



中国稻田节能减排的技术模式及其配套政策探讨

谭淑豪¹, 张卫建²

1. 中国人民大学农业与农村发展学院, 北京 100872

2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081

摘要 水稻是中国最重要的粮食作物, 稻田是温室气体甲烷(CH₄)的主要排放源。在实现水稻持续增产、确保粮食安全的同时, 能否降低稻作能耗和温室气体排放, 是建立可持续稻作系统的关键。为此, 依据多年研究总结并结合生产调研及文献分析, 阐明了稻田直接与间接节能减排的基本涵义和重要意义, 系统评价了保护性耕作、浸润灌溉和精确施肥等关键技术的节能减排效应。最后针对中国东北一熟区、长江中下游水旱轮作区和南方双季稻区三大水稻主产区的作物生产特点, 归纳总结出了稻田节能减排的三大主体模式, 并就科技支撑和生态补偿等方面提出了加强稻田节能减排的理论研究与技术推广、建立稻田节能减排的生态补偿机制以及加强宣传提高生产者的节能减排意识等政策建议。

关键词 稻田; 节能; 减排; 政策建议; 全球变暖

中图分类号 S511, X37

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)23-0096-04

Technical Patterns and Incentive Policies for Energy Saving and Emission Mitigation in the Paddy Field in China

TAN Shuhao¹, ZHANG Weijian²

1. School of Agricultural Economics and Rural Development,
Renmin University of China, Beijing 100872, China

2. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural
Sciences, Beijing 100081, China

Abstract Rice is the most important grain crop in China, and the paddy field is one of the main sources of methane (CH₄). It is essential that we should sustain the increase of rice yield under the energy-saving condition and at the same time limiting the emission of methane. This paper reviews the studies on direct/indirect energy-saving and emission-mitigating in the paddy field, emphasizing their importance to food security, soil quality improvement and prosperity of farmer's living standards. The comprehensive effects of

conservational farming system, infiltrating irrigation and efficient fertilization on energy-saving and emission-mitigation are assessed. Three types of rice cropping systems with energy-saving and emission-mitigation are identified in the context of the characteristics of Chinese rice cropping regions, and some incentive policies are suggested in view of energy-saving and emission-mitigation in high yield rice production. More attentions should be paid to technology support system, as well as the construction of ecological compensation mechanism for energy-saving and emission mitigation. Moreover, some measures should be taken to cultivate the awareness of rice producers on energy saving and emission reduction in high yield rice production.

Keywords paddy field; energy-saving; emission mitigation; incentive policy suggestion; global warming

0 引言

稻田是中国最重要的农田生态系统, 在中国粮食安全和生态安全保障上起着至关重要的作用^[1]。水稻是中国最主要的粮食作物, 2007年水稻总产量占中国粮食总产的37.1%^[2], 中国58.6%以上的人口以稻米为主食。尽管稻田总面积只占中国耕地面积的20%, 却生产了中国48.2%的粮食^[2]。但是稻

收稿日期: 2009-10-22

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划(2007BAD89B12); 公益性行业科技专项(200803028)

作者简介: 谭淑豪, 副教授, 研究方向为资源与环境经济学及自然资源管理, 电子信箱: shuhtan68@gmail.com; 张卫建(通信作者), 研究方向为农田生态与耕作制度, 电子信箱: zhangweij@caas.net.cn

田系统的甲烷(CH_4)排放问题不可忽视,全球约 16%的 CH_4 来自稻田系统, 其中中国稻田 CH_4 年排放量约占全球的 10%, 约为 500 万 $\text{t}^{[3]}$ 。另外,随着常规集约化稻作规模的快速增长,投入稻田的直接与间接的化石能源日益递增,稻作节能问题也受到社会的广泛关注。在稻作技术和稻作模式创新上,以往主要集中在稻田粮食生产力提升和资源高效利用上,对稻田节能减排关注较少。同时,社会公众对节能减排的重视也多集中在工业和日常生活领域,对农田的节能减排认识非常不足。事实上,采用合理的稻作技术,不仅可以获得较高的产量,而且节能减排潜力巨大。而高投入、高能耗、高排放的不合理稻作模式不仅导致资源浪费,还引起严重的周边水域富营养化和农田环境有毒物质残留等面源污染问题^[4]。因此,在持续提高作物生产力、保障粮食安全的同时,如何通过技术创新和政策配套,促进稻田系统节能减排已迫在眉睫^[5]。为此,本文根据多年的研究总结,并结合生产调研和文献分析,拟在详细阐明稻田节能减排内涵和重要意义的基础上,系统归纳总结稻田节能减排的关键技术和稻作模式,并从配套政策上探讨如何促进稻田节能减排技术的推广应用。

1 稻田节能减排的基本涵义与重要意义

1.1 稻田节能减排的基本涵义

稻田节能减排就是通过稻作理论创新与技术进步,在确保粮食持续增产的同时,合理降低对稻田的化石能源投入,在秸秆还田的基础上减少以 CH_4 为主的温室气体排放,以及养分的流失和农用有毒物质的残留。稻田节能减排包括直接和间接两种形式。直接节能主要是指农机操作创新、耕作频度和强度降低、操作环节的集成与减少等所带来的化石能源投入减少,也包括农具性能的提高所表现出的节能效应。直接减排则主要是由于采纳合理的水稻栽培技术,尤其是灌溉技术,从而使农田系统的 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 温室气体、氮、磷、钾等养分以及秸秆排放直接减少,以及作业效率提高后农机尾气排放中的温室气体直接减排。

间接节能则主要是指资源利用效率的提高以及农具使用寿命的延长,从而减少农用化学物质的投入和机具的增补,从而节省了因生产这些化学物质和机具所消耗的能源。比如精确施肥技术和秸秆还田,能够显著提高氮肥利用效率,从而减少稻田氮肥投入,进而间接地减少了生产这部分氮肥所消耗的化石能源。农用化学物质的生产和优质化石能源的提炼过程中也要排放大量的温室气体及其他废弃物,因此间接减排则主要指因农用化学物质和化石能源减投下,避免了因生产这部分物质所要排放的温室气体及废弃物。另外,间接减排还包括稻作技术进步后,稻田土壤有机碳和氮积累增加,从而增加了大气 CO_2 和肥料氮在稻田土壤中的储存量,进而可以抵消稻田排放的部分温室气体。

不同稻作模式下,因技术水平差异,其能效和废弃物排放量不同,所以节能与减排的潜力也不相同。对于能效较高的稻作模式,则更多地是如何减少温室气体的排放和养分的

流失,在直接减排的同时实现间接节能。对于温室气体和废弃物排放量比较低的稻作模式,则更多地应考虑如何从能效上着手,在直接节能的同时进行间接减排。稻田的节能减排是一个相互促进的整体,稻田作业次数的减少、作业环节的集成,不仅将降低农田养分流失的风险,而且也减少温室气体的排放。稻田减排将显著提高土壤质量,从而可以减少土壤耕作次数,减少化学物质投入,实现直接与间接节能。

1.2 稻田节能减排的重要意义

稻田节能减排不仅对中国粮食安全意义重大,而且有利于农业节本增效和农民增收,并缓解中国国际环境谈判的节能减排压力,促进中国国民经济快速健康发展。

1.2.1 稻田减排有利于粮食生产力的持续提升

在全球气候变化、资源短缺和生态环境危机的多重压力下,保障中国粮食安全的根本出路在于持续提高粮食单产水平,也就是要不断提高农田综合生产力。农田土壤有机碳和总氮含量水平是决定土壤肥力的主要指标,众多研究已经证明作物产量及其周年稳定性与土壤有机碳氮含量呈显著正相关^[6]。最新研究进一步证明^[7],中国大部分农田的土壤有机碳含量与粮食作物产量呈显著正相关。尽管有研究发现东北黑土区土壤有机碳超过 6% 后,作物产量出现轻微下降^[8],但是作物产量的周年稳定性仍随着有机质含量的提高而提高^[7]。土壤有机碳每提高 1.8%,中国粮食作物平均单产可以提高 430 kg/hm^2 左右,产量的周年变化下降 3.5% 左右^[8]。通过技术创新,减少稻田 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 的排放,就意味着使更多的有机碳、氮保存在土壤中,从而提高土壤有机碳、氮的水平。笔者在江苏省黄海农场进行的初步试验结果表明,节能减排的稻作模式水稻单产 8 250~9 000 kg/hm^2 ,与当地常规高产模式的产量水平基本持平。因此,稻田系统温室气体的排放减少,将显著提高稻田土壤肥力及其对环境变化的抵抗力,进而提高稻田系统综合生产力的稳定性,确保粮食单产的持续稳定增长。

1.2.2 稻田节能减排有利于农业节本增效和农民增收

随着中国农业现代化进程的稳步推进,稻田机械化作业水平将快速提高,能源投入在水稻生产成本中所占比例日益递增。以江苏、浙江等发达地区为例,其机耕、机插和机收等作业费占水稻生产总成本的 25% 以上,而农机作业的主要成本之一是能源消耗,因此节能就意味着直接降低水稻生产成本^[9]。以中国农业科学院新近研发的稻田条带旋耕直播节能技术,在江淮稻区每亩可以降低 20~30 元的农机作业费。另外,在常规的集约化稻作模式下,农用化学物质如化肥、农药和灌溉等的支出占生产总成本的 60% 以上,因此通过减少养分流失来提高农用物资利用效率,将明显降低稻作成本,显著提高水稻生产效益和稻农收入。而且,稻田温室气体 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 排放的减少,将可以促进土壤有机碳、氮积累,利于土壤养分保持,从而可以直接减少化肥的投入,进一步降低生产成本。以笔者在江苏省丹阳市进行的稻田精确施肥实验为例,在减少养分浪费和 N_2O 排放的同时,还可以减轻作

物病虫害,减少农药,亩(1 亩=1/15 hm^2)产节约成本费 20~50 元。同时,在江苏省黄海农场进行的节能减排稻作模式试验发现,综合节约成本 80 元/亩,稻农增效显著。因此,稻田节能减排可以直接或间接地降低稻作成本,提高稻农收益。

1.2.3 稻田节能减排有利于中国在国际环境谈判中争取话语权

虽然中国人均温室气体历史排放量远低于美国和欧洲等一些发达国家水平,但已略高于世界人均 4.2 t 的水平,人均达 4.3 t^[10]。并且我国 2006 年的温室气体总排放量已经超过了国际首位排放大国的美国,CO₂ 排放量接近 60 亿 t^[11]。因此,随着国民经济的进一步快速发展,中国节能减排的国际压力势必将日益加大。作为一个负责任的大国,中国政府已经在 2009 年 9 月的联合国气候峰会上做出正式承诺:转变发展模式,开展节能减排,发展低碳经济^[12]。但是,在中国现有的技术水平和国民经济结构下,要保持快速的经济增长速度,仅仅依靠工业来实现节能减排,难度非常大。因此,必须从其他行业,比如农业和人民的 lifestyles 上进行调整,为工业的快速发展提供节能减排空间。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change,IPCC)最新研究发现^[13],农业温室气体排放约占全球温室气体排放总量的 12%,其中水稻种植和稻田过量氮肥使用所排放的 CH₄ 和 N₂O 是主要来源。中国农牧业温室气体排放约占全国总排放量的 17%^[14],明显高于国际平均水平,且稻田是主要排放源之一。因此,通过稻作理论的创新与技术的提升,实现水稻生产的节能减排,将可以为中国国民经济发展提供较大的排放空间,保障国民经济的快速健康发展。

2 稻田节能减排的关键技术与主体模式

试验研究和生产调研发现,目前可以直接用于稻田节能减排的主要技术途径包括保护性耕作、浸润灌溉和精确施肥等方面,通过技术集成,可以构建适合中国不同稻作区的节能减排稻作模式。

2.1 稻田保护性耕作技术及其节能减排效应

稻田保护性耕作以少免耕、秸秆覆盖还田为技术核心,主要通过直接减少作业环节和化学物质投入实现节能减排之目标。稻田少免耕就是利用免耕或播种带旋耕的方式对土壤进行前期整理,并采用抛秧、直播等方式完成水稻、小麦和油菜等作物的种植。为了不影响下季作物生长,稻田秸秆还田往往采取立茬覆盖和翻埋相结合的方式进行。保护性耕作的直接性和间接性节能减排潜力非常大,通常稻田免耕播种移栽可以节省 50% 以上的直接能源消耗;条带旋耕可以减少 30% 以上的直接能源消耗。少免耕的减排效应,除了农机作业环节及次数减少而产生的尾气直接减排效应外,主要是间接减排。少免耕由于减少了对土壤的扰动,可以促进土壤有机碳积累,从而间接减少了土壤碳排放。秸秆还田可以显著提高土壤肥力,减少化肥投入,进而间接节省了生产这些化学肥料的能源消耗。而且秸秆还田可以促进土壤氮素保持,直接

减少 30% 以上的 N₂O 的排放量。在秸秆还田措施下,尽管 CO₂ 和 CH₄ 排放量有所增加,但同时显著提高土壤有机碳含量,起到了间接减排效应。在江淮稻麦两熟区,连续 5 年秸秆全量还田,土壤有机碳提高 15% 以上^[15],碳的间接减排效应显著。

2.2 稻田浸润灌溉技术及其节能减排效应

浸润灌溉技术主要是在水稻苗期保存浅水层,促进水稻活棵和分蘖发生;分蘖盛期和拔节期田面排水烤田,控制无效分蘖,提高生长效率;穗分化和孕穗期保持浅水层,促进穗发育;灌浆期进行干湿交替,保持土壤湿润,提高根系活力,促进物质转运和籽粒充实。浸润灌溉技术已经在中国稻区得到了普遍应用,并出现了旱直播浸润灌溉新技术,进一步缩短了稻田淹水时期。稻田浸润灌溉技术减少了稻田灌水次数,尤其是在水旱轮作和东北单季稻等灌溉稻作区,笔者的研究表明,稻田用水量可以减少 40% 以上,进而直接降低了灌溉的能耗。而且,浸润灌溉可以减少 40% 以上的 CH₄ 排放,直接减排效应显著。自 20 世纪 80 年代推广应用浸润灌溉技术以来,中国稻田 CH₄ 年排放量由 80 年代初的 850 万 t,下降到目前的 510 万 t^[3]。尽管 CH₄ 排放的减少可能导致 CO₂ 排放的增加,但 1 份 CH₄ 的增温效应相当于 25 份 CO₂ 的效应,因此浸润灌溉技术的全球增温潜势(Global Warming Potential,GWP)降低效应非常突出。冬春季稻田淹水下 CH₄ 的排放量是干旱处理的 5 倍以上,冬春季稻田排水可以减少 20% 以上的 CH₄ 排放^[16]。另外,浸润灌溉下稻田排水,尤其是前期强降雨下稻田径流显著减少,由此产生的土壤养分流失明显下降。虽然浸润灌溉技术,尤其是干湿交替灌溉及烤田技术能显著提高稻田 N₂O 的排放,但由于稻田控水时期往往是作物生长旺期,土壤氮素含量较低,因此 N₂O 排放的增幅较小,对 GWP 的总体影响不显著。尤其是秸秆还田时,土壤微生物在分解秸秆过程中能吸收并固定大量的土壤氮,从而进一步减少 N₂O 的排放。

2.3 稻田精确施肥技术及其节能减排效应

稻田精确施肥技术是在针对不同土壤类型和基础肥力的基础上,根据作物对养分的需求,进行以氮、磷、钾三大营养元素为主体的养分配比定量,并通过机械化作业完成化肥的精确定位深施。而且,随着新型的控释肥料研制,稻田化肥施用开始示范推广一次性深施技术。在水稻播种或移栽的时候,一次性将肥料施入稻田耕层土壤,在满足水稻全生育期养分需求的同时,减少养分损失。国家测土配方施肥示范推广结果表明^[17],目前正在大面积推广示范的以测土配方、精确定位和控释肥等集成的精确施肥技术,不但能使肥料利用率平均提高 3.6%,而且水稻产量也提高 750~900 kg/hm²,同时还减轻稻田对周边水域的污染。以江苏稻麦两熟区为例,精确施肥技术使每公顷平均纯氮用量比习惯施肥减少 52.5 kg,节约肥料支出 225 元以上,全省节肥增效 2.8 亿元,社会效益和经济效益显著。在同等产量水平下,稻田精确施肥技术可以大大减少化肥的投入,因而间接地节约了生产这些化肥的能源投入,间接节能效果明显。在减排方面,由于化肥尤

其是氮肥利用效率的提高,可以直接减少 30%以上的 N_2O 排放。另外,由于同等产量水平下化肥施用量的明显减少,进而间接地减少了因生产这部分化肥过程中所排放的温室气体。

2.4 稻田节能减排的主体模式

保护性耕作、浸润灌溉和精确施肥是稻作节能减排的三大关键技术,通过系统集成,可以形成适宜一熟区、水旱轮作区和双季稻区应用的三大节能减排稻作模式。

2.4.1 一熟区的节能减排稻作模式

该模式主要适宜在以东北为代表的一年一熟稻作区推广应用,节能减排的关键环节在于稻田前期土壤整理、水稻栽插方式和秸秆处理等方面。可以考虑以秸秆留茬覆盖还田、少耕抛秧/机插、化肥高效一次性深施、浸润灌溉等为核心技术,适宜区域可考虑旱直播,进行全生育期的系统集成优化。水稻抛秧、移栽或直播前进行早整地、化肥深施、开沟等一次性作业,抛秧或移栽时保持浅水层促进水稻分蘖,水稻生长期保持浸润灌溉,提高土壤温度,够苗期烤田控水,穗分化及孕穗期浅水层促进幼穗发育,灌浆成熟期浸润灌溉促进籽粒充实,收获期进行秸秆留高茬覆盖还田。

2.4.2 水旱轮作区的节能减排稻作模式

该模式主要针对以江淮平原为代表的水稻-旱作物一年两熟稻作区的生产特点,进行稻作和旱作的周年节能减排的系统集成。稻作季在旱作物秸秆高留茬和粉碎覆盖还田的基础上,进行条带旋耕、旱直播、深施肥、化学除草等一次性作业,之后开好田间灌排水丰产沟;播种后采用浸润灌溉,促进种子发芽出苗分蘖;够苗期进行控水,防止无效生长和分蘖;幼穗分化和孕穗期起,进行浸润灌溉。旱作季(小麦、油菜)在水稻秸秆高留茬和粉碎覆盖还田的基础上,在水稻行间进行条带旋耕/免耕播种,实现稻草的立茬覆盖;肥料一次性深施、化学除草和开好灌排水沟后,按常规高产栽培进行田间管理。水旱轮作稻作区的节能减排模式是中国稻田节能减排的主体,在降低能耗、减少温室气体排放方面的潜力非常巨大。

2.4.3 双季稻区的节能减排稻作模式

该模式主要针对以江南丘陵和湖泊为代表的双季稻、多熟稻作区的生产特点,进行周年节能减排的系统集成。早稻的田间管理模式类似水旱轮作区的管理模式,晚稻在早稻秸秆高留茬和粉碎覆盖还田的基础上,进行抛秧/机插秧和化肥一次性深施,清理好田间灌排水沟,进行化学除草;分蘖期保持满沟水,进行浸润灌溉,够苗后控水促根;自孕穗期开始进行浸润灌溉,促进籽粒充实高产。晚稻收获后,秸秆高留茬和粉碎覆盖还田结合,免耕直播油菜或冬闲,清理好排水沟。双季稻区节能减排模式的关键是水管理,以及如何在秸秆还田下抢时播种/栽插,实现作物丰产、稳产。

3 促进稻田节能减排技术应用的配套政策建议

尽管稻田节能减排的现实意义重大,但在实际应用中仍存在一些问题,急需在理论与技术研究资助、生态补偿和农户激励等方面给予配套的政策支持。

3.1 加强稻田节能减排的理论与技术推广

稻田节能减排是一个复杂的系统工程,需要多学科的理論结合和技术集成。政府应按照中国应对气候变化的国家方案以及中长期科技发展战略规划的总体要求,加大对稻田节能减排理论与技术研究的资助。在理論上,要注重不同管理措施下稻田温室气体排放的过程及机制研究,以阐明减排的关键过程和机制;加强对稻田 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 排放的权衡机制和调控途径研究,以突出稻田温室气体减排的重点;要重视对不同管理措施下稻田土壤碳氮动态特征、循环过程和机制的研究,以阐明减排与土壤生产力的互促关系;应建立田间监测网络,科学评价不同管理模式的综合效应。在技术上,应加强对水稻旱直播、浸润灌溉、控制施肥等技术的研究,重视秸秆还田下稻田养分管理及病虫害控制的技术措施研发,尤其要重视各项关键技术的系统集成,形成因地制宜的技术体系和操作规程。另外,应加强技术的推广示范,在不同的典型稻作区建立示范基地,通过农、科、教结合,示范推广适宜的节能减排技术体系。

3.2 建立稻田节能减排的生态补偿机制

稻田节能减排不仅生态环境效益显著,而且对稻田系统综合生产力的提升效应非常突出,农业增效与农民增收的效果也非常明显。稻田节能减排是集社会、经济和生态三大效益于一体的新型稻作技术体系,尤其是生态环境效益,因此政府应建立适当的生态补偿机制,对实施该项技术的生产单位、地方政府和农户进行补贴。生态补偿机制可以参照国际上关于工业和林业的节能减排补偿机制进行,比如碳贸易的相关政策。政府应开展对稻田节能减排技术的生态环境效应的综合监测,根据该技术模式对温室气体的减排效果,以及对土壤有机碳提升效果,进行综合评价,确定补贴幅度。同时,政府可以针对中国目前稻作区农田节能减排的潜力情况,有重点地进行技术推广和生态补偿。也可以采取一定的政策措施,比如减免税的方式,鼓励企业和地方政府参与技术的推广与应用。允许企业购买一定区域的农田节能减排量,来置换企业本身的节能减排任务,或抵消一定的税额。政府还可以通过财政补贴,以促进企业生产销售节能减排性的农业物质和农机具,促进节能减排技术的推广应用。

3.3 加强宣传提高生产者的节能减排意识

在日常生活中,人们更多关注的是工业和生活中的节能减排问题,对农田节能减排的认识还非常不足。政府和学术界应加大对农田节能减排意义及其可行性的宣传力度,让生产者认识到节能减排不仅不会影响作物产量,而且还可以提高土壤肥力,降低生产成本;让社会公众认识到农田节能减排的潜力和其对缓解气候变暖的重大贡献,提高社会公众的关注度,全面推进稻田节能减排技术的推广应用。在宣传手段上,可以采取宣传册、新闻媒介、标语等方式,以农村喜闻乐见的形式进行。同时,可以要求企业在相应的产品包装上,比如肥料、农药、农机等,标注有关节能减排的宣传词,多渠道、多手段相结合来提倡稻田节能减排。

参考文献 (References)

- [1] 张卫建, 丁艳锋, 王龙俊, 等. 稻田生态系统在保障环太湖环境健康与经济持续增长中的重要作用[J]. 科技导报, 2007, 25(17): 24-29.
Zhang Weijian, Ding Yanfeng, Wang Longjun, et al. *Science & Technology Review*, 2007, 25(17): 24-29.
- [2] 国家统计局. 2008 年中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
National Bureau of Statistics of China. *China agriculture statistical report (2008)*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [3] Qiu J. China cuts methane emissions from rice fields [N/OL]. *Nature News*, 2009-08-18.
- [4] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.
Zhang Fusuo, Wang Jiqing, Zhang Weifeng, et al. *Acta Pedologica Sinica*, 2008, 45(5): 915-924.
- [5] 程序. 生物能源与粮食安全及减排温室气体效应 [J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(3): 3-7.
Cheng Xu. *China Population, Resources and Environment*, 2009, 19(3): 3-7.
- [6] Lal R. Soil C sequestration impacts on global climatic change and food security[J]. *Science*, 2004, 304: 1623-1627.
- [7] Genxing P, Pete S, Weinan P. The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2009, 129: 344-348.
- [8] 好诚. 中科院东北地理与农业生态研究所的一项研究表明: 农田土壤并非有机质含量越高粮食产量越高[N]. 科学时报, 2007-12-05.
Hao Cheng. *Science Times*, 2007-12-05.
- [9] 田新建, 秦富, 李明洋. 中国水稻生产成本地区性差异成因的实证分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(增刊): 247-250.
Tian Xinjian, Qin Fu, Li Mingyang. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(Suppl): 247-250.
- [10] 潘家华, 郑艳. 碳排放与发展权益 [J/OL]. <http://www.wem.org.cn/news/view.asp?id=310&cataid=17>.
Pan Jiahua, Zheng Yang. Carbon emission and development rights[J/OL]. <http://www.wem.org.cn/news/view.asp?id=310&cataid=17>.
- [11] Netherlands Environmental Assessment Agency. wikipedia energy policy of China[R/OL]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Energy-policy-china>.
- [12] 胡锦涛. 携手应对气候变化挑战[R/OL]. 中国新闻网. <http://www.chinanews.com.cn/gn/news/2009/09-23/1880368.shtml>.
Hu Jinao[R/OL]. chinanews. <http://www.chinanews.com.cn/gn/news/2009/09-23/1880368.shtml>.
- [13] IPCC. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [14] 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, 24(10): 269-273.
Dong Hongmin, Li Yu'e, Tao Xiuping, et al. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(10): 269-273.
- [15] Rui Wenyi, Zhang Weijian. Effect size and duration of recommended management practices on carbon sequestration in paddy field in Yangtze Delta Plain of China: A meta-analysis [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2010, 135(2): 199-205.
- [16] 徐华, 蔡祖聪, 李小平. 冬作季节土地管理对水稻土 CH₄ 排放季节变化的影响[J]. 应用生态学报, 2000, 11(2): 15-218.
Xu Hua, Cai Zucong, Li Xiaoping. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(2): 215-218.
- [17] 张成玉, 肖海峰. 我国测土配方施肥技术增收节支效果研究——基于江苏、吉林两省的实证分析[J]. 农业技术经济, 2009(2): 44-51.
Zhang Chengyu, Xiao Haifeng. *Economics of Agricultural Technology*, 2009(2): 44-51.

(责任编辑 李慧政)

·学术动态·

“《科学数据库与信息技术》 第十届学术研讨会”征文

由中国科学院科学数据库办公室主办的“《科学数据库与信息技术》第十届学术研讨会”将于 2010 年 7 月 1 日在贵州省贵阳市举行。

会议现面向相关科技工作者征文, 征文内容包括: 科学数据库及信息系统的发展; 数据库系统与建库技术; 数据质量控制方法与相关技术; XML 和半结构化数据库系统; 多媒体数据库技术; 并行与分布式数据库系统; Web 与数据库; 中间件和应用服务器技术; 数据库安全与网络安全技术; 大规模数据的分析处理技术; 数据仓库、数据挖掘和知识管理; 数据网格和云存储; 元数据及标准规范研究与应用; 数据共享策略及其相关技术; 网上信息资源的知识产权保护; 文献库与全文检索技术; 文献与数据的集成检索; 科学数据库的应用与服务; e-Science 相关技术及应用; 其他相关论文。征文截稿日期: 2010 年 1 月 31 日。

会议网站 <http://escj.cnica.cn/CN/item/showItemDetail.do?id=119>。

联系方式: 北京 349 信箱中国科学院科学数据库办公室(100190), 李望平, 郑晓欢; 电话: 010-58812269; 传真: 010-58812268; 电子信箱: lwp@cnica.cn。