

气候变化对中国区域梨产量的影响

——基于28省市1990—2010年的数据

卢华, 耿献辉

(南京农业大学经济管理学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 基于中国28省市1990—2010年的梨种植生产面板数据, 将气候因子同社会经济因素结合起来, 运用计量经济模型实证分析气温、降雨和日照等方面的气候变化对渤海湾地区、长江流域及云贵地区和西北地区梨产量的影响。结果表明: 气候变化对梨产量的影响及程度在不同地区存在明显的差异。温度升高对渤海湾地区和西北地区梨产量有正影响, 对长江流域及云贵地区则有负影响; 日照数增加对渤海湾地区和西北地区梨产量有负影响, 而对长江流域及云贵地区有一定正影响; 降雨增多则对各区域梨产量均有正影响, 但影响程度不同。据此提出政府应加强气象预报预警网络建设, 完善气象信息传输服务; 选育和推广适应气候变化的新品种; 完善梨园基础设施, 提高梨园的减灾能力及水平, 提高果农应对气候变化的适应性能力。

关键词: 气候变化; 梨产量; 区域

中图分类号: F062.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2014)04-0035-06

Impact of climate change on Chinese pear production: Based on the data of 28 provinces and municipalities in 1990–2010

LU Hua, GENG Xian-hui

(College of Economics and Management, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Basing on the panel data of pear planted area in 28 provinces and municipalities in the year of 1990-2010, combining the climate factors with the socio-economic factors, using economic model, this paper measures the effect of temperature, rainfall and sunshine on the pear production in Bohai Bay region, the Yangtze River & Yunnan and Guizhou region and Northwest China. Studies show that the impact of climate on pear production is significantly different at different region. Temperature increase generally has a positive effect on the pear production in Bohai region and Northwest China, while a negative impact on that of the Yangtze River region; the increase of duration of sunshine has a negative impact in Bohai region and Northwest China, while a positive effect in the Yangtze River region; the rainfall increase has positive impacts on the pear production, and the impact varies in different region. Hence, the paper proposes some measures: the government should strengthen the meteorological forecasting and network construction as well as improve meteorological information transmission services; to breed and promote the new varieties to adapt to the climate change; to improve the infrastructure of pear garden, enhance the mitigation capabilities and improve the ability of farmers to adapt to climate change.

Key words: climate change; pear production; regional

一、问题的提出

联合国政府间气候变化小组(IPCC)研究表明,

收稿日期: 2014-05-16

基金项目: 国家梨产业技术体系产业经济研究(NYCYTX-29-17); 中央高校基本科研业务费专项资金(KYZ201162)

作者简介: 卢华(1990—), 男, 江西九江人, 硕士研究生, 主要研究方向为农业及关联产业经济。

全球面临气温变暖的趋势。近100年来, 中国地表平均气温升高明显, 升温幅度大约在0.5~0.8℃。根据中国国家气象局统计数据显示, 北方地区温度上升幅度较明显, 呈逐年上升趋势, 特别是西北地区幅度较大, 约为3℃左右, 降雨量和日照数尽管有波动, 但总体呈上升趋势; 南方地区不论是气温、降雨量还是日照数都具有下降趋势^[1]。气候变化存

在明显的区域性特征,东北地区温度降低幅度较大,中部地区日照数增加,日照和降雨数在华北、长江中下游地区存在明显下降趋势。农业对自然的依赖性强,农业生产不可避免地要受到气候变化影响。气候变化对农作物产量的影响究竟是利大还是弊大?近些年来,研究人员从自然科学和社会科学两个角度对此进行了研究。

自然科学研究人员大多依赖经验模型分析气候变化对作物的影响。Chaudhuri、Sinclair 和 Seligman 等通过实验模拟作物生长过程,研究了在一定气候条件下农作物的生长潜力^[2-3]。熊伟在控制 CO₂ 对粮食作物影响的条件下,得出温度升高对中国三大粮食作物单产水平提高有负影响^[4]。王建立建立统计模型研究气候变化与作物产量之间的关系发现,西北地区玉米产量与降雨之间存在显著的相关性^[5]。这些研究属于自然试验方法,并未涉及到社会经济因素。农民作为理性经济人,在气候变化改变农作物生长生态条件时,会调整各种生产投入要素的比例来减缓其对农作物的不利影响。自然试验的方法没有考虑农民应对气候变化所作出的应对性措施,也无法摆脱实验研究需控制农业生产的必然生产条件,模拟结果存在一定程度的偏差,可能会高估气候变化对农业生产的影响。

社会科学研究人员主要从经济学资源配置角度来研究气候变化对农作物的影响,在经济模型中引入气候因子进行实证分析。Mendelsohn 在区分气候变化对经济收益和成本影响的基础上,将气候变化同社会经济因素结合起来,运用跨部门数据分析认为,秋季之外的高温对美国农业生产具有负向作用,而降雨的增多具有正向积极作用^[6]。Kaufmann 在诸多影响农业生产的社会经济因素的混合模型中,引入玉米关键生长期的气候因子作为解释变量,实证分析了气候变化对美国玉米产量的影响^[7]。Gbetibouo 运用 Ricardain 模型研究温度和降水对南非 300 个地区农作物产量影响的结果表明,农作物产量对温度变化较敏感,且温度对农户收益有正影响,而降雨则出现相反的结果^[8]。Holst 运用拓展的 J-P 模型分析了地区气候变化对中国谷物生产的影响,发现气候变化对中国南方和北方谷物生产具有差异性,年平均气温每上升 1℃ 将导致全国谷物产量下降 1.45%,降雨每增加约 100 毫米将带来谷物

产量增加 1.31%,对北方的影响更为严重;并且指出,气候变化不仅影响农作物产量,还会影响产出风险^[9]。Chen 研究也发现,在 2005—2009 年间,气候因素对中国谷物产量的影响是积极且重要的^[10]。中国地域辽阔,各地种植结构差异较大,气候类型复杂多样,不同农作物品种对气候变化的适应能力不同。Zhou 利用 32 年的时间序列数据测算了气候变化对中国谷物产量的影响,发现气候变化对谷物产量的影响相当复杂,对不同地区谷物产量的作用方向和影响程度存在差异,温度升高对水稻有积极影响,但不利于小麦和玉米产量的提高^[11]。丑洁明基于传统的 C-D 函数,通过引入气候因素,构建一个经济-气候模型,认为 3 月和 6 月的降雨量对中国全年粮食产量具有重要作用,并且明显好于未加入气候因子的模型^[12]。

以上研究克服了实验研究方法的局限性,探讨了气候变化对农业生产的影响,但究竟是生长期内的气候变化还是四季及年均气候变化对作物产量的影响更加明显呢?这可能需要针对不同作物品种进行针对性研究。

梨作为中国传统优势经济作物,2011 年种植面积和产量占世界比重分别达到 70% 和 67%,一直以来稳居世界第一。在全球气候及农业生产技术变化的大环境下,气候变化是否会对中国梨产量产生影响,其作用方向和影响程度怎样?这是政策制定者和果农们非常关心且迫切需要了解的问题。在当前梨产业布局缓慢变化的背景下,研究气候变化对梨产量的影响,对充分发挥梨种植的区位优势,增加梨农适应气候变化的能力,具有十分重要的现实意义。基于此,笔者拟假定农户在考虑气候变化的条件下可以调整各种物质生产要素的投入比例来实现利润最大化,通过经济学研究方法,将气候因子作为外生变量引入计量经济模型,在考虑农民应对气候变化采取的适应性行为基础上,客观评价气候变化对中国梨产量的影响,以期为政策制定者及梨农提供参考。

二、模型构建与数据来源

1. 模型构建

传统 C-D 生产函数描述了生产要素投入和作物产量之间的关系,但仅限部分可以控制且数量有限

的投入要素和产量之间,将自然因素视为既定变量加以忽略,这会使生产函数的局限性加大。梨不像大棚蔬菜等,可以规避气候变化对其生产的影响,梨生产对气候的依赖性强,受温度、降雨、日照等因素影响较大。将气候因子作为重要投入要素引入到C-D模型中,更能客观真实地反映投入和产出之间的关系,具体模型如下:

$$Y = f(L, K, C, \dots) = AL^{\beta_1} F^{\beta_2} S^{\beta_3} P^{\beta_4} C^{\beta_5} + \varepsilon$$

其中, Y 代表梨产量; L 代表劳动力投入; F 表示化肥投入; S 表示梨种植面积,代表土地要素的投入; P 为农业机械化投入; C 代表气候因素,用气温、降雨和日照时间表示。笔者拟通过控制其他投入因素,重点分析气候变化对梨产量的影响程度。

将函数进行对数化,同时对模型做进一步的改善,使其更能和农业生产发展规律相符合。在模型中加入一组区域哑变量,用以反映其他变量并未说明的自然资源、社会经济等在时间及空间上的区域差异。加入时间趋势项用以反映技术进步对梨产量的影响。农业作为弱势产业,采取的一系列农业政策会影响梨生产,因此模型中也加入政策制度变迁虚拟变量,用以反映制度变迁。改进后的模型如下:

$$\ln y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln(\text{Lab}) + \beta_2 \ln(\text{Fer}) + \beta_3 \ln(\text{Are}) + \beta_4 \ln(\text{Pow}) + \lambda_1 \ln(\text{Tem}) + \lambda_2 \ln(\text{Pre}) + \lambda_3 \ln(\text{Sun}) + \gamma T + \sum_{m=1}^2 \rho_m d_m + \eta_1 T_1 + \eta_2 T_2 + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

(1)式中, i 和 t 代表第 i 省第 t 年份,被解释变量 y_{it} 表示梨产量,解释变量 Lab 表示从事梨生产的劳动力总数, Fer 表示梨种植的化肥投入量, Are 表示梨种植面积, Pow 反映梨种植的机械化动力情况,气候因子 Tem , Pre , Sun 分别表示气温、降雨和日照数, T_1 用于反映农林特产税政策的虚拟变量, T_2 表示“米袋子省长负责制”政策虚拟变量, d_m 反映地区特征的虚拟变量, T 为时间趋势变量,反映技术进步, ε_{it} 为随机扰动项。

由于中国地域辽阔,跨度大,具有热带、亚热带和温带等多种地带,气候类型复杂多样。梨种植区域广泛,除海南、港澳台地区外,全国各地均有梨的种植。基于此,选择不同地区来分析气候变化对梨产量的影响能更细致地观察到气候变化对梨种植的影响效应。本文以地区虚拟变量作为各地土壤及灌溉条件的代理变量,将气候因子分别与地区

虚拟变量相乘形成交叉变量,并作为解释变量引入模型,建立如下模型:

$$\ln y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln(\text{Lab}) + \beta_2 \ln(\text{Fer}) + \beta_3 \ln(\text{Are}) + \beta_4 \ln(\text{Pow}) + \lambda_1 \ln(\text{Tem}) + \lambda_2 \ln(\text{Pre}) + \lambda_3 \ln(\text{Sun}) + \gamma T + [\ln(\text{Tem}) + \ln(\text{Pre}) + \ln(\text{Sun})] \times \sum_{m=1}^2 \rho_m d_m + \eta_1 T_1 + \eta_2 T_2 + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

2. 数据来源与变量处理

由于海南、重庆、西藏和港澳台数据缺失,本文为减少数据不全造成结果的偏差,将这些地区排除在样本之外,最终采用的数据为全国28省、市、区1990—2010年的面板数据。本文考虑到中国行政区划的完整性、梨生产及自然资源的情况,将梨种植区域划分为3大块,长江流域及云贵地区、西北地区 and 渤海湾地区。长江流域包括浙江、上海、江苏、安徽、湖北、湖南、江西、云南等地区。渤海湾地区包括河北、辽宁、山东、北京、天津。西北地区包括陕西、甘肃、青海、新疆等地区。长江流域及云贵地区气候温润、雨水较为充沛,有效气温高及土层深厚肥沃,也是中国优势梨主产区之一。西北地区海拔较高,气候干燥,光热资源同样丰富,昼夜温差大,病虫害少,有利于中国优势梨的发展,但总体经济及农业生产条件较差,对气候变化的适应能力较弱。渤海湾地区介于南方温湿气候和北方干冷气候之间,光照条件好,热量较为充足,降水虽有波动但总体较适度,昼夜温差较大,是中国晚熟白梨的主要优势产区。渤海湾地区经济较为发达,无论是梨栽培还是管理水平均较高,区域梨科研实力雄厚、推广能力较强,一定程度可以克服气候变化对梨产量的影响。

梨的化肥施用量、机械化动力、劳动力人数,梨园种植面积均来源于《中国统计年鉴》、《中国农业年鉴》、《中国农村统计年鉴》等的基础数据,相关解释变量的数据由作者进一步整理计算得出。气象数据来源于国家气象局各主要城市气象站点的逐月统计数据。基于梨属于多年生植物,不像水稻等粮食作物产量受主要月份气候数据的影响较大,梨生长期几乎跨越多个年度,全年的温度、降雨及日照数均会对产量产生影响,故本文取其平均值作为代理变量,温度、降雨及日照的标准单位分别为 $^{\circ}\text{C}/\text{月}$ 、 $\text{毫米}/\text{月}$ 、 $\text{小时}/\text{月}$ 。

根据梨种植的生物特性,参照已有文献^[13,14]的做法,变量处理如下:梨劳动力数量=农林牧副渔劳动力×(农业总产值/农林牧副渔总产值)×(梨面积/农作物面积),梨化肥投入量=化肥投入量×(梨面积/农作物面积),梨机械动力情况=机械总动力×(梨面积/农作物总面积)。设置2个地区哑变量,以表示三大适宜种植区域(长江流域及云贵地区、西北地区 and 渤海湾地区),以渤海湾地区作为参照系,当所在地区为长江流域及云贵地区时, $d_1=1$,其余则为0;当所在地区为西北地区时, $d_2=1$,其余则为0。为了避免模型内生性带来结果偏差,技术进步并不用梨单产的比值来衡量,而是采用时间趋势来衡量。1990年代以来,中国实行了一系列的农业支持政策,对水果产业影响比较大的有2004年取消农林特产税和1995年实行“米袋子”省长负责制,本文主要测定这两项政策对梨产量的影响,结合梨多年生的生物性状及政策的滞后性,设置2004年以后的 $T_1=1$,之前为0;1995—2000年时 $T_2=1$,其余为0。

三、计量结果分析

本文所使用数据为时序和横截面组成的面板数据,能显著增加样本空间和自由度,用以反映更多的个体动态信息,结果能够更加准确地反映现实情况。面板数据回归时,先要检验确定是运用混合OLS方法、固定效应还是随机效应,本文利用Stata11.0分别对模型一或二进行检验比较得知,随机效应优于固定效应和混合OLS法,为进一步消除面板数据的异方差和序列自相关对模型结果的不利影响,本文最终采用广义最小二乘法对模型进行估计,模型估计结果如表1所示。

由表1可知,模型整体估计效果较好,模型总体在1%的显著性水平下通过检验,Wald卡方检验值较大,说明模型中各因素对梨产量的影响是显著的。气候变量因子在模型二中全部通过显著性检验,但不同地区的作用方向及程度存在差异,这主要是因为中国气候复杂、类型多样,加之梨生长对自然依赖性较强,在梨品种短时期内无法适应气候变化而做出改变时,全国很难有统一的结论。大部分控制变量也都通过了不同显著性水平下的检验。

表1 计量结果分析

解释变量	模型一		模型二	
	系数	T统计量	系数	T统计量
C	-0.870 5*	-1.71	0.316 5	0.60
ln(Tem)	0.819 1***	13.13	1.138 1***	14.91
ln(Pre)	0.042 7*	1.77	0.075 4**	2.55
ln(Sun)	-0.040 9	-0.53	-0.346 4***	-3.78
ln(Are)	1.178 5***	21.64	1.196 7***	21.68
ln(Lab)	-0.419 9***	-9.69	-0.423 7***	-9.81
ln(Fer)	0.048 6***	2.70	0.092 8***	5.69
ln(Pow)	0.227 7***	7.41	0.1367***	4.00
T	0.034 8***	9.25	0.039 9***	10.23
d_1	-0.199 3***	-3.99	—	—
d_2	-0.071 7	-1.64	—	—
ln(Tem)* d_1	—	—	-1.676 3***	-11.41
ln(Tem)* d_2	—	—	-0.383 8***	-3.44
ln(Pre)* d_1	—	—	-0.046 7	-0.71
ln(Pre)* d_2	—	—	-0.063	-0.98
ln(Sun)* d_1	—	—	0.906 7***	11.39
ln(Sun)* d_2	—	—	0.208 7***	4.32
$T_1(2004-2010)$	0.032 9	0.87	0.028 9	0.73
$T_2(1995-2000)$	-0.008 6	-0.38	0.0069	0.29
Wald chi2	30 968.64***		27 927.91***	

注:***, **, *分别表示模型结果在1%, 5%, 10%的水平上显著。

1. 气候因子对梨产量的影响

总体而言,气温上升对不同地区梨产量的作用方向及影响程度是不同的。从模型二可知,温度变量在各地区均通过了1%的显著性水平检验,从各交互项的系数来看,温度对梨产量总的影响系数为 $1.138 1-1.676 3d_1-0.383 8d_2$ 。表2显示,对渤海湾地区梨产量的影响系数为正,其产出弹性为1.138 1;对西北地区梨产量的影响显著为正,系数为0.754 3;对长江流域及云贵地区梨产量的影响为负,其系数为-0.538 2。根据国家梨发展规划及国家梨产业技术体系数据显示:梨种植在渤海湾地区的最适宜温度在 $6\sim 12^\circ\text{C}$,在西北地区的最适宜温度在 $7\sim 16^\circ\text{C}$,而在长江流域及云贵地区的最适宜温度在 $10\sim 14^\circ\text{C}$ 。在过去的20年间,西北地区温度上升幅度虽有波动,但上升不大,且各地区的年平均气温均在 16°C 以下,处于梨生长的主要适宜温度范围内。气候变化的季节性与梨生长密切相关,上一年12月至下一年3月温度上升有利于梨树打破休眠期,提前进入萌芽期,3月上旬就可以顺利进入初花期,为梨产量的稳定增长提供有利条件。渤海湾地区温度变化对梨产量的影响为正,这是因为尽管近些年来区域内年平均气温上升,但仍处于梨生长

的最适宜温度范围内,特别是冬季温度升高缩短了梨休眠期,梨树提前进入开花期;加之经济发达、科技水平较高,梨农可以充分利用温度上升的机遇,改变梨品种等相适应技术措施来提高梨产量。根据产出弹性,温度每上升 1%,梨产量增加 1.138 1 个百分点。长江流域及云贵地区温度变化对梨产量的影响为负,主要原因是近些年来这些地区年平均温度不断上升,且呈现出冬季越冷而夏季越热、春秋季节温度变化幅度较大的极端天气,这既不利于梨树的休眠也不利于梨树的开花和落果,严重影响梨的生育期。国家气象数据显示这些地区年平均气温几乎全部高于 14℃,超过梨生长的最适宜温度。根据产出弹性,温度每增加 1%,梨产量下降 0.538 2 个百分点,验证了温度上升不利于长江流域及云贵地区梨产量的增加。

降雨对各地区梨产量均有正向影响,但影响程度不同。主要原因是近些年来,华北、东北及南方地区降雨量有下降趋势,西部和华南地区降雨有增多的趋势。根据梨生长的最适宜降雨量分布,当前渤海湾地区的年降雨量在 500 毫米左右,属于梨生长最佳适宜降雨量的下限。西北地区的降雨量因地区不同而呈现较大差异,主产区陕西的降雨量在 500 毫米左右,也处于最适宜降雨量 490~660 毫米的下限区域。长江流域及云贵地区的降雨范围广、面积大,不同地区降雨量存在显著差异,总体平均降雨量在 1 200 毫米左右,同样处于最适宜降雨量 800~1 500 毫米的范围内。根据梨生长自然习性及其适宜指标,春夏季降雨量增多对梨生产有利,而秋冬季节雨水过多会影响果实的着色、正常发育、土壤冻结及果树休眠。不同季节的降雨量变化会对梨生长的作用方向和程度呈现较大差别。根据中国气象局数据显示,各省年降雨量具有升高趋势特别是渤海湾及长江流域及云贵地区,春季降雨量明显增多。模型估计结果也显示,降雨量每增加 1%,渤海湾、长江流域及云贵地区和西北地区梨产量分别增加 0.075、0.029 和 0.012 个百分点,对渤海湾地区的影响程度最大。

日照数对不同地区梨产量的影响方向及程度不尽相同,对渤海湾、西北地区的影响为负,对长江流域及云贵地区的影响为正。日照数每增加 1% 导致渤海湾地区和西北地区梨产量分别下降 0.346

和 0.138 个百分点,长江流域及云贵地区梨产量增加 0.56 个百分点。近 20 年来,渤海湾地区日照数呈上升趋势,西北地区虽有逐年波动情况,但也具有上升趋势,中国南方地区特别是长江流域及云贵地区呈现下降的趋势。

表 2 气候因子对各地区梨产量的影响

	渤海湾地区	长江流域及云贵地区	西北地区
温度	1.138 1	-0.538 2	0.754 3
降雨	0.075 0	0.029 0	0.012 0
日照	-0.346 0	0.560 0	-0.138 0

注:回归结果整理计算得出。

2. 控制变量对梨产量的影响

各主要投入要素对梨产量的影响均不同程度通过了显著性检验,梨种植面积、梨化肥施用量和机械化动力对梨产量具有积极影响。具体来看,梨种植面积在所有投入要素中弹性系数最大,面积每增加 1%,梨产量增加 1.192 个百分点,全国梨产量的增加很大程度上依赖于扩大梨园种植面积。梨园机械化动力和化肥施用量每增加 1%,梨产量分别增加 0.137 和 0.093 个百分点。梨劳动力投入对梨产量总体上具有负影响,可能的原因是梨劳动力投入数量过多不利于梨园的经营管理,使得生产要素的投入比例不协调,影响了其他生产要素效率的发挥,造成梨园经营效益下降,而减少劳动力投入可以提高农业生产要素配置比例,从而提高梨产量。

技术进步对梨产量影响显著为正,说明新技术的推广和运用,特别是近几年梨品种的选育和引进、省力化栽培模式的不断推广,可以减弱病虫害和灾害的影响,极大地提高梨产量。技术进步的正面效应意味着一定程度上可以通过技术进步来减缓气候变化对梨产量的不利影响。政策虚拟变量并没有通过显著性检验,表明取消农林特产税和“米袋子”省长负责制的政策措施对增加梨产量的贡献不大。

四、结论与启示

上述研究结果表明,气候变化对梨产量的作用方向及影响程度因地区而异,且存在明显的差异性,主要结论如下:第一,气候变化对主产区梨产量具有显著影响,但不同气候因子对不同区域梨产量的影响方向和程度存在差异。降雨对中国三大区

域梨产量的影响为正,且对渤海湾地区的影响最大,其次为西北地区 and 长江流域及云贵地区。温度对渤海湾地区和西北地区梨产量的影响为正,且对渤海湾地区的正向作用更大,温度每上升1%,梨产量增加1.138%,对长江流域及云贵地区梨产量影响为负。日照数对渤海湾地区和西北地区梨产量影响为负,对长江流域及云贵地区的影响为正,日照数每增加1%,梨产量增加0.56%。第二,梨生产主要投入要素增加对梨产量具有十分显著的影响,减缓气候变化带来的不利影响可以采用适当改变梨园种植面积、增加化肥及机械动力等要素投入结构。梨种植面积在所有投入要素中弹性系数最大,农户可以调节化肥、机械、劳动力等生产要素的投入比例来减少气候变化带来梨生产条件的改变。第三,技术进步对梨生产具有重要的影响,可以通过技术进步来减缓气候变化对梨产量的不利影响。

梨生长地域辽阔,对自然因素的依赖性极强。降雨、温度和日照等气候变化对梨产量的影响既有有利的一面,也有有害的一面,如不采取任何措施来增加农田水利设施、改良作物品种等以应对气候变化带来的不利影响,将有3500万农民损失50%以上可能的收入。上述研究结果显示了不同地区梨产量与温度、降雨及日照数等气候因子的密切关系。据此,政府相关部门首先应加强气象预报预警网络建设,进一步完善气象信息传输服务,及时有效地将气象信息传输给农户,为果农适时采取相关措施应对气候变化提供可靠依据,减少气候变化带来的不利影响。其次,各区域应适时适地调整梨生产布局,选育和推广适应气候变化的新品种,根据梨品种对生态环境的要求和适用性差异,合理选择种植品种及其比例。最后,完善梨园基础设施建设,实行科学的田间管理方式,合理调节物质投入要素比例,以不断提高梨园应对气候变化的减灾能力及水平。

注 释:

- ① 数据来源于陈锡文2010年9月在“第一届全国农林高校哲学社会科学论坛”上所做的特邀报告,根据录音整理得出。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Chaudhuri U N, Kirkham M B, Kanemasu E T. Root growth of winter wheat under elevated carbon Dioxide and drought[J]. Crop Science, 1990, 30: 853-857.
- [3] Sinclair T R, and Seligman N G. Crop Modeling: From Infancy to Maturity [J]. Agronomy Journal, 1996, 88(5): 698-704.
- [4] 熊伟.气候变化对中国粮食生产影响的模拟研究[M].北京:气象出版社,2009.
- [5] 王建林,杨霏云,宋迎波.西北地区玉米产量动态业务预报方法探讨[J].应用气象学报,2004,15(1):51-57.
- [6] Mendelson R, Nordhaus W, Shaw D. The impact of global warming on Agriculture: A Ricardian analysis. American Economic Review[J]. 1994, 84(4): 753-771.
- [7] Kaufmann R K, Seto K C. Change detection, accuracy, and bias in a sequential analysis of Landsat imagery in the Pearl River Delta, China: econometric techniques [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2001, 85: 95-105.
- [8] Gbetibouo G A, Hassan R M. Measuring the economic impact of climate change on major South African field crops: a Ricardian approach [J]. Global and Planetary Change, 2005, 47(2): 143-152.
- [9] Holst R, Xiaohua yu, Carola. Climate change, Risk and Grain yields in china [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2013, 12(7): 1279-1291.
- [10] Chen Y, Wu Z, Zhu T et al. Agricultural policy, climate factors and grain output: evidence from household survey data in rural China [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2013(12): 169-183.
- [11] Li Zhou, Calum G. Turvey. Climate change, adaptation and China's grain production [J]. China Economic Review, 2014(28): 72-89.
- [12] 丑洁明,叶笃定.构建一个经济-气候新模型评价气候变化对粮食产量的影响[J].气候与环境研究,2006, 11(3): 347-353.
- [13] 朱启荣.中国棉花主产区生产布局分析[J].中国农村经济,2009(4): 31-38.
- [14] 刘天军,蔡起华,朱玉春.气候变化对苹果主产区产量的影响——来自陕西省6个苹果生产基地县210户果农的数据[J].中国农村经济,2012(5): 32-40.

责任编辑:李东辉