

文章编号: 1673-1719 (2007) 04-0229-05



## 气候变暖对中国不同地区农业的影响

刘颖杰<sup>1,2,3</sup>, 林而达<sup>2,3</sup>

(1 首都师范大学 资源环境与旅游学院, 北京 100037;  
2 中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081;  
3 农业部农业环境与气候变化重点实验室, 北京 100081)

**摘要:** 过去 20 a, 中国大部分地区变暖趋势非常显著, 各地粮食产量波动较大。为了区分气候变暖对我国不同地区粮食产量的影响, 利用国家统计局《中国农村统计年鉴》1984-2003 年的数据和同期年平均温度的观测数据, 分析了不同地区温度变化、农业生产资料投入以及播种面积变化与粮食总产的关系。结果表明, 以温度升高为主要特征的气候变化对东北地区粮食总产增加有明显的促进作用; 对华北、西北和西南地区的粮食总产增加有一定抑制作用; 对华东和中南地区的粮食产量的影响不明显。农业投入的增加对各地区的粮食增产在早期作用较显著, 后期作用不明显。华东和中南地区农业播种面积的持续下降对粮食总产量有较大的负面作用。

**关键词:** 气候变化; 粮食产量; 农业投入

**中图分类号:** P467/S162.5+3 **文献标识码:** A

### 引言

全球变化研究自20世纪80年代初开始成为最活跃、发展最快的新兴科学领域之一。全球变化将对人类社会的经济发展、生态与环境等诸多方面造成影响, 而首当其冲的是农业, 尤其是作为农业主体的粮食生产与粮食安全<sup>[1]</sup>。粮食总产量是粮食安全的主要因素, 它的变化是由农业投入、播种面积等社会因素和气候变化及单产共同作用造成的。

全球平均温度在过去 100 a (1906-2005 年) 升高了 0.74 °C, 有迹象表明, 最初全球缓慢变暖, 且波动较大, 但在 1975 年以后, 全球平均温度以 0.2 °C / 10 a 的速率加速升高<sup>[2]</sup>。就我国而言, 不同地区温度差异较大, 且变化趋势不同, 对粮食产量的影响亦不尽相同。作物生长都有一个适宜温度范围, 不

同作物生长的适温范围不同, 如果适应措施得当, 温度较低地区的升温使粮食增产的空间加大。对于农业生产资料投入的影响研究表明, 单位种植面积化肥施用量增加 1%, 粮食产量则增加 0.383%<sup>[3]</sup>。本文将用统计方法研究不同地区的气候变暖、农业生产资料投入和播种面积对粮食总产的影响, 为定量鉴别不同地区农业适应气候变化的能力提供依据。

### 1 资料及方法

本文使用的资料有国家统计局《中国农村统计年鉴》<sup>[4]</sup> 给出的 1984-2003 年农业生产资料投入和播种面积; 中国气象局国家气象信息中心气象资料室提供的同期年平均温度。

粮食作物产量为各省市谷物产量之和, 包括稻

收稿日期: 2006-06-21; 修订日期: 2007-05-09

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (2006CB400505) 资助

作者简介: 刘颖杰 (1980-), 男, 博士生, 从事气候变化影响研究。通讯作者: 林而达, E-mail: lined@ami.ac.cn

谷、小麦和玉米。农业生产资料投入为各省市农业物资消耗中的农作物种植业部分,包括各种与农用化肥、农药、农用塑料地膜以及农用柴油等相关的农业投入物资;另外包括灌溉费用和购买良种费用等农业科技投入。由于这部分价格为当年价格,不宜进行多年间的比较,所以需要通过农业生产资料物价指数转换成可比价格。

文中将中国大陆分为华北、东北、华东、中南、西南和西北等6个区,其中华北地区包括北京、天津、河北、山西、内蒙古;东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江;华东地区包括上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东;中南地区包括河南、湖北、湖南、广东、广西、海南;西南地区包括重庆、四川、贵州、云南、西藏;西北地区包括陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。各区温度为区内各省市温度的算术平均值。

数据分析采用 SAS (Statistics Analysis System) 统计方法<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与分析

1951-2003年我国气温呈明显上升趋势,特别是20世纪80年代中期以来,升温速度显著加快,由图1可以看出,全国各地区近20a来温度都是逐渐升高的,1998-2003年的6a中有5a是1951年以来最暖的年份,其中北方地区增暖趋势非常显著,华北、东北及西北地区增温幅度达到0.4~0.8/10a,而南方各地区增暖趋势没有北方明显。

本文通过SAS逐步回归统计分析,在逐步剔除降雨量和播种面积等不显著影响因素后,得到6个地区粮食总产量与温度和农业投入之间的数学模型,其中 $y$ 为粮食总产量, $t$ 为温度, $i$ 为农业投入。

### (1) 华北地区:

$$y = 91750.2 - 17143.3^{**}t + 119.5^{**}i + 791.1t^2 - 0.19i^2 - 4.69ti \quad F = 24.27^{**}$$

统计结果表明,华北地区温度的主效大于投入的主效,说明温度变化对产量的影响比投入变化的

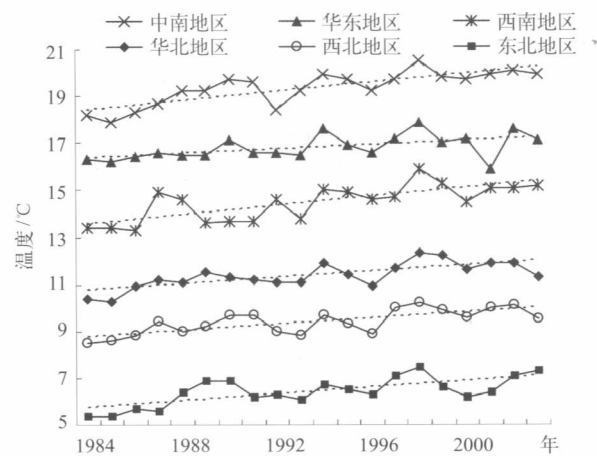


图1 1984-2003年各地区平均温度(虚线为线性趋势线)

Fig. 1 Regional average temperatures in China during 1984-2003

大。同时,温度与投入对产量的影响均达到0.01的显著水平,但影响趋势不同,负值表现为随着温度的升高,对总产量的增加有极大的抑制作用,而投入对产量的影响是一条开口向下的抛物线,即在早期产量随着投入的增加有很大的提高,但到后期,虽然投入继续加大,但产量增加变缓,甚至有所下降(图2a)。

### (2) 东北地区:

$$y = -11544.8 + 3231.4^{**}t + 75.3i - 325.6t^2 - 0.61i^2 + 12.59ti \quad F = 12.67^{**}$$

统计结果表明,东北地区温度的主效大于投入的主效,且温度对总产量的正效应达到0.01的显著水平,表明温度变化对产量的影响比投入变化的大,与华北地区不同的是,东北地区温度的升高对总产量起到明显促进作用。投入对产量的影响达到0.05的显著水平,表现为开口向下的抛物线,即早期的投入增加提高了总产量,到后期投入增加,总产量的增加放缓,甚至有所下降(图2b)。

### (3) 华东地区:

$$y = -1543.2 + 1318.8t + 24.6i - 51.8t^2 - 0.04i^2 + 0.52ti \quad F = 1.99$$

统计结果表明,温度和投入变化对华东地区的产量影响不显著,这可能与播种面积的持续减少对

方程中“\*\*”表示0.01的显著性水平;“\*”表示0.05的显著性水平

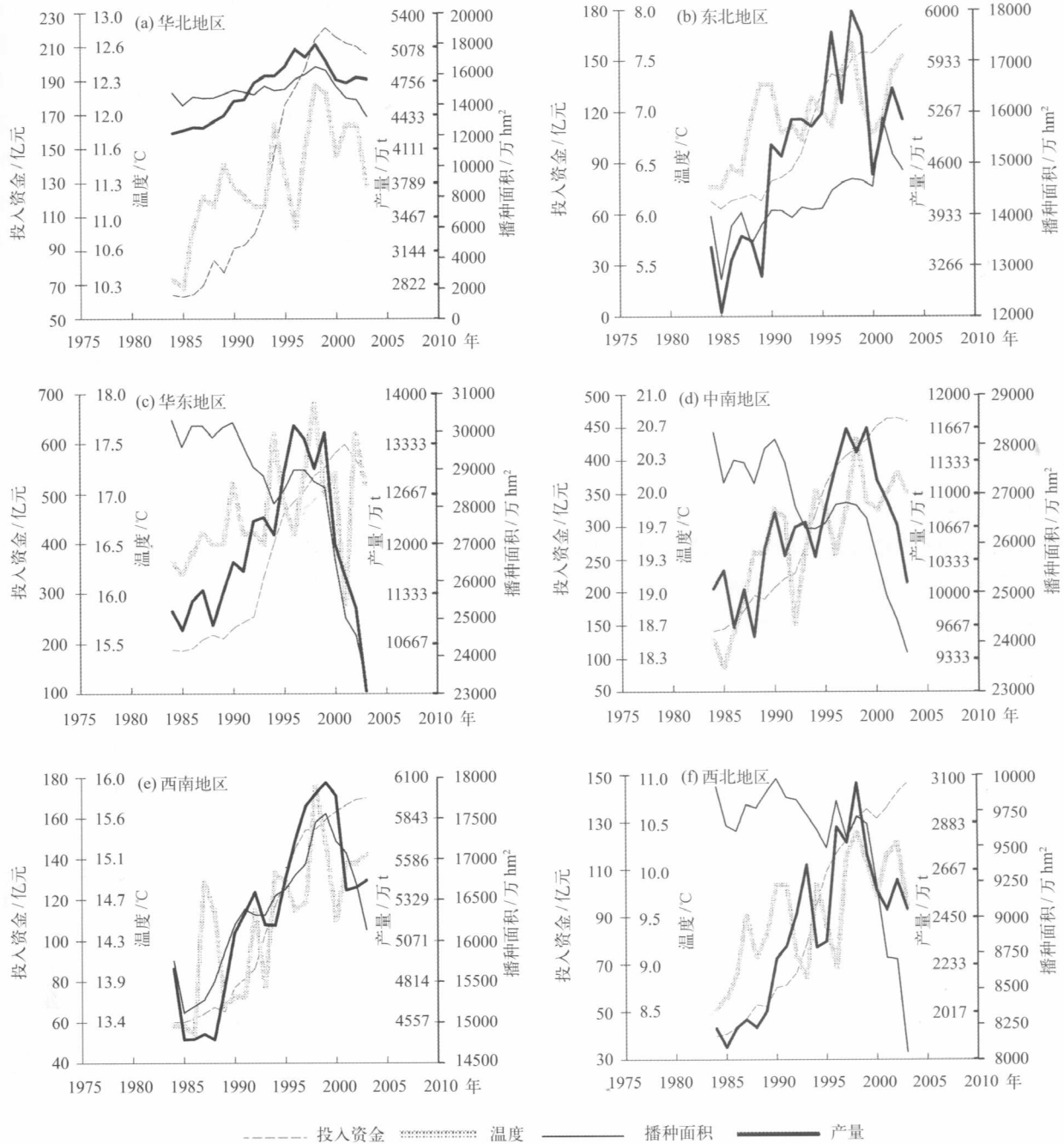


图2 1984—2003年各地区的温度、农业投入资金、播种面积和粮食产量的变化

Fig. 2 Changes of temperature, agricultural investment, sown area and crop production in six regions of China during 1984—2003

总产量的影响有关 (图 2c)

(4) 中南地区:

$$y = 365518.9 - 39616.6 * t + 198.7i + 1094.2t^2 - 0.0038i^2 - 9.8ti \quad F = 4.46$$

统计结果表明, 中南地区温度的增加对产量没

有显著的抑制作用 (图 2d)

(5) 西南地区:

$$y = 52124.2 - 7148.2 * t + 93.9 * i + 255.5t^2 - 0.14i^2 - 3.4ti \quad F = 11.84^*$$

统计结果表明, 西南地区温度与投入变化对产

量的影响达到0.05的显著水平,且温度的主效大于投入的主效,温度的升高对总产量增加产生很大的抑制作用,投入增加对总产量有促进作用(图2e)。

(6) 西北地区:

$$y = 74127.9 - 16527.6^*t + 116.9^*i + 930.0t^2 - 0.1^*i^2 - 9.73ti \quad F = 18.94^{**}$$

统计结果表明,西北地区温度与投入对产量的影响达到0.05的显著水平,但趋势不同,温度的主效大于投入的主效,表现为随着温度的上升,产量的增加受到抑制,随着投入的加大,产量由开始的显著增加,到后来增加变缓,甚至有所下降(图2f)。

由以上分析可以看出,过去20a的气候变暖对东北地区粮食总产增加有明显的促进作用,对华北、西北和西南地区的粮食总产增加有抑制作用,对华东和中南地区的粮食产量影响不明显(图3)。另外,农业投入的增加对各地区的粮食总产增加在早期作用显著,后期则增长缓慢。

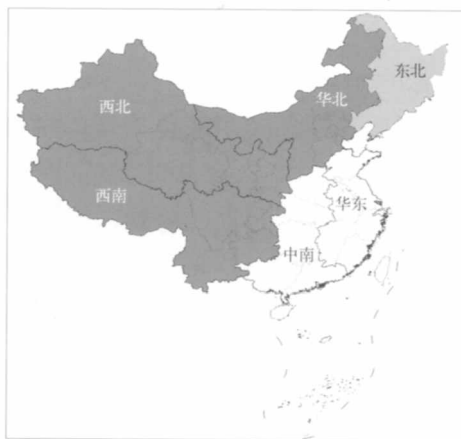


图3 各地区温度变化对粮食产量影响的差异(深阴影区代表升温有抑制作用;浅阴影区代表有促进作用;空白区代表温度变化影响不明显;未包括海南岛和台湾岛)

Fig. 3 Different changes of crop production affected by temperature change in different regions (dark shaded area: disadvantageous, light shaded area: advantageous, and clear area: without obvious effect)

### 3 结论与讨论

东北地区由于采取了适应措施,气候变暖对粮

食生产的影响是正面的,产量曲线表现为波动式上升。这是因为当温度升高后,农作物的生长期延长,使东北地区采用晚熟高产玉米、大豆品种和选种冬小麦、水稻等高产作物成为可能,农作物栽培和耕作制度也发生相应转变,总的生物产量增多。另外,影响作物的冷害明显减轻甚至消失。预计东北地区粮食生产对增温还有适应的潜力,在未来几十年内,农业生产还可通过改换品种和调整播期抵消增温造成的不利影响,甚至获益。

华北地区、西北地区、西南地区的作物对温度升高的适应性较差,表现为对产量的抑制作用,温度升高,作物生长发育加快,生育期相应缩短,致使总干重和穗重减少。影响作物产量的因素,除了作物本身的品种特性以及遗传因素外,还有区域的气候条件和自然地理特点,水资源不足是华北地区农业生产的关键限制因子,而气候变暖在一定程度上加剧了水资源紧张的局面。但在过去20多年里,这些地区农业投入的增加及农业科技进步对粮食增产起到了关键作用。

华东地区、中南地区的农作物对温度变化的响应不明显,说明其对气候变暖的影响还不敏感,潜在适应性较好。但是总产量在后期明显下降,可能与这两个地区经济发展较快,耕地迅速减少,播种面积快速下降有关,值得进一步关注。

由此可见,我国高纬度地区农业适应性较强,存在较大的适应升温空间;中纬度地区适应性较差,但通过科技进步,仍可以减少气候变化带来的负面影响;低纬度地区,由于本身温度就高,随着温度的进一步升高,将会面临严峻考验,耕地面积的迅速减少也将威胁该区域的粮食安全。

另外,降水也是影响粮食产量的关键因素之一,虽然近50a的全国平均降水量没有表现出显著的变化趋势,但是存在着显著的区域差异<sup>[6]</sup>。如长江中下游和西北西部的一些地区降水量有增加的趋势,而东北地区东南部、华北地区和西北地区东部的部分地区降水量却呈显著减少趋势。同时,全国大部分地区降雨日也显著减少,这就意味着降水过程可能强化<sup>[7]</sup>。所以降水对产量的区域影响比较复杂,包括各地的灌溉能力不同,也对粮食总产量产生影响。

粮食产量受诸多因素影响，气候因子是其中的一个重要因素；作为非线性系统，粮食产量的变化不能简单地分解为非气象因子和气象因子作用的线性叠加。有关这方面的研究还需进一步加强。 ■

#### 参考文献

- [1] Adams R M. Global climate and agriculture: an economic perspective [J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1989, 71: 12729
- [2] Houghton J T, Ding Y H, Griggs D G, *et al.* *Climate Change 2001: The Science Basis. Contribution of Working Group to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001
- [3] 彭琳. 中国化肥施用与粮食生产的进程、前景与布局 [J]. *农业现代化研究*, 2000, 21(1): 14-18
- [4] 国家统计局农村社会经济调查总队. 《中国农村统计年鉴》 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1984-2003
- [5] 洪楠, 侯军. 《SAS FOR WINDOWS 统计分析系统教程》[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001
- [6] Zhai P M, Zhang X B, Wan H, *et al.* Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China [J]. *J. Climate*, 2005, 18(7): 1096-1108
- [7] Zhai P M, Sun A J, Ren F M, *et al.* Change of climate extremes in China [J]. *Climatic Change*, 1999, 42(1): 203-218

## Effects of Climate Change on Agriculture in Different Regions of China

Liu Yingjie<sup>1,2,3</sup>, Lin Erda<sup>2,3</sup>

(1 *College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100037, China*; 2 *Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*; 3 *Key Laboratory of Agro-Environment and Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China*)

**Abstract:** Based on the data from *China Rural Statistical Yearbook 1984-2003* of National Bureau of Statistics and the annual temperature in the same period, the impacts of temperature change, the agricultural investment and sown area changes on crop production were analyzed for different regions of China during the last 20 years. The results show that the climate change characteristic of rapid warming obviously promoted the growth of the total crop production in Northeast China, suppressed it in North China, Northwest China and Southwest China, and had not obvious effects on it in East China and Central-South China. The growth of agricultural investment increased the crop production obviously in the various regions in the early stages, but the growth rate of production increase became slow in the later period. The continuous decrease in sown area had a negative effect on the growth of the total crop production in East China and Central-South China.

**Key words:** climate change; food crop production; agriculture investment