

气候变化与农业

——最新的研究成果与政策考虑

林而达^[20]

(中国农业科学院农业气象研究所,北京,100081)

摘要 全球气候变化将严重地限制农业生产,并引起广泛的饥荒,这种预计的灾害情景已经引起世界的关注和这样的争论,即是否要大幅度地削减温室气体到大气中的排放量。未来气候变化对农业的可能影响现在已经进行了一些详细的研究,虽然可以想象还有很多不确定性,但已进行的所有研究还都没有发现全球的食物供应会受到严重的威胁。采取适应对策在一些国家可以产生节省成本的后果,但采取适应对策所需的新增成本会给发展中国家的发展造成严重的障碍。农业减缓对策的顺利实施,也取决于能否减少技术转让与扩散的障碍,是否能获取可用资金以支持发展中国家的能力建设和其它帮助全球所有地区落实行为转变和技术机遇的措施。

关键词 气候变化 农业影响 适应对策 减缓对策 政策考虑

CLC S16, P69

地球表面的气候已经相对稳定了1万多年。这期间社会得到了发展,并已适应了盛行的地方气候及其变率。由于人类活动改变了大气的化学成分,从而增强了地球的辐射平衡,人类社会现在面临气候及其变率变化的影响。

根据被多数科学家接受的气候敏感性范围和极其可能的温室气体和气溶胶排放范围,大气环流模型(GCMs)估算全球平均表面温度每10年可能升高 0.2°C ,因此到下个世纪末,当 CO_2 浓度加倍时(大约两倍于工业化前的280/1000000体积比),全球平均温度可能升高 $1\sim 3.5^{\circ}\text{C}$ 。由于气候变化,可能造成海洋热膨胀以及冰川和冰盖的融化,到2100年海平面预计升高 $15\sim 95\text{cm}^{[1]}$ 。

笔者参加了联合国的政府间气候变化专业委员会(IPCC)第二工作组1993~1995年的第二次评价工作,现将气候变化对农业的影响及适应对策、减缓对策的最新研究成果简介如下,并提出若干政策考虑。

1 农业的影响及其脆弱性

农业及林业对两大类气候引起的影响反应敏感:(1) 温度、水平衡、大气成分和极端气候事件的变化对农作物产量及质量的直接影响;(2) 通过土壤以及病虫害、杂草及其它指示

[20] 收稿日期:1996-10-22 修改稿收到日期:1996-12-03

作者简介:林而达,男,1947年生,研究员,中国农业科学院农业气象研究所所长。联合国气候变化专业委员会(IPCC)第一、二次评价报告主要作者。

本研究受国家科委“八五”科技攻关项目基金资助。

性因子的分布和发生频率变化的间接影响。食物与纤维生产的脆弱性不仅取决于受影响有机体的生理反应,而且还取决于受影响的社会经济生产系统对付产量波动的能力。因此,进行脆弱性评价时还应努力把发达国家和发展中国家不同的经济和社会能力特征考虑在内。

近来的研究^[2]仍旧与 IPCC 1990年的评价结论一致,即气候变化对全球农业生产的总体影响很可能是较小到中等程度。这个结论依赖这样一个假设,即如果没有气候变化,未来全球农业生产的增长率仍然高于人口的增长率,因此将继续长期以来世界粮食价格持续下降的历史趋势。但也还有一种观点认为,随着人口增加而产生的资源退化及技术不足将会改变这种不断改善粮食供应的历史趋势。不过,仅仅把问题简化为全球的粮食的供求关系,在

表1 2xCO₂平衡态 GCM 情景下若干作物受影响的最新研究结果^[2]

Table 1 The selected crop study results for 2xCO₂-equivalent GCM scenarios

地 区	作物产量变化的百分率/%				
	玉 米	小 麦	大 豆	水 稻	其 它
拉丁美洲	-61 to incr.	-50 to -5	-10 to +40		
前苏联		-19 to +41			-14 to +13(G)
欧 洲	-30 to incr.	incr. or decr.			incr. (V)
北 美	-55 to +62	-100 to +234	-96 to +58		
非 洲	-65 to +6				-79 to -63(M)
南 亚	-65 to +10	-61 to +67		-22 to +28	
中 国*	-19 to +5	-21 to +54	-44 to +83	-21 to +28	+15 to 49(C)
亚洲其它地区 及大洋洲		-41 to 65		-45 to +30	-1 to +35(P)

注:G-谷物,V-蔬菜,M-谷子,C-棉花,P-牧草;*-我国相应的研究结果
incr.-增加;decr.-减少

某种程度上可能会造成误导,因为各地区的研究结果变化很大,例如对热带研究的结果表明了可能会有非常不利的影 响,而那里又是世界上最贫穷人口的居住区以及饥饿经常发生的地区。在国家内部或国家之间,一个地区某种作物的巨大损失,又很可能被其它地区的巨大收益所抵消,这种差异频率超过了±20%(见表1)。依赖于小岛农业、干旱及半干旱地区旱地农业的低收入人口可能是特别脆弱的,很多具有这种很大风险的人口多生活在次撒哈拉非洲、南亚、东亚、东南亚以及太平洋的岛国中。

2 适应对策和政策建议

最近的研究表明,上述产量下降的经济影响,在很大程度上可以通过农场水平的适应措施、国际贸易和 CO₂肥效作用得到补偿或抵消。

在这些过程中,采用一些适应技术措施,如更换一些新的作物或作物品种,改善水管理和灌溉系统,变换一下最适宜的播种时间等,对限制气候变化的不利影响、利用气候变化的有利因素将是十分重要的。农业系统适应气候变化的潜力和方式可能是很广泛的。历史上,农作制度是与经济条件、技术、可用资源以及人口压力等相适应的。对于气候的变化速率以及所要求的适应对策是否明显加大由其它社会经济或环境变化造成的破坏,科学家们仍没

有取得一致的看法。适应的程度至少部分地要依赖适应措施的承受力、所采用的技术、生物物理的约束力,如水的可用性、土壤特性、作物的遗传多样性以及地形。虽然采取适应对策在一些国家可以产生节省成本的后果,但采取适应对策所需的新增成本会给发展中国家的发展造成严重的障碍。

上述结论所根据的研究,以模拟的方法估算了由气候变化和 CO_2 浓度升高引起的农业产量变化。但目前这些研究还不包括农作物病虫害、杂草的变化,气候变化对家畜的直接影响,土壤及土壤管理措施的变化,以及由于河川径流和灌溉变化引起的农业供水的变化。同时这些研究只仅仅考虑了有限的适应措施,而且也仅仅根据有限地点进行了产量分析。事实上,农学与经济模型都不是完全综合的,因此限制了这些模型模拟瞬时态气候情景的影响及充分模拟适应对策的成本和潜力的能力。这些研究还假设,大部分主要作物,因其是 C_3 作物,应从由 CO_2 浓度升高引起的水分利用效率增高以及生产力增加的结果中获益。 CO_2 浓度升高对农作物的益处要大于对杂草的益处。但是,有关这方面的某些实验结果也不能随意扩展到更大范围和整个生长季,因为蒸腾量及水气压亏缺都可能改变。事实上,科学家们并没有对 CO_2 加倍情景下 CO_2 的肥效作用取得一致意见^[4]。首先,对什么是“ CO_2 加倍”不同的实验者有着不同的理解:与现在相比是 700/1 000 000,与工业化以前相比是 550/1 000 000,再要扣除非 CO_2 温室气体的作用,则只有 450/1 000 000。其次,大部分有关植物对 CO_2 浓度反应的结果都是得自控制环境的试验。在这些试验中,水和养分供应充足,温度基本适宜,而且不存在病虫害和杂草的侵害。但是,当作物生长在大田状态时,这些能使高 CO_2 浓度产生益处的适宜条件就很少能同时存在了。对发展中国家的自然生态系统和农业系统来说,了解这一点特别重要,因为在这些国家中,灌溉、肥料、农药或不很充足,或价格昂贵,限制了使用,也就不能保证适宜条件的发生。即使在发达国家,为了最大程度地获取高 CO_2 浓度的效益所需增加的用水、用肥及必要的化学投入很可能是不经济的,出于资源保护或保护环境的原因也可能被限制使用。再者,温度增加也可能产生相反的结果。由于现阶段科学知识的限制,我们还不可能对复杂的农业系统进行多胁迫的综合分析。

虽然气候变化将有一些有益的影响,但也会有很多不利影响,有一些很可能是不可逆的影响。“净”影响将由成功履行适应对策的程度以及改进适宜管理措施的能力来决定。适应对策的高效而经济的成果依赖于管理的、制度的、法律的及社会的实践。

由于技术进步,管理系统,如农业和水资源供应的适应对策,总体来说是在不断改进的。但是采用这些技术在全球也并不是很一致的。更进一步来说,由于人口密度在河流三角洲、沿海平原、丘陵山坡和边际土地不断增加,社会对极端的气候事件也变得越来越脆弱了。

3 农业系统的温室气体排放和吸收

由于人为温室气体增加而造成气候变暖,农业每年的贡献约占五分之一。虽然 CO_2 的排放量远远超过 CH_4 和 N_2O 的排放量,但由于后两种温室气体的全球增温潜势相对较高,因此它们仍是人为造成温室效应增强的重要来源, CH_4 约占 20%,而 N_2O 约占 7%^[1]。农业大约贡献了全球近 50% 的 CH_4 的排放量及近 70% 的 N_2O 排放量^[2]。Reeburgh 等(1993)估算了全球气态土壤汇大约为 $4\,000 \times 10^4 \text{ t CH}_4/\text{a}$ ^[3],但现在还没有足够的材料用于推荐一些有效的农作措施来增强耕作土壤的 CH_4 氧化作用。

4 减缓对策及政策建议

管理良好的农业土地、牧场能在减少目前 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 的排放及增强它们的吸收汇方面起到关键的作用。

显著地减少农业甲烷排放可以通过改善反刍动物的营养方式及稻田的管理方式(如灌溉、养分、使用新品种等)达到。还有一些可能减少甲烷排放的措施,包括改变动物粪便管理及处理方式、减少农业生物质燃烧等。据初步估计,所有减排措施大约能减少全球农业甲烷排放 $0.25 \times 10^8 \sim 1 \times 10^8 \text{ t/a}$ 。

农业 N_2O 排放源主要是化肥的使用、栽种固氮作物、动物废弃物的不良处理方式以及生物质燃烧。这种农业排放可以通过使用现有技术改进施肥并提高粪肥使用效率而减少 $30 \times 10^4 \sim 90 \times 10^4 \text{ t N/a}$ 。

尽管还有一些明显的科学不确定性,但政策的决策者们依然面临人为温室气体排放引起的挑战。在今后几年中如能决定是否采取行动,将会限制未来可能技术选择的取舍范围。这很大程度上是因为气候引起的环境变化是很难恢复的,因为气候系统的时间尺度很大。结果是决策者们必须要决定,准备采取何种程度的预先措施和“无悔”措施来促进脆弱系统的恢复及减少温室气体的排放。不确定性的存在并不意味着一个国家或国际社会不能把自己放在一个有利的位置上,来对付气候变化条件下各种可能的影响,或保护自己不为未来的后果付出过高的代价。推迟采取一些应该采取的措施,可能会使一个国家或国际社会不能充分准备对付肯定要发生的变化,同时也会增加不可逆影响发生的可能性,使得对付气候变化的成本变得很高。

在各种政策考虑中,有关减缓对策的技术转让应给予优先的考虑,特别是对发展中国家。有些国家对粮食和肉类需求的增加速度很快,但生产 1 t 粮食或肉类的效率较低,同时还要排放较多的温室气体。然而,在每一个农业过程中,在使用先进技术的同时明显减少温室气体排放的机会是存在的,但是需要制定一些巧妙的政策来克服影响实施技术转让的障碍。

5 需进一步研究的主要科学问题

由于对气候变化影响以及农业对气候的反馈作用的预测还有很大的不确定性,以下四方面的问题迫切需要进一步优先研究:

(1) 努力开发并推广应用综合的农业影响模型及区域影响模拟技术。要着力进行各种模型的验证、试验及比较。要把气候变化对土壤、作物病虫害和作物杂草的竞争的影响,把其它环境因素的变化,以及适应对策和经济反应等都综合到影响模型中。不宜总以单项的或特定的模拟结果代表全面综合的反应。包括上述多重、相互作用因素的综合影响模型可改变目前对影响的“平均”估算,还可能大大减少不同方法之间对特定地区或国家的影响估算的不确定幅度。

(2) 增强能够真正模拟多因素渐变气候情景下农业影响的能力。目前国际、国内采用的农业对气候变化及 CO_2 平衡加倍的敏感性研究与此还有很大不同。如能够真正模拟多因素渐变气候情景下的农业影响,就可以定量确定不确定性的范围。另外,适应对策的经济分析

及真正实施,也必须要以渐变气候情景下农业影响及对策反馈模拟为依据。在动力模型中必须包括社会经济的调整措施及其后果,这样才能搞清农民是否能够适应可能的变化,需要增加投资的适应措施能否有效实施。

(3) 除了评价“平均”气候及其对作物产量和市场变率的影响外,还应着重研究气候变率的影响。气候的极端事件,如严重的旱涝霜冻及高温等,会严重地影响作物、家畜、土壤过程及作物病虫,而且很多过程是不可逆的。因此,要想能较准确地评估农业影响,对气候变率及极端气候事件的研究是不可少的。

(4) 进一步加强对农业温室气体排放的研究,特别是对 N_2O 这样相对研究较少的温室气体。要改进测定方法,增强对农业 N 、 C 循环及土壤碳库的研究,以便全面的而不是单独的了解各种温室气体相互影响下的排放与吸收状况。

参 考 文 献

- 1 Houghton J T¹⁸Meria Filho L G¹⁸Callander B A¹⁸et al¹⁸eds. Contribution of working group to the second assessment report of the international panel on climate change. In⁽³⁾*Climate change 1995 -- The science of climate change*. Melbourne¹⁸Australia⁽³⁾the Press Syndicate of the University of Cambridge¹⁸1996. 1~8
- 2 Reeburgh W S¹⁸Whalen S C¹⁸Alpern M J. The role of methyloctrophy in the global methane budget. In⁽³⁾*Microbial growth on C-1 compounds*. Andover¹⁸UK⁽³⁾Intercept¹⁸1993. 1~14
- 3 Watson R T¹⁸Zinyowera M C¹⁸Moss R H¹⁸eds. Contribution of working group 1 to the second assessment report of the international panel on climate change. In⁽³⁾*Climate change 1995 -- Impacts⁽¹²⁾adaptations and mitigation of climate change*. Melbourne¹⁸Australia⁽³⁾the Press Syndicate of the University of Cambridge¹⁸1996. 427~468¹⁸745~772
- 4 Wolfe D W¹⁸Erickson J D. Carbon dioxide effects on plants⁽³⁾Uncertainties and implications for modeling crop response to climate change. In⁽³⁾H M kaiser¹⁸et al¹⁸eds. *Agricultural dimensions of global climate change*. Florida¹⁸USA⁽³⁾St. Lucie Press¹⁸1993. 153~178

CLIMATE CHANGE AND AGRICULTURE -- RESEARCH FINDINGS AND POLICY CONSIDERATION

Lin Erda

Agrometeorology Institute Chinese Academy of Agricultural Sciences⁽¹²⁾Beijing⁽¹²⁾100081⁽⁶⁾

Abstract Global climate change that would seriously limit agricultural production and cause widespread famine and starvation is the type of disaster scenario that has played on the edge of debate on whether to make significant cuts in the amount of greenhouse gases emitted into the atmosphere. The agricultural impacts of potential climate change have now been investigated in some detail. Although considerable uncertainties remain¹⁸overall studies conducted to date do not find the global food supply has seriously been threatened. Even though some adaptation strategies may result in cost savings for some countries¹⁸but the incremental costs of adaptation strategies could result in a serious burden for developing countries. Agricultural mitigation also depends on reducing barriers to the diffusion

and transfer of technology¹⁸ mobilizing financial resources¹⁸ supporting capacity building in developing countries¹⁸ and other approaches to assist in the implementation of behavioral changes and technological opportunities in all regions of the globe.

Key words climate change¹⁸ agricultural impact¹⁸ adaptation¹⁸ mitigation¹⁸ policy consideration

2责任编辑 王小龙¹⁴.

《地学前缘》收稿期预告

- (1) 《地球历史的节律——生物史、沉积史、构造史、岩浆史专辑》收稿截止期为1997年4月底, 1997年9月、10月连出二期。
 - (2) 《地质技术与方法专辑》收稿截止期为1997年8月底, 1998年3月、4月连出二期。
 - (3) 《岩石学专辑》收稿截止期为1998年4月底, 1998年9月、10月连出二期。
 - (4) 《矿床学专辑》收稿截止期为1998年8月底, 1999年3月、4月连出二期。
- 来稿请寄: 100083 北京学院路29号 中国地质大学(北京)《地学前缘》编辑部

Announcement

Contributes to the Earth Sciences Frontiers are welcome.

- (1) The deadtime for submitting paper to the special issue on "The rhythms in earth's history —— biological, sedimentological, tectonic and magmatic": The end of Apr. 1997.
- (2) The deadtime for submitting paper to the special issue on "Techniques and methods of geology": The end of Aug. 1997.
- (3) The deadtime for submitting paper to the special issue on "Petrology": The end of Apr. 1998.
- (4) The deadtime for submitting paper to the special issue on "Ore Deposit": The end of Aug. 1998.