

戴金平. 镇江丘陵地区稻田甲烷减排技术的实践[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 352–354.

# 镇江丘陵地区稻田甲烷减排技术的实践

戴金平

(江苏农林职业技术学院, 江苏句容 212400)

**摘要:** 研究稻田甲烷排放的影响因素, 对有效控制或减少大气甲烷含量和保护大气环境具有非常重要的意义。文章综述了近年来在稻田的水分管理、施肥种类和耕作制度等方面对稻田甲烷排放影响的研究成果, 分析了镇江丘陵地区推广稻田节水灌溉技术、精确定量施肥技术和合理稻作制度等对减少稻田甲烷排放的影响, 为推广稻田甲烷减排技术提供依据。

**关键词:** 稻田; 甲烷排放; 减排措施

**中图分类号:** S19      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002–1302(2013)07–0352–03

我国水稻种植面积约占全世界的 18.8%, 是世界上主要的水稻种植国之一。我国农业活动中甲烷的排放量为  $1\,719.6 \times 10^4$  t, 占我国甲烷排放总量的 50.15%, 其中稻田甲烷排放量为  $614.7 \times 10^4$  t, 约占甲烷总排放量的 17.9%<sup>[1]</sup>。甲烷是仅次于 CO<sub>2</sub> 的重要温室气体, 其对温室效应的贡献达 15%~20%<sup>[2]</sup>, 从以上数据看出, 要降低农业活动中甲烷的排放量, 首先要减少稻田甲烷的排放量, 而减少稻田甲烷排放具有很大的潜力, 因为甲烷的排放量在很大程度上可通过栽培管理措施进行调控, 能改变水稻生长和土壤条件的措施都会影响到甲烷的排放, 如水稻品种、水分管理、施肥的种类和数量等<sup>[3]</sup>。

镇江丘陵地区常年的水稻种植面积为 9.71 万 hm<sup>2</sup><sup>[4]</sup>。根据不同的栽培管理措施对稻田甲烷排放的影响, 探索和推广稻田节水灌溉、合理的施肥和适宜的耕作制度与耕作方式等甲烷减排技术, 可以实现低碳农业生产并取得良好的效果。

## 1 推广节水灌溉技术, 减少稻田甲烷排放

### 1.1 稻田水分条件对甲烷排放的影响

稻田淹水和烤田相结合是减少甲烷排放的理想措施, 适当的间歇烤田能大幅度减少甲烷排放量<sup>[5–6]</sup>。这是因为烤田会导致土壤氧化还原电位增高而抑制甲烷的产生和排放, 同时土壤的干湿交替会杀死产甲烷菌和其他有关微生物, 从而降低稻田甲烷排放。因而烤田后即使再复灌水, 稻田甲烷的排放量仍然难以恢复到烤田前的水平。与持续淹水的稻田相比, 烤田和间歇灌溉可降低 30%~72% 的甲烷排放<sup>[7]</sup>。Itoh 等研究指出, 相比传统的管理模式, 延长水稻田中期烤田的时间, 可以使甲烷排放减少 90%, 同时水稻产量能够增加 85% 以上<sup>[8]</sup>。然而需要指出的是, 虽然烤田和间歇灌溉能有效地减少稻田甲烷排放, 但与此同时却增加了 N<sub>2</sub>O 的排放, 因为烤田和间歇灌溉能增加土壤的通透性, 改变土壤的微环境, 从

而利于 N<sub>2</sub>O 的产生和排放, 所以减排效应需要从两者对全球的增温潜势进行综合评估。

在不同烤田时期对稻田甲烷排放的影响方面, 李香兰等研究表明, 在水稻生长期进行不同时期的烤田处理, 甲烷平均排放通量存在如下关系: 提前烤田(水稻移栽后 24 d 开始烤田) < 正常烤田(水稻移栽后 30 d 开始烤田) < 推迟烤田(水稻移栽后 38 d 开始烤田), 其中土壤 Eh 是影响水稻生长期甲烷排放的主要因素<sup>[9]</sup>。持续淹水处理的甲烷排放集中在水稻移栽 30 d 后, 在此期间甲烷排放量占季节排放量的 96%<sup>[9]</sup>。最适宜的烤田时期是水稻分蘖期至幼穗分化前<sup>[10–11]</sup>。

### 1.2 镇江丘陵地区推广节水灌溉技术与稻田甲烷减排的一致性

根据稻田水分条件对甲烷排放的影响, 结合镇江地区的土壤条件, 从节水和减少甲烷排放等方面考虑, 镇江丘陵地区在稻田水分管理上主要采取以下措施。

**1.2.1 推广节水灌溉技术** 在水稻移栽至返青期, 田间保持浅水层(2~3 cm); 在无效分蘖期进行多次轻烤田; 其余时间采取间隙湿润灌溉方式, 即灌浅水层(2~3 cm), 待自然落干再灌浅水层, 如此循环。

在水稻生长期采取干湿交替、间歇性灌溉、湿润灌溉技术, 有利于气体交换并增加土壤含氧量, 使根系活力增强, 从而提高甲烷的氧化速率, 抑制产甲烷菌活性, 减少甲烷的产生和排放。许多研究表明, 湿润灌溉方式和间歇灌溉稻田的甲烷排放量仅为全生育期持续淹水条件的 13.0%~88%<sup>[12–14]</sup>。

**1.2.2 适当提前烤田, 减少稻田甲烷排放量** 李香兰等研究表明, 提前烤田(水稻移栽后 24 d 开始烤田)比正常烤田(水稻移栽后 30 d 开始烤田)的甲烷平均排放通量少<sup>[9]</sup>。而淹水处理稻田的甲烷排放主要发生在分蘖中期、分蘖后期、拔节孕穗期, 因此可以在分蘖前期、分蘖中期这 2 个甲烷主要排放期进行适当的控制灌水, 以减少稻田的甲烷排放量<sup>[15]</sup>。

## 2 推广精确定量施肥技术, 减少稻田甲烷排放

### 2.1 肥料种类对稻田甲烷排放的影响

**2.1.1 有机质肥料直接影响甲烷的排放** 稻田施用有机质

收稿日期: 2012–11–14

基金项目: 江苏省农业三项工程[编号: SX(2009)32]。

作者简介: 戴金平(1965—), 男, 江苏姜堰人, 硕士, 副教授, 主要从事作物栽培和农业环境保护的教学与研究工作。E-mail: djp9928@163.com。

肥料能明显促进甲烷的排放,如施猪粪的稻田比不施有机肥的稻田甲烷排放量高 94.8%<sup>[16]</sup>。

不同类型有机物的甲烷转化率存在显著差异,有机肥中碳氮比与有机质甲烷转化率的负对数呈显著线性关系:碳氮比越高,产甲烷率也越高。如稻田施用牛粪(碳氮比 = 21:1)和菜饼肥(碳氮比 = 10:1),相应的甲烷转化率分别为  $9.2 \times 10^{-4}$ 、 $8.3 \times 10^{-6}$  kg/(kg·d)<sup>[17]</sup>,两者相差 111 倍。

有机肥的腐熟程度对稻田温室气体排放有较大影响,主要是因为有机肥会使水稻田土壤产生甲烷微生物,并为其提供理想的丰富基质<sup>[16]</sup>,导致有机肥在腐熟发酵过程中产生大量甲烷。因此用秸秆和粪便等有机肥生产沼气,再用沼液、沼渣作为稻田有机肥,可有效降低稻田温室气体的排放量<sup>[17]</sup>。

**2.1.2 化学氮肥对甲烷排放的影响** 化学氮肥不但在生产过程中消耗能源,产生大量 CO<sub>2</sub> 等温室气体,而且在农田温室气体排放中也发挥着重要作用。

化学氮肥对甲烷的氧化有抑制作用,因而能够增加甲烷的排放,长期施用铵态氮可使甲烷的氧化能力下降数十倍,并且在停用 3 年后仍然不能恢复甲烷的氧化能力。硝态氮对甲烷的氧化能力有一定的抑制作用,但长期施用影响不明显。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 和 KCl 却能够抑制甲烷的排放。叶面施氮肥不但能够减少化肥因硝化和反硝化而造成的流失及氧化亚氮的排放,而且可以减少 20%~60% 甲烷排放量<sup>[18]</sup>。

研究表明,选择适当的化肥品种或常规化肥配施抑制剂都能有效降低稻田甲烷的排放。用硫酸铵代替尿素作为稻田的追肥,可以减少 20%~50% 的甲烷排放<sup>[19-20]</sup>;施用硝酸铵与施尿素相比,能够减少 20%~30% 的甲烷排放<sup>[20]</sup>。可见追施硫酸铵、硝酸铵可明显降低甲烷的排放量。稻田施用包膜复合肥比仅施有机肥的甲烷年排放减少 73.4%,比仅施尿素减少 48.6%<sup>[19]</sup>。

**2.2 镇江丘陵地区推广精确定量施肥技术与稻田甲烷减排的一致性**

**2.2.1 推广施用腐熟有机肥作稻田基肥** 目前镇江市共建成“一池三改”户用沼气工程 3 100 户,规模畜禽养殖场沼气工程 73 处,总池容量 4.1 万 m<sup>3</sup>,年产沼气 615 万 m<sup>3</sup>,形成了“畜禽养殖—沼气—沼肥—种植业”的良性循环利用模式,这样就以沼气工程为纽带,将养殖业和种植业紧密结合起来。将作物的秸秆及畜禽粪便投入到沼气池中,经过一段时间的作用,产生腐熟度较高的沼渣,并将其作为基肥施入到稻田中,能明显地降低甲烷排放量<sup>[21]</sup>。但是未经干燥、堆腐的沼渣中含有大量活性甲烷菌,会使土壤中有有机物加速向甲烷转化,因此沼渣在施用前应经过一定时间的干燥以灭菌或降低甲烷菌的活性<sup>[21]</sup>。

**2.2.2 推广精确定量施用硫酸铵和包膜复合肥代替尿素** 镇江丘陵地区推广无公害水稻精确定量施肥操作规程:一是施足基肥,基肥以腐熟有机肥为主,配施磷、钾肥及微肥,施腐熟有机肥 3 000~4 500 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸铵 345 kg/hm<sup>2</sup>、包膜复合肥 300 kg/hm<sup>2</sup>、硅肥 150 kg/hm<sup>2</sup>、锌肥 15 kg/hm<sup>2</sup>;二是早施分蘖肥,栽后 5~7 d 施硫酸铵 255 kg/hm<sup>2</sup>,栽后 12~14 d 再施硫酸铵 172.5 kg/hm<sup>2</sup>,保证移栽后 20 d 达到预期穗数的 80% 左右;三是巧施促花肥,在叶龄余数 3.5 时,一般施包膜复合肥 150 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸铵 172.5~255 kg/hm<sup>2</sup>。可见镇江丘陵地

区在水稻种植过程中,通过将传统的尿素改为硫酸铵作追肥,并且在移栽后 20 d 达到预期穗数的 80% 左右时即可搁田,这样均有利于降低甲烷的排放量。

### 3 推广适宜的稻作制度,减少稻田甲烷排放

**3.1 推广稻麦两熟制农田采用周年旋耕措施,减少水稻生长季甲烷的排放**

张岳芳等研究表明,麦季土壤耕作方式和稻季土壤耕作方式对水稻生长季甲烷排放总量有显著或极显著影响。麦季免耕的水稻生长季甲烷排放总量极显著高于麦季旋耕或麦季翻耕的,平均分别增加 53%、24%;稻季翻耕较稻季旋耕平均增加甲烷排放量 10%,差异达显著水平。整体甲烷排放表现为麦季免耕+稻季翻耕>麦季免耕+稻季旋耕>麦季翻耕+稻季翻耕>麦季翻耕+稻季旋耕>麦季旋耕+稻季翻耕>麦季旋耕+稻季旋耕<sup>[22]</sup>。可见在镇江丘陵地区推广麦季旋耕和稻季旋耕的措施能够有效减少稻麦两熟制农田水稻生长季甲烷的排放。

**3.2 推广稻鸭共作技术,降低甲烷的排放**

镇江丘陵地区自 2000 年从日本引进稻鸭共作技术以来,经过 10 余年的努力,编制了《稻鸭共作无公害生产技术规范》,总结形成了一套稻鸭共作优质稻米集成生产技术,从稻鸭品种繁育、筛选和应用,到水稻标准化生产、役用鸭标准化放养和饲养管理等各方面都有创新和发展,并推广到江西、安徽、上海、山东、湖北、河南等主要水稻产区,带动 1 000 多农户发展稻鸭共作种植水稻,辐射面积达 3 333 hm<sup>2</sup>,平均节本增收超过 1.5 万元/hm<sup>2</sup>,农民从中受益近 15 亿元<sup>[23]</sup>。

**3.2.1 稻鸭共作减少稻田土壤产甲烷菌数量** 湖南农业大学的研究表明,稻鸭共作减少了农田温室气体的排放。其减排机理主要在于:鸭子的活动增加了稻田水层与泥土层溶解氧含量;减少了土壤产甲烷菌数量;田间杂草及水稻茎秆下脚叶被鸭子取食,减少了为土壤甲烷细菌提供基质的来源。但由于水层和表层泥溶解氧含量增加,有助于 N<sub>2</sub>O 的产生与排放,因此 N<sub>2</sub>O 排放量较常规稻作略有增加。但稻鸭种养模式的甲烷、N<sub>2</sub>O 产生的总温室效应比常规稻作减少了相当于 864.5~1269.3g/hm<sup>2</sup> 的 CO<sub>2</sub> 排放量<sup>[24]</sup>。

**3.2.2 稻鸭共作减少除草剂使用,达到低碳稻作生产目的** 稻鸭共作对稻田杂草的防除效果与少用或不施除草剂的要求相一致。防除稻田杂草若过多地依赖化学除草剂则会造成环境污染和碳排放量的增加。通过稻鸭共作,利用鸭子的杂食性,除草的效果极为显著,从而可以做到少用或不施化学除草剂,这与低碳稻作的要求相吻合<sup>[25-26]</sup>。

**3.2.3 稻鸭共作以减少化肥的使用,达到低碳稻作生产要求**

稻鸭共作对稻田的增肥效果与低碳稻作减少化肥施用量的要求相一致。在稻鸭共作期间,每羽鸭能排泄粪便 10~12 kg,其养分含量虽略低于鸡粪,但铁、锰、硼、硅含量居各种畜禽粪便之首,且氮、磷、钾含量也较丰富。据统计,1 羽鸭在稻丛间放养 2 个月左右,累计的排泄物相当于 47 g N、70 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、31 g K<sub>2</sub>O,能满足 50 m<sup>2</sup> 水稻植株正常生长发育的肥力需求<sup>[27-28]</sup>。因此稻鸭共作不仅起到给水稻增肥、追肥的效果,而且还可为低碳稻作过程中减少化肥、甚至不追施化肥奠定良好的基础。

### 3.3 推广水旱轮作方式,降低稻田甲烷的排放

镇江丘陵地区推广小麦—水稻、紫云英—玉米、紫云英—水稻等水旱轮作方式。通过水旱轮作,把长期淹水的稻田改为旱作后,使土壤和空气充分接触,还原电位升高,还原物质被氧化,大量产甲烷菌死亡,从而降低甲烷的排放量。此外重新淹水后产甲烷菌的数量在短时间内难以恢复到原有水平。因此稻田旱作后再种水稻时,水稻在生长前期几乎没有甲烷排放,且旱作时间越长,稻田甲烷排放越迟,峰值越小<sup>[29]</sup>。

总之,在镇江丘陵地区通过推广稻田节水灌溉、合理施肥、稻麦两熟制农田周年旋耕措施、稻鸭共作和水旱轮作等甲烷减排技术,能够实现低碳农业的生产。当然稻田甲烷排放还受温度、土壤类型、纬度、品种、生长季节等多因素影响。今后要加强选育和选用“低排”水稻品种,并进一步探索和研究稻田甲烷等温室气体减排的有效措施。

#### 参考文献:

- [1]董红敏,李玉娥,陶秀萍,等. 中国农业源温室气体排放与减排技术对策[J]. 农业工程学报,2008,10(24):269-273.
- [2]Matthews R, Wassmann R. Modelling the impacts of climate change and methane emission reductions on rice production: a review[J]. European Journal of Agronomy,2003,19(4):573-598.
- [3]Kerdchoechuen O. Methane emission in four rice varieties as related to sugars and organic acids of roots and root exudates and biomass yield[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment,2005,108(2):155-163.
- [4]刘 铮,罗 明. 镇江市水稻综合生产能力调查与思考[J]. 农业装备技术,2008,34(5):33-34.
- [5]李香兰,马 静,徐 华,等. 水分管理对水稻生长期  $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$  排放季节变化的影响[J]. 农业环境科学学报,2008,27(2):535-541.
- [6]袁伟玲,曹凑贵,程建平,等. 间歇灌溉模式下稻田  $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$  排放及温室效应评估[J]. 中国农业科学,2008,41(12):4294-4300.
- [7]王明星. 中国稻田甲烷排放[M]. 北京:科学出版社,2001:216-219.
- [8]Itoh M, Sudo S, Mori S, et al. Mitigation of methane emissions from paddy fields by prolonging midseason drainage[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment,2011,141(3/4):359-372.
- [9]李香兰,徐 华,曹金留,等. 水分管理对水稻生长期  $\text{CH}_4$  排放的影响[J]. 土壤,2007,39(2):238-242.
- [10]林而达,李玉娥,饶敏杰,等. 稻田甲烷排放量估算和减缓技术

- 选择[J]. 农村生态环境(学报),1994,10(4):55-58.
- [11]李玉娥,林而达. 减缓稻田甲烷的排放的技术研究[J]. 农业环境与发展,1995(2):38-40.
- [12]张 稳,黄 耀,郑循华,等. 稻田甲烷排放模型研究——模型灵敏度分析[J]. 生态学报,2006,26(5):1359-1366.
- [13]陈宗良,邵可声,李德波,等. 控制稻田甲烷排放的农业管理措施研究[J]. 环境科学研究,1994,7(1):1-10.
- [14]吴海宝,叶兆杰. 我国稻田甲烷排放量初步估算[J]. 中国环境科学,1993,13(1):76-80.
- [15]彭世彰,李道西,徐俊增,等. 节水灌溉模式对稻田  $\text{CH}_4$  排放规律的影响[J]. 环境科学,2007,28(1):9-13.
- [16]闵航,陈美慈,谢泽涛. 水稻田的甲烷释放及其生物学机理[J]. 土壤学报,1993,30(2):125-130.
- [17]邵美红,孙加焱,阮关海. 稻田温室气体排放与减排研究综述[J]. 浙江农业学报,2011,23(1):181-187.
- [18]Kimura M, Asai K, Watanabe A, et al. Suppression of methane fluxes from flooded paddy soil with rice plants by foliar spray of nitrogen fertilizers[J]. Soil Science and Plant Nutrition,1992,38(4):735-740.
- [19]林匡飞,项雅玲,姜达炳,等. 湖北地区稻田甲烷排放量及控制措施的研究[J]. 农业环境保护,2000,19(5):267-270.
- [20]陶 战,杜道灯,周 毅,等. 不同农作措施对稻田甲烷排放通量的影响[J]. 农业环境保护,1995,14(3):101-104.
- [21]李 晶,王明星,陈德章. 水稻田甲烷的减排方法研究及评价[J]. 大气科学,1998,22(3):354-362.
- [22]张岳芳,郑建初,陈留根,等. 稻麦两熟制农田不同土壤耕作方式对稻季  $\text{CH}_4$  排放的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(16):3357-3366.
- [23]沈晓昆. 稻鸭共作:无公害有机稻米生产新技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2003:35-36.
- [24]向平安,黄 璜,黄 梅,等. 稻-鸭生态种养技术减排甲烷的研究及经济评价[J]. 中国农业科学,2006,39(5):968-975.
- [25]赵诚辉,张 亚,曾晓楠,等. 稻鸭共养生态系统抑制病虫害发生的研究进展[J]. 家畜生态学报,2009,30(6):146-151.
- [26]汪金平,曹凑贵,金 晖,等. 稻鸭共生对稻田水生生物群落的影响[J]. 中国农业科学,2006,39(10):2001-2008.
- [27]张苗苗,宗良纲,谢桐洲. 有机稻鸭共作对土壤养分动态变化和经济效益的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(2):256-260.
- [28]杨志辉,黄 璜,王 华. 稻-鸭复合生态系统稻田土壤质量研究[J]. 土壤通报,2004,35(2):117-121.
- [29]卢维盛,廖宗文,张建国,等. 不同水旱轮作方式对稻田甲烷排放影响的研究[J]. 农业环境保护,1999,18(5):200-202.

## 第八届全国辣椒产业大会将在北京召开!

### 同期举办辣椒主产区招商引资发布会

群英聚京城,谈“椒”论道。第八届全国辣椒产业大会将于10月30日在北京召开!业内十大知名企业、20位权威专家将到会演讲。大会包括2013全国辣椒产情分析会、辣椒原料与辣椒酱、火锅料、辣味食品厂家供求对接会、辣椒加工技术交流与市场分析会、全国辣椒产业发展高峰论坛、辣椒(花椒、胡椒)主产区招商引资发布会、辣椒及相关产品展洽订货会等精彩内容。大会组委会诚邀业内精英光临大会!

联系电话:0431-86931008,传真:0431-87835765,邮箱:ntepjg@126.com,大会网站:www.nonglewang.org(农特网)。