

王太祥,董舒婷. 气候变化对我国棉花产量的影响——基于C-D-C模型的实证分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):383-386.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.098

气候变化对我国棉花产量的影响

——基于C-D-C模型的实证分析

王太祥,董舒婷

(石河子大学经济与管理学院,新疆石河子 832000)

摘要:以温度升高为主要特征的气候变化问题已经对人类的生产、生活造成影响,尤其是农业生产领域受气候影响更为显著。基于全国9个棉花主产省份1988—2015年的面板数据,将积温、降水、日照时间引入柯布-道格拉斯生产函数(C-D生产函数),建立经济-气候模型(简称C-D-C模型)。实证结果显示,积温显著正向影响我国棉花产量,降水、日照时间显著负向影响棉花产量。气候因素对棉花产量的影响存在区域差异,积温对西北内陆、长江中下游棉区棉花产量存在一定负向影响,对黄河中下游存在一定正向影响;降水量对黄河中下游、长江中下游棉区棉花产量存在显著负向影响;日照时间对长江中下游棉区存在显著负向影响,对西北内陆、黄河中下游棉区存在一定正向影响。从气象信息预报、棉田基础设施建设、棉花种植布局等方面提出相应建议。

关键词:气候变化;棉花产量;三大棉区;C-D-C模型

中图分类号: F326.12 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0383-04

以增温为主要特征的气候变化问题是世界各国政府、学术界及社会公众广泛关注的焦点问题。1880—2012年全球平均地温升高0.85℃,1951—2012年全球地温升温速率是1880年以来升温速率的2倍^[1]。我国气候变化情况与全球气候变化趋势基本一致,《第二次气候变化国家评估报告》指出,近100年我国地温年均升高0.5~0.8℃。与气候息息相关的农业生产领域受气候变化的影响更为直接,气候变化势必会对农作物自然生长造成影响,进而影响作物生产。研究表明,气候变化对农业生产的不利影响已经显现^[2],严重冲击了我国农业生产领域,制约我国农业生产可持续发展^[3]。气候变化易使水资源供需矛盾尖锐化,引发干旱、洪涝等极端气候事件,加重农业病虫害^[4],致使农作物产量受影响。据统计,截至2030年,气候变化可能导致我国种植业产量减少5%~10%;至21世纪后期,小麦、水稻、玉米等主要粮食作物产量最大可减少37%^[5]。

我国有200多个县的财政收入、2亿农民的经济来源、1000多万纺织工业和棉花流通领域的劳动力与棉花产业息息相关^[6]。而全球气候变化对棉花生产是利还是弊,目前尚存在争论。Hebbar等利用大气环流模式和棉花生长季模型相结合的方法,研究了气温变化对印度棉花产量的影响,认为平均气温上升会降低棉花的产量^[7];Assad等利用棉水平衡模型,研究了气温变化对巴西棉花产量的影响,认为气温升高将不利于巴西棉花的种植^[8]。气候变化对不同地区棉花生

产的影响存在显著差异,李迎春等基于1961—2007年新疆北疆棉区气象资料,采用气候趋势系数等方法分析发现,棉花生长季平均气温升高、降水增多、日照时数减少等气候条件的变化对棉花生产的影响以有利为主^[9];而岳伟等利用1961—2010年的气象数据,采用线性趋势法和Mann-Kendall非参数检验法研究发现,气候变化不利于安徽沿江地区棉花的增产^[10]。

显然,仅从气候变化或要素投入、技术进步的视角来研究棉花生产有失偏颇。为了有效地揭示气候变化对我国棉花产量的影响,在要素投入和技术进步的基础上,本研究借鉴以往研究结果,利用我国9个棉花主产省份1988—2015年的面板数据,基于C-D-C模型(经济-气候新模型),引入积温、降水以及日照时间3个气候变量,探究气候变化及其3个维度对我国棉花产量的影响,并探讨在不同区域气候变化对该区域棉花产量的影响。

1 模型构建与数据说明

1.1 模型构建

棉花产量受诸多因素的综合影响,它是自然条件、社会资本投入共同作用的过程,不仅受到气候因素与要素投入的影响,还要受技术进步的影响。因此,为探究气候变化对棉花产量的影响,理论模型设定如下:

$$Y = (X, C, TE) \quad (1)$$

式中:Y表示棉花产量;X表示一系列的土地、化肥、机械等要素投入;C为积温、降水量、日照时间等气候变量;TE为反映技术进步的变量。

基于理论模型(1),代入解释变量积温、降水量、日照时间、棉花种植面积、化肥投入、农业机械投入、技术进步及被解释变量棉花产量,建立模型(2),具体为

$$\ln Y_{it} = \alpha_0 + b_1 \ln(AT_{it}) + b_2 \ln(RF_{it}) + b_3 \ln(IT_{it}) + b_4 \ln(AC_{it}) + b_5 \ln(FT_{it}) + b_6 \ln(AM_{it}) + b_7 TE + \lambda_{it} \quad (2)$$

收稿日期:2018-03-23

基金项目:国家自然科学基金(编号:71563040、71663043);新疆维吾尔自治区普通高校毕业生人文社科重点研究基地项目(编号:XJEDU020215C05)。

作者简介:王太祥(1980—),男,安徽安庆人,博士,副教授,主要从事涉农产业经济研究。E-mail:wtx8007@126.com。

通信作者:董舒婷,硕士研究生,研究方向为涉农产业经济。

E-mail:joan_optimistic@126.com。

式中: i 和 t 代表第 i 省的第 t 年份; Y_{it} 表示棉花产量; AT_{it} 表示棉花生长期的积温; RF_{it} 表示棉花生长期的降水总量; IT_{it} 表示棉花生长季节的日照时间总量; AC_{it} 表示棉花种植面积; FT_{it} 表示棉花生产的化肥投入; AM_{it} 表示棉花生产的农业机械投入; λ_{it} 为随机扰动项; α_0 为常数项; b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 、 b_5 、 b_6 、 b_7 为回归系数。

由于不同区域气候条件存在差异,气候因素对不同区域棉花产量的影响程度也可能有所不同。因此在模型(2)的基础上,将全国9个棉花主产省分为3个片区分别进行回归,具体分为黄河中下游棉区、长江中下游棉区、西北内陆棉区。将研究整体按照地理方位划分为三大棉区来探究气候变化对不同区域棉花产量的影响有助于更细致地观察气候变化的区域影响效应。

1.2 数据来源及变量处理

1.2.1 数据来源

除青藏高原和黑龙江省受热量条件限制不能植棉外,棉花在我国广泛种植,全国有产量统计的省区达24个。按照种植区的形成现状及地理、地貌类型,划分为西北内陆、长江中下游以及黄河中下游三大棉区。本研究选择新疆、山东、河北、湖北、安徽、江苏、河南、江西、甘肃等9个棉花种植省份作为研究对象,引入气候变化因素,考察气候变化对我国棉花产量的影响。

本研究涉及的气候数据来源于中国气象数据网;棉花投入产出数据来源于国家统计局所编的《中国统计年鉴》、农业部所编的《中国农业年鉴》及各省所编的省级统计年鉴。

1.2.2 主要变量处理

参考部分学者的做法^[11],本研究对部分变量做如下处理:化肥投入(FT)以研究区域当年种植棉花所施用的化肥总量($\times 10^2$ t)表示,计算方法如下: $FT = \text{化肥施用量} \times (\text{棉花播种面积} / \text{农作物播种面积})$ 。农业机械投入(AM)以每个省棉花生产所用农业机械动力($\times 10^3$ kW·h)投入表示,计算公式为 $AM = \text{农业机械总动力} \times (\text{棉花播种面积} / \text{农作物播种面积})$ 。积温(AT)以每个棉花主产省的主要棉花生产区的棉花生长季(一般为4—10月)积温($^{\circ}\text{C}$)表示,积温计算公式为 $AT = \sum \max(0, T_i - T_b)$,其中, T_i 为第 i 天的日均气温, T_b 为棉花的生物学下限温度,本研究取 10°C 。降水量(RF)以每个棉花主产省的主要棉花生产区的棉花生长季节降水总量(mm)表示。日照时间(IT)以每个棉花主产省主要棉花生产区棉花生长季日照时间(h)表示。技术进步(TE)是由棉花单产本期数与基期数的比值系数反映,以1988年为基期,计算公式为

$$TE = \frac{\text{棉花单产 } t_i}{1988 \text{ 年棉花单产}} \quad (3)$$

式中: t_i 为第 i 个省 t 年。

2 实证模型分析结果

2.1 模型设定检验

本研究运用 stata14.0 软件,对模型进行相关检验,结果如表1、表2显示。Kao 检验结果表明在1%显著性水平下拒绝不存在协整性关系的原假设,说明模型各变量间存在协整关系,模型不存在伪回归情况。Hausman 检验结果表明,模型在1%显著性水平下拒绝随机效应模型,选择固定效应模型。Wooldridge 检验、Pesaran 检验、Modified Wald 检验结果表明,

在1%显著性水平下拒绝不存在组间相关性、组间异方差的原假设,接受不存在组内相关性的原假设,即模型存在组间相关性及组间异方差。最后,对面板数据模型进行内生性检验,为了克服可能存在的内生性问题造成的估计偏误,使用工具变量(滞后1期和滞后2期的原变量)来对模型进行内生性检验。根据 DHW 检验结果显示,在1%显著性水平下拒绝了技术进步这一变量为外生变量的原假设,即技术进步存在内生性问题。

表1 模型设定检验结果

项目	协整 Kao 检验	固定效应 Hausman 检验	组内相关性 Wooldridge 检验	组间相关性 Pesaran 检验	组间异方差 Modified Wald 检验
检验值	-2.671 2	110.28	8.428	66.748	164.94
P 值	0.003 8	0.000 0	0.019 8	0.001 4	0.000 0

表2 模型内生性检验结果

项目	lnAT	lnRF	lnIT	lnAC	lnFT	lnAM	TE
P 值	0.754 9	0.160 8	0.128 8	0.127 1	0.965 5	0.877 2	0.086 6

2.2 实证结果分析

本研究选用省级面板数据,它的优势在于面板数据能反映个体存在的异质性,即时间、空间上的抑制效应,显著提高样本自由度,使参数估计结果更为准确。综合考虑面板模型相关检验结果,采用工具变量法 2SLS(两阶段最小二乘法, two stage least square)进行估计,具体估计结果见表3。

由表3可知,模型结果总体上较好,拟合优度 r^2 为0.738 1,说明研究区域棉花产量影响因素方程的解释能力为73.81%,即气候变量与控制变量(棉花种植面积、农业机械投入、化肥投入、技术进步)能够对棉花产量的73.81%做出解释。气候变量中,积温的显著性水平为1%,方向为正;降水量、日照时间的显著性水平分别为1%、5%,且方向均为负。控制变量中,化肥投入、种植面积通过显著性检验,显著性水平分别为1%、5%,方向均为正;农业机械投入、技术进步未通过显著性检验。

2.2.1 积温对棉花产量的影响

从模型结果可以看出,棉花生长季积温在1%水平上通过显著性检验,方向为正表明积温增加会引起我国棉花产量增加。一般来说,棉花全生长期均需要较高的温度,积温越高意味着棉花全生长期的温度越高,越有利于棉花生产。然而,不同生长期对积温的要求不同。棉花播种期、出苗期温度越高越利于棉种的萌发和棉苗的生长,但是过高和过低的温度会延缓棉种的萌发和影响根系生长,使出叶速度减缓,棉苗生长变慢。开花结铃期最适温度一般为 $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$,过高、过低的温度都不适宜棉株开花,温度过低可能引起雌蕊异常,降低受精率,影响棉铃正常发育;温度过高易使雄蕊发育不正常,妨碍棉株正常光合作用,铃质量下降;吐絮成熟期棉花生长逐渐衰弱,积温过低、过高容易造成棉花的早衰、贪青、烂铃等问题,不利于棉花增产。

2.2.2 降水量对棉花产量的影响

从模型结果可以看出,降水量在1%水平上通过显著性检验且其系数为负,表明降水总量的增加不利于棉花增产。棉花全生长期最适需水量一般为 $450 \sim 620$ mm,不同阶段耗水量差异较大。随着棉株的不断增大,耗水量也逐渐增多,一般规律为早期耗水量少,中期耗水量多,后期随着棉株生长活力的减退,耗水量又减少。降

表3 我国棉花产量影响因素模型回归结果

变量/检验统计量	固定效应	FGLS	2SLS
lnAT	0.323 229 4** (1.27)	0.120 795 7(0.45)	0.908 772 3*** (3.65)
lnRF	-0.131 12** (-2.33)	-0.132 626 5*** (-2.93)	-0.289 237 1*** (-5.11)
lnIT	0.189 876 1(0.97)	0.188 129 2(1.02)	-0.570 972 1** (-2.38)
lnAC	0.439 945 4*** (5.49)	0.556 134 3*** (5.59)	0.262 929 4** (2.44)
lnAM	0.185 979 8*** (3.46)	0.118 712 1(1.53)	0.017 103 6(0.26)
lnFT	0.273 573 9*** (3.22)	0.241 392 5*** (3.37)	0.535 812 2*** (4.56)
TE	0.046 125 7*** (20.17)	0.048 118 9*** (9.51)	-0.002 901(-1.43)
c	-3.233 724(-1.17)	-10.904 45(-1.14)	0.302 862 8(0.08)
r ²	0.865 3		0.738 1
wald		3 236.04	633.38

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。Sargan(P -val)=0.420 92 > 0.1,表示工具变量选择合理,不存在过度识别。括号内数值为 t 值。

水量的多少及其分布直接影响棉花铃数,并最终影响棉花产量。若降水过多导致棉田积水,土壤中氧气不足,根系功能受阻,也会加重蕾铃脱落,直接影响棉花产量。

2.2.3 日照时间对棉花产量的影响 日照时间通过5%水平的显著性检验,且系数为负,表明日照时间的增加会负向影响棉花产量。棉花虽然是好光作物,但不同生长期对日照的需求也会不同。播种期、出苗期日照时间正向影响棉花产量,日照越充足越有利于棉株现蕾;蕾期日照时间会对棉花产量产生负效应,主要是因为苗期降水量较少,日照时间越多则容易导致水分缺失,不利于棉株的生长发育;花铃期日照时间对棉花产量产生正效应;吐絮期日照时间负向影响棉花产量,主要是日照时间长导致水分相对减少,影响铃质量,造成棉花早衰。因此,日照时间对棉花产量造成负向影响可能是因为在棉花生长的蕾期和吐絮期光照时间较多,而在其他生长阶段光照时间较少。

2.2.4 控制变量对棉花产量的影响 从模型结果可知,化肥投入量、种植面积在1%和5%的显著性水平下显著且值为正,农业机械投入不显著。具体来看,棉花种植面积每增加1%,我国棉花总产量将增加0.26%,由此说明我国棉花产量的增加在很大程度上依赖于耕地资源,然而,由于耕地资源的稀缺和其他经济作物种植面积的增长,我国棉花种植面积呈持续减少的态势。化肥投入增加1%,我国棉花产量将会增加0.54%,说明化肥投入仍然可以作为棉花增产的重要动力,但要同时考虑到环境保护和生态农业的可持续发展。

进一步分析三大棉花产区,结果表明长江中下游棉区、西北内陆棉区的积温对棉花产量的增加产生消极作用,黄河中下游棉区积温对棉花产量的增加产生积极作用,但回归结果均未通过显著性检验;长江中下游棉区、黄河中下游棉区降水量对棉花产量有负向影响,且分别在1%和5%的显著性水平下显著,说明降水量的增加将增加棉花产量,而西北内陆棉区降水量虽负向影响棉花产量但效果不显著;长江中下游棉区日照时间显著负向影响棉花产量,显著性水平为5%;长江中下游、西北内陆棉区种植面积均在1%显著性水平下正向影响棉花产量,在其他因素保持不变的情况下,种植面积每增加1%,棉花分别增产1.08%和0.99%;黄河中下游棉区、长江中下游棉区机械投入分别在10%、5%的显著性水平下对棉花增产起到了促进作用,在其他因素保持不变的情况下,机械

投入每增加1%,棉花产量分别增加0.33%、0.10%;黄河中下游棉区化肥投入在1%显著性水平下对棉花产量产生正向影响,化肥投入每增加1%,棉花增产0.6%;三大棉区技术进步均在1%显著性水平下正向影响棉花产量,即技术进步对棉花产量的边际贡献率分别为5.73%、69.91%和35.25%(表4)。由此可见棉花产业在技术方面有很大的进步空间,科技仍然是保障我国棉花稳产、增产的持久动力。

3 结论与建议

通过以上实证分析表明,气候变化能够显著影响我国棉花产量。3个气候变量中,日照时间、降水量对我国棉花产量有显著负向影响,积温显著正向影响我国棉花产量。以上结果存在区域性差异,其中积温增加不利于西北内陆棉区和长江中下游棉区棉花增产,利于黄河中下游棉区棉花增产;降水量负向影响三大棉区棉花产量,长江中下游棉区通过显著性检验;日照时间正向影响黄河中下游、西北内陆棉区棉花增产,显著负向影响长江中下游棉区棉花产量。根据以上研究结论,提出我国棉花产区适应气候变化的策略如下:

(1)完善气候预报、预警、预防体系。加强气候信息预报、预警、预防体系的建设,进一步畅通气候预报信息传输渠道,把有关气候预报信息及时传输到农户层面,提高农户对气候变化的感知和认知意识,协助农户及时采取相关适应性措施以减缓气候变化的不利影响。

(2)加强棉田水利基础设施建设。要进一步加强棉田水利基础设施的建设,治理、维护水利工程,使库、坝、堤、渠等设施充分发挥节水、保水、用水、集水协调一致的功效益,切实提高棉花生产过程中应对气候变化的能力和减灾能力。从各区域来看,黄河中下游棉区、长江中下游棉区要注意洪涝灾害的发生,增加排涝设施和蓄水设施的投入,而西北内陆棉区由于水资源匮乏,水利设施相对落后,所以要注意增加水利灌溉设施的投资力度,保障农业水资源的供应,并大力推广和采用节水灌溉及研发耐旱棉花新品种。

(3)合理调整棉花种植布局。气候变化使棉花生长期的热量资源和光能资源增加,如何充分使用充足的光能和热能是能否应对气候变化、促使棉花增产的关键所在。棉花的种植应适应气候的变化,适宜的迁移棉田,选取更为优良的气候环境种植棉花。调整棉花种植密度与种植时间,充分利用日

表4 我国不同地区棉花产量影响因素回归结果

变量/检验统计量	黄河中下游棉区		西北内陆棉区	
	固定效应	FGLS	随机效应	FGLS
C	-8.424 768(-1.35)	67.499 39(2.54)	-0.424 997 4(-0.12)	8.556 037(0.72)
lnAT	1.130 335** (2.10)	0.277 059 6(0.97)	-0.171 333 5(-0.65)	-0.039 216 9(-0.19)
lnRF	-0.238 749(-1.46)	-0.118 457** (-2.224)	-0.003 296(-0.08)	-0.016 539 5(-0.81)
lnIT	0.014 007 9(0.03)	0.061 326(1.30)	0.198 077 4(0.66)	0.041 786 2(0.29)
lnAC	0.098 197 9(0.47)	-0.158 567 1(-0.79)	0.778 390*** (4.77)	0.993 679*** (10.57)
lnAM	0.053 160 6(0.29)	0.332 923 4*(1.86)	0.208 039*** (5.54)	-0.041 121 5(-0.41)
lnFT	0.591 334 9	0.599 940*** (3.50)	-0.037 736 7(-0.39)	0.099 887 6(1.50)
TE	0.043 14*** (11.76)	0.057 26*** (2.54)	0.461 221*** (6.08)	0.491 222*** (12.83)
r ²	0.965 0		1.000 0	
wald		508.85		11 710.39

变量/检验统计量	长江中下游棉区		
	固定效应	FGLS	2SLS
C	2.069 423(-1.55)	0.357 901 5(0.12)	15.940 1(3.05)
lnAT	-0.244 807 6(-1.82)	-0.263 832** (-2.33)	-0.397 868 1(-1.62)
lnRF	-0.051 716 7*(0.60)	-0.042 122** (-2.14)	-0.367 941 5*** (-4.89)
lnIT	0.043 786 6(23.76)	0.068 042 1(1.43)	-0.996 743 3** (-3.33)
lnAC	0.904 423*** (1.95)	0.918 022*** (24.2)	1.078 03*** (12.16)
lnAM	-0.046 556** (24.82)	-0.073 05*** (2.97)	0.104 481 4** (2.21)
lnFT	0.061 134 3*(-2.05)	0.084 697*** (-3.01)	-0.061 421 4(-0.83)
TE	0.699 143*** (1.22)	0.688 726*** (31.73)	0.352 479 9*** (8.21)
r ²	0.970 1		0.922 5
wald		7 980.31	1 220.91

注：*、**、***分别表示在10%、5%、1%的显著性水平下显著。Sargan(P-val)=0.150 59>0.1表示工具变量不存在过度识别。括号内数值为t值。根据Hausman检验结果，西北内陆棉区选择随机效应模型；黄河中下游棉区、西北内陆棉区不存在内生性问题，所以结果以广义最小二乘法FGLS为准；长江中下游棉区存在内生性问题，结果以2SLS为准。

益丰富的热量资源发展减轻气候变化的有效途径。

(4)积极引进、培育棉花新品种。通过品种选育来降低气候变化对棉花产量的不利影响，是未来棉花产业发展适应性气候变化的必然趋势。三大棉花产区有不同的区域优、劣势，如西北内陆棉区高海拔、日照充足、光热资源丰富、昼夜温差大、空气湿度小，但土壤匮乏且干旱缺水；而长江中下游棉区气候湿润、无霜期长、土壤肥沃，但光照不足、病虫害严重；黄河中下游棉区热量条件好、水资源充足、土壤肥沃，但初夏多旱、伏雨较集中。因此，依据三大棉花产区的区域特征，因地制宜地引进和培育棉花新品种，使各棉区种植更适宜该区域环境条件的棉花是适应气候变化的又一重要举措。

(5)提高要素使用效率。棉花种植应以提高要素生产效率为工作重点，通过科学的棉田管理，合理配置和使用资源，以实现棉花最优生产。具体措施包括推广绿色棉花种植技术，将化肥与绿色有机肥配合施用，因地制宜制定科学的施用数量、方法和养分配比；推进植棉全程机械化，实现农机与农艺的有机结合，以缓解农村劳动人口相对不足的压力；提高劳动资源配置效率，调整农村劳动资源配置结构；提高土地使用效率，调整棉花生产布局。

参考文献：

[1] IPCC. Climate change 2013: the physical science basis[EB/OL]. [2017-10-08]. <http://www.ipcc.ch>.

- [2] 矫梅燕,周广胜,陈振林.气候变化对中国农业影响评估报告(No. 1)[M].北京:社会科学文献出版社,2014.
- [3] 尹朝静,李谷成,范丽霞,等.气候变化、科技存量与农业生产率增长[J].中国农村经济,2016(5):16-28.
- [4] 崔静,王秀清,辛贤.气候变化对中国粮食生产的影响研究[J].经济社会体制比较,2011(2):54-60.
- [5] 吕亚荣,陈淑芬.农民对气候变化的认知及适应性行为分析[J].中国农村经济,2010(7):75-86.
- [6] 张杰,王力,赵新民.我国棉花产业的困境与出路[J].农业经济问题,2014,35(9):28-34,110.
- [7] Hebbar K B, Venugopalan M V, Prakash A H, et al. Simulating the impacts of climate change on cotton production in India[J]. Climatic Change, 2013, 118(3/4):701-713.
- [8] Assad E D, Martins S C, Pinto H S. Impacts of climate change on the agricultural zoning of climate risk for cotton cultivation in Brazil[J]. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2013, 48(1):1-8.
- [9] 李迎春,谢国辉,王润元,等.北疆棉区棉花生长季气候变化特征及其对棉花发育的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):253-258.
- [10] 岳伟,曹雯,姚筠,等.安徽省沿江地区棉花生长季气候变化特征及其对产量的影响[J].长江流域资源与环境,2014,23(9):1308-1314.
- [11] 周曙东,朱红根.气候变化对中国南方水稻产量的经济影响及其适应策略[J].中国人口·资源与环境,2010,20(10):152-157.