



# 全球 变暖 与农业

津巴布韦西南部受干旱影响的农作物。

William R. Cline

约翰·斯坦贝克的《愤怒的葡萄》形象地描述了20世纪30年代美国南部大平原沙尘暴的经历，那时“迁徙者”从被毁坏的俄克拉荷马州和得克萨斯州农场移民到加利福尼亚州并没有什么希望的土地上。这些历史经历以及今天澳大利亚或许和《圣经》里叙述的那种等级类似的干旱，应该能让世界范围内的决策者留心到20世纪末由于不受约束的全球变暖使天气变得更热更干旱，而给世界农业带来的风险。

在全球变暖可能导致的问题的长单子里，世界农业风险首当其冲。然而，近年来气候经济学文献研究趋向于对这种风险不予重视，甚至认为暖几个摄氏度才对世界农业有利。但是

这些研究典型地把时间范围看得很短（一般大约看到2050年），并且关注总体的温度改变（包括海洋），而不是将发生在陆地，尤其是农业用地的温度变化（陆地比水热起来更容易、更快）。

发展中国家的农业总体上因全球变暖所受的损失比工业化国家大，这已成为广泛共识。与富裕的邻国相比，许多发展中国家没有足够的能力来适应。大多数发展中国家处在地球较热的区域，温度已经接近或超出再暖一些就会减少而不是增加农业产出的临界状态。农业在发展中经济体所占份额比在工业化经济体中的大。但是估计单个国家可能受到的影响有多大一直很困难。

如果不采取措施控制碳排放，农业产值将急剧下降，尤其是发展中国家。

因为这个原因，本研究（克莱恩，2007）承担着做出在目前政策下（所谓的基准或一般情况下）气候变暖对全世界总体影响的更长期的判断和了解对单个国家及地区的可能影响。时间框架平均延伸到2070年至2099年，即所谓的“21世纪80年代”。这段时间的气候模型预测是相对完善的，足够在将来允许相当大的气候变暖和潜在的损失并将其物质化，但尽可能目前引起公众的关注。

本文所揭示的研究成果表明，有合理理由重视全球变暖给农业带来的风险。

## 气候如何影响农业

气候变化可以以不同方式影响农业。温度超过一定范围就会导致减产，因为在这个过程中，农作物因加速生长而减少了产出。较高的温度会扰乱农作物获得和使用适度的能力。当温度上升时，水分从土壤中加速蒸发、农作物叶面蒸发加快，也就是说叶子失去了很多湿气，这种综合作用被称作“土壤水分蒸发蒸腾”。因为全球变暖很可能会增加降雨，温度较高时对获得水的净影响取决于蒸发得更快还是降水更多。典型的是，赢得这场比赛是通过更高的土壤水分蒸发。

但是气候变化的罪魁祸首——碳排放——也可以通过加强许多重要的农作物，例如所谓的C3作物（如小麦、大米和大豆）的光合作用给农业提供帮助。但是科学对碳肥的益处还远未可知，不过我们确实知道这一现象对C4作物（如甘蔗和玉米），从价值上说C4作物占作物总价值的1/4。

## 咀嚼数字

如果碳排放继续无节制增长，为预测全球变暖对特定国家农业的影响，本研究将现行的两个模型结合起来——一个来自气候科学，另一个来自农学和经济学。6个主要的气候模型在2000个以地面为基础的区域，或者说网格单元，特别详细预测了未来温度变化和降雨。这些变化将被添加到目前气候信息中（大约22000个陆地单元），并取平均数以得到4000个陆地单元的详细气候变化预测共识。这些预测被输入到农学和经济学农作物影响模型后，生成常量影响预测，再取平均值得到国家或地区水平的预测值。

里格模型取得共识表明空气中碳浓度每翻一番，将使总体温度最终上升3.3摄氏度。这一结论与联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）所谓的“气

候敏感度”的预测相接近，或者与空气中的二氧化碳浓度翻番超过前工业化水平时所预期的长期全球变暖数量相近——这表示模型生成的结果代表主流方向。

为了得到这些预测，将IPCC在2001年所做的第三次评估报告中最广泛使用的情境下的原始排放预测值输入气候模型。目前，每年化石燃料排放大约70亿吨碳。按IPCC在一般情况下的预测，到2050年将增长到160亿吨，到2100年将是290亿吨，增长的很大一部分原因是大量使用煤。相应地，到2085年空气中的二氧化碳浓度将达到735ppm，相比之下，前工业化是的水平为280ppm，现在的水平为380ppm。

本研究将世界分为116个国家和地区。到21世纪80年代，6个气候模型预测陆地的表面平均温度增加将近5摄氏度，农场区域的表面平均温度将增加4.4摄氏度左右（见表1，上半部分数据），比地球平均升温3摄氏度还要高，这是因为陆地比海洋的温度高。降雨也会增长，但仅为3%左右。

将气候变化预测运用到农业影响模型，得到气

表 1

### 温度更高

如果碳排放仍未受到约束，到21世纪80年代，陆地和农场区域温度将急剧升高……

	陆地区域	农场区域
基准水平		
温度 <sup>1</sup>	13.15	16.20
降雨 <sup>2</sup>	2.20	2.44
到21世纪80年代		
温度	18.10	20.63
降雨	2.33	2.51
……全球农业生产率将降低，但大多数发展中国家将急剧下降。（农业潜在产出变化的百分比）		
	没有碳肥 <sup>3</sup>	有碳肥
世界		
用产出衡量	-16	-3
用人口衡量	-18	-6
国家平均	-24	-12
工业化国家	-6	8
发展中国家	-21	-9
平均	-26	-15
非洲	-28	-17
亚洲	-19	-7
中东和北非	-21	-9
拉丁美洲	-24	-13

数据来源：Cline（2007）。

<sup>1</sup>温度为每天的平均值，摄氏度。

<sup>2</sup>降雨以每天的毫米数计量。

<sup>3</sup>假设大气中二氧化碳的增加（碳肥，CF）对农作物的产量没有益处。

<sup>4</sup>假设碳肥对农作物产量具有正面影响。

<sup>5</sup>不包括欧洲。

候变化对农业产值影响的两套评估方法。一种是“农作物模型”，与土地质量、气候、施肥等等农业生产率相关（罗森茨威格和伊格莱希亚斯，2006）。另一种是“李嘉图模型”，通过检验气候对土地价格的关系，从统计上推断温度和降雨对农业产值的贡献——农业生产率随温度从冷到暖而有所改善，而随由暖到冷而所恶化（曼德尔森和施莱辛格，1999）。现在，土地价值或者诸如土地质量和温度、降雨对其有影响的净收入有县或农场水平数据的模型已经有加拿大、美国、印度和许多非洲及拉丁美洲国家的了。两套模型都将得出相似的结果。本研究将其结合起来，创建一个在二氧化碳增加对农作物产量没有益处和假设碳肥对农作物产量有积极作用的情况下，能形成共识的农作物产量预测。

## 对农作物产量的影响

以上结果对乐观者的支持很少。就全球范围来看，到21世纪80年代全球变暖基线的总体影响是在没有碳肥时降低农业生产率（每公顷的产出）16%，如果碳肥的益处实物化则减少3%——用产出来衡量结果（见图表1底部数据）。当用国家或人口数据衡量是损失更大。

浓度的急剧损失发生在发展中国家。工业化国

表2

### 各国如何

气候变化的影响无论是由经济模型还是农业模型来预测，几乎所有的国家都受其害。

(农业生产率变化的百分比)

	李嘉图模型 <sup>1</sup>	农作物模型 <sup>1</sup>	加权平均	
			有碳肥	无碳肥
阿根廷	-4	-18	-11	2
巴西	-5	-29	-17	-4
美国	5	-16	-6	8
南部平原	-11	-59	-35	-25
印度	-49	-27	-38	-29
中国	4	-13	-7	7
华南	-19	-3	-15	-2
墨西哥	-36	-35	-35	-26
尼日利亚	-12	-25	-19	-6
南非	-47	-20	-33	-23
埃塞俄比亚	-31	-31	-31	-21
加拿大	0	-4	-2	12
西班牙	-4	-11	-9	5
德国	14	-11	-3	12
俄罗斯	0	-15	-8	6

资料来源：Cline (2007)。

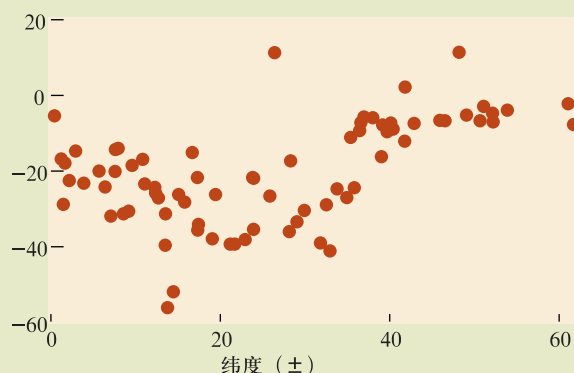
注：李嘉图模型通过检验气候对土地价格的关系，从统计上推断温度和降雨对农业产值的贡献。农作物模型与土地质量、气候、施肥等等农业生产率相关。

<sup>1</sup>没有碳肥 (CF) 影响。

## 为阳光买单

一国离赤道越近，其农业越可能遭受全球变暖之苦。

(农业潜在产出的变化，百分比)



资料来源：Cline (2007)。

注：每个点都代表一个国家。

家的经验产出是：没有碳肥为6%的损失，有碳肥则为8%的收益。发展中国家的地区损失在没有碳肥时为25%，有碳肥是为10%—15%。对于发展中国家来说，平均损失为15%—26%，以产出衡量的平均损失为9%—21%。在最贫穷国家损失可能达到了灾难性的水平（塞内加尔和苏丹超过50%）。

总体而言，越靠近赤道的国家所受的损失越大（见图），那里的温度已经趋近于农作物的忍耐极限。国家的海拔高度也是个问题，例如，由于海拔较高、温度较低，乌干达面临的损失（没有碳肥时的损失是17%）较布基纳法索（24%）小得多，尽管布基纳法索位于远离赤道以北10度的地方。由于主要的损失集中在低纬度地区，如果有收益，也被高纬度地区得到了。尽管世界上大部分国家农业生产率出现下降，但非洲、拉丁美洲和南亚国家没有任何碳肥的帮助，所受的影响最严重（见地图1）。碳肥能帮助我们得到很多收益吗？答案级可以是肯定也可以是否定。尽管某几个非洲、拉丁美洲和南亚国家及子区域的情况非常好，但是仍然有不利因素存在（见地图2）。

本研究详尽地分析了有关国家和地区，提出以下几点（见表2）：

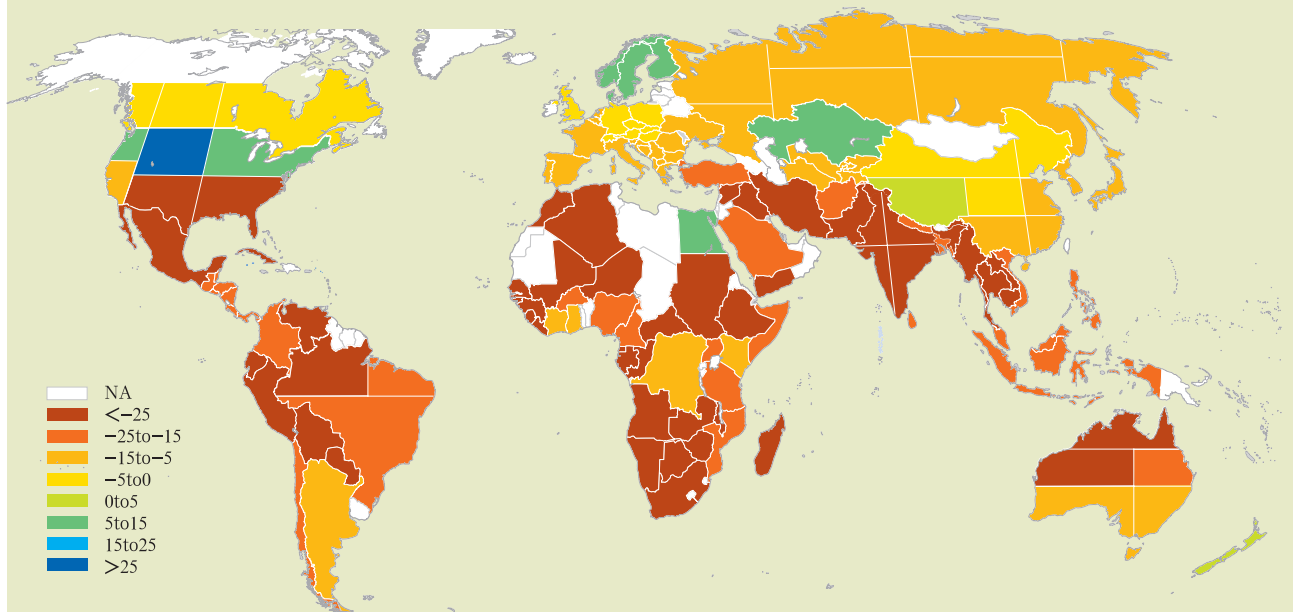
在南美，如果碳肥的影响没有被物质化，阿根廷和巴西的潜在损失将非常大。即使巴西有碳肥，损失也是中等程度的——即使阿根廷原本状况应该更好。

在北美，由北到南的差别很大。美国的平均总体产出从没有碳肥一般降低6%到有碳肥则增长8%。但是平均值掩盖了东南部 and 西南部平原很大的潜在损失，将李嘉图模型和农作物模型加权平均的结果显示，损失依有无碳肥的好处不同而从25%到35%

地图 1

## 没有碳肥

如果没有来自二氧化碳的有益影响，各地的农业产出必然下降，越接近赤道越具灾难性。  
(从 2003 年到 21 世纪 80 年代由气候引致的农业生产率变化百分比)



资料来源：Cline (2007)。

注：NA 对阿拉斯加和加拿大北部意指“不适用”，对其他地区指“没有数据”。

不等。与美国相似，加拿大没有碳肥时有一点小损失，有碳肥时则有中等程度的收益。墨西哥损失 25%—35%。

在非洲，这儿就有巨大损失。尼日利亚的损失就达到 6%—19%，南非和埃塞俄比亚的损失就更大。

在欧洲，德国没有碳肥时有一点小损失，有碳肥时则有中等程度的收益。西班牙的结果有点让人不满意，再次证明了纬度位置对结果的影响。俄罗斯没有碳肥时农业生产率降低 8%，有碳肥时则有 6% 的收益。

在亚洲，两个最大的也是最有力的发展中国家的情形截然相反。印度的损失在 30%—40% 之间，出现了一个最令人担忧的结果集合。中国的结果非常均等，损失和收益各为 7%，与美国的结果很相似：两个国家的平均影响很中性，但是中国南方的损失很大。印度的反差与印度位置靠近赤道的地理原因相一致。中美两国大约以北纬 38 度为中心，而印度大约以北纬 22 度为中心。

### 要技术援救吗？

有人争辩，到本世纪末快速的技术变革将很大

地提高农业产出，可以很容易地弥补全球变暖导致的任何形式的减产。但是有很多原因使技术变革不是万灵药。

首先，绿色革命已经减速，用联合国粮农组织数据计算的结果表明，20 世纪 60 年代和 70 年代粮食产量每年增长 2.7%，而 20 世纪最后 25 年的年增长量仅为 1.6%。尽管农产品价格上涨会对减缓或扭转产量的下降有刺激作用，但这种效果让人不放心。

其次，产量即使再不降低，很可能因食物需求和产出双增长出现交互竞争。由于人口增加、收入水平提高，预计到 2080 年全球食物需求大概增长两倍，同时很可能相当大一部分土地将改种生产乙醇燃料的生物。因此，供需之间的平衡很不可靠，全球变暖的一个较大的不利冲击就会使情况恶化。

### 赌注很大

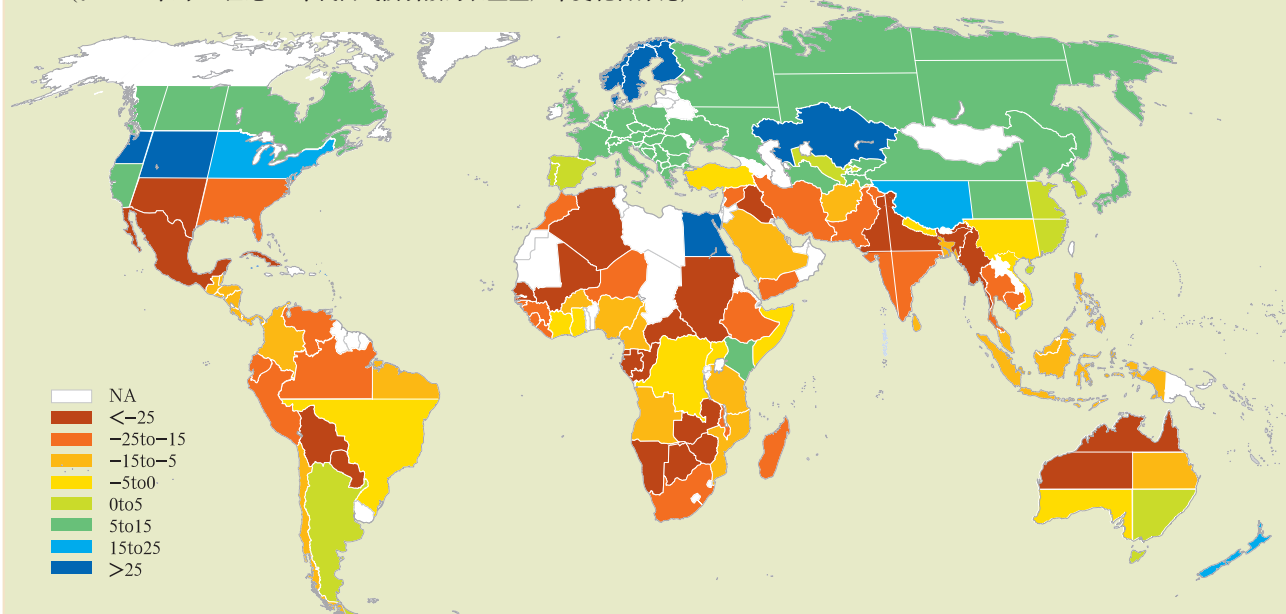
本研究所做的预测强调减少二氧化碳排放、避免全球变暖和可能带来的不仅对农业，也有海平面上升和飓风发生频率加大等方面损失的国际协调行动的重要性。

此外，全球的实际损失很可能比这里描述的还

地图 2

### 有碳肥

如果二氧化碳增加会使农作物收益，那么气候变化对全球的影响就可怕了，远离赤道的国家的农业生产率也将见长。  
(从 2003 年到 21 世纪 80 年代由气候引致的农业生产率变化百分比)



资料来源：Cline (2007)。

注：NA 对阿拉斯加和加拿大北部意指“不适用”，对其他地区指“没有数据”。

要严重，农作物模型和李嘉图模型都无法解释出现极端天气，如干旱、洪水和虫灾，有可能增加什么影响。预测也没有考虑与海平面上升有关的农业损失，这是孟加拉国和埃及这样的国家应该主要考虑的。更为基本的是，让我们往 21 世纪 80 年代瞥一眼，如果不采取措施控制碳排放，22 世纪全球气候变暖更严重，我们就预测不到更大的预期损失。

大部分发展中国家面临着风险，所以他们会受强烈的利益驱动而积极加入全球减排计划。中国的二氧化碳排放已经远远超过欧盟，并将迅速超过美国，发展中国家的（包括来源于森林采伐的）全球排放总量已经和工业化国家相当，并以更快的速度增长。

中国和印度这两个最大的发展中国家在做国际减排努力时似乎有着潜在的利益冲突，这非常引人注目。由于对本国农业的影响更为中性甚至影响更积极，中国对阻止减排的兴趣要比印度小得多，因为如果全球排放政策有变，印度将面临很大的潜在损失。但是即使是中国，一些关键的子区域也有风险。

幸运的是，2007 年 12 月，在印尼巴厘岛召开的联合国气候变化会议上，世界各国一致同意到 2009

年通过谈判达成一个超越《京都议定书》的新国际协议，拒绝签署《京都议定书》的两个主要工业化国家中，澳大利亚最近在行政当局更迭后加入了该议定书，而美国民主、共和两党主要的总统候选人都提出了比较激进的二氧化碳减排量。如果像巴西、中国和印度等主要的发展中国家也愿意采取减排措施，新的谈判将在后京都议定书时代为有目的的国际减排规则设定路线图。

William R. Cline，彼得森国际经济研究所和全球发展中心高级研究员。

#### 参考文献：

Cline, William R., 2007, *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country* (Washington: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics).

Rosenzweig, Cynthia, and Ana Iglesias, 2006, "Potential Impacts of Climate Change on World Food Supply: Data Sets from a Major Crop Modeling Study"; <http://sedac.ciesin.columbia.edu>; accessed August 9, 2006.

Mendelsohn, Robert, and Schlesinger, Michael E., 1999, "Climate Response Functions," *Ambio*, Vol. 28 (June), pp. 362-66.