

邱阳阳, 吴奕霄, 熊世为, 等. 安徽省近 55 年气候变化及其对气候生产力的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(17): 290–294.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.074

安徽省近 55 年气候变化及其对气候生产力的影响

邱阳阳¹, 吴奕霄², 熊世为³, 朱浩¹

(1. 安徽省气象灾害防御技术中心, 安徽合肥 230061; 2. 江苏省气候中心, 江苏南京 210008; 3. 滁州市气象局, 安徽滁州 239000)

摘要:利用安徽省 68 个气象站 1961—2015 年的温度、降水数据, 分析了该地区温度、降水气候因子的时空变化特征, 采用 Thornthwaite Memorial 模型计算气候生产力, 并探讨气候变化对气候生产力的影响。结果表明, 近 55 年来安徽省升温趋势显著, 升温幅度为 $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$, 且该趋势为突变现象, 突变点为 1991 年, 空间上全省温度呈南高北低分布; 降水总体呈波动上升趋势, 但趋势不显著, 降水空间分布差异大, 最大相差 $1\ 009\text{ mm}$; 气候生产力上升趋势显著, 上升幅度为 $1.5\text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$, 且该上升趋势为突变现象, 突变点为 1995 年; 气候生产力受气温、降水的双重影响, 气候变化有利于气候生产力的提高, 未来“暖湿型”的变化趋势使得安徽省气候生产力有较大的上升空间。

关键词:气候变化; 气候生产力; Thornthwaite Memorial 模型; 安徽省

中图分类号: S162.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)17-0290-04

气候变化是当前国际社会关注的热点问题^[1-2]。IPCC 的第五次评估报告指出, 气候变化的基本事实已得到了大量观测事实、理论分析和气候模式数值模拟的一致支持。全球气候变化背景下, 农业是受影响最大、最直接的行业, 尤其是作为其主体的作物生产与粮食安全^[3]。气候生产力是假设作物品种、土壤、种植技术适宜条件下, 在当地自然环境条件下作物可能获得的单位面积最高产量^[4]。这一概念可有效评估某一地区的气候资源状况^[5-7]。韩玮等分析山东省 1961—2011 年气候数据, 认为“暖湿型”气候对该省作物气候生产力有利, 气候变暖有利于气候生产力的提高, 但降水量少是限制气候生产力的主要因素^[8]。高浩等研究认为, 在未来气候干暖化的趋势下, 内蒙古中部草原温度升高增加的气候生产潜力作用小于由蒸散量增加引起的减产作用, 因而导致草地气候生产潜力下降, 受水分限制作用越明显的草原, 其气候生产潜力下降的趋势越显著^[9]。掌握地区气候生产力变化规律, 对合理开发利用气候资源、科学规划种植制度, 进而提高粮食产量具有重要意义^[10]。

安徽省地跨长江、淮南北, 是我国重要的粮食生产基地, 气候上属暖温带与亚热带的过渡地区。在气候变化背景下, 近年来该省旱涝、低温、寒潮等气象灾害频繁发生, 给当地农业生产带来不利影响^[11]。本研究分析安徽省 68 个气象站 1961—2015 年的温度、降水资料, 探讨该地区降水与温度的气候变化特征及其对气候生产力的影响, 旨在为合理开发利用地区气候资源提供参考依据。

1 资料与方法

收稿日期: 2017-10-22

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(编号: GYHY201406028); 江苏省气象局青年基金(编号: KQ201805); 教育部长江学者和创新团队发展计划(编号: PCSIRT)。

作者简介: 邱阳阳(1988—), 女, 江苏阜宁人, 硕士, 工程师, 主要从事气象灾害防御技术研究。E-mail: qiuyangyang_1988@163.com。

1.1 气象资料

本研究选用的资料为安徽省较为齐全的 68 个气象站 1961—2015 年的年平均温度和年降水量数据, 资料来源于安徽省气象信息中心。个别缺测资料采用 IDW 空间插值处理补齐, 气象站点分布情况见图 1。

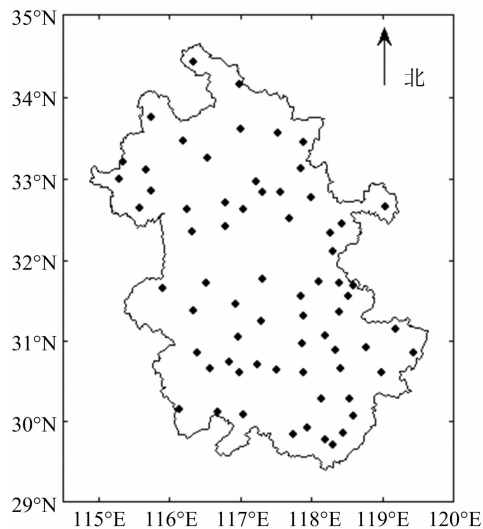


图1 研究区站点分布

1.2 研究方法

1.2.1 气候生产力模型 气候生产力计算方法经历了统计、经验模型到物理模型的过程, 本研究选取应用较为广泛的 Thornthwaite Memorial 物理模型^[12], 其表达式如下:

$$P_e = 3\ 000(1 - e^{-0.000\ 969\ 5(V-20)});$$

$$V = \frac{1.05R}{\sqrt{1 + (1.05R/L)^2}};$$

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

式中: P_e 为气候生产力, $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$; V 为年平均蒸散量, mm ; R 为年平均降水量, mm ; L 为年平均蒸发量, mm ; t 为年平均气温, $^{\circ}\text{C}$ 。

1.2.2 气候倾向分析 采用最小二乘法^[13]分析气候要素时

间序列的倾向率,其表达式为

$$Y = a \times t + b。$$

式中: Y 为要分析的气候要素; a 为气候倾向率,表示气候要素随时间的变化率, a 为正值(负值)表示要素 Y 随时间上升(下降); t 为年份序号,本研究取值 155; b 为拟合系数。

1.2.3 Mann-Kendall 检验 采用世界气象组织推荐的 Mann-Kendall 非参数统计检验来进行气候要素的突变检验,其具有不需要样本遵循一定的分布及不受少数异常值干扰的优点^[14]。

2 结果与分析

2.1 气温、降水的时空演变特征

分析安徽省近 55 年水热气候要素的时空变化特征。由图 2-a 可知,近 55 年来安徽省年平均气温总体呈波动上升趋势,升温幅度为 $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$,升温趋势达到了 0.01 的极显著水平。

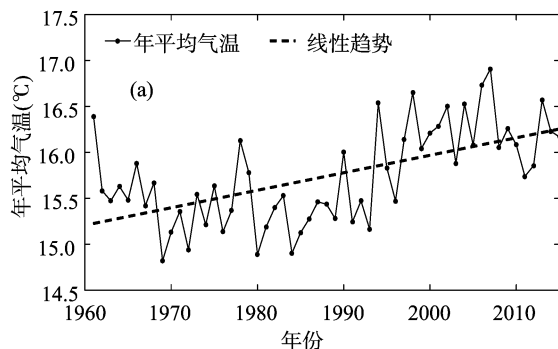


图2 安徽省 1961—2015 年年平均气温(a)和年降水量(b)时间变化趋势

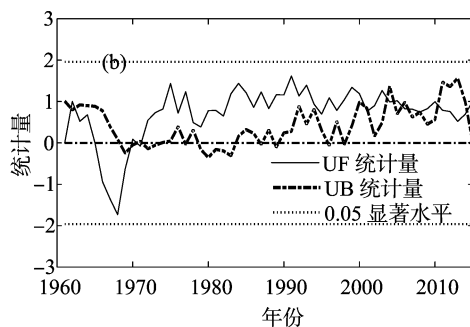
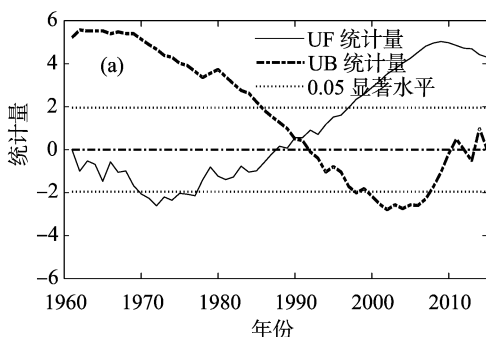
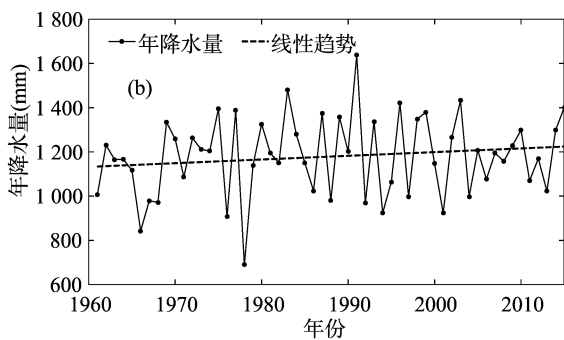


图3 安徽省1961—2015 年年平均气温(a)和年降水量(b)M-K 检验

图 4-a 给出了安徽省 1961—2015 年平均气温的空间分布情况,可以看出全省平均气温的空间分布总体呈现南部高于北部, 31°N 以南大部分地区年平均气温超过 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, 其中地处省域西南方的安庆、池州一带的历年平均气温超过 $16.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 全省最大值为 $16.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 出现在安庆站。 31°N 以北大部分地区平均气温低于 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, 其中地处省域最北部的淮北、亳州地区历年平均气温在 $14.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右, 其中最小值为 $14.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, 出现在淮北市的砀山县。全省南北气温差异明显, 最大温差为 $2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 造成这一现象主要是因为纬度决定太阳辐射的分布, 纬度高, 太阳辐射就少, 平均气温低; 反之, 纬度低, 平均气温也随之变高。安徽省南北跨度超过 5 个纬度, 在气候带分布上也是亚热带和暖温带过渡的区域, 南北热量差异显得尤为明显。分别计算 68 个站点年平均气温倾向率, 图 4-b 给出了各站气温倾向率的空间分布情况, 可以看出,

著水平。气温最高值为 $16.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 出现在 2007 年, 最低值为 $14.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, 出现在 1969 年, 最高气温和最低气温的差值达 $2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。图 2-b 给出了安徽省近 55 年来降水变化趋势, 总体呈现波动上升趋势, 但幅度不大, 总体增幅为 $1.67\text{ mm}/\text{年}$, 检验的 P 值为 0.28, 说明降水的上升趋势不具有统计意义。降水最大值为 1639 mm , 出现在 1991 年, 最小值为 690 mm , 出现在 1978 年, 最大值和最小值相差近 1000 mm 。

对近 55 年安徽省气温、降水时间序列进行 Mann-Kendall 检验(图 3)。由图 3-a 可以看出, 自 20 世纪 90 年代年以来全省温度有一明显的增暖趋势, 1997 年起这种增暖趋势均大大超过 0.05 临界线 ($U_{0.05} = \pm 1.96$), 甚至超过 0.001 显著性水平 ($U_{0.001} = \pm 2.56$), 表明本地地区的升温趋势是十分显著的, 根据 UF 和 UB 曲线的位置, 确定这种升温趋势是一突变现象, 具体突变点为 1991 年。降水的变化不具突变趋势(图 3-b)。

1961—2015 年全省各地均呈现一致的升温趋势, 增温幅度最大的为 $0.034\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$ (宿州站), 增温幅度最小的为 $0.005\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$ (桐城站), 气温气候倾向率的空间分布特征不明显。

图 5-a 为安徽省 1961—2015 年年平均降水量的空间分布情况, 可以看出, 全省年平均降水量呈现明显的南多北少趋势。与气温的空间分布趋势相似, 31°N 以北大部分地区年平均降水量在 1300 mm 以下, 且降水量等值线分布稀疏, 阜阳、亳州、淮北等地常年的年平均降水量普遍 900 mm 以下, 位于省域最北端的淮北市砀山县历年平均降水量 752 mm , 为全省最小。 31°N 以南年平均降水量均在 1300 mm 以上, 且降水量等值线分布相对密集, 黄山、池州等地大部分地区年平均降水量在 1600 mm 以上, 全省年平均降水量最大值为黄山市祁门县的 1761 mm 。全省南北年平均降水量差异显著, 最大相差高达 1009 mm , 再次验证了安徽省明显的气候过渡带性

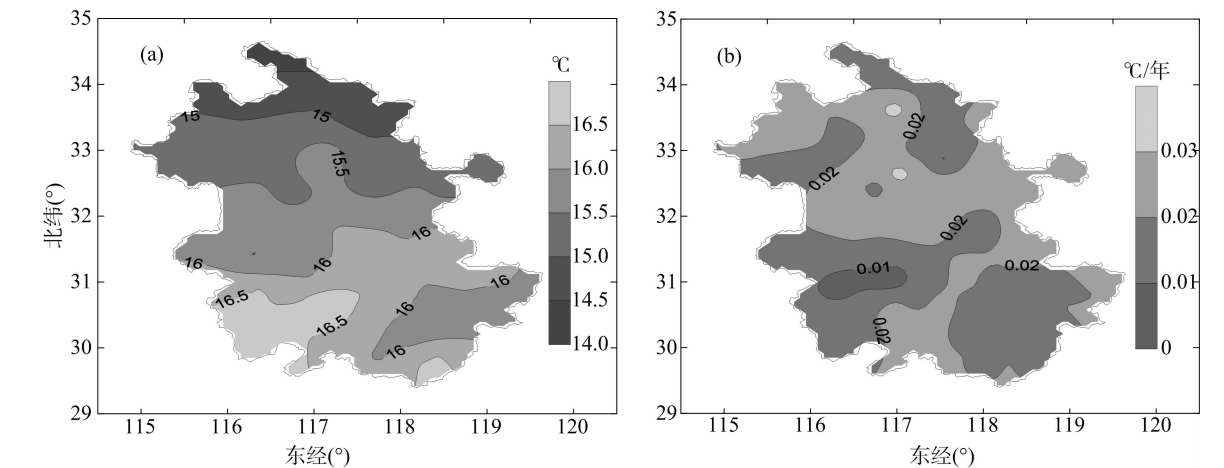


图4 安徽省 1961—2015 年平均气温(a)和气温倾向率(b)空间分布

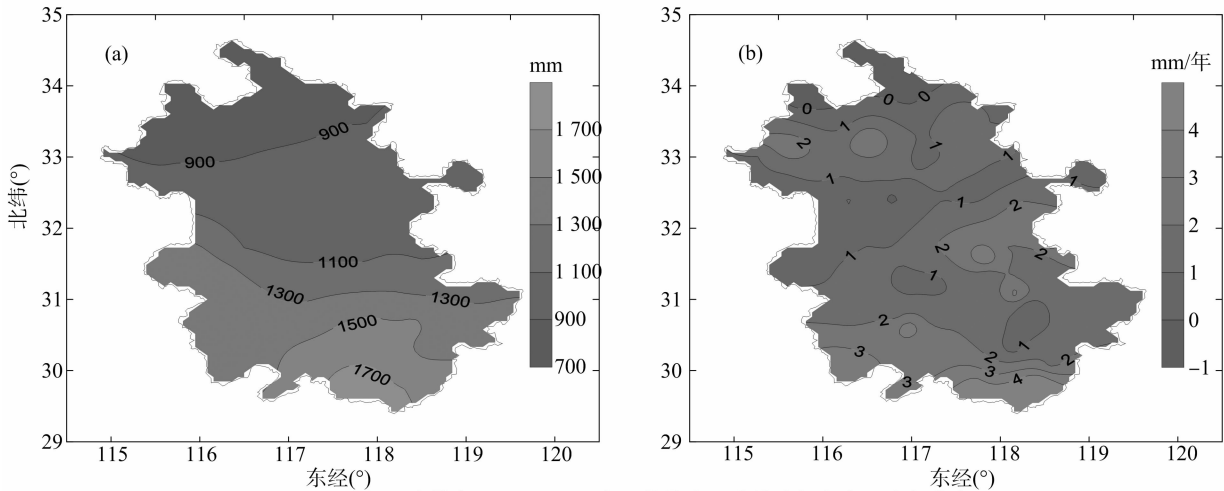


图5 安徽省 1961—2015 年平均降水(a)和降水倾向率(b)空间分布

质。分别计算 68 个站点年平均降水量的气候倾向率,图 5 - b 给出了各站降水倾向率的的空间分布情况,可以看出全省大部分地区降水量呈上升趋势,其中呈上升趋势的站点数为 64 个,占总站数的 94%,但上升幅度不明显,省域南部的黄山地区的上升幅度在 4 mm/年以上,最大为黄山屯溪,降水量气候倾向率为 6 mm/年。降水量呈下降趋势的站点主要位于省域北部的淮北、亳州部分地区,但下降趋势较弱,最大的淮北萧县下降幅度为 -1 mm/年。

2.2 气候生产力的时空演变特征

分析安徽省近 55 年气候生产力的时空变化特征(图 6),近 55 年来安徽省气候生产力总体呈波动上升趋势,上升幅度为 1.5 kg/(hm²·年),气候生产力上升趋势达到了 0.01 的显著水平。气候生产力最高值为 1 556.7 kg/hm²,出现在 1998 年,最低值为 1 207.5 kg/hm²,出现在 1978 年,最高值和最低值的差值达 349.2 kg/hm²。对气候生产力时间序列进行 Mann - Kendall 检验(图 7),可以看出,自 20 世纪 90 年代初本地区的气候生产力呈上升趋势,特别是近 10 年这种上升趋势均超过了 0.05 临界线($U_{0.05} = \pm 1.96$),表明这种上升趋势是显著的,根据 UF 和 UB 曲线的位置,确定这种上升趋势是一突变现象,具体突变点为 1995 年。

从空间分布来看,全省年均气候生产力呈现明显的南高北低趋势(图 8 - a),北部淮北、亳州等地区基本年均气候生

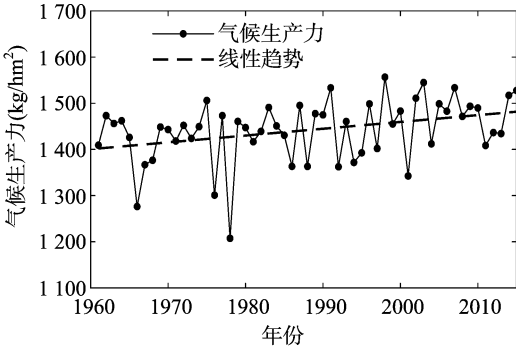


图6 安徽省 1961—2015 年气候生产力时间变化趋势

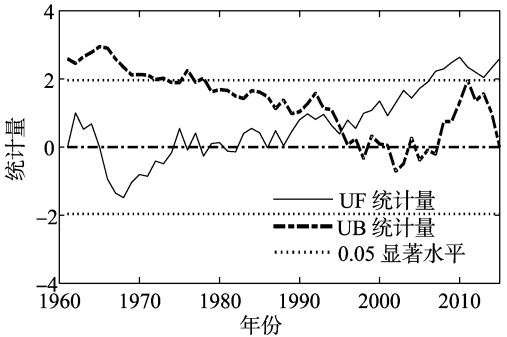


图7 安徽省 1961—2015 年气候生产力 M-K 检验

产力在 1 300 kg/hm² 以下,最小值位于省域最北部的淮北市砀山县,为 1 205 kg/hm²。南部黄山部分地区年均气候生产力超过 1 600 kg/hm²,黄山屯溪年均气候生产力最大,为 1 626 kg/hm²。全省年均气候生产力最大相差 421 kg/hm²。分别计算 68 个站点年平均气候生产力的倾向率(图 8-b),

可以看出,全省 68 个站点中除淮北萧县的倾向率为负值外[-0.1 kg/(hm²·年)],其余站点的倾向率均为正值,但空间分布规律不明显,最大值位于马鞍山站,为 2.8 kg/(hm²·年)。与气温、降水的空间分布对比,气候生产力与降水在均值和倾向率的空间分布规律都很相似,大值区对应较好。

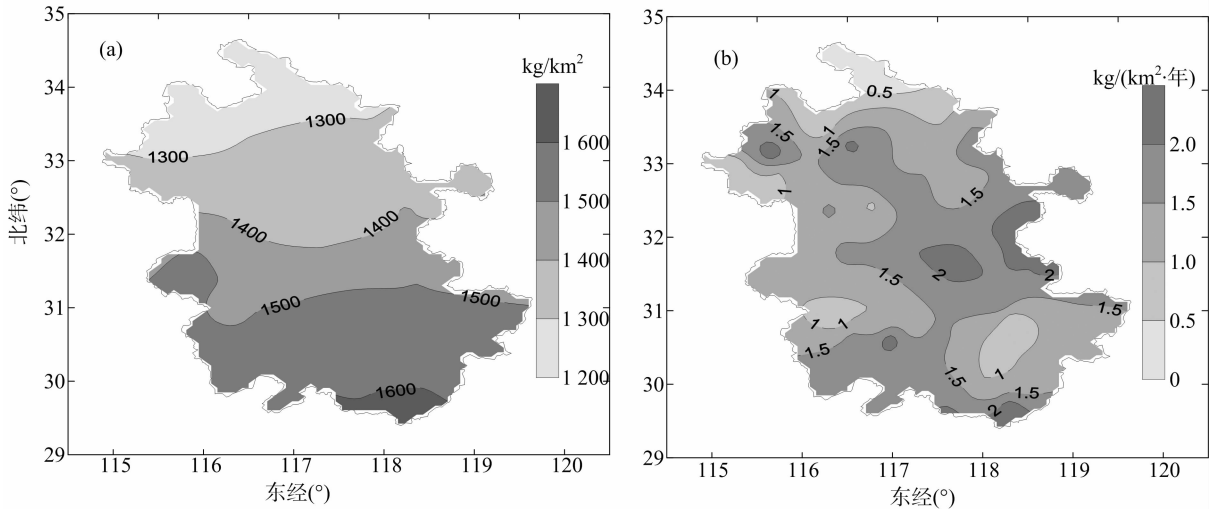


图8 安徽省 1961—2015 年平均气候生产力(a)及其倾向率(b)空间分布

2.3 气候生产力对气候变化的响应

利用相关分析和偏相关分析探讨气候生产力对气温、降水要素的敏感性(表 1),可以看出气候生产力与降水的相关性极显著,而与温度的相关性却不显著,但是在偏相关分析中,控制气温(降水)不变时,降水(气温)与气候生产力的相关性均达到极显著水平,即气候生产力受到气温、降水的双重影响。气候变化导致的全球变暖有利于气候生产力的提高,但只有在水分充足的环境下,其提高的幅度才会更大。

表 1 安徽省 1961—2015 年气候生产力与温度、降水之间的相关性

| 时段 | 相关分析 | | 偏相关分析 | |
|-------------|-------|----------|----------|----------|
| | 温度 | 降水 | 温度/降水 | 降水/温度 |
| 1961—2015 年 | 0.137 | 0.853 ** | 0.691 ** | 0.925 ** |

注:“**”表示相关性通过 0.01 水平的显著性检验;“温度/降水”表示控制降水不变,温度与气候生产力的相关性。

为进一步评价气候生产力对气候变化的响应,以 1961—2015 年全省平均气温和降水量作为基础,分别假设未来气温分别变化 -3、-2、-1、0、1、2、3℃,降水分别变化 -30%、-20%、-10%、0、10%、20%、30%,计算各种情景下气候生产力的变化百分率(表 2)。从表 2 可以看出,单一的温度升高或降水量增加都能使气候生产力提高,而气候变化是温度与降水相互配合的结果,总的来说,在“暖湿型”气候背景下,本地区气候生产力将上升 5.7%、16.8%。“冷干型”气候背景下,气候生产力将下降 5.8%、18.0%。秦大河等结合 IPCC 有关成果预测,未来我国长江中下游地区气候变化趋势以“暖湿型”为主,至 2050 年该地区年平均气温将上升 23℃,降水增多 10%左右^[15],据此预测,到 2050 年本地区气候生产力将上升 10%左右。受气候变化影响,安徽省气候生产力的上升空间较大。

表 2 安徽省年平均气温和年降水量变化背景下气候生产力变化百分率

| 年平均气温变化(℃) | 气候生产力变化(%) | | | | | | |
|------------|------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| | -30% | -20% | -10% | 0% | 10% | 20% | 30% |
| -3 | -18.0 | -14.7 | -12.2 | -10.2 | -8.7 | -7.5 | -6.5 |
| -2 | -15.5 | -11.8 | -9.0 | -6.8 | -5.0 | -3.6 | -2.5 |
| -1 | -13.0 | -9.0 | -5.8 | -3.4 | -1.4 | 0.2 | 1.5 |
| 0 | -10.6 | -6.2 | -2.7 | 0 | 2.2 | 4.0 | 5.4 |
| 1 | -8.3 | -3.5 | 0.2 | 3.3 | 5.7 | 7.7 | 9.3 |
| 2 | -6.2 | -1.0 | 3.1 | 6.4 | 9.1 | 11.3 | 13.1 |
| 3 | -4.2 | 1.3 | 5.8 | 9.4 | 12.4 | 14.8 | 16.8 |

3 结论与讨论

利用安徽省 68 个气象站 1961—2015 年温度、降水数据,分析了近 55 年来该地区温度、降水气候因子的时空变化特征,采用 Thornthwaite Memorial 模型计算气候生产力,并探讨了气候变化对该地区气候生产力的影响,主要结论如下:(1)近 55 年来安徽省升温趋势显著,升温幅度为 0.02℃/年,且该趋势为一突变现象,具体突变点为 1991 年,全省年平均气温总体南高北低,空间分布最大相差 2.6℃;降水量总体呈波动上升趋势,但上升趋势不显著,全省降水量空间差异大,最大相差 1 009 mm。(2)近 55 年来安徽省气候生产力上升趋势显著,上升幅度为 1.5 kg/(hm²·年),且该上升趋势为一突变现象,具体突变点为 1995 年,全省气候生产力呈现明显的南高北低特征。气候生产力与降水在均值和倾向率的空间分布规律都很相似,大值区对应较好。(3)气候生产力受到气温、降水的双重影响,气候变化导致的全球变暖有利于气候生产力的提高,但只有在水分充足的环境下,其提高的幅度才会更大,未来“暖湿型”的变化趋势使得安徽省气候生产力有较大的上升空间。

江春燕,罗志军,赵杰,等. 基于 DPSIR-TOPSIS 模型的江西省土地生态安全动态评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(17):294-298.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.075

基于 DPSIR-TOPSIS 模型的江西省 土地生态安全动态评价

江春燕, 罗志军, 赵杰, 赵越

(江西农业大学国土资源与环境学院/江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室,江西南昌 330045)

摘要:土地资源生态安全水平是区域资源环境经济协调发展的核心,基于 DPSIR-TOPSIS 模型构建了江西省土地生态安全评价体系,对 2006—2015 年的江西省土地生态安全进行评价,并提出提高土地生态安全水平的对策。结果表明:(1)江西省 2006—2015 年的土地资源生态安全水平总体处于不断提升的趋势,由 2006 年的较不安全转为临界安全状态。(2)各子系统中,除压力系统有下降外,驱动力系统、状态系统、影响系统、响应系统生态指数均呈现波动上升趋势。(3)2015 年江西省各地市的土地生态安全值中,南昌市为 0.6,且高于全省水平。

关键词:土地生态安全评价;驱动力-压力-状态-影响-响应(DPSIR);TOPSIS 模型;江西省;对策

中图分类号:X826 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)17-0294-05

土地融合了经济、资产、生态环境等具有可持续发展的特殊功能,因此土地资源生态安全状况与区域经济的协调发展

收稿日期:2017-04-12

基金项目:江西省科技重大专项(编号:20114ABG01100);江西省教育厅科技项目(GJJ150421)。

作者简介:江春燕(1991—),女,江西上饶人,硕士研究生,主要从事土地资源管理、“3S”应用方面研究。E-mail:jiangcy293@163.com。

通信作者:罗志军,副教授,博士,主要从事土地管理和“3S”应用方面研究。E-mail:luozj10@163.com。

气候变化是一个复杂的系统工程,事实上气候变化带来的干旱、洪涝、极端高低温等灾害性天气是不利于农业生产的。Thornthwaite Memorial 模型估算的气候生产力实际是一种潜在的第一性生产力,研究气候变化对农业生产的影响还须综合考虑自然灾害、土壤环境等生态因子以及人类活动等多种要素。

参考文献:

- [1] 丁一汇,王会军. 近百年中国气候变化科学问题的新认识[J]. 科学通报,2016,61(10):1029-1041.
- [2] 中国工程院应对气候变化的科学技术问题研究项目组. 应对气候变化的科学技术问题研究[M]. 北京:科学出版社,2015:492.
- [3] 郭建平. 气候变化对中国农业生产的影响研究进展[J]. 应用气象学报,2015,26(1):1-11.
- [4] 宋连春. 干旱地区气象研究[M]. 北京:气象出版社,2003:115-131.
- [5] 覃志豪,唐华俊,李文娟. 气候变化对我国粮食生产系统影响的研究前沿[J]. 中国农业资源与区划,2015,36(1):1-8.
- [6] Haim D, Shechter M, Berliner P. Assessing the impact of climate change on representative field crops in Israeli agriculture: a case study of wheat and cotton[J]. Climatic Change,2007,86(3/4):425-440.

密切相关。土地生态安全的概念,目前尚未形成科学的界定,其来源于 20 世纪 80 年代末兴起的“生态安全”一词,目前主要有以下 2 种:(1)土地生态安全是指在一定时空范围内,土地生态系统为人类提供一定的数量和质量的服务,且能够持续满足人类生存与发展的需求,以及土地生态系统能够维护其基本结构和重要功能不受或少受威胁的一种良好状态^[1]。(2)土地生态安全究其本质而言,指动植物等所有生物与土地及其衍生物间的动态交互作用与反作用过程,且保持该过程能够持续进行^[2]。然而,随着社会的发展进步与人类活动的加剧,造成了土地资源的不合理利用,我国一些地区陆续出现了较为严重的水土流失、草场退化、与森林资源危机等一系

- [7] Ren W, Tian H, Tao B, et al. Impacts of tropospheric ozone and climate change on net primary productivity and net carbon exchange of China's forest ecosystems[J]. Global Ecology & Biogeography,2011,20(3):391-406.
- [8] 韩玮,韩永红,杨沈斌. 1961—2011 年山东气候资源及气候生产力时空变化特征[J]. 地理科学进展,2013,32(3):425-434.
- [9] 高浩,潘学标,符瑜. 气候变化对内蒙古中部草原气候生产潜力的影响[J]. 中国农业气象,2009,30(3):277-282.
- [10] 黄维,邓祥征,何书金,等. 中国气候变化对县域粮食产量影响的计量经济分析[J]. 地理科学进展,2010,29(6):677-683.
- [11] 安徽省气候中心. 气候变化专题分析报告 第 6 期[EB/OL]. (2010-12-10)[2017-10-1]. <http://www.ahqh.org.cn/ahqhproduct>.
- [12] 周广胜. 气候变化对中国农业生产影响研究展望[J]. 气象与环境科学,2015,38(1):80-94.
- [13] 黄嘉佑. 气候统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社,2004:121-141.
- [14] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 2 版. 北京:气象出版社,2007:71-76.
- [15] 秦大河,丁一汇,苏纪兰,等. 中国气候与环境演变评估(I):中国气候与环境变化及未来趋势[J]. 气候变化研究进展,2005,1(1):4-9.