

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

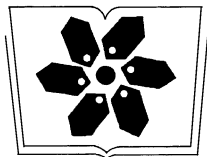
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第2期 Vol.34 No.2 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 2 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响 龚冬琴, 吕 军 (239)
- 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋 (247)
- 完全水淹环境中光照和溶氧对喜旱莲子草表型可塑性的影响 许建平, 张小萍, 曾 波, 等 (258)
- 赤潮过程中“藻-菌”关系研究进展 周 进, 陈国福, 朱小山, 等 (269)
- 盐湖微微型浮游植物多样性研究进展 王家利, 王 芳 (282)
- 臭氧胁迫对植物主要生理功能的影响 列淦文, 叶龙华, 薛 立 (294)
- 啮齿动物分子系统地理学研究进展 刘 铸, 徐艳春, 戎 可, 等 (307)
- 生态系统服务制图研究进展 张立伟, 傅伯杰 (316)

个体与基础生态

- NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性 刘正祥, 张华新, 杨秀艳, 等 (326)
- 不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较 向 芬, 周 强, 田向荣, 等 (337)
- 小麦 LAI-2000 观测值对辐亮度变化的响应 王 龔, 田庆久, 孙绍杰, 等 (345)
- K^+ 、 Cr^{6+} 对网纹藤壶幼虫发育和存活的影响 胡煜峰, 严 涛, 曹文浩, 等 (353)
- 马铃薯甲虫成虫田间扩散规律 李 超, 彭 赫, 程登发, 等 (359)

种群、群落和生态系统

- 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化 孙鹏飞, 单秀娟, 吴 强, 等 (367)
- 黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性 单秀娟, 陈云龙, 戴芳群, 等 (377)
- 苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析 陈小华, 李小平, 王菲菲, 等 (390)
- 盐城淤泥质潮滩湿地潮沟发育及其对米草扩张的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵 (400)
- 江苏省农作物最大光能利用率时空特征及影响因子 康婷婷, 高 苹, 居为民, 等 (410)
- 1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析 曹 阳, 杨 婕, 熊 伟, 等 (421)
- 黑龙江省 20 世纪森林变化及对氧气释放量的影响 张丽娟, 姜春艳, 马 骏, 等 (430)
- 松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征 李晓强, 殷秀琴, 孙立娜 (442)
- 小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征 刘 纯, 刘延坤, 金光泽 (451)

景观、区域和全球生态

- 黄淮海地区干旱变化特征及其对气候变化的响应 徐建文, 居 辉, 刘 勤, 等 (460)

我国西南地区风速变化及其影响因素 张志斌,杨 莹,张小平,等 (471)

青海湖流域矮嵩草草甸土壤有机碳密度分布特征 曹生奎,陈克龙,曹广超,等 (482)

基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹 曹黎明,李茂柏,王新其,等 (491)

研究简报

荒漠草原区柠条固沙人工林地表草本植被季节变化特征 刘任涛,柴永青,徐 坤,等 (500)

跨地带土壤置换实验研究 靳英华,许嘉巍,秦丽杰 (509)

SWAT 模型对景观格局变化的敏感性分析——以丹江口库区老灌河流域为例
..... 魏 冲,宋 轩,陈 杰 (517)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-01



封面图说：高原盐湖——中国是世界上盐湖分布比较稠密的国家,主要分布在高寒的青藏高原以及干旱半干旱地区的新疆、内蒙古一带。尽管盐湖生态环境极端恶劣,但它们依然是陆地特别是高原生态系统中十分重要的组成部分。微微型浮游植物通常是指粒径在 0.2—3 μm 之间的光合自养型浮游生物。微微型浮游植物不仅是海洋生态系统中生物量和生产力的最重要贡献者,也是盐湖生态系统最重要的组成部分。研究显示,水体矿化度是影响微微型浮游植物平面分布及群落结构组成的重要因子,光照、营养成分和温度等也会影响盐湖水体中微微型浮游植物平面分布及群落结构组成(详见 P282)。

彩图提供：陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201304240794

曹黎明, 李茂柏, 王新其, 赵志鹏, 潘晓华. 基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹. 生态学报, 2014, 34(2): 491-499.
Cao L M, Li M B, Wang X Q, Zhao Z P, Pan X H. Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 491-499.

基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹

曹黎明^{1,2}, 李茂柏², 王新其², 赵志鹏², 潘晓华^{1,*}

(1. 江西农业大学, 南昌 330045; 2. 上海市农业科学院作物育种栽培研究所, 上海 201403)

摘要:碳足迹是指由企业、组织或个人引起的碳排放的集合。参照 PAS2050 规范并结合生命周期评价方法对上海市水稻生产进行了碳足迹评估。结果表明:(1)目前上海市水稻生产的碳排放为 11.8114 t CO₂e/hm²,折合每吨水稻生产周期的碳足迹为 1.2321 t CO₂e;(2)稻田温室气体排放是水稻生产最主要的碳排放源,每吨水稻生产的总排放量为 0.9507 t CO₂e,占水稻生产全部碳排放的 77.1%,其中甲烷(CH₄) 又是最主要的温室气体,对稻田温室气体碳排放的贡献率高达 96.6%;(3) 化学肥料的施用是第二大碳排放源,每吨水稻生产的总排放量为 0.2044 t CO₂e,占水稻生产总碳排放的 16.5%,其中 N 最高,排放量为 0.1159 t CO₂e。因此,上海低碳水稻生产的关键在降低稻田甲烷的排放,另外可通过提高氮肥利用效率,减少氮肥施用等方法减少种植过程中碳排放。

关键词:水稻;碳足迹;温室气体;生命周期评价

Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai

CAO Liming^{1,2}, LI Maobai², WANG Xinqi², ZHAO Zhipeng², PAN Xiaohua^{1,*}

1 Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China

2 Crop Breeding and Cultivation Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Science, Shanghai 201403, China

Abstract: Global climate change has become an urgent issue of concern. Climate change will increasingly threaten our food production, security and even the survival of the human race. It also has a serious impact on natural ecosystems and the socioeconomic system. With the increasing scale and improvement in mechanization levels, the economic linkage between agricultural production and reduction of Greenhouse Gas (GHG) emissions is even closer in the agricultural production system. Therefore, the development of a low-carbon agricultural model is one of the long-term strategies for low-carbon economic growth throughout the country.

This research of carbon footprint is introduced to measure the GHG emission over the rice production cycle. The carbon footprint can be defined as the total carbon emissions caused by an organization, event, product or person. At present, carbon footprints are used to measure GHG emissions in products, services, organizations, cities and countries and offer the decision basis for the formulation of GHG emission reduction schemes.

Agricultural ecological systems, every year, also produce a lot of GHG emissions. The whole process of prenatal, intrapartum and postpartum agricultural production are closely related to energy consumption and GHG emission. In the process, all the agricultural inputs, such as chemical fertilizers, pesticides, seeds, cultivation, plant protection, agricultural machinery, irrigation and harvest also produce greenhouse gas emissions.

The whole cultivation of rice involves methane (CH₄) emission. This study shows that rice cultivation is one of the biggest sources of GHG emissions in crop cultivation. Rice paddies emit a large amount of methane in their water logged

基金项目:国家科技部支撑计划后世博专项资助项目(2010BAK69B18);上海市科委崇明科技攻关专项资助项目(10DZ1960101)

收稿日期:2013-04-24; **修订日期:**2013-12-16

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: xhuapan@163.com

mode. Different irrigation modes have a great influence on the emission of GHG. Straw return is another factor that promotes GHG emissions. Soil organic content increases with the return of straw, with an increase in the soil methanogen activity, leading to increased methane emissions.

The current carbon footprint research is the first time it has been used to measure the carbon emissions involved in rice production. The carbon footprint for rice production in Shanghai was assessed by the PAS2050 paradigm and life cycle assessment. The study area, located in Changjiang Farm, which belongs to the Guangming Group in Chongming County Shanghai City atlatitude 121°32'22'' E, longitude31°40'23'' N. Chongming County, in the Yangtze River Estuary, is a typical sub tropical monsoon climate with mild climate, abundant rainfall, annual average temperatures of 15.3 ℃, and annual precipitation of 1245 mm. It is the major grain production base for Shanghai city with winter wheat and summer rice forming their main planting patterns, which are typical for the middle and lower reaches of the Yangtze River rice-wheat rotation cropping pattern.

The entire carbon emission of rice production in Shanghai was 11.8114 t CO₂e (CO₂-equivalents)/hm², corresponding to a 1.2321 t CO₂e/t rice grain yield. GHG emissions from paddy fields were the major source, which emitted 0.9507 t CO₂e/t rice and accounted for 77.1% of total carbon emissions during rice production. Moreover, CH₄was the largest source for GHG emissions with a contribution rate of 96.6%.Chemical fertilizers were the second largest emission source in rice production. Chemical fertilizers emitted 0.2044 t CO₂e for each ton of rice production, contributing 16.5% of total carbon emissions in rice production. N fertilizer was the biggest emission source, which released 0.1159 t CO₂e/t rice.

This research investigates the GHG emissions over the whole process of the Shanghai rice production cycle and reveals the energy consumption and GHG emissions in rice production. Thus, a rice carbon footprint is calculated by assessing the GHG emissions in Shanghai rice production. The results are beneficial for producing reduction plans of reducing GHG emissions in Shanghai rice production. Furthermore, the results will supply both practicable and theoretical foundations for drafting carbon footprint formulations in other industrial areas.

Key Words: rice; carbon footprint; greenhouse gas; life cycle assessment

全球气候变化是世界各国共同面临的严峻考验^[1],如何减少人类活动引起的温室气体排放,已经成为科学界和社会关注的热点问题^[2]。为了减少温室气体排放,推广低碳排放技术,把商品在生产全过程所产生的温室气体总量在产品标签上量化标识出来即碳标签,以商标的形式告知消费者该产品的碳排放信息是发达国家开始试行的做法^[3]。不少国家已经要求在商品上标注碳标签,碳标签政策的出台既督促了商品生产者减少温室气体排放,便于消费者客观选择低碳消费,又是应对发达国家利用碳排放设置贸易壁垒的有效手段,碳标签正从公益标志逐步转变成商品的国际通行证^[4]。

碳标签制定的前提是获得生产商品的全部温室气体排放,目前一般采用“碳足迹(Carbon footprint)”来进行定量评估。“碳足迹”是指企业机构、活动、产品或个人通过交通运输、食品生产和消费以及生产过程等引起的温室气体排放的总和,用二氧化碳当

量(CO₂e)来表示^[5-7]。目前,越来越多的组织机构和政府部门开始使用碳足迹来衡量产品、服务、组织、城市甚至国家的温室气体排放量,为制定温室气体减排方案提供决策依据^[8-10]。

农业生态系统每年也带来大量的温室气体排放,农业生产的产前、产中和产后全过程都与能源消耗和温室气体排放密切关联,如化肥、农药、种子等农资投入,以及耕作、植保、灌溉和收获过程中农业机械的作业均不同程度地带来了温室气体排放。水稻种植是公认的主要温室气体排放源之一,2009年,我国农业温室气体总排放量为1.6×10⁶ t CO₂e,其中水稻种植排放1.4×10⁵ t CO₂e,占8.9%^[11]。

目前研究表明,灌溉模式是稻田CH₄最主要的影响因素,在淹水条件下,土壤氧化还原电位较低,CH₄排通量大,烤田时期,土壤透气性好,破坏了产CH₄菌活动所需的厌氧环境,抑制了CH₄的排放,但此时N₂O排通量增大^[12-16]。秸秆还田是引起稻田

CH₄ 增排的另外一个因素,秸秆还田增加了土壤有机质含量,施肥后土壤产 CH₄ 菌活性增高,此外,施肥与土壤氧化还原电位呈显著负相关,施肥后土壤氧化还原电位降低,CH₄ 排通量增加^[17]。逯非等研究表明,秸秆还田后我国每年 CH₄ 排放将从无秸秆排放的 5.796 Tg(1 Tg=10¹² g)增加到 9.114 Tg,其全球增温潜势达 82.95 Tg CO₂e^[14]。

水稻种植全过程中都涉及碳排放,国内还没有通过系统盘查水稻种植过程中碳排放,获取水稻生产碳足迹的报道。本研究拟通过调查水稻种植全过程的农资碳排放和田间温室气体排放,采用生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)的方法对水稻生产进行碳足迹分析,揭示上海市水稻生产碳排放结构,为准确而全面地评估水稻生产的温室效应、制定科学有效的减排措施,以及在上海市和长江中下游地区开展水稻低碳种植提供科学参考。

1 研究地区概况

本研究调查区域位于上海市崇明县长江农场(121°32'22" E, 31°40'23" N),地处长江入海口,属典型的北亚热带季风气候区,气候温和,雨水充沛,年平均气温 15.3℃,年降水量 1245 mm,雨日 116.8 d,全年日照总时 1945 h^[18]。崇明县是上海市最主要的粮食生产基地,冬作主要为大小麦,夏作主要为单季晚粳,是典型的长江中下游地区稻麦轮作种植模式。崇明县水稻种植面积 3.4 万 hm²,占上海市水稻种植面积的 32%,其中长江农场常年水稻种植面积 0.4 万 hm²,机械化水平较高,粮食产量较高。本研究通过调查 2011—2012 年长江农场稻米生产田间作业、稻米加工贮存、运输销售、废弃物处理等生命周期全过程的温室气体排放,获取上海市水稻碳足迹。

2 基本原理与研究方法

本研究主要参照 PAS2050 规范并结合 LCA 方法进行水稻生产的碳足迹计算。PAS2050 全称“公众可获取的规范”(Publicly Available Specification, PAS),由英国标准协会(British Standard Institution, BSI)编制,旨在对产品和服务生命周期内温室气体排放的评价要求做出明确的规定^[19]。LCA 是指对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环

境影响的汇编和评价,它是一种用于评估产品在其整个生命周期中,即从原材料的获取、产品的生产直至产品使用后的处置,对环境影响的技术和方法^[20]。

本次计算水稻碳足迹主要有以下 4 个步骤:确定调查流程和边界,收集数据,计算碳足迹,检查不确定性。

2.1 调查流程和边界

本文以上海市崇明县长江农场水稻生产为研究对象进行评估,评价 1 t 稻米生命周期内所有物资投入、产出过程的碳排放。水稻种植原材料主要有种子、化肥、农药等,种植过程中温室气体排放、农机使用、稻米加工贮藏等,没有包括商品销售、消费者使用以及处置、再生利用。

2.2 数据收集

本研究水稻碳足迹的初级活动水平数据包括田间各项作业活动,加工存储各项作业活动、深加工与产品包装以及田间温室气体散逸等活动水平数据。

2.2.1 田间作业

翻耕 每公顷地约消耗 49.05 L 柴油。其中耕地采用铧式犁深翻 1 次,耗油 16.05 L;重型圆盘耙耙地 1 次,耗油 6.17 L;旋耕 1 次,耗油 14.12 L;泡水后水田平整 1 次,耗油 11.47 L,其它作业(开沟、做埂、抛肥等)1.24 L。

灌溉 干湿交替灌溉,除烤田外,自然落干后灌溉,每公顷消耗 222.75 kwh。

播种 每公顷杂交粳稻用种 30 kg,常规粳稻用种 60 kg,机械直播,每公顷消耗 7.06 L 柴油。

施肥 每公顷施纯 N 277.5 kg, P₂O₅ 73.5 kg, K₂O 108.0 kg。

打药 每公顷除草剂施用 10.2 kg,杀虫剂 12.9 kg,杀菌剂 3.9 kg。

收割 在水稻种植田间作业期间采用机械收割作业,秸秆粉碎全量还田。平均每公顷需要消耗 31.31 L 柴油。

施肥和打药采用人工,不计碳排放。

2.2.2 稻谷加工

晾晒 人工晾晒,不计碳排放。

清选 机械去瘪粒、泥沙等杂物,平均每吨水稻耗电 0.23 kWh。

脱壳 平均每吨水稻耗电 2.43 kWh。

碾米 平均每吨水稻耗电 7.50 kWh。
白米分级、色选和抛光 平均每 t 水稻耗电 16.23 kWh。
装袋、封袋 平均每 t 水稻耗电 0.24 kWh。
加工 1 t 水稻总计耗电 26.63 kWh。

2.2.3 土壤温室气体排放检测与计算

土壤 CH₄、CO₂和 N₂O 排放通量采用静态箱法测量。静态箱为圆柱体暗箱,材料为有机玻璃,内贴铝箔遮光,内径 50 cm,高 110 cm,壁厚 0.5 cm。人工撒播、机穴播和插秧各设 3 个测试点,播种后每 7 d 在 8:00—10:00 采集气体 1 次,在另外在分蘖始期、分蘖盛期、孕穗期、抽穗期和成熟期等主要生育期和烤田、复水期间进行动态监测,在每天 07:00—19:00,每 2 h 取样 1 次。采集集气体时,分别于罩箱后 5、15、25 min 和 35 min 抽取 60 mL 气体,充入大连德霖气体包装有限公司生产 100 mL 铝箔气体采样袋保存。

取样后 24 h 内用 Agilent 6890 N 型气相色谱 (Agilent Technologies, Inc.) 分析测定气体样品中 CH₄、CO₂和 N₂O 的浓度,每次测试前使用中国计量科学研究院生产标准气体标定,标定稳定后开始检测,每检测 40 个样品后再用标准气体标定 1 次。

稻田温室气体排通量、温室气体累计排放量和增温潜势 (Global Warming Potentials, GWP) 参照文献^[21]计算。

2.2.4 温室气体排放系数

柴油的温室气体排放系数为 0.00256 t CO₂e/L^[1]。

电力排放因子采用国家发展与改革委员会发布的 2012 年中国区域电网基准线排放因子,上海位于

华东地区,故采用华东电网排放因子,其电量边际排放因子为 0.8244 t CO₂/MWh,容量边际排放因子为 0.6889 t CO₂/MWh,平均并通过单位换算得到华东电网排放因子为 0.000757 t CO₂/kWh^[22]。

本研究根据徐小明^[23]对化肥和农药所产生的温室气体排放的研究成果折算得出相应的温室气体排放系数,其中氮肥的排放系数为 0.004005t CO₂e/kg;磷肥的碳排放系数为 0.003894 t CO₂e/kg;钾肥的碳排放系数为 0.005213 t CO₂e/kg;农药的平均排放系数 0.004733 t CO₂e/kg。

CH₄和 N₂O 排放系数分别为 0.025 t CO₂e/kg 和 0.298 t CO₂e/kg^[1]。

2.3 碳足迹计算

碳足迹公式:

$$E = \sum_i^n Q_i \times C_i \tag{1}$$

式中,E 为产品碳足迹,Q_i为物质或活动的数量或强度数据(质量/体积/km/kWh),C_i为单位碳排放因子(每个单位的 CO₂当量)。

2.4 不确定性分析

本研究主要参照“IPCC 国家温室气体清单优良作法指南和不确性管理”中描述的方法对水稻产生的温室气体的不确定性进行量化计算^[24]。

对于单一排放源排放总量的不确定性分析计算公式:

$$U_{all} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \cdots + U_n^2} \tag{2}$$

式中,U_{all}为所有量的乘积的百分比不确定性,U_i为与每个量相关的百分比不确定性。

对于项目总不确定性分析计算公式:

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times X_1)^2 + (U_2 \times X_2)^2 + (U_3 \times X_3)^2 + \cdots + (U_n \times X_n)^2}}{X_1 + X_2 + \cdots + X_n} \tag{3}$$

式中,U_{total}为所有量的总和的百分比不确定性,X_i和 U_i分别表示不确定量及相关的百分比不确定性。

3 结果与分析

3.1 总碳足迹

研究表明上海市近郊每种植 1 hm²水稻温室气体排放量为 11.8114 t CO₂e,折合每生产 1 t 水稻

温室气体排放 1.2321 t CO₂e(表 1);其中稻田温室气体排放量为 0.9507 t CO₂e,占水稻生产碳排放的 77.1%,是最主要的排放源;田间作业占总排放量的 21.3%,共排放 0.2621 t CO₂e,是另一个主要排放源;加工存储作业排放 0.0201 t CO₂e,仅占总排放的 1.6%(图 1)。

表 1 各主要作业活动碳排放表

Table 1 Carbon emissions from various production processes

排放源 Emission source	数据来源 Data sources	活动数据值 Activity value	排放系数 Emission factor	排放量 Emission /(t CO ₂ e /hm ²)	水稻产量 Yield /(t/hm ²)	总排放量 Emission /(t CO ₂ e/t 水稻)
柴油 Diesel oil	耕地 Plow tillage	15.75 L/hm ²	0.00256 t CO ₂ e/L	0.0403	9.59	0.0042
	耙地 Harrowing field	7.95 L/hm ²		0.0204	9.59	0.0021
	旋耕 Rotary tillage	14.12 L/hm ²		0.0361	9.59	0.0038
	平地 Paddy field leveling	11.47 L/hm ²		0.0292	9.59	0.0030
	其它作业 Other operations	1.24 L/hm ²		0.0031	9.59	0.0003
	播种 Seedling	1.50 L/hm ²		0.0038	9.59	0.0004
	收获 Harvest	31.31 L/hm ²		0.0802	9.59	0.0084
电 Electricity	灌溉 Irrigation	222.75 kWh/hm ²	0.000757 t CO ₂ e · kW/h	0.1686	9.59	0.0176
	收获和加工 Rice processing and packaging	26.63 kwh/t		0.1932	9.59	0.0211
其它排放源 Other sources of emissions	氮肥 Nitrogen	277.50 kg/hm ²	0.004005 t CO ₂ e/kg	1.1114	9.59	0.1159
	磷肥 Phosphorus	73.50 kg/hm ²	0.003894 t CO ₂ e/kg	0.2862	9.59	0.0298
	钾肥 Potassium	108.00 kg/hm ²	0.005213 t CO ₂ e/kg	0.5631	9.59	0.0587
	除草剂 Herbicide	10.20 kg/hm ²	0.004733 t CO ₂ e/kg	0.0483	9.59	0.0050
	杀虫剂 Insecticide	12.90 kg/hm ²	0.004733 t CO ₂ e/kg	0.0611	9.59	0.0064
	杀菌剂 Fungicide	3.90 kg/hm ²	0.004733 t CO ₂ e/kg	0.0185	9.59	0.0019
	稻田温室气体通量 GHG emission from paddy field			9.1180	9.59	0.9507
	种子 Seed	37.5 kg/hm ²	0.000795 t CO ₂ e/kg	0.0299	9.59	0.0031
总计 Total				11.8114		1.2321

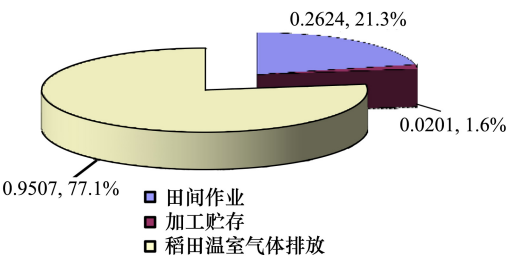


图 1 各大类作业温室气体排放(t CO₂e/t 水稻)

Fig.1 The composition diagram of GHG emissions from major categories

3.2 稻田温室气体排放

稻田生态系统排放的温室气体主要有 CH₄、CO₂和N₂O,但水稻光合作用所固定的CO₂要大于呼吸

排放的 CO₂,在水稻生育期内的 CO₂净排放通量为负值^[25-26],一般不列入稻田温室气体排放清单^[26-27],而短期内土壤有机碳的变化较小,因此本研究只分析 CH₄和 N₂O 的温室气体排放。从表 2 中可以看出,撒播处理最高,为 10.3089 kgCO₂/hm²,插秧处理田间温室气体排放最少,为 8.1785 kgCO₂/hm²,可能是因为育秧时秧田和大田比例一般在 1:10 左右,秧龄 20 d,可以减少稻田淹水 20 d 左右,有效减少了稻田温室气体排放排放。从贡献比例来看,CH₄对稻田温室气体排放影响最大,各处理在 96.5%—96.8%,N₂O 贡献值均在 3.2%—3.5%之间,影响较小。

表 2 稻田甲烷和氧化亚氮排放

Table 2 CH₄ and N₂O emissions from paddy fields

处理 Treatments	(CH ₄) E _{CO₂} /	(N ₂ O) E _{CO₂} /	总 CO ₂ 当量 Total E _{CO₂} /(t CO ₂ /hm ²)	贡献比率 Contribution rate/%	
	(t CO ₂ /hm ²)	(t CO ₂ /hm ²)		CH ₄	N ₂ O
插秧 Rice Transplanting	7.9181	0.2604	8.1785	96.8	3.2
撒播 Broadcast sowing	9.9431	0.3658	10.3089	96.5	3.5
穴播 Hole seeding	8.5567	0.3100	8.8667	96.5	3.5
平均 Average	8.8059	0.3121	9.1180	96.6	3.4

3.3 田间作业的碳排放

各项田间作业均产生一定的碳排放(图2),其中以施肥碳排放最高。N、P、K 全部碳排放达 0.2044 t CO₂e/t,占田间作业总排放量的 77.9%,在这三者中以 N 排放最高,约占整个田间作业的碳排放 44.2%,其次是K占22.4%,P占11.4%。灌溉是另

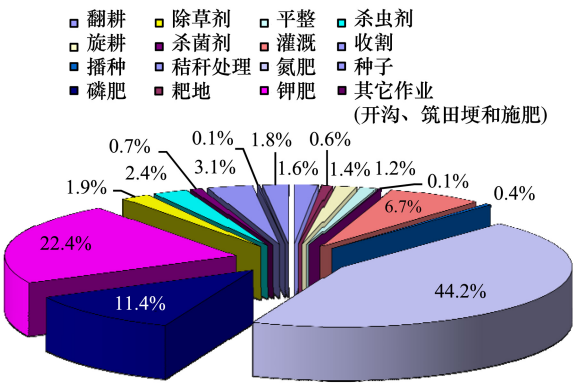


图2 田间作业各项温室气体排放组成图

Fig.2 The composition diagram of GHG emission from paddy field operation

外一个主要的碳排放作业,占到田间作业总排放的 6.7%。在其它各项作业中,农药占 5.1%,土壤耕作占 5%,收获作业碳排放占 3.2%,种子占 1.8%。

3.4 不确定性分析

本研究中各活动水平数据的不确定估算基于在崇明县长江农场长期工作的农业专家的判断得出,估算值见表3。其中柴油排放系数不确定性引用 IPCC 2006 年排放系数之 95%置信区间计算而来,电力排放系数不确定性引用 IPCC2006 年排放系数之 96%置信区间计算而来,田间温室气体释放排放系数不确定性引用 IPCC2006 年排放系数之 97%置信区间计算而来。柴油和电力使用、田间温室气体排放、水稻种子以及其他排放源等活动数据和水稻种子排放系数的不确定性来源于专家预估。

合并各项不确定性值,燃油为 33.54%,电力 49.75%,其它排放 33.54%,温室气体排放 20%,种子 15%(表3)。各排放系数不确定性参照 IPCC2006,整合各不确定因素,本研究的不确定性值为±19%,定性等级为较好。

表3 不确定性分析

Table 3 Uncertainty analysis

排放源 Emission sources	活动数据 Activity data		排放系数 Emission factor		整合不确定性/% Theintegration of uncertainty					
	不确定性		不确定性		上限		上限乘 以量 平方		下限	
	上限	下限	上限	下限	上限	上限平方	上限乘 以量 平方	下限	下限平方	下限 乘以 量平方
柴油 Diesel oil	33.54	33.54	0.94	2.02	33.55	11.26	0.00	33.60	11.29	0.00
电 Electricity	49.75	49.75	7.00	7.00	50.24	25.24	0.04	50.24	25.24	0.04
其它 Others	33.54	33.54	11.79	10.46	35.55	12.64	11.42	35.13	12.34	11.16
田间温室气体排放 GHG emission from paddy field	20.00	20.00	0.00	0.00	20.00	4.00	3.62	20.00	4.00	3.62
水稻种子 Rice seed	15.00	15.00	20.00	20.00	25.00	6.25	0.00	25.00	6.25	0.00
不确定性分析 Uncertainty analysis	Total/%				77.06	19.82			76.89	19.65

不确定性上限 Uncer-tainty upper limit;上限 Upper limit;上限平方 The square of upper limit;上限乘以量平方 The upper limit multiplied by the amount of square;下限 Low limit;下限平方 The square of upper limit;下限乘以量平方 The upper limit multiplied by the amount of square

4 讨论

我国是世界上水稻种植面积最大的国家,从 20 世纪 80 年代末期开始,国外学者就质疑我国稻田为全球农业温室气体排放的主要源头之一,认为我国稻田温室气体年排放量接近世界稻田年排放总量的 1/2^[28],但国内外学者对水稻生产全周期碳排放研

究较少,仅有部分学者通过模拟估算水稻生产碳排放,如徐小明等通过模拟与计算作物种植阶段肥水投入、耕作能耗、作物收获、温室气体排放等得到吉林西部水稻生产碳足迹约为 1.3303 t CO₂/t^[23],比本研究获得的上海市水稻碳足迹 1.2321 t CO₂/t 略高。稻田温室气体排放占整个碳排放比例较高,吉林西部稻田 GWP 达到 1.0344 t CO₂/t,占全部碳排放的

77.8%,傅志强等的研究发现湖南单季晚稻温室气体在 0.599—0.861t CO₂/t 之间,其中杂交稻略高,最高值为 0.861 t CO₂/t^[21],张岳芳等对江苏常熟秸秆还田稻麦两熟农田温室气体评估值为 6.383 t CO₂/hm²^[29],本研究稻田 GWP 也高达 0.9507 t CO₂/t,占全部碳排放的 77.2%,本研究调查的长江农场长期以来实行秸秆还田,土壤有机质含量较高,土壤温室气体略高于其它评估结果,但总体来说稻田温室气体是水稻生产碳排放的主要因素,通过肥水运筹,减少稻田温室气体排放是一项非常有效的措施。CH₄是最主要的温室气体,其对温室气体贡献率超过了 96%(表 2),研究表明,灌溉^[17]、土壤水分^[25-26]、施肥^[30]和品种^[21, 31]对的 CH₄排放影响较大。本研究团队通过检测长江农场稻田 CH₄排放检测发现,播种后水淹条件下稻田 CH₄排放呈逐步增加趋势,6 月初的 5 mg m⁻² h⁻¹左右,7 月中旬水稻分蘖盛期达到最高峰 60 mg m⁻² h⁻¹,烤田一周后又迅速降到 5 mg m⁻² h⁻¹以下,因此通过干湿交替灌溉,增加土壤通气性可以有效减少 CH₄排放。此外,干湿交替灌溉可以减少稻田灌溉次数和用水,从而减少水资源利用和灌溉能量消耗,减少灌溉过程碳排放。

肥料是仅次于田间温室气体排放的第二大碳排放源,本研究发现,N、P、K3 种主要化学肥料施用,对水稻生产碳排放的贡献率达到 16.6%。长期以来我国氮肥施用过多,每年氮肥施用总量超过 1.2 × 10⁷ t,接近世界总量的 1/3^[32],生产上一般纯氮施用量超过 180kg/hm²,个别地区甚至达到 400—600kg/hm²,但水稻氮肥实际利用效率仅为 (33±11)%^[33],而目前发达国家氮肥利用率已达 60%,如果能达到这一利用水平,将减少近 50%的氮肥施用,直接减少种植活动中的氮肥施用带来的碳排放 5.14×10⁷ t CO₂e^[23,33]。此外,土壤中的氮肥经过反硝化作用释放出温室气体 N₂O,每年输入农业生态系统的氮肥有 1.5×10⁶ t N₂O 直接进入大气,由施氮肥引起的 N₂O排放量占 N₂O 总排放量的 13%,当氮肥施肥量减少一半时,全国土壤的 N₂O 排放量将减少 22%,特别是在我国东南大部分地区 N₂O 减幅更大^[34]。因此,通过开展测土配方合理确定农田氮肥施用量,施用吸收利用效率较高的缓控释肥,以及根据不同品种需肥规律科学施肥提高氮素利用效率,选择施用 N₂O 排放量少的肥料,减少氮肥施用量,减少水稻种

植温室气体排放。

本文研究了水稻生产各种碳排放源的相对贡献,全面评估水稻生产周期的碳足迹,对减少水稻生产碳排放具有重要意义,同时,也是指导低碳水稻生产、降低农业生产资源消耗和实现农业增收增效的重要依据。

References:

[1] IPCC. Summary for Policy Makers of Climate change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2007.

[2] Solomon S, Plattner G K, Knutti R, Friedlingstein P. Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009, 106(6): 1704-1709.

[3] Guo L, Cui Q, Lu M. The new tool of low carbon life: carbon labels. Green Economy, 2011, 7:84-86.

[4] Li M Y, Fang Y. A Box Xiayi Scallop with the Carbon Labeling. [2013- 03- 20]. <http://money. 163. com/10/1109/00/6L0OHBFE00253B0H.html>.

[5] Wiedmann T, Minx J. A definition of “carbon footprint”. ISA UK Research & Consulting, 2007, 1: 1-9.

[6] Carbon Trust, London, UK. Carbon Footprint Measurement Methodology. Version 1.1. 27 February 2007.

[7] Global Footprint Network. Ecological Footprint Glossary. [2013- 03- 20]. http://www. footprintnetwork. org/en/index. php/GFN/page/footprint_basics_overview/.

[8] Giurco D, Petrie J G. Strategies for reducing the carbon footprint of copper: new technologies, more recycling or demand management. Minerals Engineering, 2007, 20(9): 842-853.

[9] Stockholm Environment Institute. UK schools carbon footprint scoping study for sustainable development commission by global action plan. [2013- 03- 20]. <http://www. sd-commission. org. uk/data/files/publications/GAP-Final-Report.pdf>.

[10] Brown M A, Southworth F S, Sarzynski A. The geography of metropolitan carbon footprints. Policy and Society, 2009, 27(4): 285-304.

[11] Tan Q C. Greenhouse gas emission in China’s agriculture: Situation and challenge. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(10): 69-75.

[12] Cai Z C, XieD T, Xu H, Wei C F, Gao M. Factors influencing CH₄ emissions from a permanently flooded rice field during rice growing period. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14 (5): 705-709.

[13] Huang Y, Zhang W, Zheng X H, Han S H, Yu Y Q. Estimates of methane emission from Chinese rice paddies by linking a model to

GIS database. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 980-988.

[14] Lu F, Wang XK, Han B, Ouyang Z H, Zheng H. Straw return to rice paddy: Soil carbon sequestration and increased methane emission. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(1): 99-108.

[15] Peng S Z, Li D X, Xu J Z, Ding J L, He Y, Yu J Y. Effect of water-saving irrigation on the law of CH₄ emission from paddy field. *Environment Science*, 2007, 28(1): 9-13.

[16] Xu H, Xing G X, Cai Z C, Tsuruta H. Effect of soil water regime and soil texture on N₂O emission from rice paddy field. *Acta Pedologica Sinica*, 2000, 37(4): 499-504.

[17] Liu J J, Wu P P, Xie X L, Fu X G, Shen Q R, Guo S W. Methane emission from late rice fields in Hunan red soil under different long-term fertilizing systems. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(6): 2878-2866.

[18] The People's Government of Dongping Town, Chongming County. A brief introduction of Shanghai Wanshifa Industrial Company. [2013-03-20]. <http://dongpingzhen.shcm.gov.cn/publish/dpz/tsny/200812151546290028.html>.

[19] British Standard Institution. Assessment of life cycle greenhouse gas emissions from horticultural products. [2013-03-20]. <http://www.bsigroup.sg/fr-pas2050-2-2012>.

[20] Mikkel T, Jannick S. Life Cycle Assessment (LCA). [2013-03-20]. <http://wenku.baidu.com/view/af4a6b1bfc4ffe473368ab23.html>.

[21] Fu Z Q, Zhu H W, Chen C, Huang H. Characterization of CH₄, N₂O emission and selection of rice cultivars in double cropping rice fields. *Enviromental Science*, 2012, 33(7): 2475-2481

[22] Department of Climate Change, National Development and Reform Commission of People's Republic of China. Announcement in 2009 on China's Regional Grid Baseline Emission Factor. [2013-03-20]. http://qh.s.ndrc.gov.cn/qjzjz/t20090703_289357.htm.

[23] Xu X M. Temporal and Spatial of Paddy Soil Carbon Pool and the Carbon Footprint of Rice Production in West Jilin [D]. Changchun: Jilin University, 2011.

[24] Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Good Practice Guidance and Uncertainty Management. [2013-03-20]. <http://wenku.baidu.com/view/91148b4e767f5acfa1c7cd06.html>.

[25] Zhou W J, Zhu L Z, Hao J J, Zhu Y L, Yu Q W, Guo H Y. CO₂ emission and fixation in paddy ecosystem during late rice growing season in red soil Hilly region. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2007, 23(1): 7-11.

[26] Song T, Wang Y S, Song C C, Shi L Q, Huang Y, Wang P X. CO₂ fluxes from rice fields of Sanjiang plain and its environmental response factors. *China Environmental Science*, 2006, 26(6): 657-661.

[27] Hu L F, Wang B Z, Li H W. The comparative study of the son respiration, CO₂ emission and NEE from the farmland in the north of China. *Ecology and Environmental Sciences*, 2009, 18(2): 578-581.

[28] Li J, Wang M X, WangY S, Huang Y, Zheng X H, Xu X. Advance of researches on greenhouse gases emission from Chinese agricultural ecosystem. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2003, 27(4): 740-749.

[29] Zhang Y F, Chen L G, Zhu P P, Zhang C S, Sheng J, Wang Z C, Zheng J C. Preliminary study on effect of straw incorporation on net global warming potential in high production rice-wheat double cropping systems. *Journal of Agro-Environment Science*. 2012, 31(8): 1647-1653.

[30] Del Gross O S J, Mosier A R, Parton W J, Ojima D S. DAYCENT model analysis of past and contemporary soil N₂O and net greenhouse gas flux for major crops in the USA. *Soil and Tillage Research*, 2005, 83(1):9-24.

[31] Xu Y C, Wang Z Y, Li Z, Wang B J. Effect of rice cultivars on methane emission from Beijing rice field. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 1999, 5(1): 93-96.

[32] Lu F, Wang X K, Han B, Ouyang Z Y, Duan X N, Zheng H. Assessment on the availability of nitrogen fertilization in improving carbon sequestration potentialofChina's cropland soil. *Chinese Journal of Applied Ecology*. 2008, 19(10): 2239-2250.

[33] Huang Y, Tang Y H. An estimate of greenhouse gas (N₂O and CO₂) mitigation potential under various scenarios of nitrogen use efficiency in Chinese croplands. *Global change biology*, 2010, 16(11): 2958-2970.

[34] Wang X K, Zhuang Y H, Li C S. The distribution pattern of N₂O emission from agricultural soil in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(8): 1225-1232.

参考文献:

[3] 郭莉, 崔强, 陆敏. 低碳生活的新工具—碳标签. *生态经济*, 2011, (7): 84-86.

[4] 李梅影, 方艳. 一箱贴着碳标签的虾夷扇贝. <http://www.21cbh.com/HTML/2010-11-9/0MMDAwMDIwNTE0MQ.html>

[11] 谭秋成. 中国农业温室气体排放: 现状及挑战. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(10): 69-75.

[12] 蔡祖聪, 谢德体, 徐华, 魏朝富, 高明. 冬灌田影响水稻生长期甲烷排放量的因素分析. *应用生态学报*, 2003, 14(5): 705-709.

[13] 黄耀, 张稳, 郑循华, 韩圣慧, 于永强. 基于模型和 GIS 技术的中国稻田甲烷排放估计. *生态学报*, 2006, 26(4): 980-988.

[14] 逯非, 王效科, 韩冰, 欧阳志云, 郑华. 稻田秸秆还田: 土壤固碳与甲烷减排. *应用生态学报*, 2010, 21(1): 99-108.

[15] 彭世彰, 李道西, 徐俊增, 丁加丽, 何岩, 郁进元. 节水灌溉模式对稻田 CH₄ 排放规律的影响. *环境科学*, 2007, 28(1): 9-13.

[16] 徐华, 刑光熹, 蔡祖聪, 鹤田治雄. 土壤水分状况和质地对稻田 N₂O 排放的影响. *土壤学报*, 2000, 37(4): 499-504.

[17] 刘金剑, 吴萍萍, 谢小立, 傅心赣, 沈其荣, 郭世伟. 长期不同施肥制度下湖南红壤晚稻田 CH₄ 的排放. 生态学报, 2008, 28(6): 2878-2866.

[18] 崇明县东平镇人民政府. 上海万事发实业总公司简介. [2013-03-20]. <http://dongpingzhen.shcm.gov.cn/publish/dpz/tsny/200812151546290028.html>

[21] 傅志强, 朱华武, 陈灿, 黄璜. 双季稻田 CH₄ 和 N₂O 排放特征及品种筛选研究. 环境科学, 2012, 33(7): 2475-2481.

[22] 中华人民共和国国家发展和改革委员会应对气候变化司. 关于公布 2009 年中国区域电网基准线排放因子的公告. [2013-03-20]. http://qhs.ndrc.gov.cn/qjzjz/t20090703_289357.htm

[23] 徐小明. 吉林西部水田土壤碳库时空模拟及水稻生产的碳足迹研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.

[24] 政府间气候变化专门委员会. IPCC 国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理. [2013-03-20]. <http://wenku.baidu.com/view/91148b4e767f5acfa1c7cd06.html>

[25] 周卫军, 朱良枝, 郝金菊, 朱咏莉, 余乾文, 郭海彦. 红壤丘陵区晚稻生长期间 CO₂ 的排放与固定规律. 生态与农村环境学报, 2007, 23(1): 7-11.

[26] 宋涛, 王跃思, 宋长春, 石立庆, 黄耀, 王盘兴. 三江平原稻田 CO₂ 通量及其环境响应特征. 中国环境科学, 2006, 26(6): 657-661.

[27] 胡立峰, 王宝芝, 李洪文. 土壤呼吸、农田 CO₂ 排放及 NEE 的比较研究. 生态环境学报, 2009, 18(2): 578-581.

[28] 李晶, 王明星, 王跃思, 黄耀, 郑循华, 徐新. 农田生态系统温室气体排放研究进展. 大气科学, 2003, 27(4): 740-749.

[29] 张岳芳, 陈留根, 朱普平, 张传胜, 盛婧, 王子臣, 郑建初. 秸秆还田对稻麦两熟高产农田净增温潜势影响的初步研究. 农业环境科学学报, 2012, 31(8): 1647-165.

[31] 徐雨昌, 王增远, 李震, 王步军. 不同水稻品种对稻田甲烷排放量的影响. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(1): 93-96.

[32] 逯非, 王效科, 韩冰, 欧阳志云, 段晓男, 郑华. 中国农田施用化学氮肥的固碳潜力及其有效性评价. 应用生态学报, 2008, 19(10): 2239-2250.

[34] 王效科, 庄亚辉, 李长生. 中国农田土壤 N₂O 排放通量分布格局研究. 生态学报, 2001, 21(8): 1225-1232.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.2 Jan. ,2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Effects of soil texture on variations of paddy soil physical and chemical properties under continuous no tillage GONG Dongqin,LÜ Jun (239)

Evaluation of the landscape patterns vulnerability and analysis of spatial correlation patterns in the lower reaches of Liaohe River Plain SUN Caizhi, YAN Xiaolu,ZHONG Jingqiu (247)

Effects of light and dissolved oxygen on the phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in submergence conditions XU Jianping, ZHANG Xiaoping, ZENG Bo, et al (258)

A review of the relationship between algae and bacteria in harmful algal blooms ZHOU Jin, CHEN Guofu,ZHU Xiaoshan, et al (269)

Biodiversity and research progress on picophytoplankton in saline lakes WANG Jiali, WANG Fang (282)

Effects of ozone stress on major plant physiological functions LIE Ganwen, YE Longhua, XUE Li (294)

The current progress in rodents molecular phylogeography LIU Zhu, XU Yanchun, RONG Ke, et al (307)

The progress in ecosystem services mapping: a review ZHANG Liwei, FU Bojie (316)

Autecology & Fundamentals

Growth, and cationic absorption, transportation and allocation of *Elaeagnus angustifolia* seedlings under NaCl stress LIU Zhengxiang, ZHANG Huaxin, YANG Xiuyan, et al (326)

Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats XIANG Fen, ZHOU Qiang,TIAN Xiangrong, et al (337)

Response of change of wheat LAI measured with LAI-2000 to the radiance WANG Yan, TIAN Qingjiu, SUN Shaojie, et al (345)

Effects of K⁺ and Cr⁶⁺ on larval development and survival rate of the acorn barnacle *Balanus reticulatus* HU Yufeng, YAN Tao, CAO Wenhao, et al (353)

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field LI Chao, PENG He, CHENG Dengfa, et al (359)

Population, Community and Ecosystem

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary SUN Pengfei, SHAN Xiujuan, WU Qiang, et al (367)

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea SHAN Xiujuan, CHEN Yunlong, DAI Fangqun, et al (377)

Research on the difference in eutrophication state and indicator threshold value determination among lakes in the Southern Jiangsu Province, China CHEN Xiaohua, LI Xiaoping, WANG Feifei,et al (390)

Effecton of tidal creek system on the expansion of the invasive *Spartina* in the coastal wetland of Yancheng HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing (400)

The spatial and temporal variations of maximum light use efficiency and possible driving factors of Croplands in Jiangsu Province KANG Tingting, GAO Ping, JU Weimin, et al (410)

Simulation of summer maize yield influenced by potential drought in China during 1961—2010 CAO Yang, YANG Jie, XIONG Wei,et al (421)

Forest change and its impact on the quantity of oxygen release in Heilongjiang Province during the Past Century ZHANG Lijuan,JIANG Chunyan,MA Jun,et al (430)

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China	LI Xiaoqiang, YIN Xiuqin, SUN Lina (442)
Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China	LIU Chun, LIU Yankun, JIN Guangze (451)
Landscape, Regional and Global Ecology	
Variation of drought and regional response to climate change in Huang-Huai-Hai Plain	XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (460)
Wind speed changes and its influencing factors in Southwestern China	ZHANG Zhibin, YANG Ying, ZHANG Xiaoping, et al (471)
Characteristics of soil carbon density distribution of the <i>Kobresia humilis</i> meadow in the Qinghai Lake basin	CAO Shengkui, CHEN Kelong, CAO Guangchao, et al (482)
Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai	CAO Liming, LI Maobai, WANG Xinqi, et al (491)
Research Notes	
Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial <i>Caragana intermedia</i> plantations with age in desert steppe	LIU Rentao, CHAI Yongqing, XU Kun, et al (500)
The experimental study on trans-regional soil replacement	JIN Yinghua, XU Jiawei, QIN Lijie (509)
Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: a case study from Lao Guanhe Watershed in Danjiangkou Reservoir Area	WEI Chong, SONG Xuan, CHEN Jie (517)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 2 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 2 (January, 2014)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号

许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

