

216-219

19665(13)

第17卷第2期
1997年3月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 17, No. 2
Mar., 1997

气候变暖与稻谷生产的相互影响及对策

吴海宝

(浙江农业大学环境与资源学院, 杭州, 310029)

5511.01

A 摘要 稻田是大气甲烷的一个排放“源”, 但稻株却从大气中吸收 CO_2 , 因而是大气 CO_2 的一个“汇”。两者构成稻田生态系统的碳循环。根据稻田生态系统的碳循环和我国稻谷生产发展史, 进一步论述气候变暖与我国稻谷生产的相互影响。结果表明, 我国稻谷生产不会加速气候变暖的进程, 并提出保持良好生态环境的发展稻谷生产对策。

水稻; 关键词: 甲烷, 气候变暖, 稻田生态系统, 碳循环, 产量;

STRATEGIES OF RICE PADDY PRODUCTION IN
RELATION TO GLOBAL WARMING

Wu Haibao

(Zhejiang Agriculture University, Hangzhou, Zhejiang, 310029, China)

Abstract Rice paddy field is one of the important methane emission "sources". On the other hand, it is a "sink" of carbon dioxide due to its photosynthesis assimilating atmospheric carbon dioxide. Therefore, there is a carbon circulation within the rice paddy ecosystem. According to the carbon circulation and historical evolution of rice paddy production in China, the present paper attempts to make further exploration of the interaction between global warming and rice paddy production. The results indicate that rice paddy production will not promote global warming. Some countermeasures with which rice paddy production will not influence the environment were proposed.

Key words: methane, global warming, rice paddy ecosystem, carbon cycle.

温室气体强烈地吸收红外辐射, 导致地面与大气之间红外辐射交换的动态平衡遭到干扰, 促使全球气候变暖。其中主要贡献者是二氧化碳。其次是甲烷。

稻田是大气甲烷重要排放源之一。但是甲烷不是稻株生理代谢产物。它是淹水的生态环境中, 微生物矿化有机质产生的。因此, 甲烷是稻谷生产过程中的一个派生产物。

温室气体引起气候变暖的机理复杂。目前尚处于研究阶段, 所以对未来气候的预测存在许多不确定性, 具体表现在气候变暖的区域分布、变化的速率和变化的幅度等。在这样的前提下, 如何评估稻谷生产

收稿日期: 1990-05-25, 修改稿到日期: 1996-04-16.

对气候变暖进程的影响, 以及制定持续发展稻谷生产的对策和实现这些对策可采取的措施等是一个很有意义的课题。本文就上述问题进行探讨。

1 大气甲烷浓度变化趋势

每年地面约有 4.25 亿 t 甲烷排入大气。每个甲烷分子在大气中滞留时间约为 10a, 进入大气后, 部分被氧化, 每年约有 3.75 亿 t 甲烷经此途径被消散, 剩余 0.5 亿 t 是每年大气甲烷的增量。根据目前预测, 大气甲烷浓度将继续增长, 但增长速度将放慢, 在很大程度上将取决于大气甲烷氧化速度^[1~2]。地球上甲烷排放源有湿地, 稻田, 反刍动物排泄等, 总排放量为 5 亿 t/a, 其中稻田甲烷排放量为 1 亿 t/a, 而桑休礼估算为 0.6 亿 t/a。我国为水稻生产大国。有人估算我国稻田甲烷排放量为 0.3 亿 t/a, 马休斯估算为 0.2 亿 t/a^[3]。我国王明星等人估算为 0.14~0.23 亿 t/a^[4], 农业部环境保护科研监测所估算为 0.14~0.17 亿 t/a^[5], 吴海宝估算为 0.07 亿 t/a^[6~7]。由于影响甲烷跨区域和跨国排放因子存在很大差别, 因而各个估算值存在很大不确定性。气候变暖的主要贡献者是 CO₂, 它以年排放量 216 亿 t/a (59 亿 t 碳) 排放大气。稻田排放的甲烷能对气候变暖的影响如何, 本文试作一分析。

要了解温室气体如何随着时间而变化, 并预测它对地球表面所造成的太阳辐射和红外辐射平衡干扰并不十分困难。但是若把这种干扰作为未来气候的真实预测, 则困难得多。基于上述原因, 有人建议在设有可靠资料之前, 最好推迟讨论此问题, 因为全球有 60% 人口以稻米为主要粮食。但是, 也不能不重视稻谷生产与气候变暖之间的关系。

2 稻田生态系统的碳循环

稻田是大气甲烷的一个排放“源”, 这仅是稻田生态系统碳循环的一个环节。稻株在生长过程中同化了大量的 CO₂, 因而稻田生态系统又是碳循环中一个“汇”, 这个“汇”往往被人们忽视。根据碳循环作出稻田生态系统碳循环平衡预算, 有助于评估稻谷生产在调节大气温室气体组成的作用及对气候变化的影响。稻株对 CO₂ 的净同化量可通过下式计算^[8]:

$$tf = \frac{W}{G_{CO_2}} \quad (1)$$

式中 tf = 换算率 (0.65), W = 总干物质重量, G_{CO_2} = CO₂ 净同化量。

我国干谷总产量为 1.86 亿 t^[9], 平均收获指数为 0.47^[10], 总干物重为

$$W = 1.86 \div 0.47 = 3.96 \text{ 亿 t}$$

代入式 (1)

$$G_{CO_2} = 3.96 \div 0.65 = 6.09 \text{ 亿 t}$$

则我国稻谷生产过程中已从大气固定了 6.09 亿 t CO₂

Schneider, S. H 认为每个 CH₄ 分子吸收红外光效率为每个 CO₂ 分子的 20~30 倍^[11]。而 Painuly, J. P 假定 CH₄ 当量为 CO₂ 当量的 21 倍 (以重量为基础)^[12]。温室气体的当量是通过“辐射施压”和气体在大气中滞留时间确定的。即 CH₄ 的增温效应为 CO₂ 增温效应的 21 倍。本文采用 Painuly, J. P 的假定。评述稻田生态系统碳循环的温室气体净增温效果。现将稻谷生产过程中所同化的 CO₂ 重量转化为与它相当增温效应的 CH₄ 重量 (G_{CH_4}), 则

$$G_{CH_4} = 6.09 \div 21 = 0.29 \text{ 亿 t}$$

大致上与国内外学者估算我国稻田甲烷排放量最高值相当。也就是说, 稻田排放的 CH₄ 与稻株同化的 CO₂ 所产生的增温效应代数接近零。没有净增温效果。因此稻谷生产过程不会加速气候变暖进程。

3 气候变暖对我国稻谷生产双重性影响

气候变暖的主要原因是大气 CO₂ 浓度的增长。因此气候变暖除了以气温直接影响稻株生长外, 还以 CO₂ 气肥促进稻株生长。

我国国家气候变化协调组第二工作组应用 GCMs 模式预测下世纪我国西南、西北地区将增温 3℃ 或稍高些。其余地区增温约 2~3℃, 这样至少提高各地 10℃ 有效积温, 延长有效生长期一个月左右^[13]。这样

的气温条件对水稻生长是有利的,水稻的生长及产量受低温影响比受高温影响大一些。就以我国南方三熟制及双季稻地区来说,早稻处于低温过渡到高温阶段,而晚稻则处于高温过渡到低温阶段。低温使早稻减数分裂期,晚稻抽穗开花及灌浆期遭到冷害。而早稻开花结实之际,梅雨已过,炎热伏旱季节初临,这时气温虽高,但一般还没有超过稻株所能忍受的范围。因此,只要有充足的降水量,配合早熟品种,将有利于提高单产。

稻株叶面光合速度和强度随着大气 CO_2 浓度增长而增强。良好气象条件下,繁茂稻田群体吸收 CO_2 $150\sim 300\text{ kg/hm}^2\cdot\text{d}$,叶面光合作用加速,促进作物生长,从而提高谷粒产量。理论上认为最适于水稻生长和产量形成的 CO_2 浓度为 $1500\sim 2000\text{ }\mu\text{L/L}$ 。若石化燃料的消耗量以 $0.5\%\sim 2.0\%$ 的年递增率增长,预计 21 世纪大气 CO_2 浓度增至 $600\text{ }\mu\text{L/L}$ 为 1900 年 $300\text{ }\mu\text{L/L}$ 的 2 倍。无疑给水稻增施气肥。有报道大气 CO_2 浓度增至 2 倍时,稻谷将增产 36% ^[14]。

气候变暖也给我国稻谷生产带来一些不利的影响。预测气候变暖将使我国水资源匮乏。目前我国有效灌溉面积为 0.47 亿 hm^2 ,农业灌溉用水为 3811 亿 m^3 ,占全国总用水量 85.9% 。预计 21 世纪初全国农业灌溉面积将增至 0.64 亿 hm^2 ,农业灌溉用水将增至 5464 亿 m^3 ^[15]。随着人口增长,工农业发展、农业灌溉用水将受到日益增长的城市生活用水和工业用水对水源需求的冲击。另一个不利的影响是气候变暖使降水量和降水模式变化,将影响稻作病虫害的分布、发育、存活、迁移、生殖、种群动态和大暴发。近年来我国已发现“稻瘟北上”以及“飞蝗起飞”等病虫害,危害稻谷生长。

4 对策

综上所述,当前的对策应以不影响未来的生态系统为前提,充分利用气候变暖的条件,以提高单产达到提高总产,既可满足我国人民对稻谷的需求,又可使稻田生态系统碳循环朝着降低大气温室气体浓度方向发展,以求达到社会效益、经济效益和生态效益同步增长。

我国耕地面积有限,解决我国人民粮食问题的途径是提高单产而不是扩大耕地面积,1975 年我国稻田面积为 $35729\times 10^3\text{ hm}^2$,1992 年为 $32090\times 10^3\text{ hm}^2$,稻田面积减少了 10% 。稻田甲烷排放量与稻田有机质含量有关。稻田有机质含量不会有很大波动。可以假定单位稻田面积甲烷年排放量不变。则 1992 年我国稻田甲烷排放量比 1975 年减少了 10% 。与此同时,我国稻谷总产量由 1975 年的 12556 万 t 增至 1992 年的 18622 万 t ,产量增加了 48.3% ,则 1992 年稻株从大气中固定的 CO_2 比 1975 年多了 48.3% 。两者代数和是相当可观的。进一步证明提高单产是一项有效的降低大气温室气体的措施^[9]。

稻谷生产不仅受到自然规律的制约,同时受到经济的、社会发展规律的支配。随着我国人民生活水平逐年提高,食品结构趋向多样化,对稻米需求从数量型转向质量型。预测本世纪末,我国人口增长速度将趋向缓慢,出生率将降到更替水平以下。预计我国人民对稻米需求量将缓慢下降。随着政府及时调整农业政策,粮食市场开放,指令性计划减少,市场经济决定了农民种植计划,发展农作物的多种经营替代“以粮为纲”的被动局面。这些社会的、经济的因素有助于促使稻田面积进一步减少,相应地进一步减少稻田甲烷排放量,保护并改善生态环境,提高农业经济效益,进入一个良性循环。结合当前对策的相应措施是:

- (1) 培育高产、稳产、品质优、抗病虫害、抗干旱品种:以提高稻株抵御气候变暖所产生的不利影响能力。生产更多品质优良的稻米以满足我国人民对稻米的数量和质量需求。
- (2) 制定适合气候变暖的稻作规划及耕作措施:气候环境有一定区域性,根据水稻品种的特点及其对气候的适应性,制定气候变暖的稻作规划,充分发挥品种高产、稳产潜力。并根据气候环境对品种不同生长期的影响,制定与之相应的栽培技术措施。
- (3) 发展节水稻作灌溉技术。稻田水管理是实现水稻高产和节水的一项重要措施,也是控制稻田排放甲烷的关键因素^[6]。水稻在其系统发育过程中形成了适于水田生长特性。但是水稻的蒸腾系数不算大。因此了解水分对水稻生理的作用及其对稻田生态环境的影响,在保证生理需水的基础上,结合生态需水,因地制宜制定合理的灌溉技术是提高单产和节水的重要措施。

参 考 文 献

- 1 陈定茂. 温室气体与温室效应. 国外环境信息, 1990, 1, 1~17
- 2 吴海宝. 大气中甲烷的光化学反应及其环境效应. 环境污染与防治, 1989, 11(4): 13~15
- 3 何一萍. 全球甲烷分布与趋势. 世界环境, 1994, 42: 22~22
- 4 Wang M X *et al.* Methane emission from a Chinese rice paddy field. *Acta Meteorologica Sinica*, 1990, 4(3): 265~274
- 5 农业部环境保护科研监测所攻关课题组. 我国稻田甲烷排放量发展趋势预测. 农业环境保护, 1994, 13(6): 256~258
- 6 吴海宝. 我国稻田甲烷排放量初步估算. 中国环境科学, 1993, 13(1): 76~80
- 7 Wu Haibao. Preliminary estimate of Methane emission from a Chinese rice paddy field. *Chinese Environmental Science*, 4(1): 34~40
- 8 浙江农业科学院. 水稻研究所编辑. 水稻生理, 北京: 科学出版社, 1980. 58~61
- 9 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 1993. 358, 364
- 10 高亮之主编. 作物气象生态译丛. 北京: 农业出版社, 1984, 147
- 11 Stephen H. Schneider. The Greenhouse effect: Science and policy. *Science*, 1989, 253: 771~780
- 12 朱光耀译. 人口, 消费方式和气候变化: 发展中国家的社会经济观. 人类环境杂志, 1994, 23(17): 434~437
- 13 国家气候变化协调组第二工作组. 人类活动引起气候变化对中国环境影响的评价. 中国环境科学, 1990, 10(6): 421~427
- 14 田中孝幸著. 水稻基础生理和生态. 上海: 上海科技出版社, 1987. 126
- 15 《中国水利区划》编写组. 中国水利区划. 北京: 水利电力出版社, 1989. 214~221