

临沧市气候生产潜力变化与粮食产量的相关性

梅建娇¹ 李世成²

1 临翔区气象局 2 临沧市气象局

DOI:10.12238/as.v7i5.2465

[摘要] 基于1970年-2020年临沧8县(区)自动气象站气温、降水等数据,通过Miami模型和Thornthwaite Memorial模型来计算气候生产潜力,研究临沧市气候生产潜力的时空变化特征,探讨了气候生产潜力对气候因子的敏感性及其与粮食产量的关系。分析结果表明,临沧气候生产潜力呈缓慢增加趋势,增加倾向率为 $3.6\text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot 10\text{a}^{-1}$,降水量是影响气候生产潜力的主要因素。临沧粮食产量与气候生产潜力呈正相关,气候生产潜力升高 $100\text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$,粮食产量增加 $20\text{Kg}/\text{hm}^2$ 。

[关键词] 气候变化; 气候生产潜力; 敏感性; 粮食产量

中图分类号: P467 文献标识码: A

The correlation between the change of climate potential productivity and grain output in Lincang City

Jianjiao Mei¹ Shicheng Li²

1 Meteorological Bureau of Linxiang County 2 Meteorological Bureau of Lincang City

[Abstract] Based on the meteorological data of temperature and precipitation from automatic weather stations in 8 counties (districts) of Lincang from 1970 to 2020, climate potential productivity was calculated using Miami model and Thornthwaite Memorial model, the temporal and spatial variation characteristics of climate potential productivity in Lincang City were studied, the sensitivity of climatic potential to climatic factors and the relationship between climatic potential and grain yield were discussed. The analysis results show that, the production potential of temperature and precipitation in Lincang showed a significant increasing trend, the increasing tendency rates were $19.9\text{Kg}/\text{hm}^2$ and $884.7\text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot 10\text{a}^{-1}$. climate potential productivity showed a slow increasing trend, the increase tendency rate was $3.6\text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot 10\text{a}^{-1}$, precipitation is the main factor affecting climate potential productivity. There is a positive correlation between grain yield and climate potential productivity in Lincang, climate production potential increases by $100\text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot 10\text{a}^{-1}$, grain output increased by $20\text{Kg}/\text{hm}^2$.

[Key words] climate change; climate potential productivity; sensibility; grain output

引言

气候变化对自然环境以及人类的生产与生活行为等方面都会产生重要影响,其中对农业生产的影响尤为明显,以气候变暖为主要特征的气候变化可能导致作物生长速度加快,从而缩短作物的生长过程,影响作物产量^[1-3]。气候生产潜力是在其他物质条件保持稳定的状况下,由光、热、水等气候因素决定的平均第一生产力的能力,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,是评价一个地区粮食生产能力的重要指标^[4-10]。

临沧属低纬高原季风气候,光能丰富,雨量充沛,无霜期长,有利于农业的多种经营,适宜粮食作物种植和生长。近年来我国极端天气气候事件呈现增多、增强的趋势,随着极端天气多发、频发,暴雨、洪涝、高温、干旱等灾害性天气引起了农业种植结

构及产量变化,增加了粮食产量的不稳定性。本文以临沧市为研究区域,通过深入分析近50年临沧气候变化特征与气候生产潜力特征,研究气候变化对粮食产量的影响,因地制宜,为实现气候资源的合理利用、提高生产力水平,以及高产的农业生产提供理论支持和科学依据。

1 数据来源与分析方法

1.1 数据来源。利用1970年-2020年临沧8县(区)自动气象站气温、降水等气象数据。

1.2 分析方法。Miami模型^[11-12]: 利用年平均温度和年降水量作为环境变量,用最小二乘法分别建立生产潜力与两个变量之间的定量表达式:

$$P_t = 3000 / (1 + e^{1.315 - 0.119t})$$

$$P_r = 3000 / (1 - e^{-0.000664r})$$

式中: t 为年平均温度($^{\circ}\text{C}$), r 为年降水量(mm), $e=2.7183$, P_e 、 P_r 分别为由年平均温度、年降水量决定的生产潜力($\text{Kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)。

Thornthwaite Memorial模型^[13]: 以实际蒸散量为变量计算生产潜力:

$$P_e=3000(1-e^{-0.0009695(V-20)})$$

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

$$L=300+2.5T+0.05T^3$$

式中: R 为年降水量(mm), V 为年平均最大蒸散量(mm), L 是年平均温度 T 的函数, P_e 为由蒸散量决定的生产潜力($\text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)。

2 结果与分析

2.1 气候生产潜力时间变化特征。根据Thornthwaite Memorial模型对临沧市1970-2020年的气候生产潜力进行计算,如图1a所示。近50年平均气候生产潜力为 $1640.5 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$,经过5a滑动平均后,气候生产潜力总体呈缓慢增加的趋势,倾向率为 $3.6 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot 10\text{a}^{-1}$,1993年-2000年上升幅度较大(倾向系数为4.99)。最大值 $1745.8 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 出现在2001年,最小值 $1506.7 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 出现在2003年。

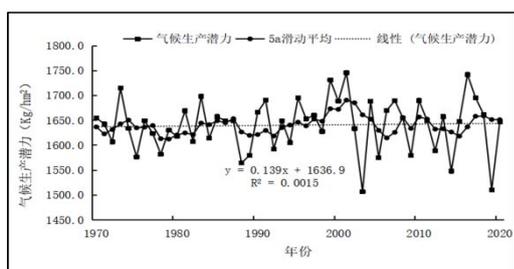


图1a临沧市近50年气候生产潜力变化

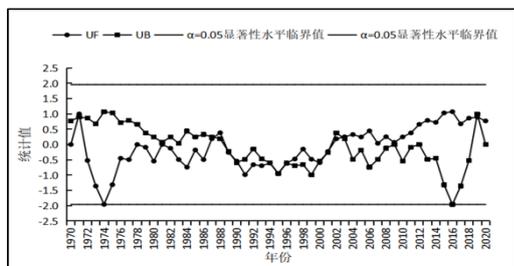


图1b临沧市近50年气候生产潜力突变检验

气候生产潜力年代变化与降水量年代变化一致,降水量越小,气候生产潜力也越小。2019年降水量最小 924.8mm ,气候生产潜力也最小仅为 $1510.6 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 。从图1b临沧气候生产潜力M-K检验曲线可知,1974年、2016年突破了近50年以来突变检验临界值。2000年以后UF值大于0,气候生产潜力呈增加趋势。

2.2 气候生产潜力空间变化特征。从图2a气候生产潜力空间分布看出,临沧市气候生产潜力变化总体趋势从西南到东北递减。高值区主要分布在西南地区,低值区分布在东北地区。低纬度向高纬度气候生产潜力逐渐减小,尤其是西部的镇康气候生产潜力最大为 $1772.2 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$,东北部的云县最小为 $1493.2 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 。从图2b看出,气候生产潜力线性倾向率变化

范围在 $-18-17 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot 10\text{a}^{-1}$ 之间,其中西南地区增加最显著,增加最大为镇康增加 $16.9 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot 10\text{a}^{-1}$,东北地区变化倾向率是低值区。

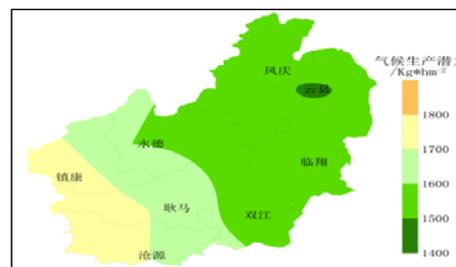


图2a临沧市近50年气候生产潜力变化

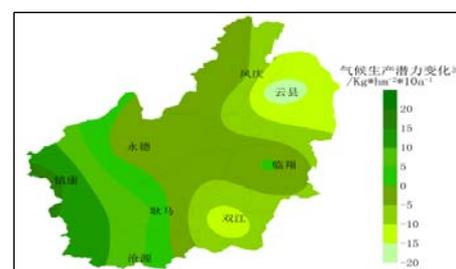


图2b临沧市近50年气候生产潜力变化率

2.3 气候生产潜力与气温、降水变化的相关性分析。通过图3临沧市近50年气候生产潜力与降水、气温变化关系可知,气候生产潜力和气温变化呈较弱的负相关关系,但是变化幅度不大。相反,气候生产潜力与年降水量呈现出很强的正相关关系。气候生产潜力随着降水量减小而减小,由此可表明降水量是气候生产潜力的主导因素。

将气候生产潜力分别与年温度和年降水量进行Pearson相关分析(表1),气候生产潜力与温度相关系数为 -0.062 ,与降水量相关系数为 0.916^{**} ,通过显著性检验($P < 0.01$),由此可得出近50年降水量是决定临沧气候生产潜力的主导因子。Bootstrap分析中,偏差和标准误差都在0.2以下,气候生产潜力对降雨的置信度上下限也较大,有较强的相关性。

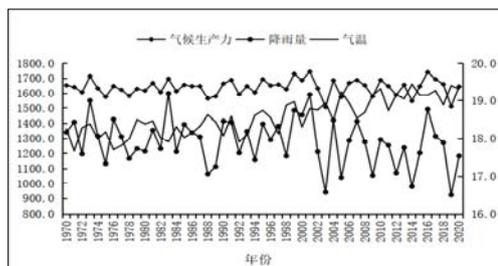


图3临沧市近50年气候生产潜力与降水、气温变化

建立气候生产潜力 P_e 与年平均气温 t 年降水量 r 的回归模型:

$$P_e=0.361r+40.411t+429.088 \quad (R_2=0.955 \quad n=50)$$

式中 R_2 是决定系数,表明气温和降水量的组合变化对气候生产潜力影响明显,气温上升 1°C ,降水量增加 1mm 时,气候生产潜力将增加 $40.8 \text{Kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 。

表1 Pearson相关分析

指标	方法	年平均温度	年降水量	
气候生产潜力	Pearson相关性	-0.062	0.916**	
	显著性(单侧)	0.333	0	
	样本数N	50	50	
	Bootstrapa	偏差	0.007	-0.002
		标准误差	0.159	0.025
		95%置信区间(下限)	-0.346	0.856
		95%置信区间(上限)	0.285	0.952

注: **表示在0.01水平显著相关,*表示在0.05水平显著相关。

2.4粮食产量与气候生产潜力关系。由图4可知,近50年临沧粮食产量的变化范围为1377.4-2253.2Kg/hm²·a⁻¹,多年平均粮食产量为1863.1Kg/hm²·a⁻¹,最小值出现在1971年1377.4Kg/hm²·a⁻¹,最大值出现在2020年2253.2Kg/hm²·a⁻¹。粮食产量总体呈现上升的趋势,平均增加率为13.8Kg/hm²·a⁻¹。2010年以后,粮食产量增加趋势显著,且粮食产量变化与气候生产潜力变化趋势总体一致呈正相关效应,相关系数为0.102,但未通过显著性检验,气候生产潜力升高100Kg/hm²·a⁻¹,粮食作物产量增加20Kg/hm²,表明气候生产潜力提高有利于粮食产量增加。三个阶段粮食产量与气候生产潜力均呈正相关效应,1970-1986年相关系数为0.111,1987-2010年相关系数为0.135,2011-2020年相关系数为0.061,均未通过显著性检验。2010年以后,在气候生产潜力降低时,粮食产量增加,说明在水热条件较差时,通过农业管理等措施的实施能够促进作物对气候资源的利用,从而提升粮食增产空间。

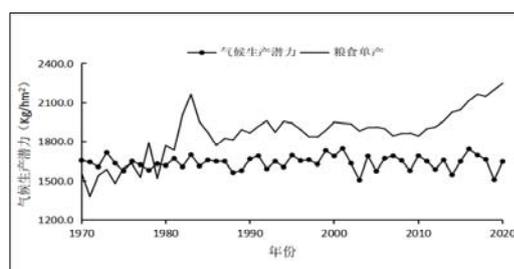


图4 临沧市近50年粮食产量与气候生产潜力变化

3 小结

(1)临沧市气候生产潜力变化从西南到东北递减。高值区主要分布在西南地区,低值区分布在东北地区。气候生产潜力从低纬度向高纬度逐渐减小,最大的为镇康1772.2Kg/hm²·a⁻¹,最小为云县1493.2Kg/hm²·a⁻¹。气候生产潜力线性倾向率变化西南地区增加最显著,增加最大为镇康增加16.9Kg/hm²·10a⁻¹,东北地区变化倾向率是低值区。(2)候生产潜力和气温变化呈较弱的负相关关系,但是变化幅度不大。相反,气候生产潜力年代变化与降水量年代变化一致,降水量越小,气候生产潜力也越小,表

现出很强的正相关关系,Pearson相关系数为0.916**,通过显著性检验(P<0.01)。Bootstrapa分析中,偏差和标准误差都在0.2以下,气候生产潜力对降雨的置信度上下限也较大,有较强的相关性。由此可表明降水量是气候生产潜力的主导因素。(3)通过建立气候生产潜力与年平均气温、年降水量回归模型,气温上升1℃,降水量增加1mm时,气候生产潜力将增加40.8Kg/hm²·a⁻¹。(4)临沧粮食产量总体呈现上升的趋势,与气候生产潜力呈正相关关系,相关系数为0.102,两者的波动特点一致,表明气候生产潜力提高有利于粮食产量增加。(5)气候变化带来的洪涝、干旱等气象灾害阶段性发生直接对农业生产产生不利影响,由于降水是气候生产潜力的主导影响因子,当气候变化不利于气候生产潜力增长时,农业生产应积极调整农作物种植结构,可以考虑合理利用光温资源、通过实施人工增雨、节水灌溉技术等,提高水资源利用率,提高农业生产潜力,促进农业生产稳产增收。

[参考文献]

- [1]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.
- [2]周曙东,周文魁,朱红根,等.气候变化对农业的影响及应对措施[J].南京农业大学学报(社会科学版),2010,10(1):34-39.
- [3]覃志豪,唐华俊,李文娟,等.气候变化对农业和粮食生产影响的研究进展与发展方向[J].中国农业资源与区划,2013,34(5):1-7.
- [4]尹朝静,李谷成,高雪.气候变化对中国粮食产量的影响:基于省级面板数据的实证[J].干旱区资源与环境,2016,30(6):89-94.
- [5]权畅,景元书,谭凯炎.气候变化对三大粮食作物产量影响研究进展[J].中国农学通报,2013,29(32):361-367.
- [6]卢玢宇,杨波,裴占江,等.黑龙江省气候生产潜力时空演变特征研究[J].生态环境学报,2017,26(10):1659-1664.
- [7]张强,陈丽华,王润元,等.气候变化与西北地区粮食和食品安全[J].干旱气象,2012,30(4):509-513.
- [8]孙芳,杨修.农业气候变化脆弱性评估研究进展[J].中国农业气象,2005,(3):170-173.
- [9]潘根兴,高民,胡国华,等.气候变化对中国农业生产的影响[J].农业环境科学学报,2011,30(9):1698-1706.
- [10]唐国平,李秀彬,GuentherFischer,等.气候变化对中国农业生产的影响[J].地理学报,2000(2):129-138.
- [11]LiethH.Modeling the primary productivity of the world[J].Springer,1975:237-263.
- [12]姚玉璧,李耀辉.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.
- [13]刘新,刘林春,尤莉,等.内蒙古地区气候生产潜力变化及其敏感性分析[J].中国农业气象,2018,39(8):531-537.

作者简介:

梅建娇(1990--),女,汉族,云南临沧人,云南省临翔区气象局,本科,高级工程师,主要从事天气预报及农业气象服务。