

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

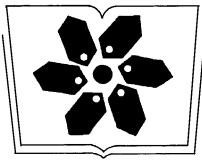
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第15期 Vol.32 No.15 **2012**

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 32 卷 第 15 期

2012 年 8 月 (半月刊)

目 次

放牧对青藏高原东部两种典型高寒草地类型凋落物分解的影响.....	张艳博, 罗 鹏, 孙 庚, 等 (4605)
北京地区外来入侵植物分布特征及其影响因素.....	王苏铭, 张 楠, 于琳倩, 等 (4618)
温带混交林碳水通量模拟及其对冠层分层方式的响应——耦合的气孔导度-光合作用-能量平衡模型	施婷婷, 高玉芳, 袁凤辉, 等 (4630)
洞庭湖景观格局变化及其对水文调蓄功能的影响	刘 娜, 王克林, 段亚锋 (4641)
大辽河口水环境污染生态风险评估.....	于 格, 陈 静, 张学庆, 等 (4651)
标准化方法筛选参照点构建大型底栖动物生物完整性指数	渠晓东, 刘志刚, 张 远 (4661)
不同年龄段大连群体菲律宾蛤仔 EST-SSR 多样性	虞志飞, 闫喜武, 张跃环, 等 (4673)
基于地统计分析西印度洋黄鳍金枪鱼围网渔获量的空间异质性	杨晓明, 戴小杰, 朱国平 (4682)
广东罗坑自然保护区鳄蜥生境选择的季节性差异.....	武正军, 戴冬亮, 宁加佳, 等 (4691)
甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤理化性质.....	魏 强, 凌 雷, 柴春山, 等 (4700)
短轮伐期毛白杨不同密度林分土壤有机碳和全氮动态.....	赵雪梅, 孙向阳, 康向阳, 等 (4714)
放牧对呼伦贝尔草地植物和土壤生态化学计量学特征的影响.....	丁小慧, 官 立, 王东波, 等 (4722)
UV-B 辐射增强对抗除草剂转基因水稻 CH ₄ 排放的影响	娄运生, 周文麟 (4731)
基于核磁共振波谱的盐芥盐胁迫代谢组学分析.....	王新宇, 王丽华, 于 萍, 等 (4737)
广西甘蔗根际高效联合固氮菌的筛选及鉴定.....	胡春锦, 林 丽, 史国英, 等 (4745)
不同稻蟹生产模式对土壤活性有机碳和酶活性的影响.....	安 辉, 刘鸣达, 王耀晶, 等 (4753)
大兴安岭火烧迹地恢复初期土壤微生物群落特征.....	白爱芹, 傅伯杰, 曲来叶, 等 (4762)
川西北冷杉林恢复过程中土壤动物群落动态.....	崔丽巍, 刘世荣, 刘兴良, 等 (4772)
内生真菌角担子菌 B6 对连作西瓜土壤尖孢镰刀菌的影响	肖 逸, 戴传超, 王兴祥, 等 (4784)
西江颗粒直链藻种群生态特征.....	王 超, 赖子尼, 李跃飞, 等 (4793)
大型人工湿地生态可持续性评价.....	张依然, 王仁卿, 张 建, 等 (4803)
孢粉、炭屑揭示的黔西高原 MIS3b 期间古植被、古气候演变	赵增友, 袁道先, 石胜强, 等 (4811)
树干径流对梭梭“肥岛”和“盐岛”效应的作用机制	李从娟, 雷加强, 徐新文, 等 (4819)
豆科作物-小麦轮作方式下旱地小麦花后干物质及养分累积、转移与产量的关系	杨 宁, 赵护兵, 王朝辉, 等 (4827)
一次陆源降雨污水引起血红哈卡藻赤潮的成因.....	刘义豪, 宋秀凯, 靳 洋, 等 (4836)
盐城国家级自然保护区景观格局变化及其驱动力.....	王艳芳, 沈永明 (4844)
城市屋顶绿化资源潜力评估及绿化策略分析——以深圳市福田区为例.....	邵天然, 李超骥, 曾 辉 (4852)
黄河三角洲区域生态经济系统动态耦合过程及趋势.....	王介勇, 吴建寨 (4861)
重庆市生态功能区蝴蝶多样性参数	李爱民, 邓合黎, 马 琦 (4869)
专论与综述	
干旱半干旱区不同环境因素对土壤呼吸影响研究进展.....	王新源, 李玉霖, 赵学勇, 等 (4890)
土壤呼吸的温度敏感性——全球变暖正负反馈的不确定因素.....	栾军伟, 刘世荣 (4902)
森林土壤甲烷吸收的主控因子及其对增氮的响应研究进展.....	程淑兰, 方华军, 于贵瑞, 等 (4914)
湖泊氮素氧化及脱氮过程研究进展	范俊楠, 赵建伟, 朱端卫 (4924)
研究简报	
刈割对人工湿地风车草生长及污水净化效果的影响.....	吕改云, 何怀东, 杨丹菁, 等 (4932)
学术信息与动态	
全球气候变化与粮食安全——2012 年 Planet Under Pressure 国际会议述评	安艺明, 赵文武 (4940)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-08



封面图说: 水杉是中国特有种, 国家一级保护植物, 有植物王国“活化石”之称, 是 1946 年由中国的植物学家在湖北的利川磨刀溪发现的。水杉曾广泛分布于北半球, 第四纪冰期以后, 水杉属的其他种类全部灭绝, 水杉确在中国川、鄂、湘边境地带得以幸存, 成为旷世奇珍。水杉耐水, 适应力强, 生长极为迅速, 其树干通直挺拔, 高大秀颀, 树冠呈圆锥形, 姿态优美, 枝叶繁茂, 入秋后叶色金黄。自发现后被人们在中国南方广泛种植, 成为著名的绿化观赏植物, 现在中国水杉的子孙已遍及中国和世界 50 多个国家和地区。

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

DOI: 10.5846/stxb201107161056

娄运生, 周文麟. UV-B 辐射增强对抗除草剂转基因水稻 CH_4 排放的影响. 生态学报, 2012, 32(15): 4731-4736.

Lou Y S, Zhou W L. Effect of elevated ultraviolet-B (UV-B) radiation on CH_4 emission in herbicide resistant transgenic rice from a paddy soil. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(15): 4731-4736.

UV-B 辐射增强对抗除草剂转基因水稻 CH_4 排放的影响

娄运生*, 周文麟

(南京信息工程大学应用气象学院, 南京 210044)

摘要: 在大田条件下, 研究了 UV-B (ultraviolet-B) 辐射增强对抗除草剂转基因水稻及亲本常规水稻甲烷 (CH_4) 排放的影响。UV-B 辐射设 2 水平, 即对照 (CK, 自然光), 增强 (Elevated, $14.4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$), 相当于南京地区大气臭氧耗损 25% 的辐射剂量。结果表明, UV-B 辐射增强并没有改变稻田 CH_4 排放通量的季节性变化规律。与对照相比, UV-B 辐射增强显著提高 CH_4 排放通量和累积排放量。水稻分蘖期 CH_4 累积排放量最高, 占全生育累积排放量的 51.55%—61.01%; 其次是拔节至孕穗期, 占 20.00%—26.64%。抗除草剂转基因水稻的 CH_4 排放通量和累积排放量显著低于亲本常规水稻。研究说明, UV-B 辐射增强下种植抗除草剂转基因水稻对于减缓稻田甲烷排放有积极意义。

关键词: UV-B 辐射; 抗除草剂转基因水稻; 甲烷; 排放通量; 水稻土

Effect of elevated ultraviolet-B (UV-B) radiation on CH_4 emission in herbicide resistant transgenic rice from a paddy soil

LOU Yunsheng*, ZHOU Wenlin

College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China

Abstract: The stratospheric ozone layer formed a protective atmospheric filter to avoid biologically harmful solar ultraviolet (UV) radiation. Nitrous oxide is the dominant ozone-depleting substance in the 21st century. Thus, the elevated UV-B radiation on earth's surface induced by ozone depletion has been regarded as one of the important issues in the field of global change. Rice is one of the predominant staple foods in the world, which feeds over 50% of the worldwide population for about 80% of their food requirements. Rice fields have been regarded as major anthropogenic sources of global methane (CH_4) emission. Many researchers reported that elevated UV-B radiation induced damage to growth, physiological and ecological processes in rice, including morphological inhibition, photosynthetic depression, unstable anti-oxidation system, changes in endogenous hormone content, decreases in biomass and yield. These reports were mainly concerned with the ecological and physiological processes in aboveground part of rice plant (shoot). However, nothing is known about the dynamics of CH_4 emission in paddy field during rice growing period under elevated UV-B radiation. Rice is also one of the crop species to which transgenic biotechnology has been successfully applied for genetic improvements such as disease and/or insect resistance, herbicide, drought and/or salt tolerance. However, transgenic rice has not yet been officially approved for commercial production in the world, because it is uncertain whether the rice will have any possible impacts on environmental and food safety. Therefore, safety assessment on transgenic rice was conducted to investigate gene flow

基金项目: 国家自然科学基金 (40871151); 江苏省自然科学基金 (BK2009413); 教育部高校博士点基金 (20103228110003); 江苏省“青蓝工程”项目联合资助

收稿日期: 2011-07-16; 修订日期: 2012-04-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yunshlou@yahoo.com.cn

through pollen transfer, change in biodiversity, non-target effects and food safety, etc. However, little attention has been paid to the effect of transgenic rice on CH_4 emission in paddy soil. Hence, the objective of this study was to investigate the dynamics of CH_4 emission in herbicide resistant transgenic rice from a paddy field under elevated UV-B radiation.

Field experiment was conducted to investigate methane (CH_4) emission as affected by elevated UV-B radiation. The field experiment was designed with two UV-B radiation levels, i. e. ambient (A, control) and elevated (E, $14.4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, simulating 25% stratospheric ozone depletion), and performed at the Station of Agricultural Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, China. Two rice cultivars were tested in this experiment, including herbicide resistant transgenic rice (*japonica* line B2) and its parent conventional rice (*japonica* cv Xiushui 63). The transgenic line of *japonica* rice B2 contained bar gene with herbicide Basta resistance. CH_4 emission was determined by the closed chamber method at 10-day interval during rice growing period in a loamy clay paddy soil. The results indicated that, elevated UV-B radiation had no effect on seasonal dynamics of CH_4 flux in paddy field. Compared with control, elevated UV-B radiation significantly increased CH_4 flux and total amount of CH_4 emission. The sub-total amount of CH_4 emission peaked at tillering stage, and then jointing to booting stages, accounting for 51.55%—61.01% and 20.00%—26.64% of the total amount of CH_4 emission, respectively. Regardless of UV-B radiation, CH_4 flux and total amount of CH_4 emission were lower in transgenic rice than parent rice. It is suggested that planting herbicide resistant transgenic rice will be helpful in alleviating CH_4 emission from paddy fields under elevated UV-B radiation.

Key Words: Ultraviolet-B radiation; transgenic rice; methane; flux; paddy soil

20 世纪以来,氯氟烃的大量使用和航空、航天飞行器数量的急剧增加,使排放到大气中的氯氟烃及其它化学物质(如 N_2O 等)增加,导致了臭氧层的破坏。由于平流层中的臭氧(O_3)是太阳紫外辐射的主要过滤器,臭氧层变薄及空洞的出现,使到达地面的紫外辐射增强。大气平流层 O_3 每减少 1%,到达地面的紫外辐射增加 2%^[1]。从生物学角度分析,对地球生物造成直接影响的紫外辐射主要是 UV-B 辐射^[2]。因此,平流层臭氧耗损所导致的地表 UV-B 辐射增强,已成为全球变化研究的重要问题之一。

水稻是主要粮食作物之一,为全球近一半人口提供粮食。UV-B 辐射增强对水稻的影响是人们关注的重要课题,研究内容涉及生长发育、生理生化、形态结构、产量构成、品种遗传差异等方面。在 UV-B 辐射增强下,水稻生长发育受阻,分蘖数减少,株高变矮,叶面积和叶绿素含量下降,光合作用效率降低。利用电镜研究表明,UV-B 辐射增强导致叶片气孔器受到破坏,叶绿体结构变形,基粒片层排列紊乱^[3-6]。UV-B 辐射增强引起水稻花粉萌发、有效穗数、穗粒数、结实率、千粒重下降,最终导致籽粒产量下降^[4, 7]。转基因水稻可提高产量、减少劳动强度、降低成本,减少农药使用造成的环境污染,但其安全性尚不明确,商业化种植对生态环境及人体健康的影响是目前国内乃至全球争论的焦点。因此,在转基因水稻商业化种植前必须对其安全性进行深入的研究。

水稻田是甲烷(CH_4)重要的排放源,年均排放量大致为 47—60 Tg CH_4 ,占全球甲烷排放总量的 15%—35%。 CH_4 排放是水稻土 CH_4 产生、氧化及向大气传输这 3 个过程共同作用的结果^[8]。转基因水稻的生长、生理特性及根分泌物或残体物料进入土壤系统是否影响甲烷的产生、氧化及排放,迄今尚不清楚。虽然 UV-B 辐射增强对水稻的影响已有较多报道^[4, 6-7],但在稻田甲烷排放方面尚未见报道。因此,开展本研究对于进一步完善转基因水稻生态风险评价的内容、指标和体系等方面具有重要的理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 试验设计

田间试验于 2010 年 5—11 月在南京信息工程大学农业气象试验站(32.0°N, 118.8°E)内进行。该站地处亚热带湿润气候区,年均降水量 1100 mm,年均气温 15.6 °C。供试土壤为潴育型水稻土,灰马肝土属,质地为壤质粘土,粘粒含量为 26.1%,pH 为 6.2 (1:1 土水比),全碳、全氮的含量分别为 19.4、1.45 g/kg。供试水

稻为抗除草剂转基因水稻(B2)和亲本常规水稻(秀水63)。

UV-B 辐射设 2 水平,即对照(CK,自然光),增强(Elevated, 14.4 kJ m⁻² · d⁻¹),相当于南京地区大气臭氧耗损 25% 的辐射剂量。采用可升降灯架,UV-B 灯管(光谱为 280—320 nm)置于作物上方,用于模拟 UV-B 辐射增强,用国产紫外辐照计(BNU297,北京)测 297 nm 处辐射强度(以植株顶部计)。试验采用完全区组设计,设 4 个处理:(1)常规水稻+自然光(PA, parental rice + ambient UV-B);(2)转基因水稻+自然光(TA, transgenic rice + ambient UV-B);(3)常规水稻+UV-B 增强(PE, parental rice + elevated UV-B);(4)转基因水稻+UV-B 增强(TE, transgenic rice + elevated UV-B)。小区面积 = 3 m × 3 m = 9 m²。小区随机排列,重复 3 次。

前茬作物为大麦,收获后耕作、施肥。氮(以 N 计)、磷(以 P₂O₅ 计)、钾(以 K₂O 计)肥料施用量分别为 150、150 和 150 kg/hm²,其中氮肥 50% 作基肥,50% 分别于分蘖和孕穗期追肥,磷钾肥全部作基肥施用。水稻种子经消毒处理后,于 5 月 29 日播种育苗,6 月 30 日移栽,株行距为 38 cm × 43 cm,每穴移入大小一致的幼苗 2 株。从分蘖期开始进行 UV-B 辐射处理,光源与植株顶部始终保持 0.8 m,每天辐照时间为 8:00—16:00,共 8 h,阴雨天停止照射,直到成熟。大田常规管理,病虫害防治依据田间实际情况进行。水稻生长期大田水层厚度保持约 5 cm,根据水层变化及降雨情况进行合理灌溉,期间从 7 月 31 号至 8 月 8 号进行落干-烤田处理(DD period)。

1.2 采样与分析

田间气体样品的采集与分析采用静态箱-气相色谱法。PVC 静态箱底面半径为 8.5 cm,箱高 120 cm,每小区布置一个观测点,为减少采样对周围环境的扰动,在观测点周围搭设栈桥。在水稻生长期,每 10 d 采样 1 次,时间为 9:00—11:00。采样时将 PVC 静态箱底部置于事先固定的底座上,通过稻田淹水层液封保证静态箱气密性,分别于封箱后 0、15、30 min,用带有三通阀的针筒采集 50 mL 气样,将所采气样注入事先抽成真空的气袋中。同时,记载箱温、气温、地温(0 cm、5 cm 和 10 cm)及淹水层厚度。所采气样用带有氢火焰离子检测器(FID)的气相色谱仪(GC-9890,上海)检测 CH₄ 浓度。CH₄ 排放通量计算公式如下:

$$F = \rho \times H \times T / (T + t) \times 60 \times dc / dt$$

式中, F 为 CH₄ 排放通量(mg · m⁻² · h⁻¹); ρ 为标准状态下 CH₄ 气体密度(0.714 kg/m³); H 为采样箱气室高度; T 为理想气体标准状态下的空气气温 273.15 K; t 为采样时箱内平均温度; dc/dt 为箱内目标气体浓度随时间变化的回归曲线斜率。积分求得不同生育阶段和全生育期 CH₄ 累积排放量。

1.3 数据统计分析

试验数据用 Excel 2003 进行整理与绘图,用统计软件 SPSS13.0 进行差异显著性检验。

2 结果

2.1 UV-B 辐射增强对水稻生长的影响

UV-B 辐射增强显著降低了水稻分蘖数、地上部及根干重(表 1)。无论 UV-B 辐射强度如何,水稻品种对地上部干重和分蘖数均没有明显影响,即转基因水稻和亲本常规水稻之间差异不显著,但二者的根干重有显著差异,表现为转基因水稻根干重显著高于亲本常规水稻。

表 1 UV-B 辐射增强对水稻分蘖及干物重的影响

Table 1 Effects of elevated UV-B (ultraviolet-B) radiation on rice growth parameters in a paddy soil

处理 Treatment	地上部干重 Straw weight/(g/丛)	根干重 Root weight/(g/丛)	分蘖数 Tiller number/(个/丛)
TA	44.91±6.42 a	8.54±0.84 a	15.2±0.6 a
PA	41.15±3.89 a	4.41±0.72 c	14.2±0.5 a
TE	22.59±2.58 b	6.47±0.37 b	13.1±0.2 b
PE	16.19±1.48 b	3.26±0.46 d	12.8±0.7 b

水稻分蘖数测定在最大分蘖期;地上部和根系干重的测定在抽穗期;表中数据为 3 次重复平均值±标准误;同一列数据标有相同字母者表明为达到显著水平($P \leq 0.05$)

2.2 UV-B 辐射增强对水稻 CH₄ 排放通量的影响

图 1 表明,无论 UV-B 辐射强度如何,在水稻生育期内,CH₄ 排放通量的变化趋势均表现为,从水稻移栽后 20 d,逐渐升高,在 30 d 出现第 1 个峰值,而后逐渐下降,再升高至第 2 个峰值,然后逐渐降低直至水稻成熟收获。说明 UV-B 辐射增强没有改变 CH₄ 排放通量的季节性变化规律。不同水稻品种间的 CH₄ 排放通量有一定差异,即第 1 个峰值的大小和第 2 个峰值出现的时期存在差异。

转基因水稻的第 1 个峰值低于亲本常规水稻,而其第 2 个峰值出现在移栽后的 71d,亲本常规水稻则出现在移栽后的 51d。UV-B 辐射增强对水稻土 CH₄ 排放通量有明显的促进作用。转基因水稻在移栽后 30—51d 和 71—79d,亲本常规水稻在移栽后 20—30d、60d 和 79d,UV-B 辐射增强下的 CH₄ 排放通量均高于对照,差异达显著水平($P<0.05$)。

重复测量方差分析表明,不同时间之间有显著差异($F=8.686,P=0.000$),时间与水稻品种之间存在交互效应($F=9.170;P=0.000$)。不同水稻品种和辐射水平之间存在着显著差异($F=12.257,P=0.008;F=11.416,P=0.010$)。

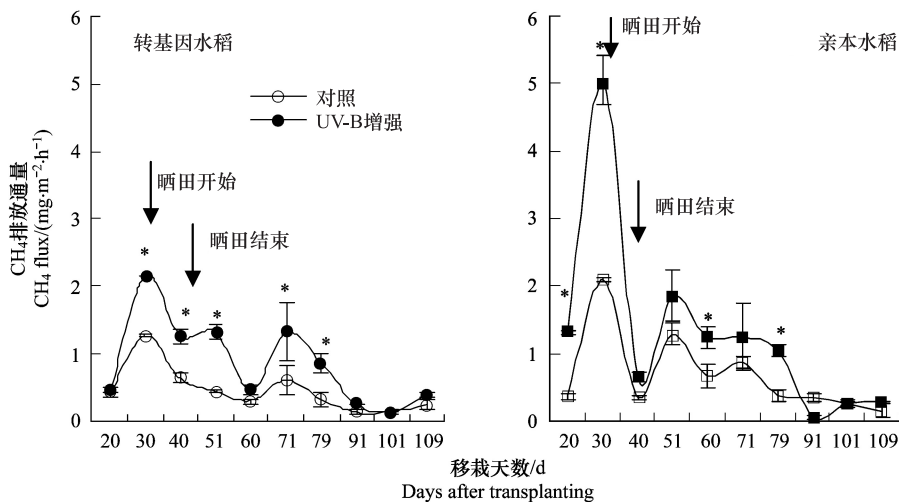


图 1 UV-B 辐射增强对 CH₄ 排放通量的影响

Fig. 1 Effect of elevated UV-B (ultraviolet-B) radiation on seasonal variation of CH₄ flux in paddy soil

2.3 UV-B 辐射增强对水稻不同生育期 CH₄ 累积排放量的影响

从水稻不同生育期 CH₄ 累积排放量来看(表 2),以水稻分蘖期 CH₄ 累积排放量最高,占全生育累积排放量的 51.55%—61.01%;其次是拔节至孕穗期,占 20.00%—26.64%;而抽穗至扬花期、灌浆至成熟期的排放量所占比例较低。与对照相比,UV-B 辐射增强可显著提高不同生育期 CH₄ 累积排放量。不同水稻品种对各生育期 CH₄ 累积排放量有明显影响。在一定 UV-B 辐射强度下,各生育期常规水稻的 CH₄ 累积排放量一般

表 2 UV-B 辐射增强下水稻不同生育期 CH₄ 累计排放量的变化

Table 2 Sub-total amount of CH₄ emission with different rice growth stages under elevated UV-B (ultraviolet-B) radiation

处理 Treatment	Tillering 分蘖期(1—50 d)		Jointing to booting 拔节孕穗期(51—71 d)		Heading to flowering 抽穗扬花期(72—79 d)		Grain-filling to maturity 灌浆成熟期(80—109 d)	
	Emission 排放量 /(mg/m ²)	Percentage 占比/%	Emission 排放量 /(mg/m ²)	Percentage 占比/%	Emission 排放量 /(mg/m ²)	Percentage 占比/%	Emission 排放量 /(mg/m ²)	Percentage 占比/%
TA	575.10±70.99a	57.41	200.35±6.00a	20.00	90.18±10.38a	9.00	136.05±21.36a	13.58
PA	805.84±17.41b	51.55	416.42±41.42b	26.64	120.92±5.40a	7.74	219.95±22.84b	14.07
TE	1066.85±38.44c	54.44	426.54±45.35b	21.77	210.04±34.79b	10.72	256.21±28.81b	13.07
PE	1779.50±36.99d	61.01	666.44±66.88c	22.85	221.49±38.25b	7.59	249.37±10.22b	8.55

表中数据为平均值±标准误差;同列中标记不同字母者代表处理间差异达显著水平($P<0.05$)

高于转基因水稻,尤以分蘖期、拔节至孕穗期较为明显,差异达显著水平($P<0.05$)。

3 讨论

在水稻整个生育期,CH₄ 排放通量出现两个峰值(图 1),其原因在于:水稻分蘖期生长旺盛,根系分泌作用较强,加之基肥和前茬大麦根茬分解为土壤中产甲烷菌的活动,提供了丰富的营养物质、碳和能源,导致 CH₄ 的大量产生和排放,因此,CH₄ 排放通量在水稻移栽后 30 d 出现第 1 个高峰。随后,为控制无效分蘖,进行排水晒田,破坏了产甲烷菌的生存环境,促进了甲烷氧化菌的活动,引起 CH₄ 排放通量下降。晒田复水后,水稻进入拔节和孕穗期,植株生长旺盛,根系分泌物和残体有机物分解,提供了较多的产甲烷基质,导致 CH₄ 排放通量逐渐升高并出现第 2 个高峰。在抽穗期、灌浆期和成熟期,随着水稻转入生殖生长阶段,植株生理代谢减弱,逐渐衰老,并受环境温度逐渐下降等因素的影响,引起土壤中甲烷产生及排放受到抑制,排放通量迅速降低^[9-11]。

近年来,有关 UV-B 辐射增强对水稻的影响引起了国内外研究者的普遍关注。研究表明,在 UV-B 辐射增强下,水稻生长发育受阻,分蘖数减少,株高变矮,叶面积和叶绿素含量下降,光合作用效率降低^[3-6,8]。本研究也有类似的发现,即 UV-B 辐射增强显著降低转基因水稻和亲本常规水稻分蘖数、地上部及根干物重(表 1)。然而,UV-B 辐射增强显著提高了水稻土 CH₄ 的排放通量和累积排放量(图 1,表 2),因为水稻生物量及分蘖数与水稻土甲烷排放量一般呈正相关^[12]。Keppler 等报道,好气条件下,陆地植物本身可产生和排放甲烷,随后这一发现引起普遍关注^[13-14]。研究表明,活性氧自由基(reactive oxygen species, ROS)可能在植物源甲烷的生成中起着关键作用,ROS 与植物细胞壁果胶等物质中的甲氧基作用会产生甲烷,环境胁迫(UV 辐射、高温、物理伤害等)会刺激植物体内 ROS 的积累和植物源甲烷的生成和释放^[14-15]。因此,本研究中,UV-B 辐射增强引起甲烷排放增加,可能与 UV-B 辐射增强下水稻植株本身产生和排放较多的甲烷有关,因为 UV-B 辐射增强下水稻植株体内 ROS 含量较高^[16]。关于 UV-B 辐射增强引起水稻甲烷排放量增加的机制,还需要通过试验进一步研究证实。

水稻品种在稻田甲烷排放中起着重要的作用^[17]。本研究中,转基因水稻地下部根干重显著高于亲本常规水稻(表 1),但甲烷排放量则呈现为转基因水稻显著低于亲本常规水稻(表 2),这说明种植抗除草剂转基因水稻对于减缓稻田甲烷排放有积极作用。其原因在于,一方面与转基因水稻具有较强的抗逆性和生长能力有关^[18];另一方面与转基因水稻根际土壤的微生态环境可能不同于亲本常规水稻有关,即转基因水稻的根系分泌物的数量和组成可能有别于亲本常规水稻。稻田甲烷的排放是甲烷产生、氧化和传输综合作用的结果,水稻植株通过根系分泌物和残体、根系泌氧和通气组织强烈影响这 3 个过程。许多研究表明,稻田甲烷通过 3 种途径向大气传输:通过稻田淹水水层的扩散作用、通过冒泡的方式、及通过水稻植株通气组织的传输作用,其中植株通气组织对甲烷的传输是稻田甲烷排放的主要途径^[19]。

因此,在 UV-B 辐射增强下,通过进一步试验探明水稻根系分泌物的数量和组成,测定水稻形态结构,尤其水稻植株通气组织的超微结构,检测水稻根际土壤产甲烷菌和甲烷氧化菌的变化,将有助于进一步阐明 UV-B 辐射增强引起水稻土甲烷排放量增加,以及抗除草剂转基因水稻降低甲烷排放量的原因。研究认为,在 UV-B 辐射增强下,种植抗除草剂转基因水稻对减少水稻土甲烷排放有积极意义。

References:

- [1] Kerril B J, McElroy C T. Evidence for large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion. *Science*, 1993, 262(5136): 1032-1034.
- [2] Wang S B, Su W H, Wei D W. Biologically effective radiation of solar ultraviolet radiation and the depletion of ozone layer. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1993, 13(1): 114-119.
- [3] Xu K, Qiu B S. Responses of superhigh-yield hybrid rice Liangyoupeijiu to enhancement of ultraviolet-B radiation. *Plant Science*, 2007, 172(1): 139-149.
- [4] Mohammed A R, Tarpley L. Morphological and physiological responses of nine southern U. S. rice cultivars differing in their tolerance to enhanced

- ultraviolet-B radiation. *Environmental and Experimental Botany*, 2011, 70(2/3): 174-184.
- [5] Li H T, Dong M, Liao Y C, Lu C F, Liang T. The Effects of modulated UVB supplementation on growth, leaf chlorophyll contents and endogenesis hormone contents of rice (*Oryza sativa* L.) in field. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23(3): 392-397.
- [6] Wu X C, Lin W X, Huang Z L. Influence of enhanced ultraviolet-B radiation on photosynthetic physiologies and ultrastructure of leaves in two different resistivity rice cultivars. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(2): 554-564.
- [7] Tang L N, Lin W X, Wu X C, Liang Y Y, Chen F Y. Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on growth development and yield formation in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(10): 1278-1282.
- [8] Jia Z J, Cai Z C. Effects of rice plants on methane emission from paddy fields. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(11): 2049-2053.
- [9] Chidthaisong A, Watanabe I. Methane formation and emission from flooded rice soil incorporated with ¹³C-labeled rice straw. *Soil Biology Biochemistry*, 1997, 29(8): 1173-1181.
- [10] Yagi K, Minami K. Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1990, 36(4): 599-610.
- [11] Cai Z C, Xing G X, Yan X Y, Xu H, Tsuruta H, Yagi K, Minami K. Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management. *Plant and Soil*, 1997, 196(1): 7-16.
- [12] Lou Y S, Inubushi K, Mizuno T, Hasegawa T, Lin Y, Sakai H, Cheng W, Kobayashi K. CH₄ emission with differences in atmospheric CO₂ enrichment and rice cultivars in a Japanese paddy soil. *Global Change Biology*, 2008, 14(11): 2678-2687.
- [13] Keppler F, Hamilton J T G, Braß M, Röckmann M B T. Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions. *Nature*, 2006, 439(7073): 187-191.
- [14] Vigano I, van Weelden H, Holzinger R, Keppler F, McLeod A, Röckmann T. Effect of UV radiation and temperature on the emission of methane from plant biomass and structural components. *Biogeosciences*, 2008, 5(3): 937-947.
- [15] McLeod A R, Fry S C, Loake G J, Messenger D J, Reay D S, Smith K A, Yun B W. Ultraviolet radiation drives methane emissions from terrestrial plant pectins. *New Phytologist*, 2008, 180(1): 124-132.
- [16] Li S S, Wang Y, Liu S H. Effects of UV-B radiation on lipid peroxidation in rice seedlings. *Acta Laser Biology Sinica*, 2000, 9: 23-26.
- [17] Mitra S, Jain M C, Kumar S, Bandyopadhyay S K, Kalra N. Effect of rice cultivars on methane emission. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 1999, 73(3): 177-183.
- [18] Yu L Q, Qu K S, Zhou Y J, Li D, Liu X C, Zhang C X, Peng Y F. Effect of transgenic rice with glufosinate-resistance on weed populations in paddy field. *Chinese Journal of Rice Science*, 2005, 19(1): 68-73.
- [19] Wassmann R, Aulakh M. The role of rice plants in regulating mechanisms of methane emissions. *Biology and Fertility of Soil*, 2000, 3(1): 20-29.

参考文献:

- [2] 王少彬, 苏维瀚, 魏鼎文. 太阳紫外线的生物有效辐射与大气臭氧含量减少的关系. *环境科学学报*, 1993, 13(1): 114-119.
- [5] 李海涛, 董铭, 廖迎春, 卢存福, 梁涛. 模拟 UVB 增强胁迫对大田水稻生长及内源激素含量的影响. *中国农学通报*, 2007, 23(3): 392-397.
- [6] 吴杏春, 林文雄, 黄忠良. UV-B 辐射增强对两种不同抗性水稻叶片光合生理及超显微结构的影响. *生态学报*, 2007, 27(2): 554-564.
- [7] 唐莉娜, 林文雄, 吴杏春, 梁义元, 陈芳育. UV-B 辐射增强对水稻生长发育及其产量形成的影响. *应用生态学报*, 2002, 13(10): 1278-1282.
- [8] 贾仲君, 蔡祖聪. 水稻植株对稻田甲烷排放的影响. *应用生态学报*, 2003, 14(11): 2049-2053.
- [16] 李韶山, 王艳, 刘颂豪. UV-B 对水稻幼苗膜脂过氧化作用的影响. *激光生物学报*, 2000, 9(1): 23-26.
- [18] 余柳青, 渠开山, 周勇军, 李迪, 刘小川, 张朝贤, 彭于发. 抗除草剂转基因水稻对稻田杂草种群的影响. *中国水稻科学*, 2005, 19(1): 68-73.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.15 August ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Effects of grazing on litter decomposition in two alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet Plateau	4605
Distribution pattern and their influencing factors of invasive alien plants in Beijing	4618
Simulation of CO ₂ and H ₂ O fluxes over temperate mixed forest and sensitivity analysis of layered methods: stomatal conductance-photosynthesis-energy balance coupled model	4630
Analysis on the responses of flood storage capacity of Dongting Lake to the changes of landscape patterns in Dongting Lake area	4641
Integrated water risk assessment in Daliao River estuary area	4651
Discussion on the standardized method of reference sites selection for establishing the Benthic-Index of Biotic Integrity	4661
Genetic diversity analysis of different age of a Dalian population of the Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> by EST-SSR	4673
Geostatistical analysis of spatial heterogeneity of yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) purse seine catch in the western Indian Ocean	4682
Seasonal differences in habitat selection of the Crocodile lizard (<i>Shinisaurus crocodilurus</i>) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong	4691
Soil physical and chemical properties in forest succession process in Xinglong Mountain of Gansu	4700
Dynamics of soil organic carbon and total nitrogen contents in short-rotation triploid <i>Populus tomentosa</i> plantations	4714
Grazing effects on eco-stoichiometry of plant and soil in Hulunbeir, Inner Mongolia	4722
Effect of elevated ultraviolet-B (UV-B) radiation on CH ₄ emission in herbicide resistant transgenic rice from a paddy soil	4731
NMR spectroscopy based metabolomic analysis of <i>Thellungiella salsuginea</i> under salt stress	4737
Screening and identification of associative nitrogen fixation bacteria in rhizosphere of sugarcane in Guangxi	4745
Effects of different rice-crab production modes on soil labile organic carbon and enzyme activities	4753
The characteristics of soil microbial communities at burned forest sites for the Great Xingan Mountains	4762
Changes of soil faunal communities during the restoration progress of <i>Abies faxoniana</i> Forests in Northwestern Sichuan	4772
The effects of the endophytic fungus <i>Ceratobasidium stevensii</i> B6 on <i>Fusarium oxysporum</i> in a continuously cropped watermelon field	4784
Population ecology of <i>Aulacoseira granulata</i> in Xijiang River	4793
Evaluation of ecosystem sustainability for large-scale constructed wetlands	4803
MIS3b vegetation and climate changes based on pollen and charcoal on Qianxi Plateau	4811
The effects of stemflow on the formation of "Fertile Island" and "Salt Island" for <i>Haloxylon ammodendron</i> Bge	4819
Accumulation and translocation of dry matter and nutrients of wheat rotated with legumes and its relation to grain yield in a dryland area	4827
Occurrence characteristics of <i>akashiwo sanguinea</i> bloom caused by land source rainwater	4836
Analysis on landscape pattern change and its driving forces of Yancheng National Natural Reserve	4844
Resource potential assessment of urban roof greening and development strategies: a case study in Futian central district, Shenzhen, China	4852
Analysis of the dynamic coupling processes and trend of regional eco-economic system development in the Yellow River Delta	4861
The diversity parameters of butterfly for ecological function divisions in Chongqing	4869
Review and Monograph	
Responses of soil respiration to different environment factors in semi-arid and arid areas	4890
Temperature sensitivity of soil respiration: uncertainties of global warming positive or negative feedback	4902
The primary factors controlling methane uptake from forest soils and their responses to increased atmospheric nitrogen deposition: a review	4914
The research progresses on biological oxidation and removal of nitrogen in lakes	4924
Scientific Note	
Cutting effects on growth and wastewater purification of <i>Cyperus alternifolius</i> in constructed wetland	4932

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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 70 元/册,全年定价 1680 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 32 卷 第 15 期 (2012 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 15 (August, 2012)

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	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
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元