

中国气候变化对县域粮食产量影响的计量经济分析

黄 维^{1,2,3}, 邓祥征^{1,2}, 何书金¹, 林英志^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院农业政策研究中心, 北京 100101;
3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要: 利用中国 1988、1995、2000 和 2005 年县级面板数据构建了包含气候变化因素、投入要素、自然环境条件变量的面板数据随机效应计量模型, 并利用该模型研究了中国县域气候变化(主要以 1988–2005 年间气温、降水变动)对粮食产量的影响。研究表明, 从整体上看, 一定幅度内的气温上升和降水增加对我国粮食产量变动有正向作用。将气温、降水变动的影响分解到不同省份上后, 可以发现气温、降水变动对中国县域粮食产量的影响存在明显的区域分异特征。气温上升和降水量的增加对中国东北、华北以及西北部省份的粮食产量提升有利, 对其他省区则会产生小幅负面影响。对气温、降水变动分季进行考察的结果表明, 气温、降水变动对中国县域粮食产量的影响存在季节性差异, 譬如春季气温变动对中国县域粮食产量的影响并不显著, 但是夏、秋、冬 3 季的气温对中国县域粮食产量有显著的影响, 不过其影响的程度与效果各异。春、夏两季降水对中国粮食产量变化存在显著影响。

关 键 词: 气候变化; 粮食产量; 计量经济分析; 面板数据模型; 随机效应模型; 中国; 县域

1 引言

全球气候变化及其对粮食产量的影响已经引起了国内外学者及相关国际组织的广泛关注^[1]。中国地处东亚季风区, 是世界上气候变化最为显著、气象灾害最为频繁的国家之一。早在 20 世纪末, 中国就有学者研究粮食产量变化的诸多影响因素^[2]。大多基于中国近 50 年的粮食产量统计资料, 分析各个年代主要粮食作物产量与影响粮食产量变化的因素之间的关系。研究结果表明, 气候变化及其他因素(如播种面积、农用化肥使用量、农业机械总动力、自然灾害等)对中国农业生产均有影响^[3–5], 其中, 气温、降水变化被认为是其中较为显著的影响因素^[6–8]。越来越多的科学证据支持全球气候增暖的说法^[9], 在这种背景下, 研究区域气候关键指标变化与粮食变动之间的关系渐显重要。Robert^[10]和 Liu^[11]以农场生产数据为研究对象, 运用李嘉图均衡分析的方法探讨了气候变化对粮食生产的影响, 认为气温上升和降水增加对粮食生产有正向的作用。Fleischer^[12]运用 Atmospheric Oceanic Global Circulation Models (AOGCM)情景分析得出结论: 由于气

候变化对粮食生产的影响, 2020 年的农场净收入将会增加 16%, 2100 年农场净收入将会下降 60%~390%。中国气象学上气候变化对粮食生产影响的评估大致可以分为 2 类, ①通过作物模型进行作物生长动态的模拟^[13–17], 研究其“气候生产潜力”; ②基于经验数据的统计方法, 得出气候指标变动导致的粮食产量的变化^[18–21], 一般较少考虑社会经济因素的影响。有些经济学家则把生产过程中气候变化因素视为既定不变的条件加以控制或者忽略。实际上, 粮食产量变化受到社会经济因素和气候因素的共同影响, 需要把经济学理论与全球气候变化的研究成果综合起来进行综合研究。

近年来, 中国逐渐有经济学家在考虑气候变化影响粮食产量变化时加入自然环境因素的影响, 但是大多相关研究采用的数据多是单一时间序列数据或者横截面数据, 或者在时间序列的基础上进行主成分分析或者定性说明, 或者在横截面数据^[11, 22]的基础上运用李嘉图均衡分析方法, 很少有基于面板数据模型分析气候变化对粮食产量变化影响的研究。本文基于中国 1988、1995、2000 和 2005 年的县级面板数据, 运用面板数据计量模型研究了气候

收稿日期: 2009–12; 修订日期: 2010–02。

基金项目: 国家自然科学基金项目(70503025); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(kzcx2-yw-305–2; KZCX1-YW-09–04); 国家科技支撑项目(2008BAK47B02); 973 国家科技支撑计划(2010CB9550904)。

作者简介: 黄维(1985–), 女, 研究生, 研究方向为空间计量经济模型与应用。

通讯作者: 邓祥征(1971–), 男, 博士, 副研究员, 从事土地系统变化与效应、区域环境变化与政策研究。

E-mail: dengxz.ccap@igsnrr.ac.cn

变化中的 2 个关键变量——气温、降水变动与县域粮食产量的关系,以期为我国制订合理有效地应对气候变化对农业生产的影响,并为促进粮食生产的增长、保障粮食安全提供科学决策依据。

2 数据与方法

2.1 数据及来源

本文所使用数据主要包括气象数据、农业生产投入要素数据与自然条件数据。

气象数据选择了 1988、1995、2000 和 2005 年 4 个时段的年均气温、年降水量、分季节平均气温和分季节平均降水量。气象数据的原始数据来源于中国气象局常规气象台站观测记录,处理过程采用 Kriging 插值法,将台站数据插值成 1 km×1 km 栅格数据,然后以县为单位将县域插值的气候栅格数值进行算术平均以得到各县年均气温、年降水量、季节均温和季节降水量。

农业生产投入要素数据包括粮食总产量、粮食总播种面积、农林牧渔业劳动力数量、农田灌溉比例、农田化肥使用比例、农业机械总动力等。这些指标来自项目组收集整理的 1988、1995、2000 和 2005 年的数据,原始数据来自于国家统计局农村调查总队的分县数据。人口数据来自公安部发布的《中国县级人口统计年鉴》。

自然条件数据主要包括平原面积比例和高程值。其中,高程值数据来自国家 1:25 万地形图。平原面积比例基于国家 1:25 万高程值数据计算获得。

2.2 面板数据模型

面板数据模型(Panel Data Model)综合了数据在横截面和时间序列两方面的信息,通过在时间序列上选择多个横截面并在选取观测值构成样本数据进行计量分析,不但可以描述某一时刻各地区样本数据的规律,还可以反映其随时间变化的规律。与横截面数据模型或时间序列模型相比,面板数据模型不仅显著增加了样本空间,提高了样本自由度,而且能够减少解释变量间多重共线性对估计结果的影响,更好地解决回归方程的误差部分与解释变量之间的相关问题,使参数的估计结果更加可靠。粮食总产量涉及气候变化、投入水平、自然环境条件等多种影响因素,且这些因素具有时空变异特征,适

宜于构造面板数据模型来考察各因素对粮食产量的影响。在控制住其他变量的情况下,面板数据模型能有效地考察气候变化与粮食产量的影响。

本文选择柯布一道格拉斯生产函数作为分析县域粮食产量变动与气候指标变化关系的原型模型,为消除量纲差异对估计结果的影响,本文对各变量的原始值做了取对数运算,将模型参数线性化。采用的面板数据模型如下:

$$\ln grainprod_{it}=f(\ln temperature_{it}, \ln rainfall_{it}, \ln sownarea_{it}, \ln aglabor_{it}, \ln irrigation_{it}, \ln fertilizer_{it}, \ln mechanized_{it}, \ln shareplain_{it}, \ln elevation_{it})+u_{it} \quad (1)$$

式中: $i=1,2,\cdots,n$,代表基本分析单元(县或县级市); t 为年份(1988、1995、2000 和 2005 年), u_{it} 为面板数据模型的误差项。根据样本数据性质的差异,面板数据模型的参数估计分为固定效应和随机效应两种方法。根据两种参数估计方法的定义,可推演出常用的选择模型的标准,亦即,如果误差部分 u 和各变量回归元 X 不相关,则采用随机效应模型,反之,则采用固定效应模型。各变量含义如表 1 所示。

2.3 估计模型的选择

面板数据模型中的固定效应模型和随机效应模型是最常用的两类面板数据模型,本文对所选变量进行 HAUSMAN 检验估计以确定参数估计模型

表 1 本研究采用主要变量的统计描述

Tab.1 Descriptive statistics of the variables used in this study

变量名	含义	平均值	标准差	最小值	最大值
grainprod	粮食产量/t	202539.9	206486.8	0.0	2768159.0
sownarea	粮食播种面积/ha	64624.5	51580.9	19.0	888708.0
aglabor	农林牧渔业劳动力/人	141169.7	120662.4	85.0	2134598.0
irrigation	农田灌溉比例/%	35.1	22.7	0.0	100.0
fertilizer	农田化肥使用量/100 t	192.4	743.8	0.0	95205.2
mechanized	农业机械总动力/1000 KW	291.6	1235.9	0.1	89302.5
shareplain	平原面积比例/%	32.9	37.6	0.0	100.0
elevation	高程值/m	889.6	1123.6	0.0	5162.0
temperature	年平均气温/℃	11.1	6.5	-7.3	25.5
temspring	春季平均气温/℃	11.7	6.1	-7.1	26.4
temsummer	夏季平均气温/℃	22.2	5.2	3.5	31.7
temautumn	秋季平均气温/℃	11.7	6.8	-12.2	26.2
temwinter	冬季平均气温/℃	-1.2	9.4	-29.4	20.9
rainfall	年降水/mm	68.1	45.9	0.3	293.3
ranispring	春季降水/mm	65.8	68.8	0.0	502.5
rainsummer	夏季降水/mm	134.8	83.4	0.1	705.2
rainsumtn	秋季降水/mm	52.0	44.0	0.0	581.2
rainwinter	冬季降水/mm	19.7	28.2	0.0	237.7

注:表中高程值通过计算各县(市)每个 1 km×1 km 栅格上的高程值的算数平均数获得。

(表 2)。从 HAUSMAN 检验结果可以看出,本文宜采用随机效应模型来估计气候变化 (以县域气温、降水变动计)对粮食产量的影响。

3 结果与分析

3.1 模型估计结果与分析

本文采用 1988、1995、2000 和 2005 年中国县级尺度上的面板数据,运用随机效应模型估计了气候变化因素、投入要素与自然环境变量对县域粮食产量变化的影响。

(1) 气候变化的影响。当方程中加入 1988、1995、2000 和 2005 年年均气温和年降水量时,年均气温和年降水量的弹性系数估计值始终大于零,均在小于等于 5%的统计水平上显著。随着投入因素变量和自然环境变量的依次加入(表 3 方程(1)–(6)), 年均气温和年降水量的弹性系数估计值逐渐减小,最终方程(6)中估计出的年均气温和年降水量的弹性系数分别为 0.075 和 0.085 (在 1%水平上显著),这说明在县域水平上,年均气温和年降水量这两个气候变量对粮食生产有显著影响,尽管表征影响程度的弹性系数估计值不大。

(2) 投入要素的影响。该模型以县域粮食总播种面积、农林牧渔业劳动力数量、农田灌溉比例、农田化肥使用比例、农业机械总动力来解析投入因素对县域粮食产量的影响。从表 3 可以看出,变量粮食总播种面积弹性系数的估计值在统计意义上表现为显著(在 1%水平)。这说明县域粮食总播种面积的提升对粮食产量有显著正面影响。

随着其他变量的不断加入,县域农林牧渔业劳动力的弹性系数估计值逐渐减少,最终析出为 0.086(在 1%水平显著),这表明在县域水平上,农林牧渔业劳动力人口数量的增加对粮食产量的提升具有显著的促进作用。当在面板数据模型中引入所有的控制变量后,农田灌溉比例的弹性系数估计值为 0.094(在 1%水平显著), 农田化肥使用量的

弹性系数估计值最终为 0.149 (在 1%水平显著),由此可见,在控制其他影响因素的情况下,农田灌溉比例的增加和农田化肥使用量的增多有利于县域粮食产量水平的提高。在方程中加入农业机械总动力这一变量后,农业机械总动力的弹性系数估计值析出在 0.078(在 1%水平显著),这在一定程度上反映农业机械总动力的投入对县域粮食产量的提高

表 2 参数估计模型的 HAUSMAN 检验
Tab.2 HAUSMAN test of parametric estimation models

	估计系数		(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	(b)	(B)		
	固定效应	随机效应	差值	标准误
Intemperature	0.091	0.075	0.016	0.019
Inrainfall	0.089	0.085	0.004	0.009
Insownarea	0.876	0.912	-0.036	0.021
Inaglabor	0.049	0.086	-0.037	0.014
Inirrigation	0.086	0.094	-0.008	0.010
Infertilizer	0.144	0.149	-0.005	0.003
Inmechanized	0.074	0.078	-0.003	0.006
Inshareplain	0.036	0.044	-0.008	0.002
Inelevation	-0.042	-0.053	0.011	0.019
Chi2=(b-B)' [(V_b-V_B)^(-1)](b-B)=20.64				
Prob>chi2=0.0043				

注:表格中(b)表示运用固定效应模型的估计结果,(B)为采用随机效应模型的估计结果。HAUSMAN 检验的原假设为:模型的随机误差项 u 与各变量回归元之间不相关,即选择随机效应模型估计所选变量将更为合适。 P 值为拒绝原假设的概率,从检验结果来看($P=0.0043$),本文宜采用随机效应模型进行估计。

表 3 基于面板数据的随机效应模型的估计结果
Tab.3 Regression results of random effects model based on panel data

	方程(1)	方程(2)	方程(3)	方程(4)	方程(5)	方程(6)
Intemperature	0.133 (9.23)**	0.060 (4.68)***	0.026 (2.14)**	0.049 (2.93)***	0.090 (3.94)***	0.075 (3.22)***
Inrainfall	0.159 (10.39)**	0.104 (8.14)***	0.095 (7.73)***	0.103 (8.35)***	0.097 (6.60)***	0.085 (5.54)***
Insownarea		0.901 (51.19)***	0.910 (51.77)***	0.941 (51.62)***	0.921 (35.74)***	0.912 (35.08)***
Inaglabor		0.180 (10.62)***	0.115 (6.79)***	0.090 (5.27)***	0.092 (4.34)***	0.086 (4.01)***
Inirrigation		0.210 (16.64)***	0.136 (10.77)***	0.124 (9.48)***	0.091 (5.09)***	0.094 (5.22)***
Infertilizer			0.179 (22.79)***	0.152 (18.07)***	0.149 (13.54)***	0.149 (13.53)***
Inmechanized				0.075 (7.05)***	0.079 (5.07)***	0.078 (4.96)***
Inshareplain					0.063 (4.47)***	0.044 (2.78)***
Inelevation						-0.053 (2.60)***
Constant	10.380 (116.22)**	-1.286 (7.37)***	-1.136 (6.73)***	-1.494 (8.23)***	-1.445 (5.73)***	-0.818 (2.34)**
Observations	9392	9392	9392	9392	9392	9392

注释:(1)表中括号里的数值为统计 Z 值。(2)* 在 10%的水平上显著;** 在 5%的水平上显著;*** 在 1%的水平上显著。

具有促进作用。

(3) 自然环境条件的影响。从模型估计结果来看,平原面积比例的弹性系数估计值析出为 0.044 (1%水平显著)。方程(6)的估计结果显示高程值的弹性系数估计值为-0.053(1%水平显著),即在控制其他影响因素的条件下,县域内地形高度平均每增加 10%,粮食产量就降低 5.3%。由此可见,在中国县域水平上,自然环境变量对粮食生产的影响显著存在,而且变量不同,其影响程度也各有差异。

3.2 基于面板数据的分省随机效应模型估计结果以及分析

如前所述,气温、降水变动在全国尺度上对各县域粮食产量变化存在显著影响(表 2),为分析气温、降水变动的空间分异规律,并解析气温、降水量变动对我国不同省区粮食产量变动的计量影响,本文在省级尺度上以 1988、1995、2000 和 2005 年各省上多个县的面板数据为对象构建省级尺度上面板数据模型,即以每个省(或省级市)为对象共构建了 31 个面板数据模型以综合反映各省级行政辖区内气温、降水变动对粮食产量变化的影响(图 1、2)。

气温变化对我国不同地区的粮食生产的影响存在明显的区域性差异,我国东南部省份的气温升高对粮食产量的提升存在小幅抑制作用。与此形成对照的是,我国东北、华北、西北区域的气温升高对粮食产量的增加有显著的正向作用。

降水量变化对我国粮食生产的影响存在显著的区域分异特征,单从估计结果来看,我国东南部省份的降水量过度增加对粮食产量的提升有不利影响,与之相对的是,我国东北、华北、西北区域的降水增多将对粮食产量的增长有正向拉动作用。

3.3 气温、降水量分季节平均变动的影响

在分析气温、降水年均变动与县域粮食产量变化的基础上(表 3),本文分析了气温、降水量分季节平均变动对县域粮食产量变化的影响,以期更好地分解出不同季节内气温、降水量变动与粮食产量变化之间的关系。此模型形式为:

$$\ln grainprod_{it}=f(\ln temspring_{it}, \ln temspring_{it}^2, \ln rainspring_{it}, \ln rainspring_{it}^2, \ln temsummer_{it}, \ln temsummer_{it}^2, \ln rainsummer_{it}, \ln rainsummer_{it}^2, \ln temautumn_{it}, \ln temautumn_{it}^2, \ln rainautumn_{it}, \ln rainautumn_{it}^2, \ln temwinter_{it}, \ln temwinter_{it}^2, \ln rainwinter_{it}, \ln rainwinter_{it}^2, \ln sownarea_{it}, \ln aglabor_{it}, \ln irrigation_{it}, \ln fertilizer_{it}, \ln mechanized_{it}, \ln sharepldn_{it}, \ln elevation_{it}) \quad (2)$$

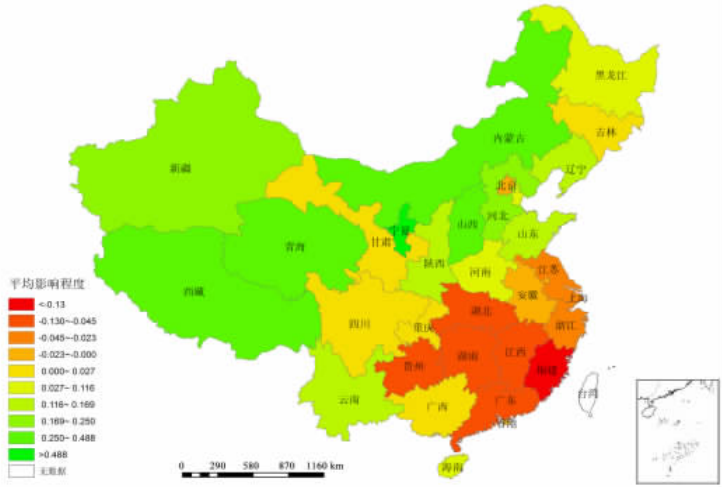


图 1 1988-2005 年中国分省气温变动对县域粮食产量变化的平均影响程度

Fig.1 Regional difference of estimated coefficients of grain production due to temperature change at counties by provinces

注:①图例中数字为各个省(或省级市)上的面板数据模型估计出的气温变动对粮食产量变化影响的估计系数;②总体样本为 1988、1995、2000 和 2005 年各省(市、区)所辖的县(或县级市),因数据缺失,台湾、香港、澳门除外(下同)。

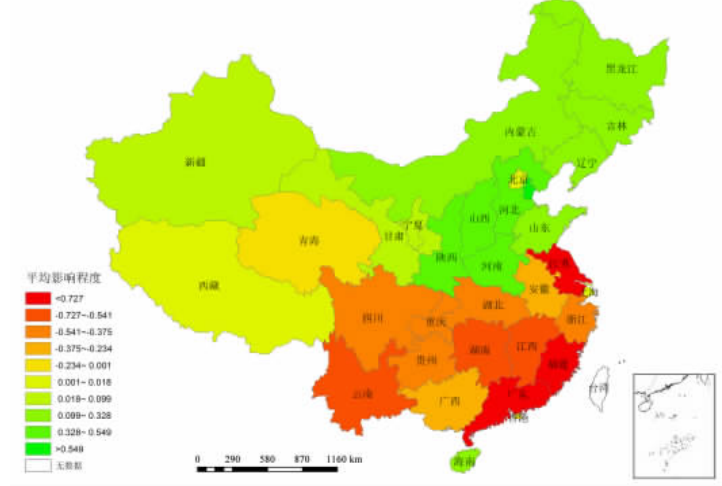


图 2 1988-2005 年中国分省降水量变动对县域粮食产量变化的平均影响程度
Fig.2 Regional difference of estimated coefficients of grain production due to rainfall change at counties by provinces

注:图例中数字为各个省(或省级市)上的面板数据模型估计出的降水量变动对粮食产量变化影响的估计系数。

式中： $\ln temspring^2$ 表示春季平均气温平方的自然对数， $\ln temsummer^2$ 表示夏季平均气温平方的自然对数， $\ln temautumn^2$ 表示秋季平均气温平方的自然对数， $\ln temwinter^2$ 表示冬季平均气温平方的自然对数。类似地， $\ln rainspring^2$ 表示春季降水量平方的自然对数， $\ln rainsummer^2$ 表示夏季降水量平方的自然对数， $\ln rainautumn^2$ 表示秋季降水量平方的自然对数， $\ln rainwinter^2$ 表示冬季降水量平方的自然对数。其他变量为将表 1 中各变量取自然对数而得。

加入气温、降水量分季节平均变动因素的面板数据随机效应模型估计结果表明，中国春季气温变动对粮食产量的影响不明显，衡量影响是否显著的 P 值大于 10%。夏季的气温和降水量变动则与县域粮食产量变化有显著关系，夏季气温的弹性系数估计值表现为-0.108(10%水平显著)，夏季降水量的弹性系数估计值为 0.080(1%水平显著)，且夏季气温的估计值为正，反映出夏季气温的上升可能会对县域粮食产量的继续提升产生一定程度的抑制作用。夏季降水的二次项均为负反映出在控制其他因素的条件下，超过一定幅度后的降水量的继续增长可能会对县域粮食产量的提升产生一定程度的抑制。估计结果还表明，春季降水量的变动在一定程度内对中国粮食产量变化有正向促进作用，超过一定数量的春季降水量的继续增长将对中国县域粮食产量的提升产生抑制作用。秋季气温的增加对中国县域粮食产量的提升有正向作用，弹性系数估计值为 0.085(1%水平显著)，但是秋季气温的增加对中国县域粮食生产的促进作用是限定在一定的温度范围之内的，当气温升高超过临界温度时，气温的进一步升高将对粮食产量变动产生抑制作用，这从秋季气温的二次方项的系数(-0.299，在 1%水平显著)为负可以看出。秋季降水量的变化对粮食产量没有显著性的影响。冬季气温降低对中国县域粮食产量变化有促进作用，同时由冬季气温的二次方项型弹性系数估计值(为负)也可以看出这种影响效果局限于在一定的温度范围内。冬季降水量的变动在一定程度内对中国粮食产量变化有正向促进作用，高于一定水平的冬季降水量的继续增长将对中国县域粮食产量的提升产生抑制作用。

加入气温、降水量分季节平均变动变量的面板数据随机效应模型估计结果表明，投入要素和自然

表 4 气温、降水量分季节平均变动随机效应模型的估计结果
Tab.4 Regression results of random effects model consisting of seasonal climate variables based on panel data

变量	系数	Z 值	$P>z$
$\ln temspring$	0.103	0.27	0.125
$\ln temspring^2$	-0.488	-0.45	0.649
$\ln rainspring$	0.162	1.81	0.070
$\ln rainspring^2$	-0.059	-1.59	0.030
$\ln temsummer$	-0.108	-1.01	0.092
$\ln temsummer^2$	0.190	1.68	0.094
$\ln rainsummer$	0.080	11.18	0.000
$\ln rainsummer^2$	-0.156	-9.67	0.000
$\ln temautumn$	0.085	3.16	0.002
$\ln temautumn^2$	-0.299	-2.88	0.004
$\ln rainautumn$	0.132	1.33	0.182
$\ln rainautumn^2$	-0.167	-0.53	0.595
$\ln temwinter$	-0.643	-0.54	0.056
$\ln temwinter^2$	-0.114	2.40	0.016
$\ln rainwinter$	0.337	-0.55	0.122
$\ln rainwinter^2$	-0.284	-1.81	0.070
$\ln sownarea$	0.791	47.13	0.000
$\ln aglabor$	0.067	9.81	0.000
$\ln irrigation$	0.356	-0.87	0.083
$\ln fertilizer$	0.093	14.07	0.000
$\ln mechanized$	0.037	12.91	0.000
$\ln shareplain$	0.265	8.51	0.000
$\ln elevation$	-0.018	1.83	0.067
Constant	-18.465	-3.49	0.000

环境变量的弹性系数估计值与模型(1)中的估计结果相差不大，这在一定程度上反映了模型(1)与(2)的健壮性。

4 结论

本文以中国 1988、1995、2000 和 2005 年县级(或县级市)面板数据为基础构建了面板数据随机效应计量模型，引入了气候变化变量、投入要素与自然环境条件等解释变量，开展了气候变化(以县域气温、降水量变动计)对粮食产量的影响。研究表明，从整体上来看，气温升高和降水量增加对中国 1988–2005 年县域粮食增产具有促进作用。将县域水平的估计结果汇总到省区后，气温、降水量变动对粮食产量变动的的影响呈现出显著的区域分异特征。气温升高对我国长江流域以南以及东部、东半部沿海省份的粮食生产不利，但是对我国华北、北部以及西北部的粮食生产有显著的促进作用。

该研究同时表明，气温、降水量变动对中国粮

食生产的影响存在季节性差异,面板数据随机效应模型的估计结果显示春季气温对中国县域粮食产量变化的影响并不显著,夏季气温升高有利于县域粮食产量的提升,但是当气温高于一定程度之后,气温的继续升高对产量的增长产生一定程度的抑制作用,在这种情况下,农民只有采用调整种植业结构与作物品种等措施才能适应升高的气温对粮食生产的影响并实现产量的继续提升^[11]。对于降水量而言,秋季和冬季降水量变动对中国县域粮食生产的影响都不显著,在一定降水量范围之内,春、夏季降水量对粮食产量提升有利,但是超过一定限度的降水量的继续增长反而会对粮食产量的提升产生不利影响,这或许与夏季降水量太大将导致洪涝灾害发生等有关系^[23]。这些研究结论对正确判定气候变化(尤其是气温、降水量变动)与县域粮食产量变化的关系,从而为中国制订合理有效地应对气候变化的影响、并促进粮食生产的发展、保障粮食安全提供科学决策依据。

参考文献

[1] 于贵瑞,牛栋,王秋凤.《联合国气候变化框架公约》谈判中的焦点问题.资源科学,2001,23(6): 11-16.

[2] 王馥堂.气候变化与我国的粮食产量生产.中国农村经济,1996(11): 19-23.

[3] 李茂松,李章成,王道龙.50年来我国自然灾害变化对粮食产量生产的影响.自然灾害学报,2005,14 (2): 55-60.

[4] 郝志新,郑景云,陶向新.气候曾暖北京下的冬小麦种植北界研究:以辽宁省为例.地理科学进展,2001,20 (3): 254-261.

[5] 高彦春,于静洁,刘昌明.气候变化对华北地区水资源工序影响的模拟预测.地理科学进展,2002,21(6): 616-624.

[6] 肖海峰.我国粮食综合生产能力影响因素分析.农业技术经济,2004(6): 45-50.

[7] 郭燕枝.我国粮食综合生产能力影响因素分析.农业经济问题,2007(增刊): 22-25.

[8] 李海鹏,叶慧.粮食综合生产能力影响因素的系统分析

及其政策建议.江西农业大学学报,2008,7(4): 45-49.

[9] IPCC. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.

[10] Robert M, Pradeep K. A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on African Cropland, Policy Research Working Paper. The World Bank Development Research Group Sustainable Rural and Urban Development Team. 2007.

[11] Liu H, Li X B, Fischer G. Study on the impacts of climates change on China's agriculture. Climate Change, 2004, 65: 125-148.

[12] Aliza F, Ivgenia L, Robert M. Climate Change, Irrigation, and Israeli Agriculture: Will Warming Be Harmful, World Bank Policy Research Group, 2007.

[13] Matthews R B, Kropff M J, Bachelet D, et al. Modelling the impact of climate change on rice production in Asia. Agricultural Systems, 1997, 55(3): 473-474.

[14] 张宇.气候变暖对中国水稻生产可能影响的研究.气象学报,1998,56(3): 369-376.

[15] 于强,刘建栋.气候变暖对中国水稻生产可能影响的研究.自然资源学报,1999,14(2): 163-168.

[16] Gerrit Hoogenboom,苏高利,邓芳萍.农业气象学在作物生产模拟及其应用中的作用.浙江气象科技,2001,22 (4): 43-47.

[17] 王馥堂.我国小麦产量农业气象预测模式的初步研究.科学通报,1983,29(9): 546-567.

[18] 邓根云.气候变化对中国农业的影响.北京:北京科学技术出版社,1993.

[19] 汤志成,高苹.作物产量预报系统.中国农业气象,1996,17(2): 49-52.

[20] 王建林,宋迎波.西北地区玉米产量动态业务预报方法探讨.应用气象学报,2004,15(1): 51-57.

[21] 马树庆.气候变化对吉林省粮食产量影响的模拟研究.资源科学,1994(1): 34-40.

[22] Wang J X, Robert M, Ariel D, et al. The impact of climate change on China's agriculture. Agricultural Economics, 2009, 40: 323-347.

[23] 陈波,方伟华,何飞,等.湘江流域洪涝灾害与降水的关系.自然灾害学报,2008,17(1): 92-97.

An Econometric Analysis on the Impacts of Climatic Change on Grain Production at Counties of China

HUANG Wei^{1,2,3}, DENG Xiangzheng^{1,2}, HE Shujin¹, LIN Yingzhi^{1,2}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Center for Chinese Agricultural Policy, CAS, Beijing 100101, China;

3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: This paper aims to explore the relationship between the fluctuations of climate change identified by annually fluctuations of air temperature and precipitation during the study time period and the changes of grain production at counties of China by using panel data models, based on survey data across all counties in 31 provinces (except for Taiwan, Hong Kong and Macau) for the four time periods of 1988, 1995, 2000 and 2005, which consists of climate variables, social and economic variables and geophysical variables. The estimation results show that the average impacts of air temperatures and the precipitation are positive. However, based on panel data models regressed at the scale of different provinces, marginal increases in temperature and rainfall have very different effects on grain production in different regions. Warming is beneficial to the North China, Northwest China and Northeast China; in contrast, higher temperatures are harmful to grain production in the South and East China. More rain is likely to be beneficial to the Northeast China, Northwest China and Central China, but will harm farmers in the remaining regions. Marginal increases in temperature and rainfall have very different effects in different seasons. For example, there aren't distinct impacts of spring temperature on grain production. However, based on the panel data model consisting of seasonal climate variables, results suggest that the average higher temperature in summer and winter is negative for grain production in China, but drastic raise of temperature in summer and winter is beneficial to grain production. In contrast, the impact of average autumn temperature is opposite to that of summer and winter. Except for the impacts of rainfall in spring and summer on grain production, the impacts of rainfall in other seasons on grain production aren't distinct. The results suggest that social factors and geophysical factors may affect the grain production to a certain extent as well.

Key words: climate change; grain production; econometric analysis; panel data model; random effects model; China; counties

本文引用格式：

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. 地理科学进展, 2010, 29(6): 677–683.