

宁夏中部干旱带 56 年来气候生产潜力变化特征研究 ——以宁夏中宁县为例

余海龙¹, 黄菊莹², 王亭荷¹

(1. 宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021; 2. 宁夏大学 新技术应用研究开发中心, 银川 750021)

摘要:为了摸清全球气候变化背景下宁夏中部干旱带年平均气温及年降水量变化情况及其对气候生产潜力产生的影响和未来气候变化情景下气候生产潜力水平。根据中宁县 1953—2008 年气象站点的年平均气温、年降水量资料, 采用 Miami 模型、Thornthwaite Memorial 模型计算气候生产潜力, 运用气候诊断分析、相关分析等方法分析中宁年平均气温、年降水量、气候生产潜力的时空变化特征及趋势, 并探讨了气候变化对气候生产潜力的影响。结果表明: (1) 温度生产潜力显著增加, 降水生产潜力明显下降, 平均气候生产潜力为 $4\,809.17\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。气候生产潜力呈现出波动中减少的趋势; (2) 气候生产潜力与年降水量呈极显著线性相关, 与年平均气温没有显著相关性。温度生产潜力平均值为 $14\,367.4\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 降水生产潜力为 $3\,842.8\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。降水生产潜力仅为温度生产潜力的 26.7%。说明降水是中宁地区气候生产潜力最主要的限制因子。未来气候变化情景趋势表明, 气候暖干化趋势对当地农业生产不利。

关键词: 气候变化; 气候生产潜力; 中宁县

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)06-0172-04

Impact of Climate Change on Climate Potential Productivity in Recent 56 Years in Middle Arid Regions of Ningxia — A Case Study of Zhongning County

YU Hai-long¹, HUANG Ju-ying², WANG Ting-he¹

(1. College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. Center of New Technology Application and Research, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: To find out the annual average temperature and precipitation changing condition and the effect on climate potential productivity and the climate potential productivity changing condition of Ningxia middle arid Regions under the global climate change background, based on mean temperature and precipitation data during 1953—2008 from meteorological station in Zhongning area, the climate potential productivity was calculated by using of the Miami model and Thornthwaite Memorial model. The mean temperature and precipitation, climate potential productivity temporal and spatial variation characteristics and trend were analyzed by using methods of climate diagnosis and correlation analysis. In addition, the influence of climate change on climate potential productivity was discussed. The results indicated that: (1) the temperature productivity significantly increased while the potential precipitation productivity obviously decreased in the recent 56 years, the mean climate potential productivity was $4\,809.17\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, the climate potential productivity decreased with fluctuation; (2) precipitation was highly linear related to climate potential productivity, but mean temperature had no obvious linear correlation to climate potential productivity. The mean temperature potential productivity was $14\,367.4\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, while the mean precipitation potential productivity was $3\,842.8\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, the latter only was 26.7% of the former. Thus, it indicated that the precipitation was the key factor to determine the potential climate productivity in Zhongning county. According to future

收稿日期: 2012-05-22

修回日期: 2012-08-08

资助项目: 宁夏自然科学基金项目(NZ1128)

作者简介: 余海龙(1979—), 男, 甘肃省酒泉市人, 博士, 副教授, 主要研究方向为旱区生态恢复与自然地理。E-mail: yhl@nxu.edu.cn

climate scenario simulation, the warming-drying tendency of future climate will be disadvantageous to agricultural production.

Key words: climate changes; climate potential productivity; Zhongning County

气候生产潜力是指当其它条件(如土壤、养分、二氧化碳等)处于最适状况时,充分利用光、热、水气候资源时,单位面积土地上可能获得的最高生物学产量或农业产量^[1-2]。从生态学角度看,气候生产潜力(climate potential productivity)就是由气候因素决定的平均生产第一生产力的能力(即干物质质量),反映了某地在特定的气候背景之下农业生产所具备的基础潜力,显然气候生产潜力与气候变化密切相关。

在全球气候变暖背景下,中国近百年增温 0.5~0.8℃,其中北方地区增温最为明显。气候变化对环境脆弱带生态系统的初级生产力影响巨大^[3-4]。中宁县位于宁夏回族自治区中部西侧,黄河西岸,属于北方农牧交错区。中宁县年平均气温 9.5℃,年平均降水 202.1 mm,6—8 月的降水量占全年降水量的 61%;年蒸发量 1 947.1 mm,为年平均降水量的 9.6 倍。中宁降水稀少且农业生产受气候变化影响非常显著,是气候变化极度敏感区,更是生态环境脆弱带。在全球气候变暖背景下,在现有生产力水平保持不变的前提下,植物生产潜力将会随之普遍下降^[5]。作物产量下降、农业生产水资源短缺、粮食产量波动等一系列问题变得更为现实和迫切。鉴于此,本研究利用多年气象资料,运用 Miami 模型和 Thornthwaite Memorial 模型分析中宁县温度生产潜力、降水生产潜力和气候生产潜力变化规律,探讨气候生产潜力变化规律及其主要影响因子,深入研究 56 a 来气候生产潜力的演变特征,并对气候生产潜力变化的驱动力进行分析,为指导农业生产、因地制宜利用气候资源、提高生产力水平及农业可持续发展创造有利环境。

1 资料来源与研究方法

1.1 资料来源

本文主要数据源为宁夏中宁县气象台站温度与降水资料(1953—2008 年),该时段内数据完整,无缺失。

1.2 研究方法

影响植物产量的因素是多方面的,诸如气候、土壤、品种、作物群体结构等。植物气候生产潜力计算方法很多,如迈阿密模型、蒙特利尔模型等。考虑到资料的易获取性和实用性,本文选用 Miami 模型对温度生产潜力和降水生产潜力进行估算;采用 Thornthwaite memorial 模型估算气候生产潜力^[6]。

Miami 模型是从植物的生理生态角度出发,指出对植物生长及其生物量形成的主要影响因子是温度和水分,并通过计算该地区的年降雨量和年平均气温等主要气候要素来决定植物的气候生产潜力,计算公式为:

$$Y_t = 30000 / (1 + e^{1.315 - 0.119t}) \quad (1)$$

$$Y_r = 30000 \times (1 - e^{-0.000664r}) \quad (2)$$

式中: t ——年平均温度(℃); r ——年降水量(mm); $e=2.718\ 3$; Y_t, Y_r ——年平均温度、年降水量决定的生产潜力[kg/(hm²·a)]。

Thornthwaite memorial 模型是依据植被与降水、蒸发蒸腾量和年均气温之间的关系,建立起来的统计关系模型,同样采用该模型对研究区天然草地的气候生产潜力进行估算:

$$Y_e = 30000 \times [1 - e^{-0.0009695(V-20)}] \quad (3)$$

$$V = 1.05R / [1 + (1.05R/L)^2]^{1/2} \quad (4)$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad (5)$$

式中: T ——年平均温度(℃); R ——年降水量(mm); L ——年平均最大蒸发量(mm), $e=2.718\ 3$; Y_e ——年平均温度、年降水量复合影响下的气候生产潜力,及干物质质量[kg/(hm²·a)]^[7]。该模型充分考虑了光、温、水对作物干物质积累的综合影响,表征了作物产量与光合作用的密切关系^[8-9]。

2 结果与分析

2.1 气候变化特征分析

2.1.1 气温 从年气温变化趋势(图 1)可以看出,1990 年以来气温呈波动上升趋势。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,2002 年达到年平均温度最高值(12.13℃),从 1996 年起持续增温,该区气候呈现暖干特征。1953—1960 年气温距平为负值,其值为 0.9℃;1960s 气温距平为负值,其值为 1.3℃;1970s 气温距平为负值,其值为 0.9℃;1980s 气温距平为负值,其值为 0.8℃;1990s 气温距平为正值,其值为 0.2℃;2000—2008 年气温距平为正值,其值为 0.5℃。1990s 以来,气温上升明显,总体上升了 2.7℃,平均以 0.03℃/a 的速度递增。

2.1.2 降水量 从年平均降水量变化趋势(图 1)中可知,降水量变化波动很大,呈逐年递减的趋势。全区多年平均降水量为 219.9 mm,丰雨年(389.3 mm)

与贫雨年(100.9 mm)降水量相差很大。降水量分布很不均匀,多集中在 6—9 月,占全年降水量 60% 以上;很多降雨都以暴雨形式出现,年际之间变化也很大。1960s 降水距平为正值,比多年平均降水量大 8 mm;1970s 降水距平为负值,降水量减少了 5 mm;1980s 降水距平为负值,降水量减少了 18 mm;1990s 降水距平为负值,降水量减少了 29 mm;2000—2008 年降水距平也是负值,降水量减少了 34 mm。这就说明,1960s 该区降水较充沛,而 1970s 以后降水量逐年下滑。研究结果表明,降水量以 0.96 mm/a 的速度递减。

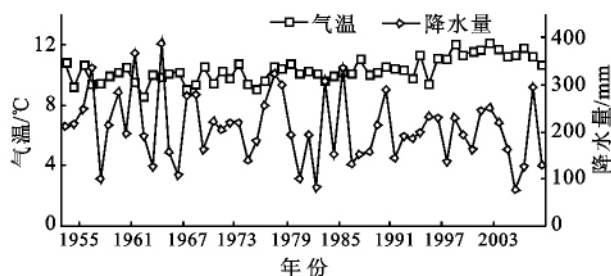


图 1 中宁地区年均温度与降水年际变化(1953—2008)

2.2 温度生产潜力与降水生产潜力特征

根据 Miami 模型对中宁县温度生产潜力(Y_t)与降水生产潜力(Y_p)平均状况进行分析。56 a 来温度生产潜力呈显著增加趋势($Y_t = 388.52x$),而降水生产潜力略有减少($Y_p = -16.264x + 4306.3$)。图 2 表明,56 a 来气温呈稳定增加趋势,和全球变暖趋势基本一致。由于中宁地处内陆,从西面、北面至东面,由腾格里沙漠、乌兰布和沙漠和毛乌素沙地相围。独特的地理位置,导致中宁降水量偏少且年际变化大。表现在降水生产潜力方面则为降水逐年减少且年际变化大,因而降水生产潜力亦随之出现波动并总体表现为逐年降低。

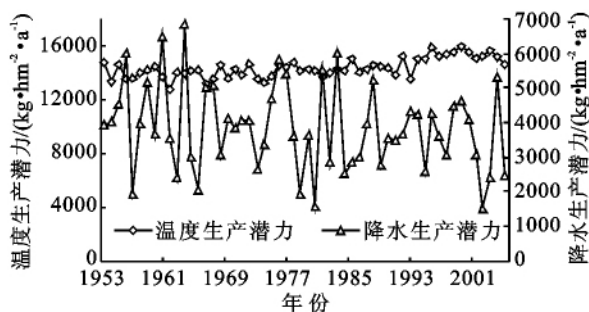


图 2 中宁县温度生产潜力与降水生产潜力变化趋势

2.3 气候生产潜力特征

2.3.1 气候生产潜力年代际变化 根据 Thornthwaite Memorial 模型计算出的研究区各地的气候生产潜力结果,56 a 来平均气候生产潜力为 4 809.17 kg/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。由表 1 可知,气候生产潜力波动较

大,但总体呈下降趋势。最小值出现在 2005 年,为 1 744.15 kg/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$);最大值出现在 1964 年,为 7 929.24 kg/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。1953—1980 年气候生产潜力距平为正值,但已开始以 13.42 kg/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)的速度递减。1980s、1990s 以及 2001—2008 年气候生产潜力距平均为负值,呈明显下降趋势。

表 1 中宁地区气候生产潜力年代际变化

时间	年代平均气候生产 潜力/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	气候生产潜力 距平百分率/%
1953—1960	5196.71	+7.45
1961—1970	5087.17	+5.46
1971—1980	4957.47	+2.99
1981—1990	4638.25	-3.55
1991—2000	4544.59	-5.50
2001—2008	4432.44	-10.11
平均值	4809.17	

2.3.2 气候生产潜力与气候因子的相关分析 统计分析中宁地区自然植被气候生产潜力与年降水量和年均温的关系,气候生产潜力与气温、降水的相关性分析表明,气候生产潜力与年降水量呈显著相关性、与年平均气温呈负相关,相关系数分别为 0.995, -0.096。根据 Liebig 的限制因子定律,选取温度、降水生产潜力中的低值作为气候生产潜力的逼近值,以便寻找影响气候生产潜力的限制因素。对比数据后发现,所有年份的温度生产潜力 > 降水生产潜力,表明中宁地区热量条件相对充足,而水分相对不足是限制作物产量的原因。温度生产潜力平均值为 14 367.4 kg/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$),降水生产潜力 3 842.8 kg/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。降水生产潜力仅为温度生产潜力的 26.7%。可见降水是中宁地区气候生产潜力最主要的限制因子。

2.4 气候变化对气候生产潜力的影响分析

对于一个地区,植物净气候生产潜力主要决定于该地区的光、热和水资源。气候生产潜力变化趋势受制于气候变化。由于气候变化年际差异显著,因而不同年份的光、热和水能资源有明显的差异。通过对比发现,在过去的 56 a 来中宁地区气候生产潜力主要受制于降水量的变化。从气候生产潜力来看,温度升高,光温生产潜力将增加;但是,温度升高的同时,潜在蒸散也将增加,这将可能导致气候生产潜力下降。

尽管对未来气候的确切变化规律尚难精确预测,但是许多科学家对我国未来 50 a 的气候变化趋势进行了大量的研究和预测,普遍认为未来我国气温仍会持续上升,到 2050 年我国大部分地区将升高 2~3℃,部分地区将升高 4℃,尤其是我国西部黄土高原,气温更趋于变暖,降水量将减少 1%~7.5%^[10]。气候生产潜力的大小主要取决于光、温、水三要素的

数量及其相互配合协调的程度。中宁地区降水年际、年内变化大会造成光、温、水各三素匹配组合差异。即使是温度生产潜力逐年增加,但降水逐渐减少的趋势势必影响区域气候生产潜力的增幅。因此,气候的暖干化趋势对研究区未来农业发展提出了严峻挑战。参照以上研究及气候变化趋势预测,也即是说当中宁地区的气候呈“暖干型”时,中宁地区的气候生产潜力亦将趋于下降。为此,研究区必须科学地调整农业生产格局,趋利避害,因地制宜,为充分利用气候资源、提高生产力水平及农业可持续发展创造有利环境。

3 结论

(1) 根据 Miami 模型对中宁县温度生产潜力(Y_t)与降水生产潜力(Y_r)平均状况进行分析。56 a 来温度生产潜力呈显著增加趋势,而降水生产潜力呈明显下降趋势。

(2) 受气温和降水量等主要气候因素的影响,56 a 来中宁地区植被气候生产潜力在波动中呈现出减少的趋势,从 1953 年的 $5\,047.29\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 下降至到 2008 年的 $3\,122.27\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,近 56 a 的平均值为 $4\,809.17\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

(3) 年降水量与气候生产潜力呈极显著线性相关,与年平均气温没有显著相关性。说明降水是中宁

地区气候生产潜力最主要的限制因子。

参考文献:

- [1] 侯西勇. 1951—2000 年中国气候生产潜力时空动态特征[J]. 干旱区地理, 2008, 31(5): 723-729.
- [2] 肖国举, 张强, 王静. 全球气候变化对农业生态系统的影响研究进展[J]. 应用生态学报, 2007, 18(8): 1877-1885.
- [3] 陶波, 李克让, 邵雪梅, 等. 中国陆地净初级生产力时空特征模拟[J]. 地理学报, 2003, 58(3): 372-380.
- [4] 李栋梁, 吕兰芝. 中国农牧交错带的气候特征与演变[J]. 中国沙漠, 2002, 22(5): 483-488.
- [5] Edward B B. Links between economic liberalization and rural resource degradation in the developing regions[J]. Agricultural Economics, 2000, 23(3): 299-310.
- [6] 姚玉璧, 王毅荣, 张存杰, 等. 黄土高原作物气候生产力对气候变化的响应[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(1): 101-106.
- [7] 郭小芹, 刘明春. 河西走廊近 40 a 气候生产潜力特征研究[J]. 中国沙漠, 2011, 31(5): 1323-1329.
- [8] 张永红, 葛徽衍. 陕西省作物气候生产力的地理分布与变化特征[J]. 中国农业气象, 2006, 27(1): 38-40.
- [9] 赵俊芳, 郭建平, 张艳红, 等. 气候变化对农业影响研究综述[J]. 中国农业气象, 2010, 3(2): 200-205.
- [10] 李新周, 刘晓东, 马柱国. 近百年来全球主要干旱区的干旱化特征分析[J]. 干旱区研究, 2004, 21(2): 97-103.

(上接第 171 页)

参考文献:

- [1] Daily G C. Nature Services: Societal Dependence on Natural Ecosystem [M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [2] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [3] 张明阳, 王克林, 刘会玉, 等. 桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征[J]. 生态学报, 2011, 31(14): 3947-3955.
- [4] 孙慧兰, 李卫红, 陈亚鹏, 等. 新疆伊犁河流域生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 生态学报, 2010, 30(4): 887-894.
- [5] 李保杰, 顾和和, 纪亚洲, 等. 基于 RS 和 GIS 的矿区土地利用变化对生态服务价值损益影响研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(5): 123-128.
- [6] 宋宏利, 张晓楠, 伦更永. 冀南土地利用变化对区域生态服务价值的影响分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(1): 236-238.
- [7] 吴海珍, 阿如旱, 郭田保, 等. 基于 RS 和 GIS 的内蒙古多伦县土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 地理科学, 2011, 31(1): 110-115.
- [8] 刘纪远. 国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(3): 225-230.
- [9] Costanza R, d'Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [10] 谢高地, 张锦锂, 鲁春霞, 等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报, 2001, 16(1): 47-53.
- [11] 段瑞娟, 郝晋珉, 张洁瑕. 北京区位土地利用与生态服务价值变化研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 21-28.
- [12] 窦闻, 史培军, 陈云浩, 等. 生态资产评估静态部分平衡模型的分析与改进[J]. 自然资源科学, 2003, 18(5): 626-634.
- [13] Matheron G. Principles of geostatistics[J]. Economic-Geology, 1963, 58(8): 1246-1266.
- [14] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.