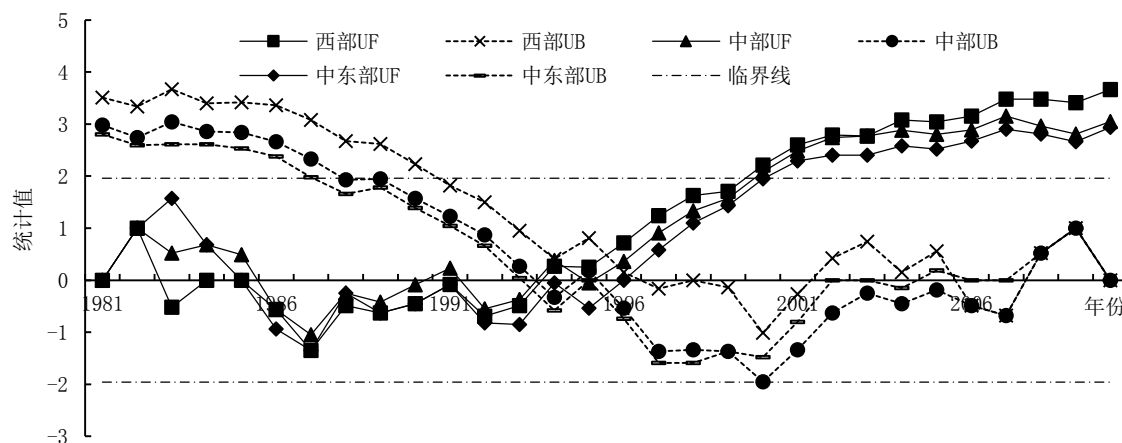


图2 吉林省各农区生长季气温 M-K 统计量曲线

2.1.2 降水的变化趋势及检验

由图3可以看出,1981~2010年,吉林省各农区

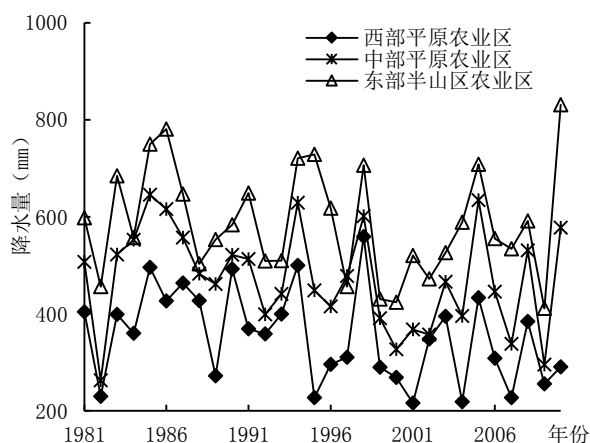


图3 吉林省作物生长季降水量的变化

作物生长季降水年际间变幅较大,西、中及中东部农区作物生长季降水的线性倾向率分别为-3.9、-2.9和-1.7,说明作物生长季降水总体上呈减少趋势,且减少幅度西部>中部>中东部。从区域上看,吉林省各农区生长季降水量30年平均值呈西少东多趋势,西部为354 mm,中部为473 mm,中东部为587 mm。1981~2010年30年间,每年均是西部农区降水最少,有29年中东部农区降水量最多。以上分析表明吉林省各农区作物生长季降水呈明显西少东多趋势,1981年以来生长季降水普遍减少,且降水越少的地区减少量越大,区域间差异增大。

由图4可见,吉林省西部、中部、中东部生长季降水量UF曲线分别于1995年、1991年、1999年后小于0,说明各农区降水量存在下降的趋势。西部、中东部生长季降水量UF曲线均落在 $|U| \leq$

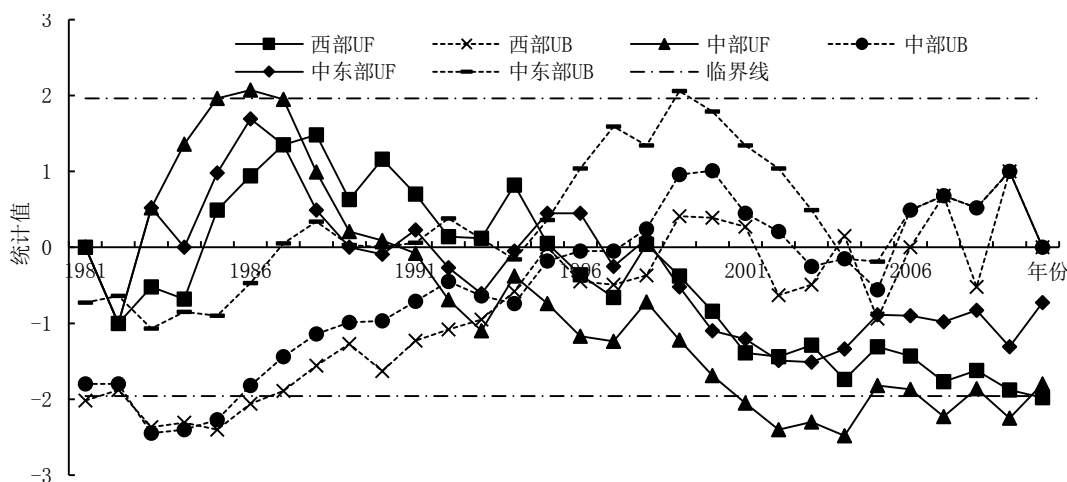


图4 吉林省各农区生长季降水量 M-K 统计量曲线

1.96之内,说明这两个农区生长季降水量的变化趋势不显著。2001年开始,中部农区生长季降水量UF曲线超过显著水平0.05临界线,表明该农区生长季降水量减少趋势显著。根据UF和UB曲线交点的位置,确定吉林省中部农区生长季降水减少是一突变现象,突变发生在1995年。

2.2 吉林省作物生长季玉米农田土壤湿度的变化趋势及检验

同一农区中,各地土壤类型存在差异,因此土壤湿度不能采用区域平均的处理方法。大量研究已表明不同土壤类型对气候变化的响应具有相似的趋势^[8-12],为了减少计算量,又能够反映出气候变化对不同区域土壤湿度的影响,本文采用选取代表站的方法。在吉林省三个农区分别选择一个代表站,选站考虑如下原则:①由于吉林省绝大部分地方是雨养农业,为了保证土壤湿度资料的代表性,选择无灌溉条件地段,地段土壤水分补充完全靠天然降水;②代表站点的气温、降水条件要与该区域的历年变化趋势和平均状况相一致,保证具有代表性和实用价值;③代表站点之间的位置尽量远些,避免不同区域之间的差别不够明显;④代表站要具备完整的研究资料,避免因统计数据不足而带来误差。根据以上原则,确定松原、梨树和梅河口为西部、中部和中东部农区代表站。

无论是灌溉还是自然降水条件下,0~30 cm土层中土壤有效水分含量的变异率总是最大^[7-8],因此,本文以0~30 cm土层平均土壤湿度为研究对象,以此来反映气温、降水变化对农田土壤湿度的影响。由图5可见,1981~2010年间,吉林省各农区作物生长季土壤湿度年际间变幅较大,西、中及中东部农区作物生长季土壤湿度的线性倾向率分别为-0.03、-0.14和-0.05,说明作物生长季土壤湿

度总体上呈减少趋势,且减少幅度中部>中东部>西部。按年代计算各农区生长季土壤湿度,西部依次为16.7%、15.7%、15.9%;中部依次为21.3%、19.6%、18.0%;东部依次为25.3%、23.5%、23.9%。这说明了吉林省各农区生长季土壤湿度从20世纪90年代开始下降,其中中部地区以(1.6%~1.7%)/10a的速度持续下降,西部、东部在20世纪90年代较80年代分别下降了1%和1.8%,21世纪前十年与20世纪90年代相当。

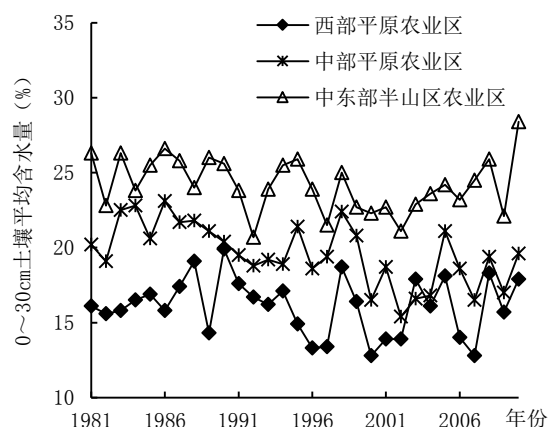


图5 吉林省生长季土壤含水量变化

由图6可见,吉林省西部、中部、中东部生长季土壤含水量UF曲线分别于1995年、1991年、1991年后小于0,说明各研究区土壤湿度存在下降的趋势。西部农区生长季土壤湿度UF曲线均落在 $|U| \leq 1.96$ 之内,说明这个地区生长季土壤湿度的变化趋势不显著。中部、中东部生长季土壤湿度UF曲线均在2001年超过显著水平0.05临界线,表明这两个区域生长季土壤湿度减少趋势显著。根据UF和UB曲线交点的位置,确定吉林省中部、中东部生长季土壤湿度下降是一突变现

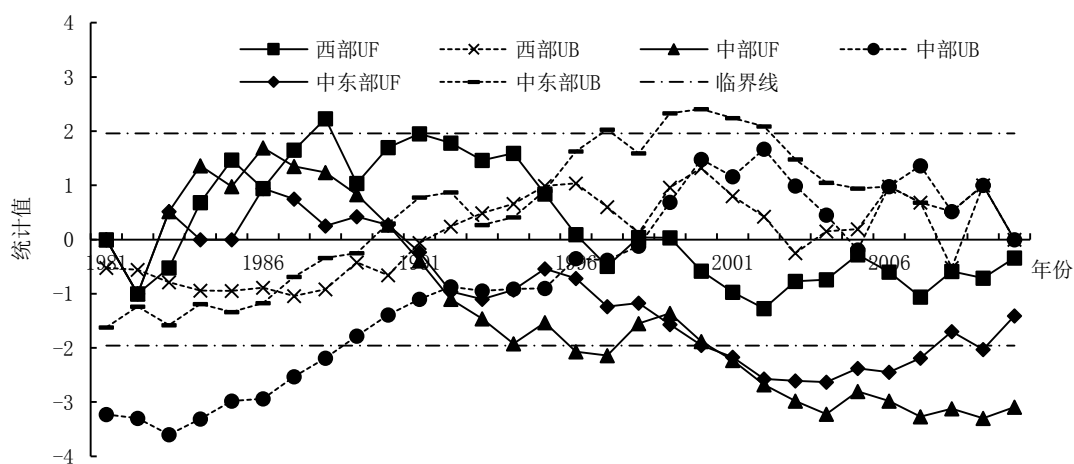


图6 吉林省各农区生长季土壤湿度 M-K 统计量曲线

象,突变分别发生在1992年和1990年。

2.3 吉林省生长季气温、降水与玉米农田土壤湿度的关系

采用一元线性回归分析方法分析了生长季气温、降水与平均土壤湿度的关系。表1为各代表站生长季玉米农田平均土壤湿度与生长季气温、降水的相关系数,可以看出各农区生长季平均土壤湿度与气温均呈负相关关系,与降水均呈正相关关系,但不同农区相关程度存在明显差异。西部农区生长季平均土壤湿度与气温和降水相关系数分别为-0.37($P<0.05$)和0.66($P<0.01$),其中与降水关系尤为显著;中部农区生长季平均土壤湿度与气温和降水相关系数分别为-0.60($P<0.01$)和0.80($P<0.01$),与西部农区相似,也是与降水关系尤为显著;中东部农区生长季平均土壤湿度与气温和降水相关系数分别为-0.28和0.79($P<0.01$),与降水关系显著,与气温相关不显著。说明吉林省各农区生长季平均土壤湿度与降水关系较密切,与气温关系以中部农区较为密切、西部次之、中东部相关不显著。吉林省各农区生长季气温升高、降水减少与生长季平均土壤湿度下降有着密切关系,尤其是吉林省中部、中东部农区气温、降水的变化影响是生长季平均土壤湿度显著变化的主要气候因素。土壤湿度是地表能量和水分循环的重要参量,还与大气湿度、辐射、风速等因子有关,因此,关于土壤湿度下降的原因还有待进一步深入研究。

表1 各农区代表站土壤湿度与气温和降水量的相关系数

	松原	梨树	梅河口
气温	-0.37*	-0.60**	-0.28
降水	0.66**	0.80**	0.79**

注:表中“**”为0.01显著性水平,“*”为0.05显著性水平

3 结论与讨论

20世纪80年代以来,吉林省气候暖干趋势明显,这是吉林省各农区土壤湿度下降的重要原因。随着降水减少,土壤水分补给减少;与此同

时,气温升高,地表蒸发和作物蒸腾加强,土壤水分散失加大。多年来,干旱一直是吉林省中西部农业生产面临的主要问题,在多年的抗旱过程中,人们积累了如坐水播种、膜下滴灌、打抗旱井等较为有效的抗旱措施,但这些措施多是开采地下水来灌溉农田,获得暂时的效益。过度开采地下水将造成生态环境的恶化,建议中西部地区通过加强玉米抗旱品种的引进及培育,采取有效措施提高水分利用效率等途径实现粮食稳产增产^[13]。

参考文献:

- [1] 刘 瑜,赵尔旭,黄 玮,等. 2005年初夏云南严重干旱的诊断分析[J]. 热带气象学报,2007,23(1):35-40.
- [2] 王冬妮,马玉平,王石立,等. 东北玉米生长模型中土壤水分参数的敏感性分析[J]. 中国农业气象,2010(2):219-224.
- [3] 袁文平,周广胜. 标准化降水指标与Z指数在我国应用的对比分析[J]. 植物生态学报,2004,28(4):523-529.
- [4] 安芷生,符淙斌. 全球变化科学的进展[J]. 地球科学进展,2001,16(5):671-680.
- [5] 苏志珠,卢 琦,吴 波,等. 气候变化和人类活动对我国沙漠化的可能影响[J]. 中国沙漠,2006,26(3):329-335.
- [6] 张 强,邹旭恺,肖风劲,等. GB/T 20481-2006,中华人民共和国国家标准-气象干旱等级[S]. 北京:中国标准出版社,2006:1-6.
- [7] 姜丽霞,李 帅,纪仰慧,等. 1980~2005年松嫩平原土壤湿度对气候变化的响应[J]. 应用生态学报,2009,20(1):91-97.
- [8] 姜丽霞,王 萍,李 帅,等. 黑龙江省土壤湿度的气候响应及其与大豆产量的关系[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(1):34-40.
- [9] 马柱国,魏和林,符淙斌. 中国东部区域土壤湿度的变化及其与气候变率的关系[J]. 气象学报,2000,58(3):278-287.
- [10] 孙丞虎,李维京,张祖强,等. 淮河流域土壤湿度异常的时空分布特征及其与气候异常关系的初步研究[J]. 应用气象学报,2005,16(2):129-138.
- [11] 陈少勇,董安祥. 中国黄土高原土壤湿度的气候响应[J]. 中国沙漠,2008,28(1):66-72.
- [12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007:63-66.
- [13] 刘玉涛,王宇先,赵德春,等. 黑龙江省西部半干旱地区防旱抗旱综合技术对策[J]. 吉林农业科学,2008,33(2):60-62.

(责任编辑:范杰英)