

文章编号: 1007-6301 (1999) 04-316-06

气候变化对我国农业地理分布的影响及对策

徐 斌, 辛晓平, 唐华俊, 周清波, 陈佑启

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要: 依据已有的研究结果, 分析了全球变化的趋势和温室气体 (特别是 CO_2) 对气候变化的贡献和影响以及气候变化对我国和世界农业地理分布和农业生产的影响。分大区分分析了气候变化对水稻、小麦、玉米等影响情况。提出了我国农业对全球气候变化应采取的战略对策和措施, 这些对策和措施可分为减缓温室气体排放和适应气候变化两部分。

关 键 词: 气候变化; 农业地理分布; 影响; 对策及措施

中图分类号: P467; S17 **文献标识码:** A

全球气候变化对人类生存环境的影响已受到国际社会的普遍关注^[1-4], 气候变化对农业和粮食生产的影响是国际社会关心的焦点之一。我国有 12 亿多人口, 农业资源承受着极强的压力, 在全球变化的条件下, 中国农业生态系统将受到严重的冲击^[4], 全球变暖可导致温度带向极地偏移, 引起农业地理分布格局的变化。探讨气候变化对农作物种植区域分布的影响, 适应这种变化, 趋利避害地采取对策调整生产布局, 保证食物安全, 对制定区域农业可持续发展战略和实施对策具有重要作用。

1 全球气候变化趋势及影响

1.1 气候变化的趋势

各种对于大气科学的研究表明, 由于温室气体大量排放, 全球平均气温呈增加趋势。温室气体主要包括 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 和 CFCs 等, 其中大气中 CO_2 浓度在 18 世纪中叶 (工业革命前) 为 280 ppm。直接观测显示, 1958 年为 315 ppm, 1990 年 CO_2 浓度已超过 353 ppm, 每年 CO_2 浓度增加 1 ~ 1.2 ppm。现在 CO_2 每年增加约 1.8 ppm (增长率为 0.5% 左右)^[6, 7]。 CO_2 等温室气体浓度的增加, 使全球大气平均气温呈上升趋势。

气候学家创建了大量的气候模式, 用来模拟 CO_2 浓度升高, 特别是 CO_2 加倍 (大约两倍于工业革命前的 280 ppm) 时的气候情景, 目前国际流行的较好的气温模式有 20 余个, 模拟的结果显示, 当 CO_2 倍增时全球年平均气温将增加约 0.48 ~ 4.20 °C, 21 个模式模拟的平

收稿日期: 1999-09; 修订日期: 1999-10

基金项目: 本文是国家重大基金项目 (39899370) 06 课题 “我国东部农业生态系统在全球变化条件下持续发展的调控途径” 资助项目

作者简介: 徐斌 (1957-), 男, 1995 年在兰州大学生物系获生态学博士, 同年在北京大学城市与环境学系做博士后研究, 1998 年到中国农科院区划研究所工作, 从事与全球变化有关的农业生态和资源生态研究, 在国内外发表论文、专著 30 余篇 (本)。

均变暖为 3.7^{〔8〕}。地表平均气温的很小的异常变化，对地方气候会产生严重的影响^{〔4〕}。长期形成的农业生产的格局和模式将受到冲击。

1.2 温室气体的影响

各种温室气体对全球变暖的贡献不同，据研究^{〔5,6,16〕}，工业革命前至 70 年代，CO₂ 的贡献率为 66%，CH₄、CFC_s、N₂O 分别为 15%、8%和 3%。80 年代以来，CO₂ 的贡献率降为 49%，CH₄ 升为 18%，CFC_s 和 N₂O 分别升为 14%和 6%。虽然 CO₂ 对增温占的比例最大，但其它气体增温的作用随着时间的延续有增大的趋势。各种温室气体对增温的效应不同，相同质量的气体比较，CH₄ 的相对增温效益是 CO₂ 的 58 倍，而 CFC_s 则是 CO₂ 的数千倍^{〔6〕}，但因为 CO₂ 的浓度远高于其它温室气体，CO₂ 的增温贡献仍占一半以上，是最主要的温室气体。

CO₂ 浓度升高，有利于提高作物的光合速率，特别对 C₃ 类作物增产效果明显。控制试验表明，当 CO₂ 浓度倍增时（由 330 ppm 增至 660 ppm），C₃ 作物（麦、稻、豆类等）可增产 10% ~ 50%，而 C₄ 类作物（玉米、甘蔗等）增产效果不明显^{〔7〕}。

CO₂ 和其它温室气体浓度增大可引起海平面升高，据 IPCC 研究^{〔7〕}在 2025 ~ 2100 年可升高 15 ~ 50 cm，这对沿海密集人口区的人们的生产和生活将有显著的影响。不少沿海地区由于陆地运动和地下水开采造成地面下沉，这将加剧海平面上升的影响。

全球变暖，大气圈保持水分能力增加，一些模拟研究结果显示，CO₂ 倍增将使全球平均降水增加 7% ~ 11%^{〔18〕}，然而温度升高总蒸发加大，两方面平衡。按 CO₂ 在下世纪照常排放构想下，世界上某些地区降水将减少，尤其在夏季，在这些地区的综合效应将使径流减少，干旱的可能性将更大。在其它地区将发生更多的洪水灾害。

作物的种植过程有着巨大的适应能力，随着对不同作物种所需条件的详尽了解以及有关遗传控制技术的发展，在全球大部分地区，使作物与气候变化条件相适宜相对容易办到。森林在较长的时期内（数十年到上百年）才能达到成熟，在这一时期，气温变化速率可能使树木处于完全不能适应的气候条件下，温度和降水格局的显著变化，可能阻碍树木生长或使它们抵抗病虫害的能力下降。例如，加拿大几个地区的研究表明，当地树木的枯萎与气候条件的改变有关，尤其与连续的暖冬和干夏有关^{〔19〕}。

不少研究还显示长期的热效应将影响人类的健康，较高的气温有助于病害和虫害向更高纬度地区扩散。

温室气体增温作用在全球是不均匀的，从而影响全球天气系统的热动力机制，改变大气环流和洋流的格局，这种变化的影响深远，常会使极端天气事件发生频率、出现和延续时间和分布都会改变^{〔4〕}，使气象灾害的频率和强度加大。

2 气候变化对农业地理分布及作物生产的影响

2.1 对世界农业地理分布的影响

全球变暖将使温度带向极地移动，年平均温度每增加 1^{〔4,20〕}，北半球中纬度的作物带将在水平方向北移 150 ~ 200 km，垂直方向上移 150 ~ 200 m^{〔4,20〕}，IPCC 1990 年报告了在照常排放温室气体情况下，2030 年 5 个地区气候变化的估计^{〔7〕}。北美中部地区冬季气温增暖 2 ~ 4^{〔4〕}，降水增加 15% 左右，夏季增温 2 ~ 3^{〔4〕}，降水减少 5% ~ 10%；南亚全年增暖 1 ~ 2^{〔4〕}，

夏季降水增加 5% ~ 15%；非洲的萨赫勒地区增暖幅度为 1 ~ 3℃，降水变化不大；南部欧洲冬季增暖约 2℃，夏季为 2 ~ 3℃，夏季降水将减少 5% ~ 15%；澳大利亚全年温度将下降 1 ~ 2℃，夏季降水将增加 10%。即除南半球的澳大利亚外，其它地区温度均呈升高趋势；幅度为 1 ~ 4℃；在约 40 年的时间段，增温将使世界的作物种植带向北扩展 150 ~ 800 km。由于各地气候变化的差异，水热时空上分布的不均匀将对未来世界粮食生产格局产生较大影响。

在 CO₂ 浓度倍增时，高纬度地区温度增加较明显^[6]，如芬兰将增温 4℃，日本将增温 3 ~ 3.5℃，独联体欧洲部分将增加 2 ~ 3℃，这一地区的小麦、水稻、玉米将不同程度增产，而独联体的大麦、燕麦、马铃薯和蔬菜等可能减产。在中纬度的谷物地带，美国中部、西北欧、乌克兰、加拿大草原地带等地区温度将增加 3 ~ 4℃，小麦等将减产。在北欧，年平均温度可增加 3.5 ~ 4.5℃，小麦、玉米和其它谷物的产量将依赖于降水的变化。

气温升高对农作物害虫的繁殖、越冬、迁飞等习性产生明显影响，会使作物和家畜病虫害的地理范围扩大^[4]，目前受热量限制的病虫害会向较高纬度地区扩散，使得中高纬度地区的病虫害加重。

2.2 对我国地理分布的影响

温室气候浓度增加引起全球气温增暖已成为一种广泛的共识，现在气候变暖的证据已经出现，在过去 100 年间气温升高了 0.5 ~ 0.7℃，期间 11 个最暖年中有 7 个发生在最近 10 年^[4, 17]。据陈隆勋等研究^[9]，东北和华北 40 年来增温明显，华东地区、华南地区和华南地区 1952 年以来变化不大，西南地区温度有下降趋势。北纬 35°以北地区 40 年来变暖，越向北变暖越强，新疆北部和黑龙江北部 40 年内变暖 0.1 ~ 1.2℃。

很多学者^[8, 10]对 CO₂ 倍增情形下我国的气温变化进行了模拟，结果综合为表 1，以上的模拟仅考虑 CO₂ 增加的变暖，实际中 CH₄、CFCs 等温室气体均增加，其联合效应将使气温升高更明显。

表 1 我国不同地区 CO₂ 浓度倍增气温变暖的趋势模拟结果 (℃)

Tab. 1 The simulant results of temperature warming under CO₂ double in different regions of China

地 区	五个模式汇总 ^[8]		GFDL 模式 ^[10]	MPI 模式 ^[10]	UKMOH 模式 ^[10]
	冬季	夏季	冬季	冬季	冬季
东北	4.5 ~ 6	3.5	0.91 ~ 1.17	0.80 ~ 1.46	1.32 ~ 1.43
西北	3 ~ 5	3.5 ~ 4	0.91 ~ 1.31	1.00 ~ 1.32	1.18 ~ 1.47
华北	3.5 ~ 4.5	3.5	约 0.87	约 1.23	0.97 ~ 1.17
华中	4	3 ~ 3.5	约 0.74	1.00 ~ 1.23	0.95 ~ 1.28
华东	3 ~ 4	3 ~ 3.5	约 0.67	0.50 ~ 0.96	0.67 ~ 1.34
西南	2 ~ 4	3 ~ 3.5	0.65 ~ 0.93	0.96 ~ 1.14	0.89 ~ 1.10
华南	2 ~ 3	3	0.48 ~ 0.61	0.64 ~ 1.14	0.67 ~ 1.15

注：表中 GFDL、MPI、UKMOH 是 5°×5 分辨率格式输出结果的估测和整理结果^[10]，原作者还模拟了其它季节的温度变化情况，均有不同程度的增温。这些结果是基于 CO₂ 浓度倍增（大约两倍于工业化革命前的 280 ppm）的气候情景。

各种模型反映的共性结论，我国北方增暖幅度大于南方，特别是东北和西北增暖最明显，冬季增暖的效益大于夏季。

2.3 对我国种植业生产的影响

中国气温与世界同纬度地区相比较，夏季偏高，冬季偏低，全球变暖的幅度冬季大于夏季，内陆增温大于海洋，因而削弱了寒潮，对农业生产是利大于弊^[11]。气候变暖，我国中温带因温度升高幅度较大，大大减少了低温寒害对大田及果树的影响，农业生产会有较大发展。暖温带温度提高将有利于冬季露天栽培蔬菜，北半部对小麦顺利越冬有利，一年两熟作物区生长季延长，减少了夏收夏种的紧张程度。北亚热带，由于增温，一年两熟可逐渐被一年三熟的耕作制所代替，西部高原地区温度升高，农业热量条件将改善。南亚热带的热带作物低温和春寒灾害将减少，我国不同气候带的耕作制度将有较大的改变^[11]。当前气候下的两熟区将北移至一熟区的中部；未来三熟区将明显向北扩展，其北界将从长江流域移至黄河流域，一熟区面积将大大缩小^[12]。

3 对气候变化的对策

农业生态系统对全球变化特别是气候变化的对策分为两部分，一是减缓温室气体排放量的对策，这部分又分为减缓非工业和工业排放两部分，通过各种对策和措施减缓温室气体的排放量，这是从长远和根本上减缓全球变化对农业不利影响的根本举措。二是温室气体增加，全球气候发生变化后如何采取适应对策和措施，本部分列举了主要应采取的一些对策和措施，一方面对气候变化的有利因素进行充分的利用，另一方面对不利因素采取对策尽量减少农业可能遭受的损失。（详细情况见图1）。

CO₂ 浓度倍增，气候变化在我国呈现出不均匀性，一方面是增温的不均匀性，在北方的增温幅度大于南方，另一方面是降水格局的不均匀性，一些地方降水增加，而另一些地方降水减少，水热的组合将对农业生产产生不同的效应，有些地方有利于某种作物的生产，而另一些地方不利于该种作物的生产。对农业生产的影响表现出复杂性和不确定性。然而有很多学者对不同农作物在 CO₂ 倍增时的情况进行了研究^[10, 12, 13]，气候变化总体上不利于水稻的生产，水稻的产量将下降，而小麦等作物产量总的趋势将增加，增产突出的地区是东北、

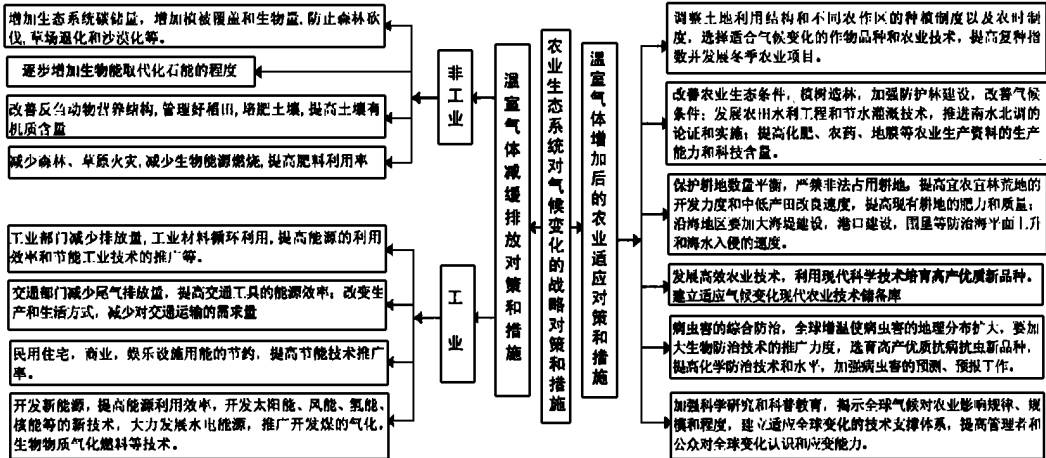


图1 农业生态系统对全球变化的战略对策和措施

Fig.1 The adaptive strategy and measure of agro-ecosystem to global climate change

华北和新疆，可能减产的地区是黄土高原，长江中下游，西北北部春麦区（表 2）。玉米生产总体有利，玉米的分布面积增大，但对于西北干旱和半干旱地区由于气候变暖，蒸发增强，播种面积可能下降。

表 2 CO₂ 浓度倍增、气候变化对不同地区水稻、小麦、玉米的影响

Tab. 2 The influence of CO₂ double on paddy, wheat and maize in different regions of China

地区	水稻	小麦	玉米
东北地区	变暖明显, 生长季延长, 部分地区可保证二年三熟, 有利于水稻增产, 减少低温冷害的威胁。	春麦区, 南部一些地方可发展冬春, 春小麦播期提前, 对小麦生产有利, 小麦播区增大。可推广小麦- 玉米两茬套种耕作制度。小麦品种需部分更换。	玉米分布北界将扩展到最北部的漠河一带, 小麦玉米两熟制北界移至沈阳附近; 种植面积增加。
西北地区	变暖明显对水稻生产有利, 水分因子仍将成为限制因素, 灌溉水源不足将使水稻种植面积减少。	冬小麦种植区向西向北扩展, 降水变化不大, 旱情加重, 对春小麦和冬小麦均不利, 黄土高原和西北春麦区可能减产; 新疆可能增产。	内陆干旱区的玉米、小麦等作物主要靠冰川融雪灌溉, 气候变暖, 雪线升高, 径流减少, 绿洲缩小, 作物面积减少。限制因素是水。
华北地区	变暖变湿对水稻生产有利, 变暖变干则不利, 降水可能减少, 可种植双季稻。	气温升高对冬小麦增产有利, 这个区增产幅度较大。	有利于小麦玉米两茬套种, 伏旱更严重。
西南地区	近年有些区变冷, 对水稻生产不利; 未来气候变暖对水稻生产有利。	不适宜种植小麦区的面积扩大, 产量下降。	西南山区玉米向更高海拔发展, 对玉米生产有利。
华中和华东地区	变暖有利于种植条件改善和 水稻生产, 气候变湿对生产不利。	北部冬小麦的增产效果大于南部, 适宜种小麦区减少。长江中下游将减产。	有利于玉米生产, 可增加秋、冬玉米面积。
华南地区	增暖较少有变湿的趋势, 高温热害增加; 南方稻区, 早稻西南部下降较多; 晚稻西北部产量下降较多, 南部下降较少。	不适宜种植小麦	冬玉米可广泛发展

注: 由参考文献^[10, 12~15]分析整理而成。

参考文献:

[1] 叶笃正, 陈泮勤 主编. 中国的全球变化预研究[M]. 北京: 地震出版社, 1992.

[2] 陈泮勤, 孙成权 主编. 国际全球变化研究核心计划(一、二)[M]. 北京: 气象出版社, 1992, 1994.

[3] 孙成权 主编. 国际全球变化研究核心计划(三)[M]. 北京: 气象出版社, 1996.

[4] 蔡运龙, Barry Smit. 全球气候变化下中国农业脆弱性与适应对策[J]. 地理学报, 1996, 51(3): 202~212.

[5] 王明星. 大气化学[M]. 北京: 气象出版社, 1991.

[6] 邓根云, 于沪宁. 温室气体增加对气候和农业的影响问题[A]. 见: 邓根云 主编. 气候变化对中国农业的影响[C]. 北京: 科学技术出版社, 1992. 3~18.

[7] J. Houghton 著(英). 全球变暖[M]. 戴晓英, 石广玉 等译. 北京: 气象出版社, 1998.

[8] 赵宗慈. 人类活动与温室气体倍增对全球和中国气候变化的影响[A]. 见: 邓根云 主编. 气候变化对中国农业的影响[C]. 北京: 科学出版社, 1993. 19~35.

[9] 陈隆勋, 朱文琴, 王文 等. 中国近 45 年来气候变化研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257~271.

[10] 林而达, 张厚玉宣, 王京华. 全球气候变化对中国农业影响的模拟[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997.

[11] 赵名茶. CO₂ 倍增对我国自然地域分异及农业生产潜力的影响预测[J]. 自然资源学报, 1995, 10(2): 148~158.

[12] 王馥堂. 气候变化与我国的粮食生产[J]. 中国农村经济, 1996: 19~23.

- [13] 气候变化对农业影响及其对策课题组. 气候变化对农业影响及其对策[M]. 北京: 北京大学出版社, 1993.
- [14] 程延年. 气候变化对中国水稻生产的影响[A]. 见: 邓根云 主编. 气候变化对中国农业的影响[C]. 北京: 北京科学技术出版社, 1993: 182 ~ 196.
- [15] 郑大玮, 刘中丽. 气候变化对小麦生产的影响[A]. 见: 邓根云 主编. 气候变化对中国农业的影响[C]. 北京: 北京科学技术出版社, 1993: 263 ~ 281.
- [16] Hansen J E et al. Global climate change as forecast by Goddard institute of space Studies three- dimensional model[J]. J. Geophys. Res., 1988, 93: 9341 ~ 9346.
- [17] Mintzer I M. Living in a warming world. In: Mintzer I M (ed.). Confronting climate change: risks, implications and response[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- [18] Rosenberg N J. Climate Change: A primer Resources for the future. Washington D C. 1987.
- [19] Gate D M. Climate Change and its Biological Consequences[M]. Sinauer Associates Inc. Sunderland, Mass. USA 1993. 63.
- [20] Newman J E. Climate Change impact on the growing season of the North American corn belt[J]. Biometeorology, 1980, 7(2): 128 ~ 142.

The Influence and Strategy of Global Climate Change to Agricultural Geographical Distribution

XU Bin, XIN Xiao-ping, TANG Hua-jun,
ZHOU Qin-po, CHEN You-qi

(Institute of Natural Resource and Regional Planning, Chinese Academy
of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: The change of greenhouse gases and its contribution to climate change, as well as impact of climate change on geographical distribution of crops in China and in the world are analyzed in the paper. Temperature will increase notably when CO₂ concentration double the present and the trend will be more obvious in northern China.

This paper reviewed the influence of climate change on paddy, wheat and maize in different part of China. Adaptive strategy for different types of agricultural production and agro-ecosystem in China was given, and diminution strategy such as controlling the discharge of greenhouse gas was also discussed. They include: (1) the strategies and measures of slowing down greenhouse gases discharge, further divided into non-industry and industry gases let out. For example, to increase the coverage of vegetation and to control grassland degradation and desertification are non-industry methods. And retarding the industry gases let out or traffic vehicles gases discharge belongs to industry method. (2) The adaptive strategies after the greenhouse gases increase include adjusting land use and plant system, improving the agricultural ecological conditions and so on.

Key words: Climate change; Agricultural geographical distribution; Influence; Strategy and measure