

# 全球气候变化对美国 农业经济影响的再评估

赵跃龙 译

**摘要:** 本研究利用现代 GCM 预测,改善了的植物科学和水份供给数据以及模拟能力完善的经济模型,评估了长时期内气候变化对美国农业的经济影响。对于作物产量、作物需水和因气候变化而增加的灌溉水的变化导致经济结果的变化,三个 GCM 的预测结果各不相同;GISS 和 GFDL-QFlux 分析的结果是整体经济收入增加,而 UKMO 分析结果则包含有减少。正如以前的研究,大气 CO<sub>2</sub> 对产量提高的影响是潜在经济结果的重要决定因素。包括世界粮食生产变化以及相应的出口变化,一般都影响美国农业。这里估计的经济影响度仅占美国农业产值的一小部分比例。

## 1 前言

生态系统中对气候变化敏感,而对人类繁荣特别重要的产业之一是农业(Wigley et al., 1981;OTA,1993;CAST,1992)。正是这种认识推动了过去十年所进行的一系列气候变化对农业影响的经济评估(Adams et al.,1990;Decker et al.,1986;Dudek,1988;Rosenzweig et al.,1993;Rosenberg et al.,1991;Kaiser et al.,1993;Kane et al.,1991;Reilly et al.,1993;Mendelsohn et al.,1994)。从这些研究结果中提出气候变化对美国来说不是一个粮食安全问题,对美国的一些地区而言,作物产量的减少将影响经济结果。

多数现存的研究,测定了气候变化对美国专业化农区经济结果的影响(例如,Rosenberg et al.,1991;kaiser et al.,1993)。地区研究提供了有关生产者对气候变化相应进行的可能调整。但它们却不能满足对国家水平的反映,诸如可能随气候变化而变化的美国农业出口或地区间生产的更替。Adams et al.(1988,1989 和 1990)的系列研究,通过应用反映供需相互作用的美国农业模型,揭示了这些涉及面较广的问题。例如 Adams et al.(1990)提出,气候变化对美国主要作物的生产和消费以及包括对作物水份利用和灌溉供给的变化的初步分析。Adams et al.的估计,已被当作讨论气候变化对美国农业经济影响的依据。(例如 Smith 和 Tirpak,1989;Nördhaus,1993;Cline,1992)。Adams et al.的许多发现严重地受循环模型(GCM)假定的影响;经济增收和损失都很显著。然而,即使在有关多数相反的 GCM 预测的潜在损失事例中,Adams et al.(1990)仍总结出气候变化不是一个粮食安全问题。

Adams et al.(1990)的估计,针对农业供给及与气候和供水变化密切相关的经济,提供了一个可能变化的一般印象。但其结果受整体水平、水量数据、来自世界其它地区有关农业生产变化的摘要和其它数据限制及简单假定的限制。

Mendelsohn et al.(1994)的更近期的研究,用不同生产区(当然也是不同气候条件区)地价(地租)和作物税收的变化,评估了气候变化对美国农业的潜在影响。本研究在使用地价横截面

• 为节省篇幅,本文所有图、表均都略去。

数据、农业和气候数据上是一个创新,而且支持了其它研究得出的农民在适应和缓和不利气候影响中起重要作用的结论。然而,由于结论和建议来自消费者(价格)影响和贸易变化,从而限制了政策的利用。它也只评估了有限的气候变化范围。(如 1983 年气候状况所证实的)。然而,象 Adams et al. (1990)的研究,它强调了美国农业的潜在弹性,并包括气候变化。

本研究的目的是借助数据和过去评估中的其它限制,重新评估长期的气候变化对美国农业的经济效果的影响。特别是,这个研究结合了气候对全球粮食生产(Rosenzweig et al. 1993)影响的近期预测,以及美国作物产量和完善的水资源信息的新估计。借助较早期研究的一些约束条件,这个评估结果,可为气候变化对美国农业潜在影响的研究提供另外的观点,并有助于在政策上对这重要地区意义的讨论。

由于利用了更近期的水、作物产量和贸易假设近期评估至少在两个其它点上不同于 Adams et al. (1990)。第一个不同点是在  $2\times\text{CO}_2$  预测的前提下,使用了三个 GCM 预测;戈达德空间研究所(GISS)、地球物理流体力学实验室(GFDL)和英国气象局(UKMO)。在 Adams et al. (1990)早期评估中,没有使用 UKMO 分析。另外,GFDL-QFlux 预测修正了 Adams et al. (1990)的预测结果。第二个不同点是 Adams et al. (1990)使用的经济模型已被更新来代表 1990 年经济和农业条件(1982 年开始,这些条件被用在较早期的研究中)。

## 2 研究方法

生物经济评估需要输入几个约束条件,这样的评估,其过程可分三步。该过程把自然和生物现象与经济价值模型连在一起。起始点是定义类似由于  $\text{CO}_2$  加倍( $\text{CO}_2$  加微气体)达 555ppm $\text{CO}_2$  的影响而产生的全球气候变化及这些加倍的影响将如何在美国农业生产区的温度、降雨和其它气候变化表现。在 555ppm $\text{CO}_2$  的假设下,运用了地区温度、降雨量、蒸发的变化及其气候变化的 GISS、GFDL-QFlux 和 UKMO 预测。

这些气候变化被希望能导致作物产量、作物需水和对灌溉水的有效性的变化。这些气候影响成为这个过程第二阶段的输入条件,它需要有关气候对人类有价值作物的影响在地区如何变化的知识,例如,粮食和纤维作物产量。这种资料可从植物生物物理模拟模型中获得,这种模型结合了源于气候变化的产量变化机制。特别是,使用植物生理模型和 SOYGRO、大豆可比设计模型等的 CERES 系列预测作物产量。加上因气候变化而产量变化的影响,产量也可通过增加大气  $\text{CO}_2$  的施肥作用而得到提高。因为,这种肥料作用的大小是讨论的主题,所以,产量变化的范围得到估计,没有包括  $\text{CO}_2$  肥料作用的变化和反映 440ppm 和 555ppm 水平  $\text{CO}_2$  的变化的估计。

水是农业生产过程中至关重要的因子,水的需求及其利用率因此显得比较重要。在气候变化下,需水(灌溉用水)的预测可通过以蒸发变化为基础的 GCM 分析实现,供水预测可运用生长分配模型(Neilson, in press)求得。

一旦量化后,这些产量和灌溉影响成为评估过程第三阶段即经济组份的输入因子,它们的变化专门被用作修改美国农业扇形经济模型。农业扇形模型或 ASM;详见 Chang 和 McCarl (1993)它将气候变化对自然和生物的影响翻译成对生产者和国内外消费者的经济影响。

ASM 是一个空间平衡模型,可用数学公式表示之(Takayama 和 Judge 1971)。模型表达了包括作物和家畜产品的 30 个初级农产品的生产和消费,也包括 12 种由农产品加工而成的次级商品。生产和消费函数被假定为由大量个体组成,其中的每一个体在市场竞争状态下运转,这就形成一个模型,该模型在需求曲线下最大的面积小于供给曲线下最大的面积。根据

Samuelson(1952),这个面积可解释为,对经济收益等于农业生产者和消费者因全球气候变化的影响而年净收入损失或增加的测定,以1990年美元价计,国内外消费(出口)也都包括在内。

生产者一级的行为可从一系列技术系数中获得,这些技术系数是用来描述模型中63个相同生产区(包括48个邻近州)中农业生产者的自然和经济环境。这些生产区后来组合成10个大区,正如美国农业部(USDA)(图1)所分析。灌溉和非灌溉作物生产及供水关系也包括在内,图1中所描述的土地、劳力和灌水的有效性在地区级水平得到确定和划分。产生于63个单独区的农场一级供给反映与来自扇形模型客观功能的国家需求相连,描述了包括国内外需求关系的特征。

### 3 过程

为了评估,需要全球气候变化的专门分析。这里我们着重进行CO<sub>2</sub>倍增平衡的GISS、GFDL-QFlux和UKMO的三个GCMs分析:CO<sub>2</sub>与1951-1990年间相对应的属基本水平。因为其它温室气体的大气浓度也在增加,所以一个‘有效CO<sub>2</sub>加倍’被定为所有温室气体综合辐射‘强迫’。当估计因为作物生长和水份利用可能得益于CO<sub>2</sub>水平的增加而对作物潜在影响时,计算CO<sub>2</sub>倍增带来的相同的强迫就十分重要。

多数植物在大气CO<sub>2</sub>中的生长高于周围水平的生长,表明其净光合率增加(即,总光合减呼吸)。高浓度CO<sub>2</sub>也降低一些作物气孔的张开度,结果CO<sub>2</sub>降低单位叶面积呼吸的同时提高了光合成。因此,它常常提高了水份利用率(作物生物量或产量的积累与水的蒸发量的比例)。CO<sub>2</sub>对作物的实验室影响已被Acock和Allen(1985)和Cure(1985)检测和校订。在整理温室和其它实验室的研究结果中,Kimball(1983)估计了在一个重要的农作物区,主要作物的产量因CO<sub>2</sub>浓度的倍增(从330到600ppm)而大约增加33%。

为推测CO<sub>2</sub>增加对农业生产的影响,这些有益的直接影响必须被考虑在内,同时,还有辐射活跃的微量气体的气候影响。CO<sub>2</sub>直接影响的相对贡献的评估和所描述的对农作物反映的气候变化,仍然是一个极难研究的问题。GCM预测显示所有地区事实上气候变暖,同时水系可能变得潮湿或干燥。这样看来,气候对作物产量的影响可能是不利的,也可能是有利的,这将取决于所处位置。

为作物模型模拟,因CO<sub>2</sub>加倍的气候变化的GCM模拟被采用,辅之以555ppmCO<sub>2</sub>水平;这些条件被假定发生在2060年。555ppm水平是基于GISS、GCM微量气体的分析A,其中,模拟气候已变暖到2060年,由于CO<sub>2</sub>的加倍,气温大约升高4°C,表I从每个GCM中总结了温度和降雨量的变化。

用每个GCM预测的地区气候变化的水资源影响和产量结果,经如下3个方面修改后被介绍到经济模型中。(1)地区作物产量;(2)作物水份利用系数;(3)地区供水系数。随后的模型模拟得出它们的经济影响图,包括地区市场分享的变迁(即竞争效益)、生产者轮换的变化、消费者嗜好及其它经济方面的变化。最后一套分析,计算了由于气候变化对美国 and 全世界粮食生产的影响而造成的美国出口的变化。这些包括Rosenzweig et al. (1993)所做的有关世界粮食生产变化的美国出口的预测。这些出口预测是用国际应用系统分析研究所(IIASA)的基本连接系统模型求得。

**3.1 产量和需水数据** 旱地和灌溉地玉米、豆和小麦的产量试验设计在17个试验点进行(ASM中63个生产区的17个代表区),每一个点都进行GCM预测(图2)。当在灌溉条件下生长时,作物需水试验也被设计出。

为每个分析和预测,计算了每个试验点每种作物的产量和需水百分率变化。GCM 设计的产量少于基本产量的量,除以基本产量,可得产量百分率的变化。用同样的方法可求得需水百分率变化。提高  $\text{CO}_2$  (555ppm) 的肥料(产量提高)影响通过设计产量进入计算。在大多数植物科学家希望增加  $\text{CO}_2$  以提高产量和作物水份利用率的同时,无  $\text{CO}_2$  肥料影响的极端例子的测试是有益的。为了这个研究,我们估计了没有这种影响(即包括只有气候变化对产量的影响)的产量和需水,以及与一个‘中’点 440ppm $\text{CO}_2$  水平相关的产量变化。为灵敏度的分析,基于无  $\text{CO}_2$  肥料影响提供一个与气候变化影响相反的上限和雾状  $\text{CO}_2$ 、肥料(440ppm)影响的产量估计的产量变化被用于经济模型中。

17 个试点的数据经插值法添改后,用于完善 ASM 中剩余的 47 个生产区的产量调整。可从每个经济模型所剩的小区中找到中心位置。而且,中心位置到周围试点的距离被用来生成 17 个试点每个点的数据值,离中心最近的点在产量估计有效性中给予最大的值。在每个小区中添改的数据值(产量和需水百分率的变化)等于周围数据点乘它们各自数据值的总和。

作物产量变化预测仅在玉米、豆和小麦(旱地和灌溉地)上有效。对于 ASM 内的其它作物,CERES 和 SOYGRO 对玉米、豆和小麦模型预测中获得的反映被平均后用来作代表。

**3.2 供水数据** 供水预测由 USEPA 卡瓦南斯(Corvallis)环境研究实验室(Neilson, 1993; Neilson 和 Marks, 1994)提供。土壤温度和降水量的百分率变化用(MAPSS)大气—植物土壤系统图画出。

在无生物气候和模拟季节土壤温度方式的限制下,系统计算潜在叶面积和植被类型,它能在一个试验点得到支持。结合蒸腾和空间阻断、雪的形成和融化、渗入、蒸发、渗透和降雨,可计算出一个试点完整的水份平衡。蒸发率是叶面积指数(LAI)和气孔传导的一个函数的变化植物水份利用率的变化可能发生于  $\text{CO}_2$  浓度的提高及其相伴的气孔功能,在生长季节土壤有效水份接近空竭时,所计算的 LAI 为最大值。土壤水份过量会使更多的叶面积生长,土壤水份亏空会减少叶面积。在同一个试点,同时生长森林植被和草,它们将竞争光和水。森林植被可能是树或是灌木。

MAPSS 通过观察有共同边界的美国降雨量和植被数据而得到校正,而且已被用来精确地模拟森林、草地和荒漠以及月降雨量等的分布(Neilson, in Press; 1993; Neilson 和 Marks, 1994)。模型还可被用来预测气候变化后新的植被分布方式、土壤湿度和降雨形式。

渗入表土层的地表水随土壤温度呈函数变化,该函数的组成取决于土壤湿度的土壤传导性。部分地表有效渗透水变成表层流量(包括大孔隙流动)。假如土壤接近田间持水量或饱和状态,则只有微量水渗入土壤,而大部分地表水沿地表流失。然而,随每厘米表土层水的下降,部分地表水变成地表径流。平衡允许渗透总流量等于地表流量加根区下面的基本流量。

利用以上的试验点和所确定的中心位置,流量百分率变化值从适当的图中求得,MAPSS 流量估计随整个美国火界应用的变化而变化。(被野火烧掉的植被覆盖范围的大小影响着流量)每个 GCM 所求得的两个值(有和没有火)相同,它们表达了供水百分率的变化。在火界下,大平原的流量增加,这将自然地又充填 Ogallala 蓄水层,并将利于灌溉(Neilson, in Press)。

**3.3 世界出口数据** 出口需求的约定包括两种情况,第一种情况,假定美国出口水平与 1990 年出口水平相当(相似于 Adams et al., 1990)。这就有利于与较早期的研究结果作比较。第二种情况,ASM 中的出口需求变成反映 2060 年出口预测,该预测由 IIASA 用 BLS 方法求得。由 Rosenzweig et al. (1993)总结。出口水平的 IIASA 预测与三个 GCMs 预测相一致。另外,IIASA 预报覆盖了每个 GCM 预测的三种适应可能性,即从无生产者适应(‘商业如常’的情

况)到大量适应中列出。本研究中,我们用了 IIASA 中点情况(一些适应被 Rosenzweig et al. 标为‘水平 1’,1993)下的出口预测。在每个出口假定中,产量、需水和供水的百分率变化正是上述三个 GCMs 所描述的变化。

模型中产量、供水和出口参数的每一个变化都生成一个新的模型‘运行’分析,例如,来自 GISS、 $2\times\text{CO}_2$  分析的产量和水份数据组成一个模型(运行一)的详细说明和解释,来自 GFDL-QFlux 气候分析的产量和水份数据形成另一个运行。这里报告了模型的 13 种构造和运行。这些不同的运行,标为 2 至 13(运行 1 是基本模型),被总结在表 2 中,表 2 中介绍了每个运行的特殊性。

## 4 结果

经济模型,包括在市场经济下反映生产者与消费者复杂的相互影响的特点。它也综合了美国农业区不同的组成成份,从而获得总体和地区经济活动的测定,包括生产者和消费者收益的测定。然而,无论用什么模型,复杂性并不保证预测能力。因此,建立模型分析对农业区整个生产过程来说仅是一个合理的近似值的认识十分重要。

Adams et al. (1988,1990)通过来自模型测试的内部价格和产出确认了 ASM,这种模型是对照基本模拟期(1981—1983)模拟商品实际价格和产出而得出。更近期的确认(1990)由 Chang et al. (1992)和 Chang 和 McCarl(1993)提出。价格和产出量的设计值与实际值非常接近。但这仅仅说明在现在状态下模型运行合理;并不说明到 2060 年或将来其它任何  $2\times\text{CO}_2$  平衡状态模型仍有效。因此,在这里所产生的经济影响结果,可根据 90 年代经济和农业环境变化的影响测得。这种比较静态的描述没有提出动态调整路线,也没有包括技术变化、消费嗜好和制度变化以及其它影响。

模型的解释包含许多经济活动的测定,包括总社会收益(消费者和生产者的过剩部分)、地区作物面积、地区资源利用(水、劳力、土地)、出口和其它因素。任何模型模拟,主要集中在经济模型如何随模型解释的变化,而被改变来反映不同气候的假定。由模型(在基线情况和改变了的模型之间)报告的各种经济测定的变化提供了一个气候变化对经济影响的印象。强加在基本模型上的作物产量和水份效率的每一个变化,给出了各种经济测定的变化。然后,经济测定变化的方向和大小,指出根据社会收益判断的气候变化对农业影响是否重要。

第一套对照列于表 3,它涉及 1,2,3 和 4 次运行(基本模型和 3 个  $2\times\text{CO}_2$  的 GCM 模型的预测)。这些预测是本研究的关键。来自 GISS(分析 2)、GFDL-QFlux(分析 3)和 UKMO(分析 4)分析的预测与这些表中的基本状态预测比较,表 4 列出,无  $\text{CO}_2$  肥料影响情况下,相同 GCM 分析得出的整体经济影响的变化(经济收益及价格和数量的变化)。表 5 列出 440ppm  $\text{CO}_2$  情况下相同的经济信息。最后,增加出口的影响(11 至 13 的运行)列于表 6。

**4.1 GCM 结果比较** 在这些气候分析和 ASM 基本模型解释中,第一个比较点是直接经济收益的测定:即,生产者和消费者的剩余。表 3 在产量对增加大气  $\text{CO}_2$  的反映(肥料作用)的假定下,报告了 GISS、GFDL-QFlux 和 UKMO、 $2\times\text{CO}_2$  预测的消费者、生产者和总体的剩余、价格和数量的变化。在 GISS 和 GFDL 的分析中,经济收益都增加,因为生产者收益的增加补偿了消费者的损失。二者中,GISS 预测得益于气候变化的经济收益增加最多(10.2 亿美元),UKMO 则由于消费者的大量损失,结果生产者的收益虽然仍有增加,但总体收益却下降(近 18 亿美元)。这些经济收益变化(肯定或否定的变化)只占美国农业产出的经济模型和农场门值的总基值的很小比例。

列于表 3 的收益,显示出的结果相似于 Adams et al. (1990)的结果,在这结果中,同时存在肯定和否定的经济影响结果。Adams et al. (1990)用 GISS 估计出有 11 亿美元的净收益,但用 GFDL(1990 年 Adams et al.)的 GFDL 预测处于比这里所用的校正过的 GFDL-QFlux 预测更恶劣的气候)估计却有 10 亿美元的损失,GFDL-QFlux 现在得出有少量的收益增加。用 UKMO 预测的经济损失超过了较早期用 GFDL 估计的经济损失,这个现象反映了 UKMO 气候预测的严格性。正如用 Adams et. al. (1990)的结果,最近这些 GCM 基本分析提出了 GCM (或其它)气候预测在气候变化对经济影响结果评估中的重要性。

表 3 使用 Fisher 价格和数量指数也报告了在基本情况和新的市场平衡两种情况下,商品价格和数量各不相同。预期数量的减少将导致价格上涨,它是价格与数量运动的产物。所有商品的 Fisher 价格指数显出,在 GISS 和 GFDL-QFlux 分析下,价格略有上涨(1.01)。Fisher 价格和数量指数也用于区别商品类型,如作物和家畜。表 3 中未列出用 GFDL-QFlux 分析得出,作物和次级商品价格较高而用 GISS 分析,则家畜和次级商品价格较高等过程和现象。在 UKMO 下,由于生产量大大减少,所有商品的 Fisher 价格指数的提高大于在 GISS 和 GFDL-QFlux 下的价格指数的提高,在 UKMO 的分析中,商品价格总体上平均提高 33%。与数量变化相关的较大的价格百分比变化,反映了对大多数农业商品通常的非弹性需求结构。在生产者增收(和消费者损失)条件下,在每个 GCM 分析中都观察到这些价格的上涨。

图 3 显示了随经常剩余变化的测定而得的三种气候变化对地区的影响。模型(最初在东部和南部)中约有一半的地区受到这里所设计的气候变化的不利影响(作物面积和地区收益减少)。从大多数(如果不是全部)的分析中得出北纬地区(Lake 州、北部平原、山区和太平洋地区)面积和收益增加了。在严格的 UKMO 分析中,只有北部平原和山区表现出收益增加。

## 5 CO<sub>2</sub> 施肥影响的假定

当不包括大气 CO<sub>2</sub> 影响产量提高时,经济剩余变化戏剧性地不同(表 4)。在生产者剩余持续增加(GISS 分析除外)的同时,消费者剩余却进一步减少。然而,在所在 GCMs 分析的每一种情况下,消费者剩余的减少大于生产者剩余的增加,所以,总经济收益(按总剩余)减少。损失范围从 GISS 的 11 亿美元至 UKMO 的 67 亿美元。无 CO<sub>2</sub> 肥料的产量影响导致 GISS 的 21 亿美元(从 10 亿美元到-10 亿美元)到 UKMO 的大约 50 亿美元(从-18 亿美元到-67 亿美元)的损失。这些发现,强调了 CO<sub>2</sub> 肥料的潜在影响和气候变化影响的定时评估的重要性。

在这些总体收益变化的基础上,价格和数量变化也被列于表 4。与表 3 比较,数量上的 Fisher 指数略低,而 Fisher 价格指数则表现为无 CO<sub>2</sub> 情况高于有 CO<sub>2</sub> 的情况。UKMO 分析的价格指数几乎是基本情况的两倍多。北部平原和山区除外,在大多数地区的分析中,假定无 CO<sub>2</sub> 施肥影响降低了地区经济收益(图 4)。在 GFDL-QFlux 分析下,玉米带收益增加,而在 GISS 的分析下,Lake 州地区收益增加。

## 6 440ppmCO<sub>2</sub>

在表 3 和 4 所报告的分析中,大气中加倍的 CO<sub>2</sub> 当量水平(CO<sub>2</sub> 加微气体)被假定为 555ppm。这个假定被用于多数现代研究的同时,它的确切性却是一个值得讨论的主题。例如,Cline(1993)认为,由于其它微气体的辐射贡献,2×CO<sub>2</sub> 当量平衡的适宜大气浓度大约为 440ppm,555ppm 浓度是 2060 年实际浓度的暂时概念。

在前面已证明了比较‘有’和‘无’CO<sub>2</sub> 肥料影响的重要性,为了证明 CO<sub>2</sub> 对产量的影响虽然减弱但仍存在,在 CO<sub>2</sub> 浓度为 400ppm 的假定下,GCM 预测的三个产量影响结果被重新评

估。

按在“555”分析中提到的方式,GISS 分析仍然最乐观(总剩余略有增加),UKMO 分析最悲观(总收益减少 2%),而 GFDL-QFlux 分析居中(轻微减少)(见表 5)。正如所期,与 555ppmCO<sub>2</sub> 相关的总收益减少。每一个 GCM 预测分析结果与无肥料情况比较,每一个 GCMs 的收益影响表现出有所改善。

440ppm 下 GISS 和 GFDL 对所有类型商品的 Fisher 价格和数量指数的分析与 550ppm 下的分析比较,价格上涨而数量减少。(比较表 5 和表 3)。在 UKMO 分析中,价格和数量变化与“555”分析(CO<sub>2</sub> 影响)相似。

假定 440ppm 浓度的地区影响分析(图 5)指出,与无肥影响的“555”ppm 分析有相似的收益影响分布。分析又一次表明,只有北部平原和山区表现出收益增加,在 GISS 分析的太平洋地区收益增加的同时,GISS 和 GFDL-QFlux 分析的 Lake 州收益增加也显著。玉米带则由于气候变化而表现收益损失。

## 7 出口分析

在最后的分析中,为反映在气候变化情况下世界粮食生产和消费的可能变化,美国农业出口需求被改变,这些出口需求变化的假定被 Rosenzweig et al. (1993)的发现所推动,它指出,气候变化下一些商品出口的增加可能是给中纬度国家。从 IIASA 气候变化与国际农业设计的 BLS 模型模拟中,得出的美国农业出口预测,被用来预测 ASM 出口需求的变化。(见 1993 年 Rosenzweig et al. 用于估计世界生产变化的假定和过程的讨论)。在这里,相关的对照是没有出口变化的 GCM 经济估计,(列于表 3)的第 2、3 和 4 分析)。

与气候不变的出口相关,2060 年作为出口的商品类型的变化被列在表 6 中。(2060 年‘无气候变化’指出所有商品类型增加)。在气候变化下,出口商品水平的上升和下降都被进行了预测。

例如,在 UKMO 的分析中,小麦出口增加,在 GISS 分析中,水稻、粗粮和蛋白类饲料的出口增加;剩余的 UKMO 商品种类出口减少。在 GFDL 的分析中,除蛋白饲料外,出口变化很小(减少 18%)。

从 IIASA 出口假定结果中显示,三个 GCMs(相对于基本情况)分析总剩余有轻微的增加(见表 7)。特别是 GISS 和 GFDL-QFlux 分析得出的总剩余水平比无出口的(第 2 和 3 分析)稍高,分别高出 11 亿美元和 4.4 亿美元。这两个 GCMs 分析得出的收益比无出口情况有轻微的增加,这是由于消费者损失减少,然而,UKMO 分析表明,取代无出口分析近 18 亿美元损失的是总剩余净增。与无出口情况相比,在 UKMO 分析结果中,总剩余由于生产者剩余的微量增加和消费者剩余损失的减少而增加。

在出口分析下,GISS 和 GFDL 分析的价格和数量变化相似于较早期无出口状况下看到的那些分析。特别是对所有商品类型来说,由于农业总产出微量的减少(表 7)导致轻微的价格上涨。目前,价格上涨有利于生产者充分地补偿消费者剩余的损失。在 UKMO 分析中,价格上涨略高于无出口状态下的价格上涨,这是由于生产者剩余的变化大于无出口状态下的增加。反之,由于国外需求区消费者剩余损失减少,消费者剩余损失小于无出口状态下的损失。生产者剩余增加与 ASM 经济模型的国外消费者剩余的增加结合,导致总剩余净增。

根据地区分析,假定世界出口变化(图 6)的地区收益(总剩余)变化,一般反映假定在现代(1990)生产技术和出口水平下的收益变化,如前,看到地区比较利益北移。关于影响方向的唯

一例外是三角洲区,在那里,用 UKMO 分析,得出收益增加,然而,地区收益影响的大小因无出口状态而变化。

## 8 总结

前面有关气候变化对美国农业区潜在影响的研究,显示了依赖于 GCM 预测或气候变化假定的引用的经济影响结果范围。Adams(1990)的结果,已被用为许多气候变化下综合经济研究的参考因子,以讨论气候变化对农业影响既是相对于潜在的控制开支(Nordhaus,1993)的一面镜子,也是一系列的经济问题(Cline,1992)。

这个研究,通过使用另外的气候变化、作物产量和供水信息,提出原来 Adams et al, (1990)的评估的不确定性,特别是增加了另外的 GCM(UKMO)以及新的 GFDL-QFlux 预测、新的供水预测和相对应的作物产量关系,还提出世界贸易影响的假定。经济模型现在代表 1990 年的经济、农业和技术状况,另外,分析中引用了农业区校正过的经济模型。

本研究结果肯定了一些较早期研究得出的一般原理和结论。例如,气候变化预测在决定经济损失中起重要作用;良好的 GISS 预测以及现在更适用的 GFDL-QFlux 预测对社会产生经济效益;较为严格的 UKMO 求出可靠的经济损失(18 亿美元)。这些 UKMO 分析的损失超过了 Adams 用 GFDL 分析得出的最大损失。然而,在所有的分析中,总体上,生产者得益于气候变化。不过,气候变化的影响(有利和不利影响)占有关这些地区的总经济收益的百分率很小。

CO<sub>2</sub> 施肥的潜在影响再次表现出戏剧性,用 UKMO 分析得有无 CO<sub>2</sub> 施肥对经济影响的差别高达 50 亿美元,(有 CO<sub>2</sub> 施肥时损失为 18 亿美元,无 CO<sub>2</sub> 施肥时则为 67 亿美元)。与假定的‘555’标准所测的相比,较低水平的 CO<sub>2</sub> 施肥(440ppm)结果是降低经济收益或增加损失。源于全球粮食变化的出口水平变化(美国出口的增加和减少),导致在特殊商品出口增加的情况下,美国农业整体上有少量的经济收入增加,包括出口变化,每个 GCM 分析的经济收入增加创记录。在评估美国变化时发现,再次加强对粮食生产过程中全球变化作用的认识是重要的。这些收获来自几个相互作用因子:通过提高一些分析中的出口量和出口价格以及增加国外需求,来增加国内生产者的剩余。

综观这些近来的发现,美国农业生产区的轻微变暖(GISS 或 GFDL-QFlux)对美国农业不是一个恫吓。事实上,尽管特殊地区,特别是南纬地区连续的经济损失,总体上却可能有净收益。但温度大幅度上升(UKMO)的结果,造成潜在经济脱位和损失,虽然这些损失仍然占农业产出值的很小比重。

与这一般的良好气候变化评估相反,来自 GISS 和 GFDL 分析的乐观结果,部份原因是由于包括在产量预测中的 CO<sub>2</sub> 产量的增加。随无 CO<sub>2</sub> 和 440ppm 的分析对许多事实的澄清,这种关系的约定对经济估计有一个戏剧性的影响。最后,美国出口水平的未来,在估计经济影响中是十分重要的。增加美国出口或提高世界出口需求能补偿国内损失,所以,在这个地区,生产者是有净收益的。然而,这些利益的增加却掩盖了一些国内损失,并形成国内和世界性的消费者进行昂贵的消费。

### 致谢

本研究得到美国环保局的支持,项目官员 Ron Benioff 和 Joel Scheragea 在设计上提供了有益的建议。感谢 IIASA 的 Gunther Fischer 提供气候变化下美国农业出口变化的估计。感谢 Martin Parry 以 IIASA 的结果为基础的有关气候变化和国际农业设计方面的帮助。也感谢 Ronald Neilson 和一个没提供姓名的评论员所给予的有益的批评。

译自《Climatic Change》Richard · Adams,1995,30:2