

全球气候变化背景下渭北旱塬气候 变化及气候生产力研究

高茂盛¹, 范建忠¹, 吴清丽², 景毅刚¹

(陕西省农业遥感信息中心, 陕西省气象培训中心, 陕西 西安 710015)

摘 要: 运用数理统计方法对渭北旱塬5市19个代表性气象站点1970—2010年的气温及降水量气象要素进行了统计分析, 研究了全球气候变化背景下渭北旱塬气候变化及气候生产力对其响应。结果表明: 渭北旱塬年、季平均气温均呈明显上升趋势, 春季和冬季的升温幅度较大; 年、季降水总量呈下降趋势, 其中春季及秋季的降水量呈下降趋势, 而夏季及冬季的降水量呈上升趋势; 气候生产力呈增加趋势, 未来暖湿型气候对作物生产最为有利, 气候生产力平均增加12.1%, “冷干型”气候对作物生产最为不利, 气候生产力平均减少18.3%。

关键词: 气候变化; 渭北旱塬; 气候生产力; 平均气温; 降雨量

中图分类号: S162 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)04-0178-06

近百年来中国气温上升了0.4℃~0.5℃, 进入20世纪70年代末全球进入增温阶段, 80年代到90年代增温异常剧烈^[1]。区域气候变化已深刻影响着当地的农业生产及发展, 这种影响在不同的区域可能产生不利^[2]。蔡运龙^[3]研究表明, 全球变暖对作物产量的影响, 中纬地区将受损, 高纬地区将受益, 但益不敷损。同时IPCC报告指出, 全球气候变化将对农业产生重大影响, 其中对一些区域的影响是不利的, 特别是对一些生态较为脆弱的地区, 由于其适应及调整能力差, 影响更为加剧^[4]。渭北旱塬属于气候过渡带及气候变化敏感区, 也是我国生态环境较为脆弱的地区之一, 区域农林牧业生产及生态环境保护对气候条件依赖度较高, 因此, 分析渭北旱塬气候变化规律及趋势, 揭示气候变化对渭北旱塬气候生产力的影响对该区域的农业生产及发展具有重大意义。国内关于不同区域气候变化及对气候生产力的影响研究已有较多报道, 如闫军辉等^[5]、王毅荣等^[6-7]、杜军等^[8]、郭晓鸽等^[9]分别对秦岭南北区域、黄土高原区域、西藏—江两河流域及关中平原区域的气候生产力进行了系统研究, 但针对渭北旱塬区域开展的气候变化及气候生产力系统研究未见相关报道。

基于此, 本文采用相关数理统计及李斯(Lieth)方法^[7]对渭北区域气候及气候生产力演变特征进行研究分析, 揭示未来气候变化情景下渭北区域气候生产力变化趋势, 以期对区域农业可持续发展调控

提供理论依据。

1 资料来源与分析方法

1.1 资料来源

本文选用渭北旱塬5市具有代表性的气象站点(延安市的富县、宜川、洛川、黄龙; 铜川市的宜君、耀县; 宝鸡市的陇县、麟游、凤翔及千阳; 咸阳市的旬邑、淳化、永寿及彬县; 渭南市的韩城、合阳、澄城、白水及蒲城)1970—2010年共41 a的月、季、年平均气温及月、季、年平均降水量资料, 各站点数据平均值作为渭北旱塬气象资料进行分析。

1.2 分析方法

1.2.1 距平 距平是反映某段时间内某指标较常年值偏多或偏少的指标, 本文运用年平均气温距平及年降水量距平分析渭北旱塬年平均气温及年降水量变化, 其计算公式如下:

$$P_a = P - \bar{P}$$

$$T_a = T - \bar{T}$$

式中, T_a 及 P_a 分别为年平均气温距平及年降水量距平; T 及 P 分别为年平均气温及年降水量; $\bar{T}$ 及 $\bar{P}$ 分别为常年平均气温及降水量。

1.2.2 气候生产力 影响作物产量因素较多, 设定在众多其它因素处于最佳状态时, 单位面积单位时间内由气候因素所决定的作物产量称为作物气候生产力, 其计算方法较多, 本文采用李斯(Lieth)方法, 其计算公式^[7]如下:

收稿日期: 2011-08-30

基金项目: 国家自然科学基金(31071375); 陕西省农业科技创新项目(2012NKC10-19); 陕西省气象局科技创新基金计划项目(2012M-12); 陕西省气象局博士基金项目(2012B-8)

作者简介: 高茂盛(1986—), 男, 内蒙古呼和浩特人, 博士, 工程师, 主要从事农业气象与粮食安全方面的研究工作。E-mail: hagne@163.com。

$$P_v = 30000(1 - e^{-0.000956(V-20)})$$

式中, P_v 为作物气候生产力 [$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; V 为年平均蒸散量 (mm), 其计算公式如下:

$$V = 1.05R/[1 + (1.05R/L)^2]^{1/2}$$

式中, R 为年降水量 (mm); L 为平均蒸发量 (mm), 其计算公式如下:

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3$$

式中, t 为年平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)。

上述数据计算及作图采用 Excel2003 软件进行。

2 结果与分析

2.1 气温变化特征

由图1可以看出,渭北旱源区域年平均气温呈明显的上升趋势,41 a 平均气温距平变化曲线线性拟合斜率为 0.0311,说明渭北旱源区域年平均气温以 $0.0311^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 的速度上升,远远大于全国的增温速度 ($0.004^{\circ}\text{C}/\text{a}$)。图2~图5分别反映了渭北旱源区域春季、夏季、秋季及冬季平均气温的年际变化情况,从图2~图5可以看出,渭北旱源区域四季平均气温均呈不同程度的上升趋势,春季、夏季、秋季及冬季平均气温变化曲线线性拟合斜率分别为 0.0471 、 0.009 、 0.0251 和 0.0433 ,说明渭北旱源区域四季平均气温分别以 $0.0471^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 、 $0.009^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 、 $0.0251^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 和 $0.0433^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 的速度上升,夏季升温幅度较小,以春季和冬季升温幅度较大。

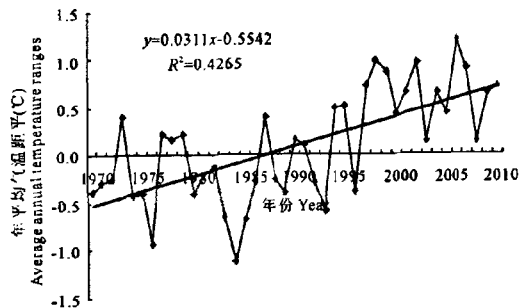


图1 渭北高原年平均气温距平年际变化

Fig.1 The change of average annual temperature ranges in WeiBei plateau

从表1可得知,40年间,渭北旱源区域年平均气温为 11.03°C ,70年代为 10.7°C ,80年代为 10.6°C ,90年代为 11.2°C ,2001—2010年平均气温为 11.6°C ,年最高气温出现在2006年,达到 12.1°C ,年平均气温高值频繁出现在1997年以后的几年,1997—2010年年平均气温除2003年为 11.1°C 外,其

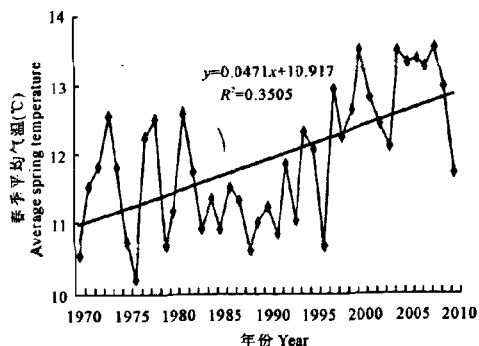


图2 渭北高原春季平均气温年际变化

Fig.2 The change of average spring temperature in WeiBei plateau

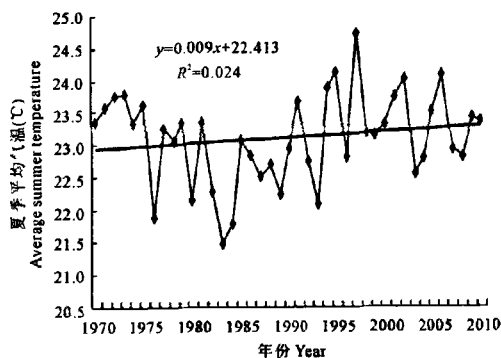


图3 渭北高原夏季平均气温年际变化

Fig.3 The change of average summer temperature in WeiBei plateau

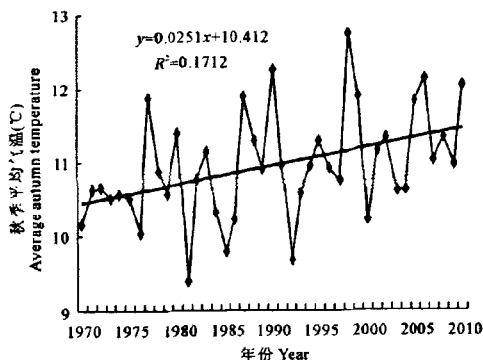


图4 渭北高原秋季平均气温年际变化

Fig.4 The change of average autumn temperature in WeiBei plateau

它年份均在 11.4°C ~ 12.1°C 之间徘徊。40年间,春季、夏季、秋季及冬季平均气温分别为 11.93°C 、 22.6°C 、 10.98°C 及 -1.38°C ,春季平均气温最高值出现在2004年 (13.5°C) 及2008年 (13.5°C);夏季平

均气温最高值出现在 1997 年(24.2℃);秋季平均气温最高值出现在 1998 年(12.7℃);冬季平均气温最高值出现在 1999 年(0℃),各季平均气温高值频繁出现的时间段与年平均气温高值频繁出现的时间段类似。

2.2 降水量变化特征

图 6 反映了渭北旱塬区域 41 年间年降水总量的变化规律,渭北旱塬年降水总量呈下降趋势,通过对 41 a 的年降水总量距平作线性拟合,其拟合斜率为 -1.0357,说明渭北旱塬区域年降水量以 1.0357 mm/a 的速度在下降,但小于全国年降水量递减速度(1.269 mm/a)。对渭北旱塬区域春季、夏季、秋季及冬季降水总量的变化情况进行分析得出,渭北旱塬春季及秋季的季降水量呈下降趋势,其线性拟合斜率分别为 -0.6501 及 -0.6095,说明春季及秋季的季降水总量分别以 0.6501 mm/a 及 0.6095 mm/a 的速度减少;渭北旱塬夏季及冬季的季降水量呈上

升趋势,其线性拟合斜率分别为 0.1022 和 0.1216,夏季及冬季的降水量以 0.1022 mm/a 及 0.1216 mm/a 的速度增加(图 7~图 10)。

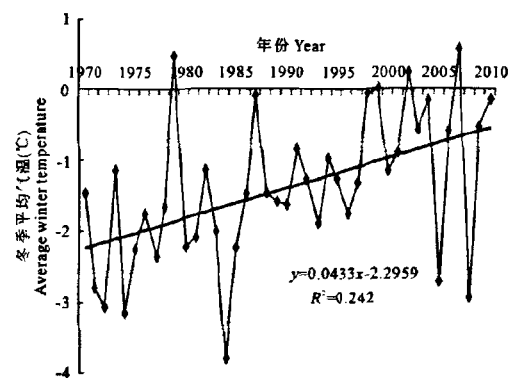


图 5 渭北高原冬季平均气温年际变化
Fig.5 The change of average winter temperature in Weiwei plateau

表 1 渭北旱塬各年代气候要素及气候生产力值

Table 1 The value of climate element and climate productivity in Weiwei plateau

指标 Index	时期 Period			
	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2010
年平均气温 Average annual temperature(℃)	10.7	10.6	11.2	11.6
春季平均气温 Average spring temperature(℃)	11.5	11.3	12	12.9
夏季平均气温 Average summer temperature(℃)	22.7	22	22.9	22.8
秋季平均气温 Average autumn temperature(℃)	10.8	10.8	11	11.3
冬季平均气温 Average winter temperature(℃)	-2	-1.7	-1	-0.8
年降水总量 Annual rainfall(mm)	576.2	610.4	521.7	574.1
春季降水总量 Spring rainfall(mm)	106.1	118.4	110.1	89.6
夏季降水总量 Summer rainfall(mm)	285.0	311.1	264.5	296.9
秋季降水总量 Autumn rainfall(mm)	163.6	162.2	132.7	161.2
冬季降水总量 Winter rainfall(mm)	21.5	18.7	14.3	26.4
气候生产力 Climate productivity[kg/(hm²·a)]	9723.9	9925.8	9407.8	9931.8

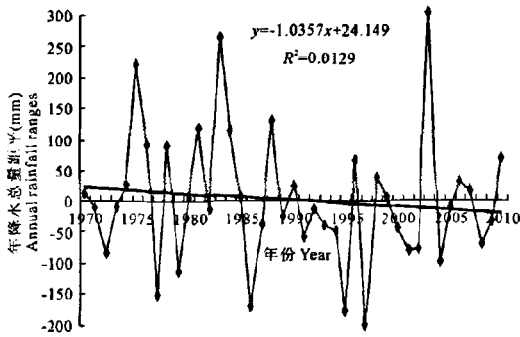


图 6 渭北高原年降水总量距平年际变化
Fig.6 The change of annual rainfall ranges in Weiwei plateau

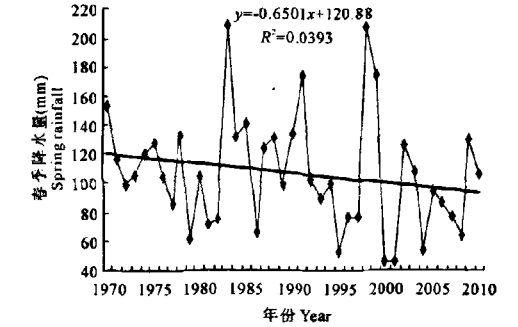


图 7 渭北高原春季降水量年际变化
Fig.7 The change of spring rainfall in Weiwei plateau

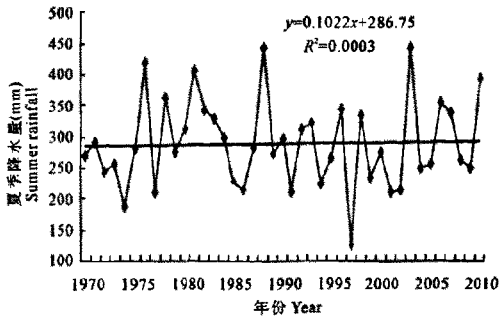


图8 渭北高原夏季降水量年际变化

Fig.8 The change of summer rainfall in Weiwei plateau

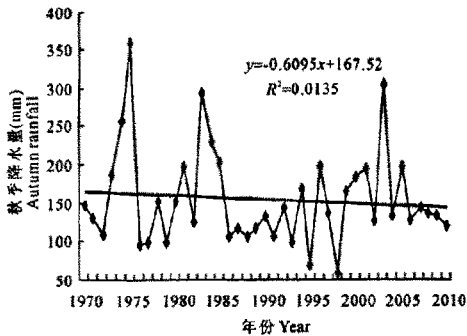


图9 渭北高原秋季降水量年际变化

Fig.9 The change of autumn rainfall in Weiwei plateau

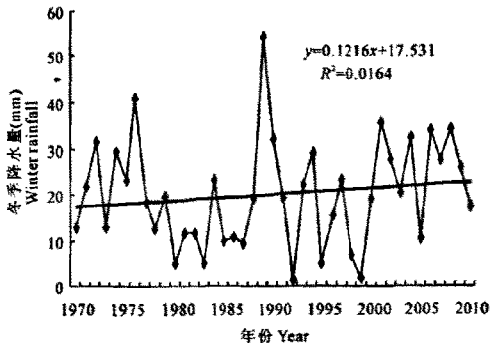


图10 渭北高原冬季降水量年际变化

Fig.10 The change of winter rainfall in Weiwei plateau

1970—2010年年降水总量平均为570.9 mm,20世纪70年代为576.2 mm,20世纪80年代为610.4 mm,20世纪90年代为521.7 mm,2001—2010年为574.1 mm。在研究时间段内,20世纪80年代降水量最多,90年代降水量最少。

2.3 气候生产力变化特征

从表1可以看出,渭北旱塬在1971—2010年期

间平均气候生产力为9747.3 kg/(hm²·a),其中20世纪70年代为9723.9 kg/(hm²·a)、80年代为9925.8 kg/(hm²·a)、90年代为9407.8 kg/(hm²·a),2001—2010年为9931.8 kg/(hm²·a),在研究时间段内,2001—2010年渭北旱塬气候生产力为最高,1991—2000年为最低。从图11的渭北旱塬气候生产力年际变化曲线可以看出,渭北旱塬气候生产力呈上升趋势,线性拟合递增率为0.5305 kg/(hm²·a)。

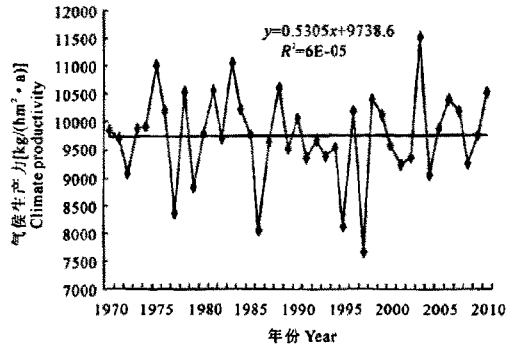


图11 渭北高原作物气候生产力年际变化

Fig.11 The change of climate productivity in Weiwei plateau

2.4 气候变化对气候生产力的影响

假设未来气候变化的有49种情景,即年平均气温变化-3℃、-2℃、-1℃、0℃、1℃、2℃、3℃,年降水量变化-30%、-20%、-10%、0、10%、20%、30%,则渭北旱塬气候生产力的变化百分率如表2所示。

由表2可知,气候生产力随气温和降水量的增减而增减,未来“暖湿型”气候最有利于作物生产,“冷干型”气候最不利于作物生产。假如未来渭北旱塬区域气候呈“暖湿型”变化,气温上升1℃~2℃且降水量增加10%~20%,渭北旱塬区域气候生产力将增加6.6%~12.4%,届时,渭北旱塬气候生产力将达到10589.3~11293.1 kg/(hm²·a);若未来气候呈“冷干型”变化,气温下降1℃~2℃且降水量减少10%~20%,渭北旱塬区域气候生产力将减少7.9%~17.4%,届时,渭北旱塬气候生产力为8421.1~9161.6 kg/(hm²·a)。据秦大河等^[10]预测,未来50年我国北方可能呈“暖湿型”变化,气温若升高1℃~2℃,降水量若增加10%~20%,渭北旱塬气候生产力将增加6.6%~12.4%。

表 2 渭北旱塬年平均气温及年降水量变化情景下气候生产力响应(%)

Table 2 Percentage change of the climatic productivity under the average annual temperature and annual rainfall in the Weibei plateau

气温变幅(℃) Average temperature change	降水变幅 Annual rainfall change						
	- 30%	- 20%	- 10%	0%	30%	20%	10%
- 3	- 29.30	- 20.50	- 14.10	- 9.40	- 0.50	- 2.80	- 5.70
- 2	- 26.40	- 17.40	- 10.90	- 6.00	3.20	0.80	2.20
- 1	- 23.80	- 14.60	- 7.90	- 2.90	6.60	4.10	1.10
0	- 21.50	- 12.10	- 5.30	0.00	9.70	7.20	4.00
1	- 19.40	- 9.90	- 2.80	2.50	12.60	9.90	6.60
2	- 17.50	- 7.80	- 0.70	4.80	15.20	12.40	9.10
3	- 15.80	- 6.00	1.30	6.90	17.50	14.70	11.20

3 结论与讨论

3.1 结 论

渭北旱塬区域年平均气温及季节平均气温均呈不同程度的升高,其中春季及冬季的升温幅度最大;年总降水量及季节降水量呈现不同程度减少,其中春季和秋季的降水量呈下降趋势,而夏季和冬季的降水量呈上升趋势;气候生产力呈上升趋势,未来的“暖湿型”气候对作物生产有利,气候生产力平均增加 12.1%，“冷干”型气候对作物生产极为不利,气候生产力平均减少 18.3%。

3.2 讨 论

在全球变暖的大背景下,中国西北地区气温持续攀升,气候变暖,导致生态环境改变,对农作物熟制、布局、结构都产生影响,气象灾害频繁,尤其是重大极端气候事件频发,农业生产可持续发展的负面影响逐渐显露,人们对气候变化及其影响的认识日益迫切^[11]。我国生态较为脆弱的区域,由于其适应及调节能力差,受全球气候变化的影响较为强烈,为此,国内外相关科研人员对我国生态较为脆弱的西北及黄土高原两个区域展开了较多的关于气候变化及气候生产力的研究^[6-7,11-15],但针对陕西渭北旱塬研究很少。气候及气候生产力的变化具有明显的区域性,不同区域及区域大小其研究结果有所不同,渭北旱塬区域属黄土旱塬区域,但两区域在气候及气候生产力变化上可能有所差异,本研究的结果证实了这一点,渭北旱塬年降水总量呈减少趋势,但小于全国平均值,气候生产力呈增加趋势,未来的“干冷型”气候对作物生产最为不利。但姚玉璧等^[7]对黄土高原区域气候及气候生产力的研究表明,黄土高原年降水总量下降幅度大于全国平均值,气候生产力呈下降趋势,未来“冷湿型”气候对作物生产最为不利。

对 19 个气象站点 1971—2010 年期间的平均气

候生产力进行计算得知,渭南的白水、韩城区域及宝鸡的千阳、凤翔区域气候生产力较大,均达到了 10 000 kg/(hm²·a) 以上,大于渭北旱塬在 1971—2010 年期间的平均气候生产力,同时洛川、宜君、耀县、陇县、麟游、淳化、永寿、合阳、澄城、蒲城及彬县区域的气候生产力也较大,应加大对这些区域的气候开发力度,保证区域农业的持续发展。

1983 年, Kimball 从 37 种作物的 70 多年研究报告中整理了 430 个实例,结果表明,在气候变暖的情况下,全球的农作物产量将增加 30% 左右^[16],中国的许多研究学者也得出了相同的结论^[17-20],认为气候变暖对农作物增产有利。但雷水铃^[21]、熊伟等^[22]的研究结果却表明未来气候变暖将会使作物生育速率加快,生育期缩短,进而引起农作物减产。本研究表明,从渭北旱塬全年平均气温及降水量考虑,渭北旱塬区域未来可能呈现“干暖”型气候,这种气候对渭北旱塬区域农业生产弊大于利,气候变暖,虽然有利于越冬作物种植北界向北扩展,多熟制向北推移,喜温作物面积扩大,复种指数提高,但是降水的持续偏少,导致干旱频繁发生,抑制了热量资源增加所发挥的作用;从季节平均气温及降水量看,渭北旱塬地区冬季未来可能呈现“暖湿型”气候类型,这种气候对作物生产较为有利,但需注意的是,冬季正值作物越冬时期,湿润温暖的气候可能导致越冬作物旺长,会增加越冬作物受冻的机率,同时湿润温暖的气候会加重病虫害的发生。未雨绸缪,根据气候变化规律及预测结果,改变农业生产及管理的思路,应是应对气候变化对农业生产影响的科学有效途径。

参 考 文 献:

[1] 宋廷春, 邓振镛, 董安祥, 等. 干旱[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 54-55.
[2] IPCC. Summary for policymakers of the synthesis report of the IPCC

- fourth assessment report[R]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [3] 蔡运龙. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策[J]. 地理学报, 1996, 51(3): 202-212.
- [4] IPCC. Working group I[C]//Scientific Assessment of climate change. Cambridge: IPCC Supplement, 1992: 58-125.
- [5] 闫军辉, 延军平. 全球气候变化下秦岭南北气候生产力时空对比研究[J]. 农业现代化研究, 2009, 30(5): 587-590.
- [6] 王毅荣, 王润元, 邓振镛. 黄土高原气候生产力演变特征[J]. 中国农业气象, 2006, 27(2): 70-75.
- [7] 姚玉璧, 李耀辉, 王毅荣, 等. 黄土旱塬气候与气候生产力对全球气候变化的响应[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 202-208.
- [8] 杜军, 胡军, 周保琴, 等. 西藏一江两河流域作物气候生产力对气候变化的响应[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(1): 141-145.
- [9] 郭晓鸽, 庞奖励, 史兴民, 等. 关中原近50年来气候生产力的变化及对植物影响研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2010, 26(4): 395-400.
- [10] 秦大河. 中国西部环境演变评估综合报告[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 56-66.
- [11] 刘德祥, 董安祥, 陆登荣. 中国西北地区近43年气候变化及其对农业生产的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 195-201.
- [12] 李栋梁, 魏丽, 蔡英, 等. 中国西北现代气候变化事实与未来趋势展望[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 135-142.
- [13] 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.
- [14] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 2195-2206.
- [15] 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.
- [16] 韩永翔, 董安祥, 王卫东. 气候变暖对中国西北主要农作物的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(4): 39-43.
- [17] 王春乙, 潘亚茹, 白月明, 等. CO₂浓度倍增对中国主要作物影响的实验研究[J]. 气象学报, 1997, 55(1): 86-94.
- [18] 王修兰. CO₂作物生长模拟实验及光合模型[J]. 气象学报, 2000, 58(6): 745-719.
- [19] 王修兰. 全球农作物对大气CO₂及其倍增的吸收量估算[J]. 气象学报, 1996, 54(4): 466-473.
- [20] 王修兰, 徐师华, 崔滨昌. CO₂浓度倍增及气候变暖对农业生产影响的诊断与评估[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(4): 47-48.
- [21] 雷水铃. 全球气候变化对宁夏春小麦生长和产量的影响[J]. 中国农业气象, 2001, 22(2): 33-36.
- [22] 熊伟, 陶福禄, 许吟隆, 等. 气候变化情景下我国水稻产量变化模拟[J]. 中国农业气象, 2001, 22(3): 1-5.

The change of climate and climate productivity in Weibei plateau under global climate change

GAO Mao-sheng¹, FAN Jian-zhong¹, WU Qing-li², JING Yi-gang¹

(1. Shaanxi Remote Sensing Information Center for Agriculture;

Shaanxi Provincial Meteorological Training Center, Xi'an, Shaanxi 710015, China)

Abstract: The data collected by 19 meteorological stations located in five regions of the Weibei plateau and statistic methods were used to study the effects of the climate and climate productivity in Weibei plateau under global climate change. The results showed that, in Weibei plateau, the average annual and seasonal temperature tended clearly to rise and the temperature-increasing rate in spring and winter was higher than that in summer and autumn, while the annual rainfall and seasonal rainfall tended clearly to decrease, and the rainfall in spring and autumn tended to decrease and that in summer and winter tended to increase. The climate productivity tended to increase, and the "warm-wet type" climate in the future was beneficial to crop production, under which the average climate productivity-increasing rate would be 12.1%, while the "cold-dry type" climate in the future was detrimental to crop production, under which the average climate productivity-decreasing rate will be 18.3%.

Keywords: climate change; Weibei plateau; climate productivity; average temperature; rainfall