江苏省 1971—2010 年气候生产潜力变化特征

邢兰芹[1], 姚众众[2]

(1. 陕西学前师范学院 环境与资源管理系, 陕西 西安 710100; 2. 南京信息工程大学 地理与遥感学院, 江苏 南京 210044)

摘 要: [目的] 根据江苏省 13 个气象站 1971—2010 年 40 a 的气象资料剖析该区域温度生产潜力、降水生产潜力及气候生产潜力变化特征,为提高农业生产提供理论依据。[方法] 运用 Miami 和 Thornthwaite Memorial 模型计算全省温度生产潜力、降水生产潜力和气候生产潜力。运用气候资源利用率公式、相关分析和回归分析法分析探讨江苏省气候资源利用率情况和气候生产潜力的影响因素。[结果] ①40 a 间,江苏省年均气温呈现出波动性上升趋势,年均降水并未表现出规律性变化;温度生产潜力和降水生产潜力的变化规律与年均气温和年均降水相似; ②气候生产潜力呈现波动微弱增加趋势,气候资源利用率表现出波动性上升趋势。[结论] 气候生产潜力受年均降水的影响微弱,受温度的影响相对更大。

关键词: 气候生产潜力; 气候资源利用率; 气温; 降水; 江苏省

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2018)01-0252-04 **中图分类号**: S161

文献参数: 邢兰芹, 姚众众. 江苏省 1971—2010 年气候生产潜力变化特征[J]. 水土保持通报,2018,38(1):252-255. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.01.044. Xing Lanqin, Yao Zhongzhong. Characteristic change of climatic potential productivity in Jiangsu Province from 1971 to 2010[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018,38(1):252-255.

Characteristic Change of Climatic Potential Productivity in Jiangsu Province from 1971 to 2010

XING Lanqin[1], YAO Zhongzhong[2]

(1. *The Environment and Resource Management Department, Shaanxi Xueqian Normal University, Xi'an Shaanxi* 710100, *China*; 2. *School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing* 210044, *China*)

Abstract: [Objective] The aim of this study is to analyze the potential productivity of temperature, precipitation and climate according to the 40 years meteorological data at 13 weather stations in Jiangsu Province between 1971 and 2010, in order to provide theoretical basis for agricultural industry. [Methods] Based on meteorological data from 13 weather stations, the Miami and Thornthwaite Memorial models were used to calculate the potential productivity of temperature, precipitation and climate. The factors affecting the utilization rate of climate resources and the climatic potential productivity in Jiangsu Province were analyzed by using climate resource utilization formula, correlation analysis and regression analysis. [Results] ① In the past 40 years, the annual average temperature in Jiangsu Province showed an upward trend, and the annual precipitation did not show a regular change. The potential productivity of temperature and precipitation showed a similar trend as the annual mean temperature and annual precipitation. ② The climatic potential productivity showed a slight increase trend, and the climatic resource utilization rate showed a fluctuated rising trend. [Conclusion] Temperature is the main factor that influences climatic potential productivity in Jiangsu Province.

Keywords: **climatic potential productivity; climate resources utilization rate; air temperature; precipitation; Jiangshu Province**

气候生产潜力是指当其他条件(如土壤、养分、二氧化碳等)处于最适状况时,充分和合理利用当地的光、热、水气候资源,单位面积土地上可能获得的最高生物学产量或农业产量[1-5]。由于气候资源的差异,

收稿日期:2017-08-13 **修回日期**:2017-09-09
资助项目:国家自然科学基金青年项目"基于遥感方法的有效天空开阔度模拟及其夜间城市热岛应用研究"(41401471)
第一作者:邢兰芹(1979—),女(汉族),山东省聊城市人,博士,副教授,主要从事自然地理学研究。E-mail:xinglanqin@126.com。

气候生产潜力在区域间存在较大差异,其时空动态一直是国内外全球变化研究的热点之一。近年来,国内外对气候生产潜力的研究已经取得一定成果[6-9],并建立了一些比较成熟的分析模型[10-13],对气候生产潜力的探究提供了重要的理论基础。

江苏省是中国粮食的主要生产区,粮食产量直接影响中国粮食市场的供求关系,随着人口的增长,耕地面积的不断下降以及全球气候的变化,粮食安全问题日益突出。而如何在有限的耕地面积下充分合理的利用气候资源,提高单位面积的作物产量,成为解决这一问题的关键。所以,探究气候生产潜力变化趋势和主要影响因子,充分发挥气候生产潜力,对提高农业生产力,指导农业生产,具有重要的理论和现实指导意义。基于此,本研究拟利用 1971—2010 年江苏省气象数据,应用 Miami 模型、Thornthwaite Memorial 模型,探究江苏省 40 a 的温度生产潜力、降水生产潜力和气候生产潜力的变化规律,并对气候资源利用率及气候生产潜力的影响因素进行剖析,以期为区域农业生产提供理论依据。

1　研究区概况和研究方法

1.1　研究区概况

江苏省位于中国内地的东部区域的中部,处于淮河、长江下游,江苏省东部临近黄海,北部接山东,西部连接安徽,东南与浙江省、上海市交界是长江三角洲的组成部分,江苏省位于东经 120°57′—116°18′,北纬 35°20′—30°45′。江苏省海岸线全长为 955 km,面积约为 1.073×10^5 km^2,占中国总面积的 1.07%,长江贯穿江苏省东西 426 km,京杭大运河贯穿南北 719 km。

在地形上,江苏省以平原为主,主要由长江中下游、苏北等平原组成,地势就全国而言是最低的一个省区,平原面积大约 7×10^4 km^2,约占江苏省面积的 70%,比例占据中国各省份中的首位。在气候上,江苏省处在由温带向亚热带的过度性气候带,温暖湿润,四季分明,并以淮河为界,在淮河以北是暖温带湿润、半湿润的季风气候,在淮河以南则是亚热带湿润季风气候。

本文选取 1971—2010 年江苏省域范围内具有空间代表性的 13 个气象站点观测月平均气温、月平均降水数据作为数据源,站点分别为徐州市、赣榆区、常州、东台、高邮、淮阴、溧阳市、吕泗镇、南京、南通市、射阳县、吴县东山镇、盱眙县。气温和降水数据来源于中国气象数据网。粮食播种面积和粮食产量来源于江苏省统计年鉴。

1.2　研究方法

1.2.1　Miami 模型　温度、降水是制约作物生长的重要气候因子,温度和降水单独或复合会影响到作物生产,分析温度和降水分别对生产力的影响,采用 Miami模型来分别计算气温和降水的生产潜力公式为:

$$Y_t=3\ 000/(1+e^{1.315-0.119t}) \quad (1)$$

$$Y_r=3\ 000/(1-e^{0.000\ 664r}) \quad (2)$$

式中:t——年平均温度(℃);r——年降水量(mm);Y_t,Y_r——年平均温度、年降水量所决定的生产潜力〔kg/(hm^2·a)〕;e=2.718 3。下同。

1.2.2　Thornthwaite Memorial 模型　该模型依据蒸散量与气温、降水和作物的关系,计算气候生产潜力。公式为:

$$Y_e=3\ 000[1-e^{-0.0\ 009\ 695(V-20)}] \quad (3)$$

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

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

式中:V——年平均蒸散量(mm);R——年均降水(mm);L——年平均最大蒸发量(mm);Y_e——利用蒸散量计算的生产潜力〔kg/(hm^2·a)〕。

1.2.3　气候资源利用率公式　参照吴宜进[14]的方法,定义气候资源利用率为实际粮食产量与生产力之比,即:

$$\text{气候资源利用率}=\frac{\text{实际粮食产量}}{\text{气候生产潜力}}\times100\% \quad (6)$$

2　结果与分析

2.1　江苏省年均气温和降水变化分析

由图 1 可见,1971—2010 年江苏省年均气温呈波动性上升趋势。累积年平均气温为 14.86 ℃,年均最高温出现在 2007 年,年均气温为 16.16 ℃,年均最低温出现在 1978 年,为 13.95 ℃,二者差值为 2.21 ℃。由此可知,在全球气候变暖大背景下,江苏省的年均气温产生了升温响应。

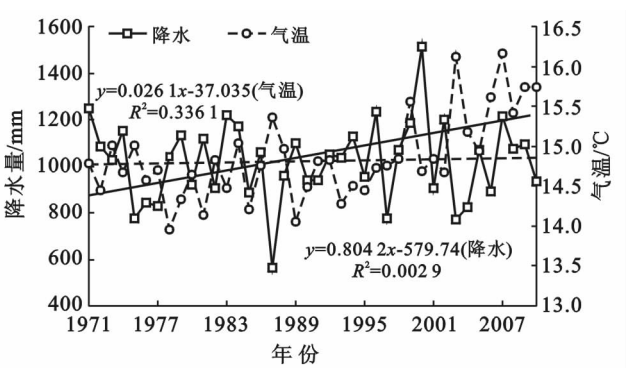


图 1　1971—2010 年江苏省年均气温和年均降水量变化

1971—2010年江苏省年均降水波动较大，但并未表现出明显的增减趋势，但在2000年后出现了3次降水高值。累年平均降水为1 021 mm，年均最高降水出现在2000年，年均降水为1 513 mm，年均最低降水出现在1987年，年均降水为563 mm，二者差值高达950 m。

2.2 江苏省气候生产潜力变化分析

2.2.1 江苏省温度、降水生产潜力变化分析 根据公式(1)，计算1971—2010年江苏省全省温度生产潜力(Y_t)，结果见图2。由图2可以得出：①40 a间，全省温度生产潜力波动性较大($Y_t=2.194\ 6\ x+2\ 534.6$)，1971—1989年并未表现出规律性变化，1989年后呈现出在波动中增长趋势；②40 a间，温度生产潜力的平均值为1 833.8 kg/(hm^2·a)，最大值出现在2007年，为1 942.8 kg/(hm^2·a)，最小值出现在1978年，为1 756.4 kg/(hm^2·a)，二者差值为186.5 kg/(hm^2·a)；③温度生产潜力与温度表现出一致的变化规律。

根据公式(2)，计算1971—2010年江苏省全省降水生产潜力(Y_r)，结果见图2。由图2可以得出：①全省40 a间降水生产潜力变化规律不明显，波动性较大($y=-3.516\ 6+13\ 397$)；②40 a间，降水生产潜力平均值为6 397.4 kg/(hm^2·a)，最大值出现在1987年，为9 920.8 kg/(hm^2·a)，最小值出现在2000年，为4 836.8 kg/(hm^2·a)，二者差值高达5 084.0 kg/(hm^2·a)，说明江苏省年均降水量差异巨大；③降水生产潜力与降水量呈现出相反的变化规律。

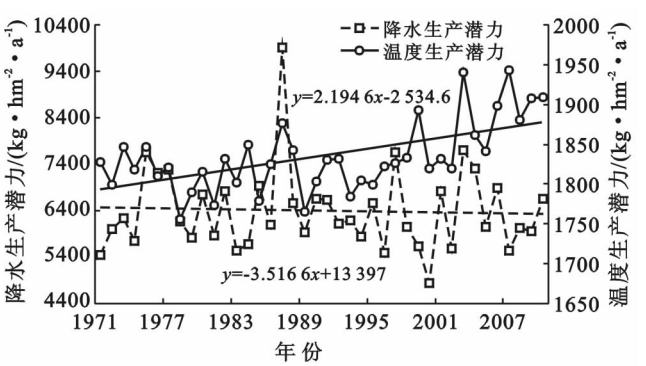


图2 1971—2010年江苏省气温生产潜力和降水生产潜力变化

2.2.2 江苏省气候生产潜力变化分析 根据公式(3)，(4)，(5)，计算1971—2010年江苏省全省气候生产潜力，结果见图3。由图3可以看出：①40 a间，江苏省气候生产潜力波动性较大，并未表现出明显的上升趋势；②40 a间，气候生产潜力平均值为1 372.2 kg/(hm^2·a)，最大值出现在2007年，为1 512.8 kg/(hm^2·a)，最小值出现在1987年，为1 094.1 kg/(hm^2·a)，二者差值为418.7 kg/(hm^2·a)；③从5 a滑动平均曲线来看，1971—1990年气候生产潜力在波动中降低，1991—2010年又呈现出波动中增加趋势。

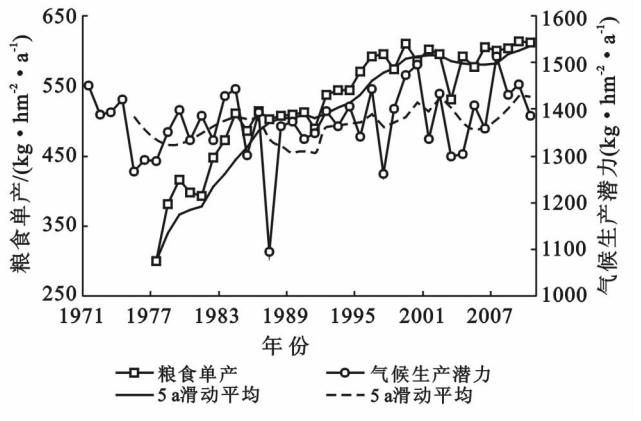


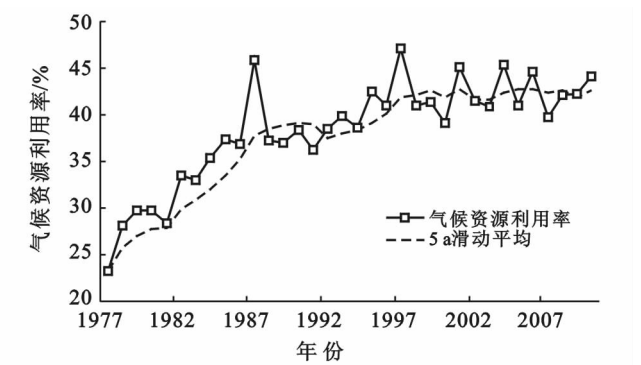
图3 江苏省气候生产潜力和粮食单产变化

对比1977—2010年江苏省粮食单产发现，34 a间，江苏省粮食单产呈现出在波动中逐步上升趋势，从1977年的299.6 kg/hm^{2}增长为2010年的612.4 kg/hm^2，增长量达312.8 kg/hm^2，年均增长率为2.98%；从5 a滑动平均曲线看，1977—1986年粮食单产增长速率较快，年均增长率达7.17%，1987—1993年粮食单产较为平稳，1993—1998年出现新的增长高峰，1993年后粮食单产较为稳重有升。

3 江苏省气候资源利用率分析

3.1 江苏省气候资源利用率变化

根据气候资源利用率公式(6)，计算江苏省1977—2010年气候资源利用率见图4。



注：1977年之前粮食单产数据缺失，导致1977之前的气候资源利用率的数据无法获得。

图4 江苏省气候资源利用率变化

由图4可见，1997—2010年江苏省气候资源利用率逐步提高，最高气候资源利用率出现在1997年，

为 47%,最低值出现在 1977 年,为 23%;5 a 滑动平均曲线同样表明江苏省气候资源利用率在 34 a 间有了较大提升,特别是在 1977—1993 年气候资源利用率大幅提升,表明该阶段江苏省农业生产条件有了较大改善,大大提升了农业生产效率;1993 年后气候资源利用率波动中有小幅上升。

3.2　江苏省气候生产潜力影响因素分析

对气候生产潜力及相关参数进行相关性分析结果见表 1。由表 1 可知,年均温度与气候生产潜力并不存在显著相关性,而与粮食单产存在显著相关性,表明温度对粮食产量影响较大,而对气候生产潜力影响不明显;年均降水与气候生产潜力存在显著相关性,对气候生产潜力影响较大,而与粮食单产不存在显著相关性,表明降水对粮食单产的影响并不明显,这也与江苏省农田水利设施高度发达、农田灌溉可以得到有效保障有关;气候生产潜力和粮食单产的相关性并不显著,但粮食产量与气候生产潜力表现了趋同的增长趋势,特别是气候资源利用率在研究时段内表现出增长趋势,说明气候生产潜力对粮食单产产生了一定的影响,但并不是粮食单产的决定因素,进一步表明了随着粮食作物品种的优化改良、耕作制度更趋合理、大田管理水平日益科学等生产力水平的提高,粮食产量逐年提高,且受传统气候资源的限制逐渐降低。

表 1　江苏省气候生产潜力与相关参数相关性分析

项 目	年均温度	年均降水	气候生产潜力	粮食单产
年均温度	1.000	−0.171	0.102	0.522**
年均降水		1.000	0.911**	0.187
气候生产潜力			1.000	0.325
粮食单产				1.000

为进一步说明气候生产潜力与年均温度和年均降水的关系,本文选取 1971—2010 年年均温度、降水和气候生产潜力数据,建立三者的数学关系,得到线性回归结果见表 2。由表 2 可见,年均温度和年均降水对气候生产潜力的影响系数均达到极显著水平,且与气候生产潜力呈正相关关系,但年均降水对气候生产潜力的影响(系数)小于年均温度对气候生产潜力的影响(系数),方程整体显著性较好。

表 2　江苏省气候生产潜力的影响因素分析

解释变量	系数	标准误差	系数显著性	概率值
常 数	397.005	126.184	0.004	3.146
年均温度	36.557	7.995	0.000	4.573
年均降水	0.423	0.026	0.000	16.451

4　结 论

(1) 1971—2010 年江苏省年均气温呈现出波动性上升趋势,特别是 1993 年以后气温的增长趋势更为明显;年均降水的年度差异性较大,并未表现出规律性变化;温度生产潜力和降水生产潜力的变化规律与年均气温和年均降水相似。

(2) 1971—1990 年气候生产潜力在波动中降低,1991—2010 年又呈现出波动中增加趋势;粮食单产和气候资源利用率在 1977—2010 年均表现出波动性上升趋势,表明二者受气候的影响相对较小。

(3) 对气候生产潜力与年均气温和年均降水的数理关系分析表明,尽管二者均与气候生产潜力具有较为显著的相关性,但年均降水的影响相对微弱,温度的影响相对更大。

[参 考 文 献]

[1] 黄秉维. 中国农业生产潜力—光合潜力—农业生态环境研究[M]. 北京:气象出版社,1989:17-24.

[2] 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):723-730.

[3] 肖国强,张强,工静. 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.

[4] 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.

[5] 郭岐峰,傅硕龄. 我国农业生产潜力的研究进展[J]. 地理研究,1992,11(4):105-115.

[6] 罗永忠,成自勇,郭小芹. 近 40 a 甘肃省气候生产潜力时空变化特征[J]. 生态学报,2011,31(1):221-229.

[7] 沈思渊,席承藩. 淮北涡河流域农业自然生产潜力模型与分析[J]. 自然资源学报,1991,6(1):22-33.

[8] 钟章奇,王铮,夏海滨,等. 全球气候变化下中国农业生产潜力的空间演变[J]. 自然资源学报,2015,30(12):2018-2031.

[9] Kaminski J, Kan I, Fleischer A. Structural land-use analysis of agricultural adaptation to climate change: A proactive approach[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2013,95(1):70-93.

[10] 陈国南. 用迈阿密模型测算我国生物生产力的初步尝试[J]. 自然资源学报,1987,2(3):270-278.

[11] 赵安,赵小敏. FAO-AEZ 法计算气候生产潜力的模型及应用分析[J]. 江西农业大学学报,1998,20(4):528-533.

[12] 林忠辉,莫兴国,项月琴. 作物生长模型研究综述[J]. 作物学报,2003,29(5):750-758.

[13] Leith H. Modeling the primary productivity of the world[J]. Nature and Resources, 1972,8(2):5-10.

[14] 吴宜进,熊安元,杨荆安,等. 湖北的气候生产力与农业持续发展[J]. 长江流域资源与环境,1999,8(4):405-410.