

基于气候变化对中国西瓜产业生产空间演变的研究

王志伟^{1,2}, 周佳琪³, 董煌林^{1,2}, 周杰强^{1,2}, 唐思琪^{1,2}, 李 涵⁴

(1. 湖南省农业装备研究所 长沙 410125; 2. 岳麓山实验室 长沙 410128; 3. 华中农业大学
经济管理学院 武汉 430070; 4. 湖南生物机电职业技术学院 长沙 410127)

摘要: 探究 2002—2022 年中国西瓜生产空间格局演变特征及气候因子驱动机制, 为产业布局优化与气候适宜性策略制定提供科学依据。本研究基于中国 31 个西瓜生产省(区、市)的气象数据和西瓜生产数据, 采用空间自相关分析(Moran's I)和双向固定效应模型等方法开展研究。研究期内中国西瓜总产量呈平稳波动趋势, 种植面积累计下降 19.6%, 单产累计提高 25.3%, 产业实现从外延扩张向内涵提升的集约型转型。西瓜生产空间格局由弱集聚向分散化演变, Moran's I 在 2016 年后显著下降并趋于不显著, 空间分布趋向均衡。气候变化对西瓜生产布局的影响存在显著区域异质性, 年均温度升高对西瓜生产具有普遍正向效应, 极端高温在黄淮海产区表现为显著抑制; 降水增加对西北产区西瓜生产呈负向影响; 冰雹灾害对华南产区影响显著。中国西瓜产业已进入以单产驱动为核心的集约发展阶段, 未来产业布局应遵循“分区施策、气候适应”原则, 加强气候变化监测预警与适应性技术研发, 推动产业向气候智能型方向转型。

关键词: 西瓜; 莫兰指数; 空间集聚演变; 气候因子

中图分类号: S651

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2026)08-255-09

Study on the spatial evolution of watermelon industry production in China based on climate change

Wang Zhiwei^{1,2}, Zhou Jiaqi³, Dong Huanglin^{1,2}, Zhou Jieqiang^{1,2}, Tang Siqi^{1,2}, Li Han⁴

(1. Agricultural Equipment Institute of Hunan, Changsha 410125, Hunan, China; 2. Yuelushan Laboratory, Changsha 410128, Hunan, China; 3. College of Economics and Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China; 4. Hunan Biological and Electromechanical Polytechnic, Changsha 410127, Hunan, China)

Abstract: This study investigated the evolutionary characteristics of the spatial pattern of watermelon production in China from 2002 to 2022, and the driving mechanisms of climatic factors, aiming to provide a scientific basis for industrial layout optimization and climate suitability strategy formulation. Based on the meteorological data and watermelon production data of 31 provinces (autonomous regions and municipalities) in China, this study used spatial autocorrelation analysis (Moran's I) and a two-way fixed effect model to carry out research. The results showed that during the study period, the total yield of watermelon in China exhibited a steady fluctuation trend, with planting area decreasing by 19.6% cumulatively, and per-unit yield increasing by 25.3% cumulatively, indicating that the industry has undergone an intensive transformation from extension expansion to connotation improvement. The spatial pattern of watermelon production evolved from weak agglomeration to decentralization, with Moran's I declining significantly after 2016 and becoming nonsignificant, suggesting a trend toward spatial distribution equilibrium. The impact of climate change on the distribution of watermelon production has significant regional heterogeneity. The increase of annual average temperature has a generally positive effect on watermelon production, while extreme high temperature shows significant inhibition in the Huang-Huai-Hai region. The increase of precipitation had a negative effect on watermelon production in Northwest China. Hail disaster has a significant impact on South China. In conclusion, China's watermelon industry has entered an intensive development stage driven primarily by per unit yield improvement. Future industrial layout should follow the principle of "zoning policy and climate adaptation", strengthen climate change monitoring, early warning, and adaptive technology research and development, and promote the transformation of the industry to the climate intelligent direction.

Key words: Watermelon; Moran index; Spatial agglomeration evolution; Climatic factors

收稿日期: 2026-03-30; 修回日期: 2026-07-14

基金项目: 湖南省智能农机创新研发项目(HNNJ-2023-06)

作者简介: 王志伟, 男, 副研究员, 主要从事农机农艺融合研究工作。E-mail: wangzhiwei119@163.com

通信作者: 李 涵, 女, 副研究员, 主要从事蔬菜栽培技术研究工作。E-mail: lhlhan001@163.com

伴随着气候变化不断加剧,高温、干旱、强降水等极端天气日益频发,进一步制约我国农业的气候资源的有效利用和生产潜力的释放,并加剧农业生产的不稳定性,从而使我国粮食生产面临日益严峻的减产风险^[1]。西瓜(*Citrullus lanatus*)作为一种典型的喜温耐旱经济作物,其生长发育对温度、水分等气候条件极为敏感。从种子萌发、坐果到糖分积累,均受控于气候要素的细微变化,气候波动往往直接导致产量波动与品质变化。中国是全球西瓜生产与消费第一大国,2022 年我国西瓜收获面积、产量分别为 138.40 万 hm² 和 6 038.61 万 t,分别占全球的 47.46%、60.41%^[2]。产业的稳定发展不仅关系到千万农户的经济收益,也对国内生鲜市场的供给平衡具有重要影响。近年来,中国西瓜产业正经历由规模扩张向质量效益转型的深刻变革,种植面积整体缩减,而华东产区(山东、安徽、浙江、江苏、江西、福建)和中南产区(河南、湖南、广西、湖北、广东、海南)仍保持主导地位,占总产量的 70%左右^[3],同时西北等地区凭借气候优势逐渐崛起为新兴产区。这一生产空间重构不仅是市场、技术与政策协同作用的结果,也深刻受到气候变化驱动的影响。尽管已有研究关注西瓜产业的规模变化与技术演进,或探讨单一气候因子对西瓜生长的影响,但将气候变化与生产空间演变相结合的系统性研究仍然较为有限。现有成果多侧重于产量变动的归因分析,对“气候胁迫-适应性响应-空间重构”这一链式机制尚缺乏深入解析,尤其忽视了不同气候区间的差异化演变路径。随着极端高温、区域性干旱等事件频发,传统主产区的气候适宜性下降与新兴产区的发展动能增强形成鲜明对比,亟需系统识别气候变化对西瓜生产空间格局的驱动机制及其区域异质性,从而为未来产业布局优化提供科学依据。本研究以 2002—2022 年中国西瓜主产区面板数据为基础,结合气象观测资料与农业统计数据,系统分析气温、降水等关键气候要素的时空变化特征。重点探究气候变化对不同区域西瓜种植面积、单产水平的差异化影响,揭示生产空间“集聚-扩散”的演变规律,构建气候适应性的产业空间优化模型。研究成果旨在为制定区域差异化的产业发展政策、提升农业气候韧性提供理论支撑与实践参考。

1 材料和方法

1.1 数据来源

本研究采用 2002—2022 年我国 31 个西瓜生

产省(区、市)的面板数据进行分析。气象数据(包括年降水量、温度、冰雹日数、平均最高气温)来源于国家气象科学数据中心(<http://data.cma.cn>)。农业生产数据(包括西瓜单产、种植面积、产量等)取自 2003—2023 年《中国农村统计年鉴》。

1.2 研究区概况

以中国五大西瓜优势产区为研究对象,包括黄淮海(春夏)西瓜优势区(含北京、天津、山东的全部地区,河北和河南的大部分地区)、华南(冬春)西瓜优势区[含广东、广西、海南、福建以及西南热区(云南西双版纳和四川攀枝花)]、长江流域(夏季)西瓜优势区(含西藏、四川、云南、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、贵州和上海)、西北(夏秋)西瓜优势区(含陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆和内蒙古西部地区)和东北(夏秋)西瓜优势区[含辽宁、吉林、黑龙江和内蒙古呼伦贝尔市、兴安盟、通辽市、赤峰市和锡林郭勒盟(蒙东地区)]^[4]。分别选取河南省代表黄淮海西瓜优势区、广西代表华南西瓜优势区、湖南省代表长江流域西瓜优势区、甘肃省代表西北西瓜优势区和吉林省代表东北西瓜优势区。

1.3 研究方法

1.3.1 空间自相关分析 空间自相关分析是揭示地理要素空间分布格局与关联特征的重要方法。本研究采用全局莫兰指数(Moran's I)揭示中国西瓜生产的空间分布格局与关联特征。Moran's I(I)计算公式^[5]如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})} \quad (1)$$

式中, n 为中国西瓜生产省(区、市)的数量($n=31$), x_i 和 x_j 为第 i 和 j 个地区的西瓜产量; $\bar{x}$ 为所有省(区、市)西瓜产量的平均值; w_{ij} 为空间权重值。

1.3.2 产量空间演变的气象因素分析 为探究气候因素对西瓜产区变迁的影响,本研究基于 2002—2022 年 31 个西瓜生产省(区、市)的气象面板数据,模型构建与计算通过 Stata 19 软件采用双向固定效应模型进行实证分析,计算公式如下:

$$Pr_{it} = \alpha + \alpha_1 Ra_{it} + \alpha_2 Te_{it} + \alpha_3 Fr_{it} + \alpha_4 Ha_{it} + U_i \quad (2)$$

式中, α 为常数项; $\alpha_1 \sim \alpha_4$ 为各个变量的回归系数; i 代表西瓜生产省(区、市),其取值范围为 1~31; t 代表时间,其取值范围为 2002—2022 年; U_i 为随机扰动项;各变量说明详见表 1。

1.3.3 数据处理 采用 ArcMap 10.8.1 测算 Mo-

ran's I,使用 Stata 19 软件的双向固定效应模型进行产量空间演变的气候因素分析,采用 Excel2023 进行数据分析,采用 Origin8.1 绘图。

2 结果与分析

2.1 中国西瓜生产空间集聚演变分析

2002—2022 年中国西瓜产量总体呈波动变化,整体趋势先升后稳(图 1)。2002—2015 年为波动上升期,产量从 6 256.31 万 t 增长至 6 599.42 万 t,累计增长 5.48%,年均复合增长 0.41%,2015 年达到峰值;2016—2022 年为震荡稳定期,产量在 6 153.69 万~6 324.06 万 t 之间波动,2022 年为 6 302.31 万 t,较 2016 年增长 1.31%,年均复合增长 0.22%。21 年间产量均值为 6 179.36 万 t,标准差约 196.6 万 t,变异系数约 3.18%,属于低波动水平。最大年度降幅为 2002—2003 年的 7.29%,最大增幅为 2009—2010 年的 4.82%,无极端异常值。

2002—2022 年西瓜种植面积整体呈持续下

降趋势,但波动明显(图 1)。2002 年面积为 184.683 万 hm^2 ,2022 年为 148.482 万 hm^2 ,累计下降 19.60%,年均复合下降 1.08%。分阶段看,2002—2010 年从 184.683 万 hm^2 降至 169.724 万 hm^2 ,累计下降 8.11%,年均下降 1.05%;2011—2022 年从 166.979 万 hm^2 降至 148.482 万 hm^2 ,累计下降 11.08%,年均下降 1.06%,两阶段降速基本持平。21 年间有 13 个年份面积同比下降,最大降幅出现在 2003—2004 年(9.59%),其次为 2015—2016 年(7.10%);仅 2009—2010 年、2018—2019 年等少数时段出现小幅回升。2004 年面积减少是市场连续亏损导致的自发调减,与 2003 年异常气候造成的灾害打击,以及劳动力流失引发的种植替代共同作用的结果。

2002—2022 年西瓜单产呈稳步提升趋势(图 1),是三大指标中增长趋势最明显的指标。可分为两个阶段:2002—2012 年,单产从 33.88 $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 增至 38.63 $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$,累计增长 14.04%,年均复合增长

表 1 变量设置和指标定义
Table 1 Variable setting and indicator definitions

变量 Variable		代码 Code	定义 Definition
被解释变量 Dependent variable	西瓜生产布局变化 Watermelon production layout change	Pr	各省(区、市)西瓜产量占全国产量的比值 The proportion of watermelon yield between provinces and national production
解释变量 Explanatory variable	降水量 Rainfall	Ra	年降水量 Annual precipitation
	年均温度 Annual mean temperature	Te	全年平均温度 Annual mean temperature
	冰雹日数 Hail day	Ha	全年平均冰雹日数 Average annual number of hail days
	平均最高气温 Mean maximum temperature	Mt	全年平均最高气温 The average maximum temperature throughout the year

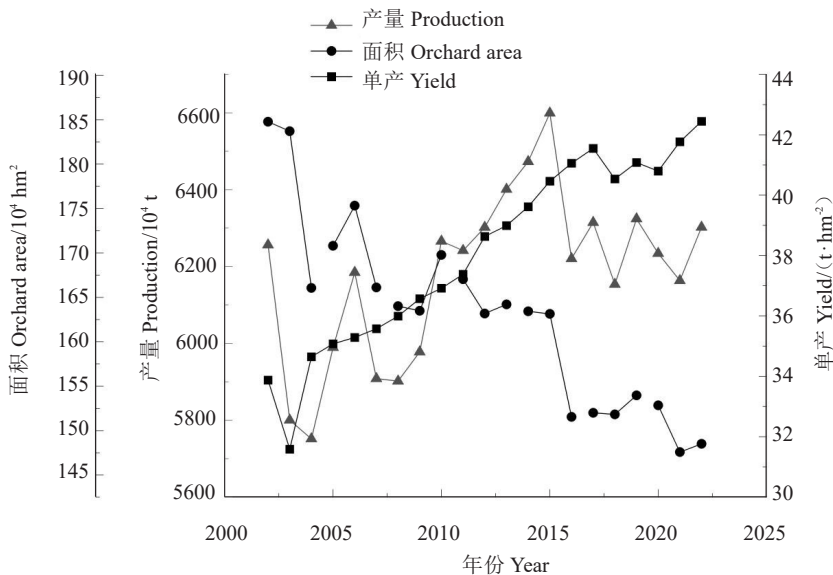


图 1 2002—2022 年中国西瓜产量、单产和种植面积变化

Fig. 1 Changes of watermelon production, yield per unit area and planting area in China from 2002 to 2022

1.32%; 2013—2022 年,单产从 38.99 t·hm⁻² 增至 42.44 t·hm⁻², 累计增长 8.85%, 年均复合增长 0.95%, 增速略有放缓。21 年间仅 3 个年份单产同比下降(2003 年、2018 年、2020 年), 最大降幅为 2003 年的 6.76%, 但多数年份保持增长, 体现了农业技术推广的稳定性。

2.2 各省(区、市)西瓜产量变化

西瓜在全国 31 个省(区、市)都有种植, 如表 2 所示, 2002 年产量超过百万 t 的省份有 14 个, 其中山东和河南的西瓜产量达到千万 t 以上, 共占全国当年西瓜总产量的 37.39%。2022 年产量超过百

万 t 的省份有 17 个, 其中河南的西瓜产量达到 1 292.32 万 t, 占全国当年西瓜总产量的 20.51%, 山东(745.04 万 t)产量较 2002 年下降了 37%, 虽仍居第二, 但领先优势缩小。黄淮海产区作为全国西瓜生产核心区的地位得到进一步巩固和加强。

区域格局呈现“北稳南增、西进东调”的趋势, 其中河北、黑龙江、辽宁等传统北方产区排名普遍下滑(如黑龙江从第 8 降至第 19), 产量下降。而西北地区异军突起, 甘肃(从第 19 升至第 8, 产量增长 274%)、新疆(从第 12 升至第 10, 产量增长 93%)、宁夏(从第 24 升至第 11, 产量增长 386%)成为增长

表 2 2002 年和 2022 年中国各省(区、市)西瓜产量
Table 2 Watermelon production in 2002 and 2022 by province in China

序号 No.	地区 Region	2002			2022		
		产量 Production/ 10 ⁴ t	占全国产量比例 Accounted for the proportion of national production/%	排名 Rank	产量 Production/ 10 ⁴ t	占全国产量比例 Accounted for the proportion of national production/	排名 Rank
1	北京 Beijing	40.23	0.64	23	9.41	0.15	29
2	天津 Tianjin	37.82	0.60	25	25.21	0.40	27
3	河北 Hebei	343.50	5.50	6	245.56	3.90	9
4	山西 Shanxi	98.98	1.58	15	45.8	0.73	24
5	内蒙古 Inner Mongolia	76.17	1.22	18	75.05	1.19	21
6	辽宁 Liaoning	63.10	1.01	20	144.06	2.29	15
7	吉林 Jilin	118.40	1.89	13	108.66	1.72	17
8	黑龙江 Heilongjiang	250.04	4.00	8	78.33	1.24	19
9	上海 Shanghai	50.58	0.81	22	11.01	0.17	28
10	江苏 Jiangsu	413.24	6.61	4	500.49	7.94	3
11	浙江 Zhejiang	212.45	3.40	9	172.15	2.73	13
12	安徽 Anhui	583.48	9.33	3	318.34	5.05	5
13	福建 Fujian	60.55	0.97	21	39.73	0.63	26
14	江西 Jiangxi	181.23	2.90	10	189.08	3.00	12
15	山东 Shandong	1 189.88	19.02	1	745.04	11.82	2
16	河南 Henan	1 149.56	18.37	2	1 292.32	20.51	1
17	湖北 Hubei	348.34	5.57	5	303.26	4.81	6
18	湖南 Hunan	252.02	4.03	7	377.97	6.00	4
19	广东 Guangdong	92.24	1.47	16	95.99	1.52	18
20	广西 Guangxi	146.08	2.33	11	282.33	4.48	7
21	海南 Hainan	34.85	0.56	26	58.96	0.94	22
22	重庆 Chongqing	21.40	0.34	29	58.64	0.93	23
23	四川 Sichuan	101.69	1.63	14	116.15	1.84	16
24	贵州 Guizhou	28.15	0.45	28	44.25	0.70	25
25	云南 Yunnan	30.32	0.48	27	75.45	1.20	20
26	西藏 Xizang	0.07	0.00	31	0.63	0.01	30
27	陕西 Shaanxi	89.71	1.43	17	169.88	2.70	14
28	甘肃 Gansu	75.29	1.20	19	281.22	4.46	8
29	青海 Qinghai	0.78	0.01	30	0.51	0.01	31
30	宁夏 Ningxia	39.90	0.64	24	193.73	3.07	11
31	新疆 Xinjiang	125.91	2.01	12	243.12	3.86	10

最快的区域。湖南(从第7升至第4)、广西(从第11升至第7)、湖北(保持前列)等南方省份地位上升。尤其是广西,产量近乎翻倍,成为南方新兴的重要产区。浙江、上海、福建、广东、北京、天津等经济发达省份的产量和排名均明显下降,这主要源于城市化挤占农业用地、劳动力成本上升以及农业产业结构向更高附加值作物调整。

2002年CR5(前五省份集中度):山东(19.02%)、河南(18.37%)、安徽(9.33%)、江苏(6.61%)、湖北(5.57%),合计占比约58.9%。2022年CR5:河南(20.51%)、山东(11.82%)、江苏(7.94%)、湖南(6.00%)、安徽(5.05%),合计占比约51.32%,湖南取代湖北进入前五。虽然CR5具体省份份额有增有减,但产业向头部省份集中的大趋势未变。CR10(前十省份集中度):由2002年的约74.6%大幅提升至2022年的81.2%。

2.3 西瓜生产布局Moran's I的变化

基于2002—2022年中国省域西瓜生产数据,采用ArcMap 10.8.1测算Moran's I,反映西瓜产业整体空间关联与集聚-离散趋势。指数介于-1~1之间,当指数 >0 时表示空间正相关(相似值集聚); <0 时表示空间负相关(相异值集聚);接近0时则表明空间随机分布。Moran's I及其显著性检验结果(表3)表明,研究期内中国西瓜产业的空间格局逐渐从“弱集聚”转向“分散化”。Moran's I整体偏低且呈下降趋势,2002—2015年Moran's I介于0.046 4~0.096 9之间,表明西瓜生产存在一定程度的正向空间自相关(即相似产量的区域在空间上聚集),但自相关强度较弱。2016—2022年Moran's I下降至0.012 0~0.025 5,接近0,说明空间集聚效应大幅减弱,趋向于空间随机分布。统计显著性的结果表明,2002—2015年间的Z得分普遍高于1.2,但P值均高于0.05,仅在2002年($P=0.066\ 5$)和2004年($P=0.102\ 6$)接近显著性边界,说明这一时期的空间自相关在统计上并不显著。2016年以后Z得分 <1 、P值均 >0.37 ,表明空间自相关不再具有统计显著性,西瓜生产呈现空间随机性。

2.4 气候变化对中国西瓜生产空间演变的影响分析

通过Stata 19软件的双向固定效应模型分析2002—2022年气候变化对中国西瓜生产空间演变的影响。回归结果(表4)表明,气候变化对中国西瓜生产布局具有显著影响,且表现出明显的区域异质性。全国层面的回归结果显示:年均温度(Te)系数为0.876($P<0.01$),在1%水平上显著正向影响,

表3 2002—2022年西瓜生产全局空间自相关分析(莫兰指数)

Table 3 Global spatial autocorrelation analysis of watermelon production from 2002 to 2022(Moran index)

年份 Year	Moran's I 指数 Moran's index	方差 Variance	Z 得分 Z-score	P 值 P-value
2002	0.096 9	0.004 8	1.835 2	0.066 5
2003	0.060 9	0.004 3	1.434 8	0.151 3
2004	0.079 4	0.004 8	1.632 6	0.102 6
2005	0.060 7	0.004 7	1.373 6	0.169 6
2006	0.063 5	0.004 6	1.430 8	0.152 5
2007	0.067 6	0.004 5	1.502 0	0.133 1
2008	0.064 1	0.004 6	1.439 7	0.150 0
2009	0.061 7	0.004 5	1.420 6	0.155 4
2010	0.051 7	0.004 4	1.286 6	0.198 2
2011	0.049 5	0.004 5	1.234 2	0.217 1
2012	0.046 4	0.004 4	1.206 0	0.227 8
2013	0.050 2	0.004 4	1.256 9	0.208 8
2014	0.053 5	0.004 6	1.278 4	0.201 1
2015	0.053 9	0.004 6	1.284 6	0.198 9
2016	0.012 0	0.004 2	0.701 8	0.482 8
2017	0.013 2	0.004 1	0.726 0	0.467 8
2018	0.021 5	0.004 1	0.852 3	0.394 0
2019	0.019 8	0.004 0	0.836 8	0.402 7
2020	0.023 3	0.004 2	0.877 1	0.380 5
2021	0.025 5	0.004 4	0.890 2	0.373 4
2022	0.021 7	0.004 3	0.836 5	0.402 9

说明温度升高总体上有利于西瓜生产布局的扩张,这与西瓜作为喜温作物的生物学特性一致;平均最高温度(Mt)系数为-0.206($P=0.434$),影响不显著,但呈现负向趋势,暗示极端高温可能对西瓜生产构成潜在胁迫;年降水量(Ra)系数为-0.066($P<0.05$),在5%水平上显著负向影响,说明降水量增加可能不利于西瓜生产布局,可能与病虫害滋生或土壤湿度过高有关;冰雹日数(Ha)系数为-0.019($P=0.179$),虽未显著,但呈现负向趋势,表明冰雹灾害对西瓜生产具有一定的抑制作用。

从五大西瓜产区回归结果来看:黄淮海产区受年均温度(Coef.=1.523, $P<0.01$)和平均最高温度(Coef.=-1.075, $P<0.01$)的显著影响,温度升高促进生产,但极端高温显著抑制生产布局;西北产区受年均温度(Coef.=2.524, $P=0.105$)正向影响接近显著,且降水量(Coef.=-0.177, $P<0.05$)显著负向影响,说明该区域西瓜生产更适宜在干燥条件下发展;华南产区受冰雹日数(Coef.=-0.037, $P<0.05$)显著负向影响,表明该区域对冰雹灾害较为敏感;东北产区和长江流域产区各气候因子影响均不显著,说明其

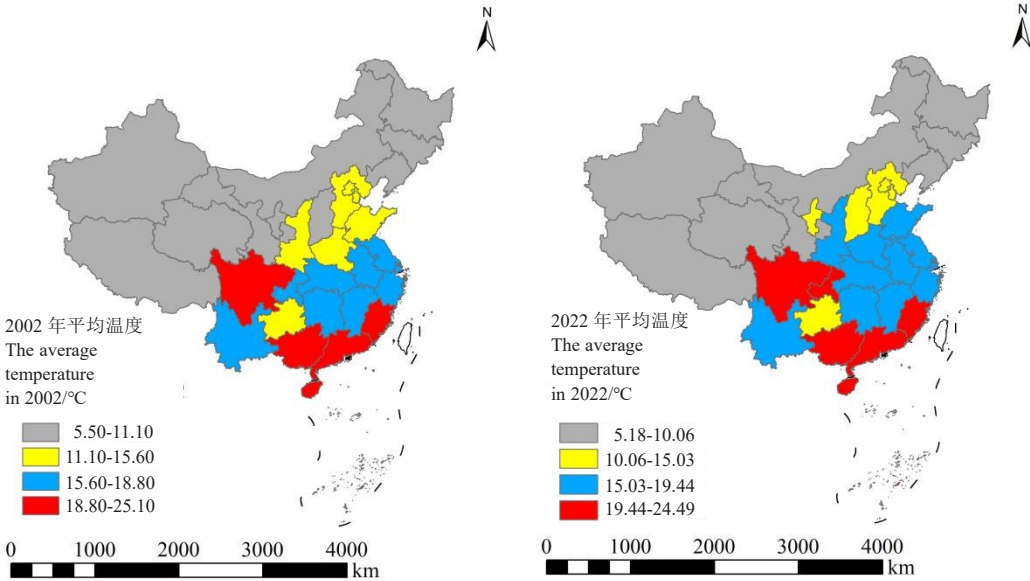
表 4 气候因素变化对中国西瓜生产空间演变的影响

气候因子 Climatic factor	全国 Nationwide		东北产区 Northeast region		黄淮海产区 Huang-Huai-Hai		长江流域产区 Yangtze River basin region		华南产区 South China region		西北产区 Northwest region	
	回归系数		回归系数		回归系数		回归系数		回归系数		回归系数	
	Coef.	P	Coef.	P	Coef.	P	Coef.	P	Coef.	P	Coef.	P
Te	0.876	0.009	0.680	0.201	1.523	0.000	0.786	0.439	0.044	0.951	2.524	0.105
Mt	-0.206	0.434	-0.491	0.230	-1.075	0.000	-0.063	0.934	0.420	0.409	-0.575	0.649
Ra	-0.066	0.033	-0.070	0.233	0.021	0.578	0.071	0.852	0.034	0.415	-0.177	0.048
Ha	-0.019	0.179	0.012	0.129	-0.032	0.592	-0.058	0.388	-0.037	0.010	0.022	0.716

生产布局受非气候因素主导或气候响应较弱。整体而言,温度因子(尤其是年均温度)是驱动西瓜生产布局变化的关键气候因子,且降水与冰雹在部分产区也表现出显著影响,说明西瓜生产对气候变化具有较强的区域响应差异。

2.4.1 基于年均温度变化的西瓜产区迁移特征分析 从图 2 可以看出 2002 年西瓜主产区对应的适宜温度带(11.10~20.10℃)主要集中在黄淮地区(河南、安徽北部)、长江中下游(江苏、浙江北部),华南地区(广东、广西)温度偏高(>20.10℃),华北北部(河北北部、山东北部)温度偏低(<11.10℃)。2022 年:适宜温度带(10.06~21.29℃)整体向北、向高纬度迁移,华北北部(河北、山东大部)、黄淮地区温度升至适宜区间,而华南地区高温范围略有扩大,长江中下游部分区域温度也偏高。西瓜产区北移趋势明显,西瓜生长最适温度为 25~30℃,年均温 11~

20℃的区域是传统优质产区。随着 2002—2022 年北方地区(如河北、山东、河南北部)年均温升高,原本温度偏低的华北北部逐渐满足西瓜生长的热量需求,产区从黄淮、长江中下游向华北平原北部、黄河流域中上游扩展。南部产区收缩与优化,2002 年华南沿海(广东珠三角、广西南部)年均温已达 18~20℃,2022 年进一步升至 21~24℃,持续高温导致西瓜坐果率下降、病虫害加剧,产区从沿海平原向粤北山区、桂北喀斯特台地收缩,这些区域海拔较高,年均温比沿海低 2~3℃,更适合西瓜生长。黄淮地区(河南、安徽、江苏北部)始终处于适宜温度带核心区,且温度稳定性较好,20 年间温度波动小于±1℃,仍是全国西瓜主产区的核心地带,同时种植规模和品种多样性进一步提升。东北南部(辽宁南部)、西北绿洲(甘肃河西走廊)等地,因年均温升高和灌溉条件改善,成为西瓜种植的新兴产区,填



注:审图号为GS(2024)0650号,自然资源部监制。

Note: Approval number: GS(2024)No.0650, supervised by the Ministry of Natural Resources.

图 2 西瓜栽培适宜年均温度区域分布

Fig. 2 Distribution of regional suitable for watermelon cultivation based on annual average temperature

充了北方传统产区北移后的空间。

2.4.2 降水量变化对西瓜气候适宜区的调节效应 通过图3可以看出,2002—2022年中国西瓜产业在五大优势产区均呈现出显著的扩张态势,产业发展是种植面积与单产提升共同驱动的结果,其中面积扩张速度慢于产量增长,单产提升起到重要作

用。黄淮海优势区作为西瓜产业的核心主产区,种植面积和产量均居全国前列,该区已形成完善的灌溉体系和种植模式,对自然降水的依赖度低,产量与降水量无明显单调相关性。长江流域优势区作为西瓜产业的稳健增长区,降水量充沛且年际间波动相对较小,西瓜产量受降水约束极小。华南优势

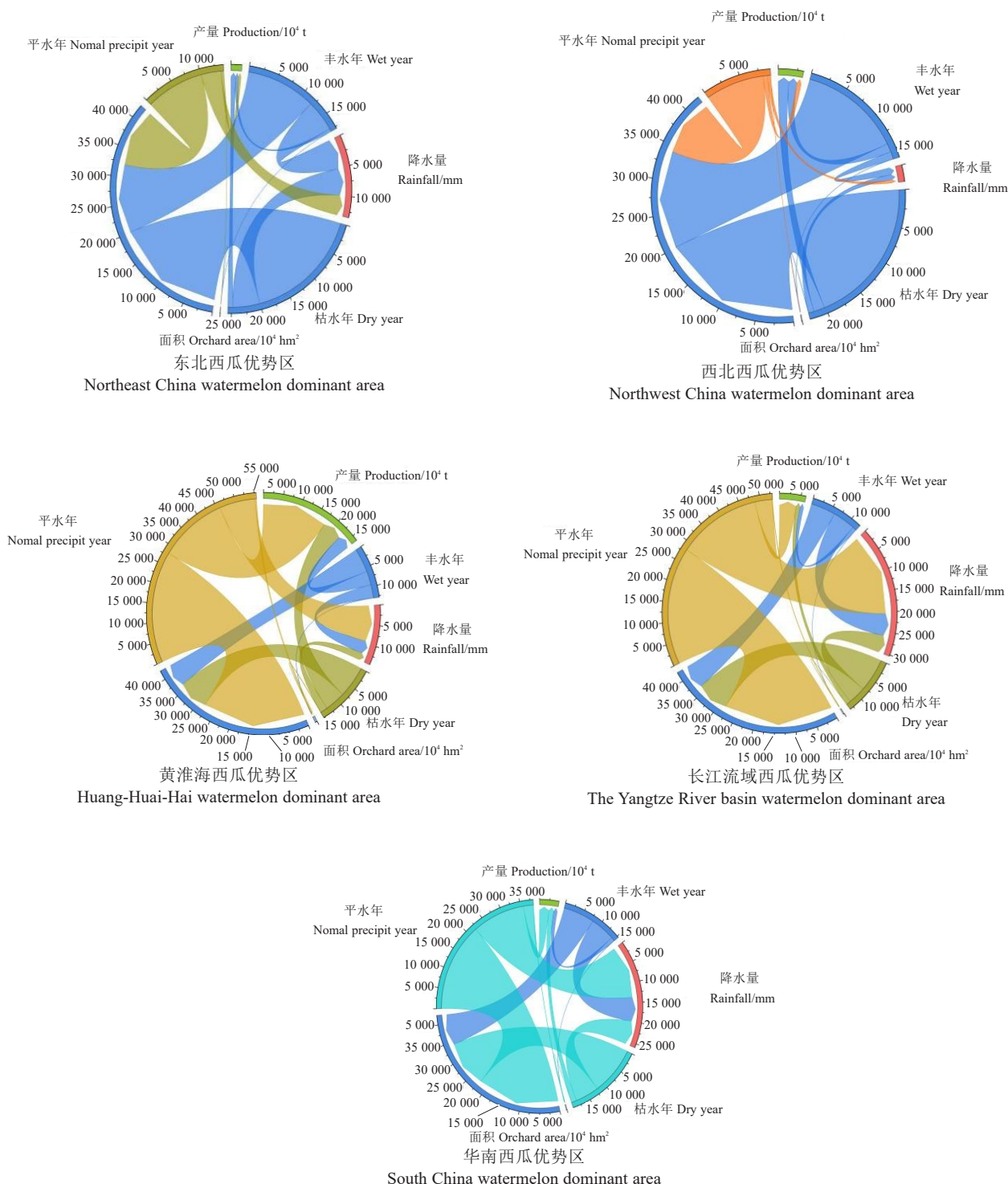


图3 不同降水年型中五大西瓜优势产区生产特征分析

Fig. 3 Analysis of production characteristics of five major watermelon producing areas in different precipitation year types

区降水量充足,西瓜面积和产量同步增长,平水年的种植面积和平均单产最高,丰水年过量的降水易造成光照不足或病虫害发生严重等影响。西北优势产区作为以灌溉主导的扩张区,产量和面积的提升几乎完全依赖于灌溉设施的完善和水资源的合理调配,自然降水的影响微乎其微。东北优势产区降水量波动大,但产量与降水量呈弱负相关趋势,表明降水并非该产区产量的主要限制因子,低温、早霜等热量条件以及市场和政策因素可能更具决定性。通过分析,结果表明中国西瓜生产已普遍进入“技术主导”阶段:除华南区降水存在非线性影响外,其余四大产区的产量与自然降水均未表现出显著正相关。灌溉技术、设施农业、抗旱抗病品种、精细化田间管理等人为技术因素已成功克服或极大缓解了水分胁迫。产业发展模式呈现鲜明区域差异,黄淮海和长江流域属于内涵增长型以提升单产和稳定性为主,面积变化小。西北地区是以大幅度扩大种植面积的外延扩张型,是未来产能增长的主要空间。华南产区和东北产区属于适应调整型,分别致力于优化高湿环境管理和应对气候与经济双重波动。

3 讨论与结论

本研究基于2002—2022年中国省级面板数据,综合运用空间自相关分析与双向固定效应模型,系统分析了气候变化背景下中国西瓜生产空间的时空演变特征,并揭示了气候因子的差异化驱动机制。中国西瓜产业已实现从“面积扩张”向“单产提升”的集约型发展转型,生产空间格局呈现“弱集聚→分散化”的演进态势,这一演变是气候变化、技术进步与经济社会发展要素共同作用的结果,其中单产不断提升与李干琼等^[9]的研究结果一致。中国西瓜种植呈现“面积持续缩减、单产稳步增长”的二元特征,凸显农业资源约束趋紧背景下产业内部的结构优化与效率提升。种植面积下降主要受城镇化推进、耕地资源竞争加剧及劳动力成本攀升等因素驱动,在东部经济发达地区表现尤为突出;单产增长则得益于品种改良、设施农业普及、水肥一体化及绿色防控等技术的推广应用,印证了技术进步已成为支撑西瓜产业可持续发展的核心动力。未来,需进一步强化优质品种选育与绿色防控技术推广,在稳定单产的基础上提升产品品质与市场竞争力。

中国西瓜生产空间集聚性整体较弱,2002—

2015年Moran's I虽多为正值,但数值均低于0.1,表明全国西瓜生产空间依赖性不强,各地生产相对独立,未形成显著的高-高或低-低集聚区,空间集聚特征不明显,与杨念等^[7]关于中国西瓜甜瓜的区域优势分析的结果一致。2016年后,莫兰指数进一步下降且不再显著,空间自相关持续减弱,生产格局逐渐向空间随机分布转变,正式迈入“分散化”发展阶段。王福红等^[8]研究发现,全国层面西瓜增产的主要贡献因素是单产水平的提升,但在省域层面多数省域西瓜增产则呈现面积主导型特征。空间格局的分散化主要源于产区布局的重构,西北干旱区(甘肃、新疆、宁夏等)^[9]及华南部分地区(广西等)^[10]依托资源优势快速崛起为新兴产区,而黑龙江^[11]、河北^[12]等部分传统产区地位相对下滑,导致全国西瓜生产空间集中度降低,这与孙立新等^[13]关于中国西瓜甜瓜生产中东北优势区地位逐渐下降的研究结论相契合。这一演变受到多重因素协同影响:一是气候比较优势的凸显,如西北优越的光热资源为西瓜种植提供了良好基础;二是技术适应性提升,设施农业与节水灌溉等技术的普及,弱化了自然条件对产业布局的地理束缚;三是市场与物流赋能,交通基础设施完善及冷链物流发展,缓解了地理邻近性对产业布局的制约;四是政策引导作用,2015年后农业供给侧结构性改革与乡村振兴战略的实施,推动西瓜生产向多区域、特色化方向发展,进一步削弱了传统集聚效应。其中,西北地区的大规模种植扩张与各产区技术水平的普遍提升,是推动全国生产格局从弱集聚走向分散化的关键因素。

气候变化对西瓜生产布局的影响存在显著区域异质性,与西瓜喜温的生理特性及不同产区的气候条件密切相关。从全国尺度来看,年均温度升高对西瓜生产具有显著正向效应;但极端高温在黄淮海产区表现出显著抑制作用,提示未来气候增温背景下该区域西瓜生产可能面临更大风险,促成黄河故道西瓜优势产区一体化建设应遵循“因地制宜、区域布局、规模适度、标准化生产”的原则^[14]。近50年我国降水量总体变化趋势不显著,区域差异明显,长江中下游地区、东南地区、西部大部分地区、东北北部和内蒙古大部分地区年降水量呈增加趋势,但华北、西北东部、东北南部年降水量呈下降趋势^[15]。降水量增加对西瓜生产整体呈负向影响,在西北干旱区尤为显著,推测与病虫害滋生及土壤湿度过高影响西瓜生长有关;华南产区则对冰雹灾害较为敏感,凸显了气象灾害防控在该区域西瓜生

产中的重要性。值得关注的是,东北与长江流域产区的气候因子影响未达显著水平,表明其西瓜生产布局更多受技术、市场与政策等非气候因素调控。

通过对2002—2022年中国西瓜生产时空格局及气候驱动机制的定量分析,研究期内,全国西瓜种植面积累计下降19.6%,单产累计提高25.3%,总产量保持相对稳定,表明产业发展模式已从外延扩张转向内涵提升,表明中国西瓜产业已进入以单产驱动为核心的集约发展阶段。西瓜生产空间格局由弱集聚向分散化演变,Moran's I在2016年后显著下降并趋于不显著,表明西瓜生产的地理集聚效应减弱,空间分布趋向均衡。新兴产区崛起与传统产区相对收缩共同推动了全国生产布局的分散化态势。气候变化对西瓜生产布局的影响具有显著区域差异,年均温度升高对西瓜生产具有普遍正向效应,极端高温在黄淮海产区表现为显著抑制;降水增加对西北产区西瓜生产呈负向影响;冰雹灾害对华南产区影响显著。不同产区对气候因子的响应程度与方向存在异质性。因此,未来西瓜产业布局应遵循“分区施策、气候适应”原则。黄淮海和长江流域产区应着力推广绿色高质高效技术,提升产业韧性;西北产区需严格以水定地,发展节水灌溉与生态友好型种植模式;华南产区应加强涝渍与病害防控体系构建;东北产区需通过保护地栽培等措施规避低温早霜风险。同时,应加强气候变化监测预警与适应性技术研发,推动西瓜产业向气候智能型方向转型。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 余家庆,夏咏.我国西瓜产业现状、问题及建议[J].现代化农业,2024(5): 25-27.
- [3] 王娟娟,李莉,尚怀国.我国西瓜甜瓜产业现状与对策建议[J].中国瓜菜,2020,33(5): 69-73.
- [4] 吴敬学,赵姜,张琳.中国西甜瓜优势产区布局及发展对策[J].中国蔬菜,2013(17): 1-5.
- [5] 张振宇,武文卿,吴俊华,等.山西苹果产业空间集聚差异及其影响因素分析[J].南方农业学报,2024,55(8): 2535-2546.
- [6] 李干琼,王志丹.我国西瓜产业发展现状及趋势分析[J].中国瓜菜,2019,32(12): 79-83.
- [7] 杨念,孙玉竹,吴敬学.中国西瓜甜瓜的区域优势分析[J].中国瓜菜,2016,29(3): 14-18.
- [8] 王福红,夏咏,丁宁,等.中国西瓜生产波动特征及增产贡献因素研究[J].中国瓜菜,2025,38(9): 233-244.
- [9] 袁瑞帆,王福红,夏咏.新疆西瓜甜瓜产业发展现状及对策建议[J].食品安全导刊,2024(29): 176-179.
- [10] 黄金艳.广西西甜瓜产业现状及“十五五”高质量发展对策建议[J].农业研究与应用,2026,39(1): 15-25.
- [11] 贾云鹤,王喜庆,付永凯,等.黑龙江省西瓜生产现状调研分析[J].蔬菜,2022(12): 50-54.
- [12] 张敬敬,武彦荣,高秀瑞,等.河北省西瓜甜瓜产业现状及发展趋势[J].中国瓜菜,2016,29(12): 55-57.
- [13] 孙立新,王晓君,吴敬学,等.中国西瓜甜瓜生产区域布局变迁及驱动因素研究[J].中国农业资源与区划,2023,44(8): 42-51.
- [14] 刘文革,徐小利,潘秀清,等.黄河故道地区西瓜甜瓜产业分析和建议[J].中国瓜菜,2022,35(8): 1-11.
- [15] 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.