

黄土丘陵沟壑区气候与气候生产力变化分析 ——以延安市为例

王伟¹, 王玉², 李缠云³, 岳红昌, 王栓全¹

(1. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 延安市宝塔区项目办,
陕西 延安 716000; 3. 宜川县农业技术推广中心, 陕西 宜川 716200)

摘 要: 通过整理延安宝塔区 1980—2007 年气象资料, 在分析延安气候变化趋势的基础上, 应用 Thornthwaite Memorial 模型, 计算了气候生产力变化情况。结果表明, 该区降雨量以 2.73 mm/a 的速度递减, 气温以 0.05 /a 的速度递增, 风速和相对湿度的变化趋势是逐年递减, 日照时数的变化趋势是逐年递增。气候生产力总体呈增加趋势, 但递增幅度不显著; 降雨量是该区气候生产力提高的主要限制因子, “暖湿型”气候对作物气候生产力最有利。

关键词: 气候; 气候生产力; 黄土丘陵沟壑区; 延安市

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)06—0151—04

中图分类号: S162.3, S5.33

Analysis of Climate and Climate Productivity Change in the Hilly and Gully Area of the Loess Plateau —A Case Study of Yan 'an City

WANG Wei¹, WANG Yu², LI Chan-yun³, YUE Hong-chang¹, WANG Shuan-quan¹

(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. The Project Office of Baota District in Yan 'an City, Yan ', Shaanxi 716000, China;

3. Center of Agror-tech Extensive in Yichuan County, Yichuan, Shaanxi 716200, China)

Abstract: Based on the meteorological data from meteorological station in Baota District, Yan 'an City from 1980 to 2007, climate change at the beginning is analyzed and the change of climatic productivity is calculated by using Thornthwaite Memorial model. Results show that rainfall amount decreases by 2.73 mm/a and temperature increases by 0.05 /a. Wind speed and relative humidity are decreasing and sunshine hour is increasing. Climatic productivity in Yan 'an area is increasing but not significant. Rainfall is an important limiting factor for climatic productivity and the “warm-wet” climate is the most beneficial for crop climatic productivity.

Keywords: climate; climatic productivity; loess hilly and gully area; Yan 'an City

气候生产潜力是衡量农业气候资源的一项重要指标,其大小主要由作物生育期内所需的温度和水分大小决定。气候生产潜力反映光照、气温和水分三因子决定的产量,它是优化管理以及合理利用自然降水条件下一个地区可能达到的作物产量的上限。单位面积单位时间由气候因素所决定的作物产量称为作物气候生产力^[1]。温度是农作物能否正常生长、发育和成熟的先决条件,水分是生长发育和产量形成的保

证条件。在一定的光照条件下,若温度、水分二者适时合理配合,则会相得益彰,为作物生产创造优越的气候条件。作物气候生产力的分析不仅能合理利用气候资源,充分发挥当地气候生产潜力,也是提高生产力的有效途径之一。当前,由于全球气候变化对区域生态系统的影响,特别是气温的升高、降雨量的下降给农业和畜牧业产生了巨大的影响,气候生产力的分析对制定适合该区域的相应对策尤为重要。

1 研究区域概况

研究区延安市地处东经 107°41′—110°31′,北纬 35°21′—37°31′之间,位于陕北黄土高原丘陵沟壑区,黄河中游,下辖 13 个县区、163 个乡镇,土地总面积 $3.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,总人口 205.6 万人,其中农业人口 155.2 万人。属高原大陆性中温带和暖温带季风气候,北部属半干旱地区,南部属湿润地区,南北差异显著。平均海拔 1 000 m,年均无霜期 180 d,年均气温 $10.2 \text{ }^\circ\text{C}$,年均降雨量 513.8 mm。

2 实验资料与方法

利用延安市宝塔区气象站的气象资料,对当地气候变化而引起的气候生产潜力进行客观分析。气象资料包括 1980—2007 年的降雨量、气温、风速、日照百分率、日照时数和相对湿度等要素的逐年序列。

气象资料处理方法是分别以全区逐年降雨量、气温、风速、日照百分率、日照时数和相对湿度,计算出年平均降雨量、平均气温、平均风速、平均日照百分率、平均日照时数和平均相对湿度;再以每 4 a 为一阶段计算出 4 a 平均降雨量、4 a 平均气温和 4 a 平均风速等。

常用的气候生产力计算模型有 Memorial 模型、Miami 模型、筑后数学模型、北京模型等^[2-6],本文选取计算简便、能明确表达气候变化对 NPP(Net Primary Productivity)^[7]影响的 Thornthwaite Memorial 模型^[8]来计算气候生产力。Lieth 根据作物产量与年平均气温、降雨量之间的关系,于 1972 年在第 22 届国际地理学大会上提出由实际蒸散量预测第一性生产力的 Memorial 模型。

$$NPP = 3000 [1 - e^{-0.0009695(E-20)}] \quad (1)$$

式中: NPP——实际蒸散量计算得到的植物静第一性生产力 [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]; e ——自然对数; 3 000 是自然植物在每年每平方米上的最高干物质产量 (g); E ——年平均实际蒸散量 (mm),可用 Turc 公式计算得到。

$$E = 1.05 \cdot R / [1 + (1.05 \cdot R / L)^2] \quad (2)$$

式中: R ——年平均降雨量 (mm); L ——年平均最大蒸散量,它是年均温度 t 的函数,可用下式计算。

$$L = 300 + 25t + 0.05t^2 \quad (3)$$

当 $R/L > 0.316$ 时, (3) 式适用; $R/L < 0.316$ 时取 $E = R$ 。用 (1) —(3) 式所计算的植物生产力均为植物所有的干物质重量,包括植物地上和地下部分的总和。

3 结果与分析

3.1 气候变化分析

3.1.1 降雨量 从年平均降雨量变化趋势(图 1)中

可以得出,降雨量变化波动很大,呈逐年递减的趋势。全区多年平均降雨量为 513.8 mm,丰雨年(774 mm)与贫雨年(344.3 mm)降雨量相差很大。降雨量分布很不均匀,降雨量一般集中在 6—9 月,占全年降雨量 60%以上;很多降雨都以暴雨形式出现,年际之间变化也很大。20 世纪 80 年代降水距平为正值,比多年平均降雨量大 50.7 mm;90 年代降水距平为负值,降雨量减少了 38.2 mm;2000—2007 年降水距平也是负值,降雨量减少了 15.6 mm。80 年代和 90 年代相比较,降雨量减少 88.9 mm,而 90 年代比 2000—2007 年降雨量增加 22.6 mm。这就说明,80 年代该区降水较充沛,而 90 年代以后降水量逐年下滑,虽然 2000 年以来降雨量有所增加,但降雨量总体减少趋势不变。研究结果表明,降雨量以 2.37 mm/a 的速度递减。

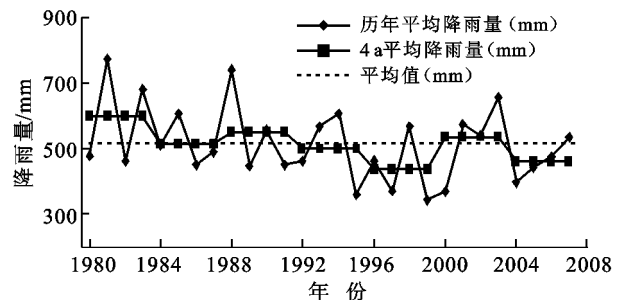


图 1 年平均降雨量变化趋势

3.1.2 气温 从年气温变化趋势(图 2)中可以看出,1980 年以来气温波动明显,呈上升趋势。主要表现在 1995 年以前气温波动呈负值,而 1995 年至今气温波动为正值,1998 年达到年平均温度最高值 ($11.5 \text{ }^\circ\text{C}$),从 2000 年起持续增温,该区气候呈现暖干特征。80 年代气温距平为负值,其值为 $0.7 \text{ }^\circ\text{C}$,90 年代和 2000—2007 年气温距平为正值,分别是 $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $0.7 \text{ }^\circ\text{C}$ 。80 年代与 90 年代相比平均增温 $0.9 \text{ }^\circ\text{C}$,90 年代末和 2000—2007 年相比该区气温平均增加 $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。近 30 a 气温上升显著,总体上升 $1.4 \text{ }^\circ\text{C}$,年平均气温以 $0.05 \text{ }^\circ\text{C/a}$ 的速度递增。

由于在一年之中有些月份的温度距平为正值,有些月份的温度距平是负值,所以年温绝对变率是比月温绝对变率小的多;换句话说,年平均气温最为稳定。因此,利用年平均气温对气候变化做客观分析也较为准确。随着全球气温变暖的影响,该区年平均气温增温态势远大于全国同期增温速度^[9] ($0.026 \text{ }^\circ\text{C/a}$)。

3.1.3 风速 从年平均风速变化趋势(图 3)中可以看出,风速波动剧烈,但总体波动呈下降趋势。1980—1987 年经历了风速缓慢增长期,1987 年达到平均风速最大值 (2.0 m/s)。1988 年至今年平均风速明显下降,2003 年风速降至最低点 (1.2 m/s)。全

区多年平均风速为 1.63 m/s , 80年代风速距平为正值, 比平均风速大 0.03 m/s ; 90年代和 2000—2007年风速距平都为负值, 分别是 0.18 m/s 和 0.33 m/s 。80年代与90年代比较, 风速下降了 0.21 m/s ; 90年代和 2000—2007年相比较, 风速下降 0.15 m/s 。说明80年代风速较大, 90年代以后风速逐年递减, 年平均风速变化为下降的趋势。

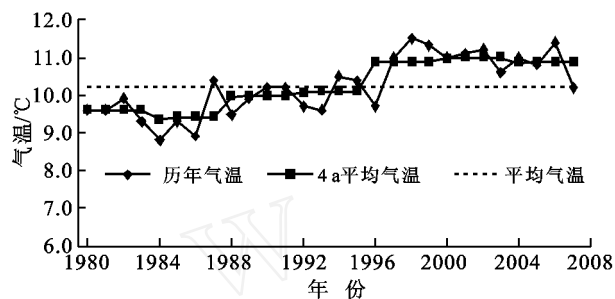


图2 年气温变化趋势

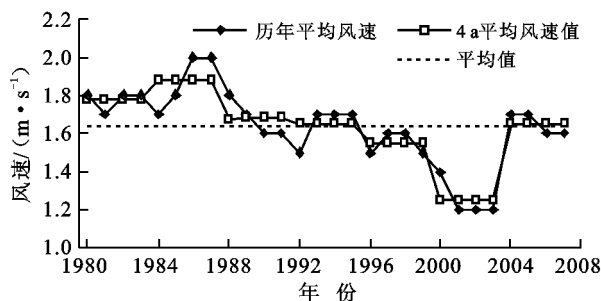


图3 年平均风速变化趋势

风速主要由气压梯度的大小决定, 同时还受地形和地势等因素的影响。年平均风速的分布特点是冬春季节风速较大, 各月平均风速的空间分布与年平均风速的分布特征基本一致。就全区而论, 全年风速最大的时期大多出现在春季。

3.1.4 相对湿度和日照时数 相对湿度波动总体呈下降趋势。80—90年代相对湿度有缓慢上升的势头, 90年代初至2003年是相对湿度维持期, 2004年以后是相对湿度下滑期。80年代与相对90年代湿度距平为正值, 分别为 0.14% 和 0.03% ; 2000—2007年相对湿度距平是负值, 值为 0.2% 。80年代与90年代相比, 相对湿度下降 0.11% , 90年代与2000—2007年相比, 下降 0.23% 。

年日照时数总体呈上升趋势。年日照时数平均值为 2504.6 h/a , 根据年平均日照时数, 年日照时数从1980年至今一直呈逐渐上升状态; 虽然1983年出现最低日照时数 (2096.7 h/a), 但是年日照时数之后缓慢回升, 2005年达到最大值 (2808.4 h/a)。80年代和90年代年日照时数距平为负值, 分别为 115.4 h 和 7.3 h ; 2000—2007年日照时数距平为正值, 值为 153.5 h 。80年代和90年代相比, 日照时数

增加 108.1 h , 90年代和2000—2007年相比, 日照时数增加 160.8 h 。

3.2 气候生产力变化分析

3.2.1 年际变化 图4为延安多年气候生产力变化曲线。由图4可以看出, 延安地区作物气候生产力在波动中呈现出增加的趋势。从1980年的 $649.05 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 增加到2007年 $668.64 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 近30a的平均值为 $653.24 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。气候生产力变化曲线的峰值出现在1998年, 达到 $706.66 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$; 1981年气候生产力最低, 为 $603.93 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。近30a来气候生产力高于平均值的年份有1982, 1987, 1990, 1991, 1994, 1998, 2001—2007年, 其它年份的值都低于平均值。

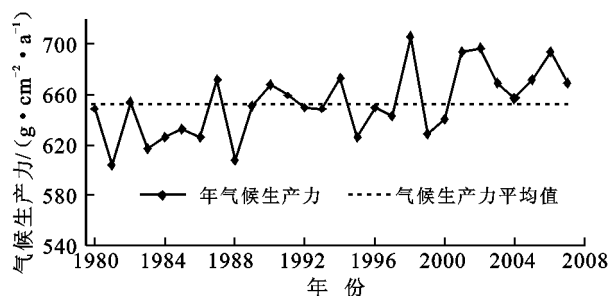


图4 气候生产力年际变化

3.2.2 年代际变化 从表1可以清楚看出, 从20世纪80年代到2007年, 延安地区气候生产力虽然在80年代后期有所减少, 但总体还是呈现出增加的趋势。其中80年代为负增长, 减少了 $18.86 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$; 90年代增加了 $2.17 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 2000—2007年在90年代的基础上增加了 $18.67 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。近30a延安地区气候生产力总体增加了 $39.70 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。一般情况下, 气候生产力是随着气温和降雨量的变化而增减。当降雨量不变, 仅考虑气温上升的影响时, 气候生产力呈降低的趋势; 当温度不变, 降雨量增加时, 气候生产力呈增加趋势; 即降雨量影响气候生产力变化远大于气温引起的变化。然而, 假设的气候变化突出了气温或降雨量单一因子的变化作用。事实上, 气温和降雨量的变化在时间和空间上是同时发生的, 形成“冷干型”、“冷湿型”、“暖干型”、“暖湿型”气候。当气温上升 1 或 2 , 降雨量增加 10% 或 20% 时^[7], 作物气候生产力将增加 $6\% \sim 12\%$ 。说明“暖湿型”气候对作物气候生产力最有利, “冷干型”、“冷湿型”和“暖干型”气候均受降雨量和气温的影响对作物气候生产力有负面作用。

4 讨论

(1) 延安地区降雨量的变化趋势是在波动中减少, 降雨量的减少主要由于季节降水不均造成。该区

年平均气温在波动中逐渐上升,主要表现在 90 年代增温明显。年平均风速波动剧烈,总体呈下降趋势;1988 年风速下降明显,2004 年以后风速有回升趋势。气候由 80 年代的“冷湿型”转变为“暖干型”。在降雨量、风速和相对湿度下降的同时,气温与日照时数增加,对全区农作物种植提出了严峻挑战,能否选育适合当地的种植品种尤为重要。

表 1 延安气候生产力 NPP 年代际变化

| 年代 | 年代平均 NPP/ ($g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$) | NPP 距平 百分率/ % |
|-----------|--|------------------|
| 1980—1989 | 634.38 | -2.97 |
| 1990—1999 | 655.41 | +0.33 |
| 2000—2007 | 674.08 | +3.09 |
| 多年平均值 | 653.24 | — |

(2) 近 30 a 延安地气候生产力在波动中总体呈增加的趋势,但递增趋势不明显;80 年代处于“冷湿型”气候,加之 80 年代后期气温下降明显,80 年代气候生产力呈负增长。90 年代以后气温逐渐回升,但由于降雨量减少明显,气候生产力增加不显著。

(3) “暖湿型”气候对作物气候生产力最有利,而“冷湿型”气候对作物气候生产力最不利。由于该区水热条件的制约,生物生产周期短,周转慢,加大必要的启动投入才可能产生良好的经济效益。

(4) 本文利用 Memorial 模型研究了气候变化而导致气候生产力改变对农业生产的影响,此方法计算简单、准确率较高,对当地作物种植结构的优化、作物合理布局可提供依据和参考,在农业生产中有着广泛的应用前景。

[参 考 文 献]

[1] 宋连春. 干旱地区气象研究[M]. 北京:气象出版社, 1999:115—131.

[2] 陈国南. 用迈阿密模型测算我国生产量的尝试[J]. 自然资源学报, 1987, 2(3): 270—278.

[3] 侯光良, 游松才. 用筑后模型估算我国植物气候生产力[J]. 自然资源学报, 1990, 5(1): 60—65.

[4] 张宪洲. 我国自然植被第一性生产力的估算和分布[J]. 自然资源, 1993(1): 15—21.

[5] 陈利军, 刘高焕, 励惠国. 中国植被净第一性生产力遥感动态监测[J]. 遥感学报, 2002, 6(2): 129—135.

[6] Lieth H, Whittaker R H. Primary Productivity of the Biosphere[M]. New York: Springer Verlag, 1975.

[7] 朱志辉. 自然植被净第一性生产力估计模型[J]. 科学通报, 1993, 38(15): 1422—1426.

[8] 姚玉璧, 李耀辉, 王毅荣, 等. 黄土高原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.

[9] 周广胜, 张新时. 全球气候变化的中国自然植被的净第一性生产力研究[J]. 植物生态学报, 1996, 20(1): 11—19.

[10] 王毅荣. 中国黄土高原干旱对全球气候变化的响应[J]. 西北大学学报:自然科学网络版, 2004, 2(8): 90—94.

[11] 蔡新玲, 王繁强, 吴素良. 陕北黄土高原近 42 年气候变化分析[J]. 气象科技, 2007, 35(1): 2—4.

[12] 高素华, 潘亚茹, 郭建平. 气候变化对植物气候生产力的影响[J]. 气象, 1994, 20(1): 30—33.

[13] 李正明, 王毅荣. 黄土高原气候生产力演变分析[J]. 山西大学学报:自然科学版, 2006, 29(1): 96—101.

[14] 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.

[15] 周涛, 史培军, 孙睿, 等. 气候变化对净生态系统生产力的影响[J]. 地理学报, 2004, 59(3): 357—365.

[16] 田志会, 李凤琴, 郭文利, 等. 基于小网格的北京山区植物气候生产力及其限制因子分析[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(6): 21—26.

[17] 李三爱, 居辉, 池宝亮. 作物生产潜力研究进展[J]. 中国农业气象, 2005, 26(2): 106—111.

(上接第 145 页)

[5] Mukaiyama S. Degradation of grassland in Keerqin sand land, Inner Mongolia, China [J]. Grassland Science, 1998, 44: 109—114.

[6] 马世震, 陈桂琛, 彭敏, 等. 青藏铁路沿线高寒草原生态质量评价指标体系初探[J]. 干旱区研究, 2005, 22(2): 231—235.

[7] 马世震, 陈桂琛, 彭敏, 等. 青藏公路取土场高寒草原植被的恢复进程[J]. 中国环境科学, 2004, 24(2): 188—191.

[8] 周华坤, 赵新全, 周立, 等. 青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究[J]. 草业学报, 2005, 14(3): 31—40.

[9] 张大勇, 王刚, 杜国祯. 甘南山地草原人工草场的演替[J]. 植物生态学报, 1990, 14(2): 103—109.

[10] 戚登臣, 李广宇, 陈文业, 等. 黄河上游玛曲县天然草场退化现状、成因及治理对策[J]. 中国沙漠, 2006, 26(2): 204—206.

[11] 李志刚, 段焕娥. 西北高寒民族地区生态环境问题及农牧业发展:以甘南藏族自治州为例[J]. 地理科学, 2005, 25(5): 551—555.

[12] 姚玉璧, 邓振镛, 尹东, 等. 黄河首曲流域草地生态与自然退化成因及对策研究[J]. 草业科学, 2007, 24(12): 87—93.