

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第1期

Vol.34 No.1

2013

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

长三角背景地区秋冬季节大气气态总汞含量特征研究	窦红颖,王书肖,王龙,张磊,郝吉明	(1)
厦门城区大气颗粒物 PM ₁₀ 中有机酸源谱特征分析	杨冰玉,黄星星,郑桢,刘碧莲,吴水正	(8)
兴隆大气气溶胶中水溶性无机离子分析	李杏茹,宋爱利,王英锋,孙颖,刘子锐,王跃思	(15)
气相组分对氨吸收同步脱除模拟烟气 SO ₂ 和 NO _x 的影响	王鸿,朱天乐,王美艳	(21)
麦秸全量还田下太湖地区两种典型水稻土稻季氮挥发特性比较	汪军,王德建,张刚,王远	(27)
单光子/光电子在线质谱实时分析聚氯乙烯热分解/燃烧产物	陈文东,侯可勇,陈平,李芳龙,赵无垠,崔华鹏,花磊,谢园园,李海洋	(34)
碱性活性炭表面特征及其吸附甲烷的研究	张梦竹,李琳,刘俊新,孙永军,李国滨	(39)
夏季黄渤海表层海水中二甲亚砜(DMSO)的浓度分布	王敏,张洪海,杨桂朋	(45)
2010年秋季长江口口外海域 CDOM 的三维荧光光谱-平行因子分析	闫丽红,陈学君,苏荣国,韩秀荣,张传松,石晓勇	(51)
基于集合均方根滤波的太湖叶绿素 a 浓度估算与预测	李渊,李云梅,王桥,张卓,郭飞,吕恒,毕坤,黄昌春,郭宇龙	(61)
基于 HJ1A-CCD 数据的高光谱影像重构研究	郭宇龙,李云梅,朱利,徐德强,李渊,檀静,周莉,刘阁	(69)
重庆雪玉洞岩溶地下河地球化学敏感性研究	徐尚全,杨平恒,殷建军,毛海红,王鹏,周小萍	(77)
区域点源和非点源磷入河量计算的二元统计模型	陈丁江,孙嗣畅,贾颖娜,陈佳勃,吕军	(84)
秦淮河典型河段总氮总磷时空变异特征	李跃飞,夏永秋,李晓波,熊正琴,颜晓元	(91)
湘江沉积物镉和汞质量基准的建立及其应用	蒋博峰,桑磊鑫,孙卫玲,郝伟,李丽,邓宝山	(98)
丹江口水库迁建区土壤重金属分布及污染评价	张雷,秦延文,郑丙辉,时瑶,韩超男	(108)
汾河水库周边土壤重金属含量与空间分布	李晋昌,张红,石伟	(116)
黄河下游引黄灌区地下水重金属分布及健康风险评估	张妍,李发东,欧阳竹,赵广帅,李静,柳强	(121)
胶州湾、套子湾及四十里湾表层沉积物中有机氯农药的含量和分布特征	刘艺凯,钟广财,唐建辉,潘晓辉,田崇国,陈颖军	(129)
基于干扰梯度的钦江流域底栖动物完整性指数候选参数筛选	卢东琪,张勇,蔡德所,刘朔孺,陈燕海,王备新	(137)
海洋细菌 <i>Marinobacter adhaerens</i> HY-3 分离鉴定及对中肋骨条藻的化感作用	王洪斌,陈文慧,李信书,李士虎,阎斌伦	(145)
水稻秸秆浸泡液对铜绿微囊藻生理特性的影响	苏文,孔繁翔,于洋,贾育红,张民	(150)
化感物质肉桂酸乙酯对蛋白核小球藻生长及生理特性的影响	高李李,郭沛涌,苏光明,魏燕芳	(156)
无负压供水模式下管网水力模拟与安全评价分析	王欢欢,刘书明,姜帅,孟凡琳,白璐	(163)
天然有机物的相对分子量分布及亲疏水性对微滤膜组合工艺中膜污染的影响	胡孟柳,林洁,许光红,董秉直	(169)
不同基质条件下透性处理对脱硫弧菌硫酸盐还原活性的影响	徐慧伟,张旭,李立明,郑光洁,李广贺	(177)
基于零价铁的双金属体系对六氯苯还原脱氯研究	曾宪委,刘建国,聂小琴	(182)
负载型 TiO ₂ 光电催化降解孔雀石绿的动力学研究	张小娜,周少奇,周晓	(188)
污水厂微孔曝气系统工况下充氧性能测试与分析	吴媛媛,周小红,施汉昌,邱勇	(194)
微气泡及其产生方式对活性污泥混合液性质的影响	刘春,马锦,张磊,张静,张明,吴根	(198)
不同氮浓度冲击对颗粒污泥脱氮过程中 N ₂ O 产生量的影响	韩雪,高大文	(204)
模拟电镀污泥重金属浸出液对氧化亚铁硫杆菌活性的影响	谢鑫源,孙培德,楼菊青,郭茂新,马王钢	(209)
嗜麦芽窄食单胞菌对铜镉的吸附特性与离子交换	白洁琼,尹华,叶锦韶,彭辉,唐立栲,何宝燕,李跃鹏	(217)
阴离子表面活性剂改性水滑石吸附硝基苯的特性研究	夏燕,朱润良,陶奇,刘汉阳	(226)
活性氧化铝对水中磷的去除与回收研究	孟文娜,谢杰,吴德意,张振家,孔海南	(231)
北京城区可吸入颗粒物分布与呼吸系统疾病相关分析	杨维,赵文吉,官兆宁,赵文慧,唐涛	(237)
北京市市售鸡蛋和鸭蛋中全氟化合物的污染水平研究	齐彦杰,周珍,史亚利,孟昭福	(244)
北京市场常见淡水食用鱼体内农药残留水平调查及健康风险评估	千志勇,金芬,孙景芳,原盛广,郑蓓,张文婧,安伟,杨敏	(251)
多效应残差法(MERA)表征二甲亚砜-农药二元混合物毒性相互作用	霍向晨,刘树深,张晶,张瑾	(257)
利用 DGGE-菌落原位杂交法分离土壤中精喹禾灵降解菌	吕欣,彭霞薇,呼庆,马安周,江泽平,魏远	(263)
不同白腐真菌复配方式对产酶的影响	孟瑶,梁红,高大文	(271)
不同施肥措施对土壤活性有机碳的影响	张瑞,张贵龙,姬艳艳,李刚,常泓,杨殿林	(277)
垦殖对湿地土壤有机碳垂直分布及可溶性有机碳截留的影响	霍莉莉,邹元春,郭佳伟,吕宪国	(283)
黄河三角洲碱蓬湿地土壤有机碳及其组分分布特征	董洪芳,于君宝,管博	(288)
丘陵林地土壤酸化改良剂的集中施用-自然扩散修复技术研究	方熊,刘菊秀,尹光彩,赵亮,刘世忠,褚国伟,李义勇	(293)
重度滴滴涕污染土壤低温等离子体修复条件优化研究	陈海红,骆永明,滕应,刘五星,潘澄,李振高,黄玉娟	(302)
无定形 Fe(OH) ₃ 和 Fe ₃ O ₄ 共沉淀态 As 的化学提取	陈义萍,王少锋,贾永锋	(308)
铝和锰对外生菌根真菌生长、养分吸收及分泌作用的影响	李华,黄建国,袁玲	(315)
污泥和餐厨垃圾联合干法中温厌氧消化性能研究	段妮娜,董滨,李江华,戴翎翎,戴晓虎	(321)
高比表面生物质炭的制备、表征及吸附性能	李坤权,李焯,郑正,桑大志	(328)
基于情景分析的浙江沿海地区环境污染防治战略研究	田金平,陈吕军,杜鹏飞,钱易	(336)
微生物全细胞传感器在重金属生物可利用度监测中的研究进展	侯启会,马安周,庄绪亮,庄国强	(347)
2012 城市生态学术研讨会会议论文		
北京市城乡环境梯度下街尘中重金属污染特征	何小艳,顾培,李叙勇,赵洪涛	(357)
北京市道路灰尘中污染物含量沿城乡梯度、道路密度梯度的变化特征	唐荣莉,马克明,张育新,毛齐正	(364)
北京城市典型下垫面降雨径流污染初始冲刷效应分析	任玉芬,王效科,欧阳志云,侯培强	(373)
洋河流域张家口段河流水质演化及驱动因子分析	虎博,王铁宇,吕永龙,杜立宇,罗维	(379)
低碳交通电动汽车减排潜力及其影响因素分析	施晓清,李笑诺,杨建新	(385)
北京市社区生活垃圾分类收集实效调查及其长效管理机制研究	邓俊,徐琬莹,周传斌	(395)
人工湿地在应用中存在的问题及解决措施	黄锦楼,陈琴,许连煌	(401)
《环境科学》征订启事(26)	《环境科学》征稿简则(68)	信息(76,144,301,400)
		专辑征稿通知(394)

麦秸全量还田下太湖地区两种典型水稻土稻季氨挥发特性比较

汪军^{1,2}, 王德建^{1*}, 张刚¹, 王远¹

(1. 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2. 中国科学院南京土壤研究所土壤环境与污染修复重点实验室, 南京 210008)

摘要: 利用原状土柱在田间试验条件下, 比较了麦秸还田下乌栅土和黄泥土稻季氮素氨挥发损失规律, 每种试验土壤均设对照、氮肥、氮肥加麦秆这3个处理, 同步测定施肥后氨挥发、田面水铵态氮浓度与pH、以及表层土壤Eh。结果表明, 乌栅土氨挥发速率及其累积氨挥发量显著高于黄泥土, 两种土壤的稻季平均氨挥发的氮素损失量分别为 $41.8 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $11.2 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 分别占氮肥用量的15.2%和3.8%; 在3个施肥时期中, 分蘖肥期氨挥发损失率最高, 乌栅土和黄泥土分别占氮肥用量的29.4%和8.3%; 麦秸还田显著增加了氮肥的氨挥发损失, 麦秸还田下乌栅土和黄泥土稻季氨挥发损失比单施氮肥处理分别增加了19.8%和20.6%。两种土壤氨挥发速率均与田面水 NH_4^+ -N浓度、pH呈正相关关系, 但与表层土壤Eh的关系还需进一步研究。

关键词: 秸秆还田; 太湖地区; 水稻土; 氨挥发; 氮素损失

中图分类号: X592 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)01-0027-07

Comparing the Ammonia Volatilization Characteristic of Two Typical Paddy Soil with Total Wheat Straw Returning in Taihu Lake Region

WANG Jun^{1,2}, WANG De-jian¹, ZHANG Gang¹, WANG Yuan¹

(1. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2. Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: An experiment using monolith lysimeter was conducted to compare the characteristic of N loss by ammonia (NH_3) volatilization between the gleyed paddy soil (G soil) and hydromorphic paddy soil (H soil) the Changshu National Agro-ecological Experimental Station of the Chinese Academy of Sciences ($31^\circ33' \text{ N}$, $123^\circ38' \text{ E}$). Three treatments were designed for each soil type, i. e. control (no urea and straw applied), nitrogen solely and nitrogen plus wheat straw. Ammonia volatilization, flood water NH_4^+ -N concentration, pH and top soil Eh were measured during the rice-growing season. Results showed that the NH_3 volatilization flux and cumulative N losses by NH_3 volatilization from G soil were significantly higher than those from H soil, the average cumulative N losses being about $41.8 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ and $11.2 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, or 15.2% and 3.8% of the fertilizer N, respectively. The average N loss by NH_3 volatilization during the tillering stage was the highest among the three fertilization stages, accounting for 29.4% and 8.3% of the fertilizer N for G soil and H soil, respectively. Wheat straw returning significantly increased paddy filed NH_3 volatilization losses. Comparing with the sole application of fertilizer-N, the cumulative N loss by NH_3 volatilization of fertilizer-N in combination with wheat straw was increased by 19.8% and 20.6% for G soil and H soil, respectively. In addition, ammonia volatilization fluxes showed a positive relationship with the flood water NH_4^+ -N concentration and pH for both soils, but the relationship with top soil Eh still needs further study.

Key words: straw returning; Taihu Lake region; paddy soil; ammonia volatilization; nitrogen losses

研究表明, 中国2008年氮肥用量达到2300万吨, 占世界氮肥用量的28%^[1]。太湖地区作为我国重要的粮食生产基地, 在稻麦轮作体制下, 稻季氮肥平均用量达到 $352 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ^[2], 其中尿素用量约占75%^[3]。然而, 施入稻田的尿素利用率大约在30%~35%左右^[4], 而通过稻田氨挥发损失占施氮量的10%~60%^[5], 是稻田土壤系统中氮肥损失的主要途径之一^[6]。氨是空气中重要碱性气体, 易与大气中硫氧化物、氮氧化物结合形成铵态氮, 铵态氮达到一定浓度将发生沉降到地表, 从而导致地表活性

氮增多, 引发诸如水体富营养化、土壤酸化等一系列的二次污染问题^[7,8]。国内外大量研究表明影响稻田土壤氨挥发的因素很多, 主要包括土壤性质、通气状况、水分管理、气候条件、施肥种类及方式、用量等^[9~14]。彭世彰等^[15]研究表明, 控制灌溉能够

收稿日期: 2012-04-01; 修订日期: 2012-06-19

基金项目: 江苏省农业科技创新基金项目(CX(12)-1002); 国家自然科学基金项目(40871145)

作者简介: 汪军(1982~), 男, 博士后, 主要研究方向为环境污染生态修复与面源污染控制, E-mail: flypigging@hotmail.com
* 通讯联系人, E-mail: djwang@issas.ac.cn

有效减少稻田氨挥发损失,夏文建等^[16]研究表明,适当增加追肥用量和施肥次数能够有效减少稻田肥料氮的氨挥发损失.另有一些学者阐述了有机无机肥配施对稻田氨挥发的影响^[17~21],Ruijter 等^[22]研究认为作物秸秆及有机残体能够有效增加氨挥发,但是作物秸秆对旱地氨挥发没有显著影响^[23];Tian 等^[24]研究结果表明水稻秸秆还田配施尿素降低了小麦拔节期的氨挥发,却增加了水稻基肥期氨挥发.

秸秆全量直接还田,省工节本,简便易行,近年来在江苏省进行了大面积推广.太湖地区作为江苏重要的稻麦产区,年均秸秆还田率达到 22% 左右.但是关于秸秆还田的综合环境效应的研究报道不多,许多研究者在太湖地区稻田土壤氨挥发方面进行了研究^[5,25~27],但关于秸秆全量还田配施氮肥条件下稻田氨挥发的研究较为鲜见.因此,本研究基于麦秸全量还田条件下,比较太湖地区两种主要稻

田土壤的氨挥发特征、环境差效应差异,以揭示秸秆还田配施不同氮肥条件下土壤氨挥发规律,以期优化秸秆还田配套施肥措施提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验于 2010 年稻季在中国科学院常熟农业生态国家试验站(31°33'N, 123°38'E)进行.站区所在地属亚热带北部湿润季风气候区,年均气温 16.5℃,最高气温 39.1℃,年降雨量 1 316 mm.站区地形属阳澄湖低洼平原,海拔 3.12 m,地下水深 80 cm 左右.模拟试验土壤采自常熟生态站(乌栅土)与常熟市大义镇五新村(黄泥土),两种土壤为该区的典型水稻土(系统分类名分别为:普通潜育水耕人为土和普通筒育水耕人为土),0~15 cm 耕层土壤的基本性状如表 1 所示.

表 1 供试两种典型土壤基本性状

Table 1 Basic characteristic of two typical soils

类型	全氮 /g·kg ⁻¹	有机质 /g·kg ⁻¹	全磷 /g·kg ⁻¹	碱解氮 /mg·kg ⁻¹	速效磷 /mg·kg ⁻¹	速效钾 /mg·kg ⁻¹	pH
乌栅土	1.83	30.8	0.93	161.3	13.1	121.3	7.4
黄泥土	1.45	25.6	0.67	108.2	8.4	76.3	5.8

1.2 试验设计

试验采用原状模拟土柱,土柱高度为 100 cm,直径为 48 cm,原状土柱采集方法依据文献^[28],安置好的原状土柱经过 1 季的预试验后,开始布置试验.两种土壤分别设置无氮对照、氮肥(240 kg·hm⁻²)和全量麦秸(5 000 kg·hm⁻²) + 氮肥(240 kg·hm⁻²)这 3 个处理,分别用 WN0、WN240、WSN240 表示乌栅土处理,HN0、HN240、HSN240 表示黄泥土处理.每个处理 3 次重复,随机区组排列.氮肥的运筹是基肥占 40%、分蘖肥占 20%、穗肥占 40%,分别于 6 月 24 日、7 月 2 日、8 月 6 日施用.3 个处理的磷钾肥用量相同,分别为 15、90 kg·hm⁻²(肥料用量以 N、P、K 元素态量计),磷肥(过磷酸钙)与钾肥(氯化钾)均作为基肥一次施入.用于还田的小麦秸秆有机碳含量为 440.5 g·kg⁻¹,全氮含量为 4.02 g·kg⁻¹,碳氮比为 109.5.水稻栽插密度为 23 穴·m⁻²,水稻于 6 月 24 日插秧,10 月 25 日收获.

1.3 样品采集与测定

1.3.1 氨挥发测定

采用密闭室法^[24, 29, 30]测定氨挥发量,田间采气装置的密闭室是用一直径 200 mm、高 150 mm 有机玻璃罩子,放入水田中即成为一密闭的气室.罩子

顶部开有两个孔,其中一个为直径为 25 mm 进气管,连接进气管口到 2 500 mm 高处,以减少田面交换空气对稻田 NH₃ 挥发测定的影响;另一个为采气孔,与盛有 2% 硼酸的吸收瓶相连,吸收瓶再与真空泵相连,调节真空泵抽气量,使密闭室的换气频率控制在每分钟 15~20 次^[31, 32].分别于每天上午 08:00~10:00,下午 14:00~16:00 进行 2 h 的连续抽气测定,两次测定值平均后乘以 12,计算出每天的总氨挥发量^[28, 33],氨气采集装置如图 1 所示.

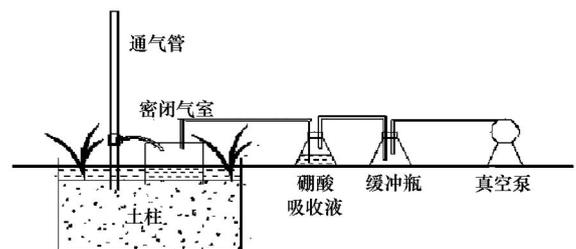


图 1 氨气田间捕获装置

Fig. 1 Sketch of NH₃ absorption equipment in the paddy field

1.3.2 水样

水样采集始于水稻移栽后第 2 d,每天采集 1 次田面水,直至稻季氨挥发测定结束.采集的水样过滤后采用流动分析仪测定铵态氮(NH₄⁺-N).

1.3.3 pH 和 Eh

氨挥发测定期间利用电位计同时测定稻田田面水的 pH 和表层土壤 Eh, 分别于每天上午 08:00 ~ 10:00 和下午 14:00 ~ 16:00 各测定一次。

1.4 数据计算与分析

数据计算和分析采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 18.0, 绘图采用 Origin 8.0. 不同处理氨挥发累积损失量差异性分析采用 Duncan's 检验。

2 结果与讨论

2.1 麦秸全量还田下两种水稻土的稻季氨挥发速率

从麦秸全量还田下乌栅土和黄泥土水稻不同施肥期的氨挥发速率变化曲线(图 2)可以看出, 两种土壤的氨挥发速率在整个测定期间共出现 3 次峰值, 分别在每次施肥后的 1 ~ 3 d 内; 施肥处理稻田氨挥发速率均在施肥后 5 ~ 7 d 内降低到对照水平, 这与前人研究结果一致^[15,16,25,33]. 乌栅土和黄泥土氨挥发速率在基肥、穗肥后第 1 d 达到的峰值, 乌栅土在分蘖肥期氨挥发速率的峰值于施肥后第 2 d 或 3 d 达到; 每次施肥后的 3 ~ 5 d 内乌栅土氨挥发速率明显高于黄泥土. 在 3 个施肥期内穗肥期两种土壤的氨挥发速率峰值最大, 乌栅土 WN0、WN240 和 WSN240 处理的峰值分别为 21.4、278.4、318.5 $\text{g}\cdot(\text{hm}^2\cdot\text{h})^{-1}$, 黄泥土 HN0、HN240 和 HSN240 处理的峰值分别为 11.0、93.6、107.1 $\text{g}\cdot(\text{hm}^2\cdot\text{h})^{-1}$, 乌栅土氨挥发速率峰值显著高于黄泥土, 麦秸还田配施氮肥的稻田氨挥发速率显著高于单施化肥处理. WN0、WN240 和 WSN240 处理整个水稻季平均氨挥发速率分别为 10.9、83.6、103.1 $\text{g}\cdot(\text{hm}^2\cdot\text{h})^{-1}$,

是黄泥土各对应处理的 1.20、1.88、1.94 倍, 乌栅土和黄泥土秸秆还田处理的平均氨挥发速率分别是单施化肥处理的 1.23 和 1.19 倍。

本研究中基肥、穗肥的施氮量是分蘖肥的 2 倍, 但基肥与分蘖肥的平均氨挥发速率差异较小, 穗肥平均氨挥发速率最高, 这可能是由于在基肥、分蘖肥施肥后均与表层土壤混匀, 而穗肥则是直接撒施于表层未与土壤混匀; 此外, 施基肥、分蘖肥、穗肥期间的平均温度分别为 27.6、29.1 和 34.1 $^{\circ}\text{C}$, 3 个时期的降水量分别为 5.8、54.1 和 0 mm, 从而导致了各施肥期氨挥发速率的差异. 研究表明, 不同施肥方式会影响稻田氨挥发速率^[15,19], 而气温、降雨作为稻田氨挥发的重要驱动因子和影响因素^[24,25], 其差异会对稻田氨挥发速率产生较大的影响. 文献[25,26,28,33]对太湖地区乌栅土与黄泥土稻季氨挥发的研究结果显示, 乌栅土氨挥发速率高于黄泥土, 这与本研究结果相一致. 麦秸还田增加了乌栅土和黄泥土稻田的氨挥发速率, 这是因为秸秆还田促进了尿素的分解, 提高了田面水的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度, 从而提高了稻田氨挥发速率^[24,33,34]. 本研究表明, 麦秸全量还田提高了乌栅土和黄泥土的稻季氨挥发速率, 并表明稻季氨挥发速率受施肥方式、气温、降雨和土壤类型的影响。

2.2 麦秸全量还田下两种水稻土稻季累积氨挥发损失量

乌栅土和黄泥土稻田累积氨挥发损失量、损失率如表 2 所示. 结果表明, 在两种土壤中, 乌栅土氨

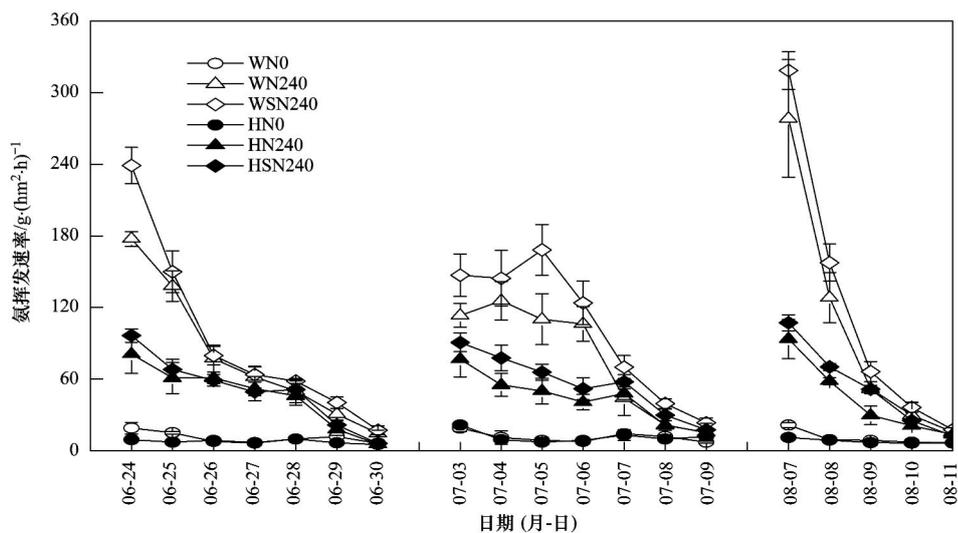


图 2 不同处理两种土壤稻季氨挥发速率变化

Fig. 2 Dynamics of ammonia volatilization flux with different treatments

挥发损失量显著高于黄泥土,乌栅土与黄泥土无氮肥处理是稻季累积氨挥发损失分别为 $5.0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $2.1 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,施肥处理稻季平均氨挥发损失量分别为 $41.8 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $11.2 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,分别占氮肥用量的 15.2% 和 3.8%,乌栅土氨挥发损失是黄泥土的 3.7 倍. 在不同施肥处理中,麦秸还田显著增加了两种土壤的氨挥发损失,乌栅土和黄泥土秸秆加氮肥处理的氨挥发损失比单施氮肥分别增加了 19.8% 和 20.6%. 在 3 个施肥时期中,两种土壤的累积氨挥发损失均值分蘖肥期最高、基肥期次之、穗肥期最低,乌栅土和黄泥土分蘖肥期氨挥发损失率分别占氮肥用量的 29.4% 和 8.3%,穗肥期分别占氮肥用量的 12.1% 和 1.8%.

乌栅土和黄泥土基肥与分蘖肥期稻田氨挥发损失量占整个稻季氨挥发损失量的 69.2% 和 80.2%,表明稻季氨挥发主要发生在水稻生长初期,这可能是由于水稻基肥、分蘖肥期,氮肥施用量较大,间隔

较短,水稻在基肥期和分蘖初期对氮肥利用有限,从而导致大量氮肥通过氨挥发损失^[13,35]. 乌栅土和黄泥土分蘖肥期平均氨挥发损失率分别为 29.3% 和 8.3%,乌栅土氨挥发损失略高于其他研究^[13],而黄泥土的氨挥发损失低于前人研究^[26],这可能是由于施肥量、气候差异等造成的. 本研究乌栅土稻季单施氮肥和麦秆加氮肥处理的累积氨挥发氮素损失分别为 $38.1 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $45.6 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,分别占氮肥用量的 13.8% 和 16.7%;黄泥土处理的氨挥发氮素损失分别为 $10.2 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $12.3 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,占氮肥用量的 3.3% 和 4.2%. 已有研究表明,太湖地区稻季氮肥氨挥发损失率乌栅土变幅在 3.7% ~ 38.7%^[25,33,35],黄泥土在 3.7% ~ 22.9%^[26,28]. 本研究的两种土壤稻季氮肥氨挥发损失也在此范围内,但氨挥发损失量均比较低,这可能是由于氮肥用量和运筹、施肥方法、年际间气象因子等差异造成的^[33].

表 2 两种水稻土氨挥发损失量及占氮肥用量的比例¹⁾

土壤类型	处理	累计氨挥发损失量/ $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$				氨挥发损失占施氮量/%			
		基肥	分蘖肥	穗肥	总计	基肥	分蘖肥	穗肥	总计
乌栅土	WN0	1.9e	1.9d	1.3c	5.0e	—	—	—	—
	WN240	13.1b	12.9b	12.1a	38.1b	11.7	26.8	11.3	13.8
	WSN240	14.8a	17.2a	13.6a	45.6a	13.5	31.8	12.8	16.7
黄泥土	HN0	0.7e	0.96d	0.5c	2.1e	—	—	—	—
	HN240	3.7d	4.3c	2.1b	10.2d	3.2	7.0	1.7	3.3
	HSN240	4.4c	5.6b	2.3b	12.3c	3.8	9.7	1.8	4.2

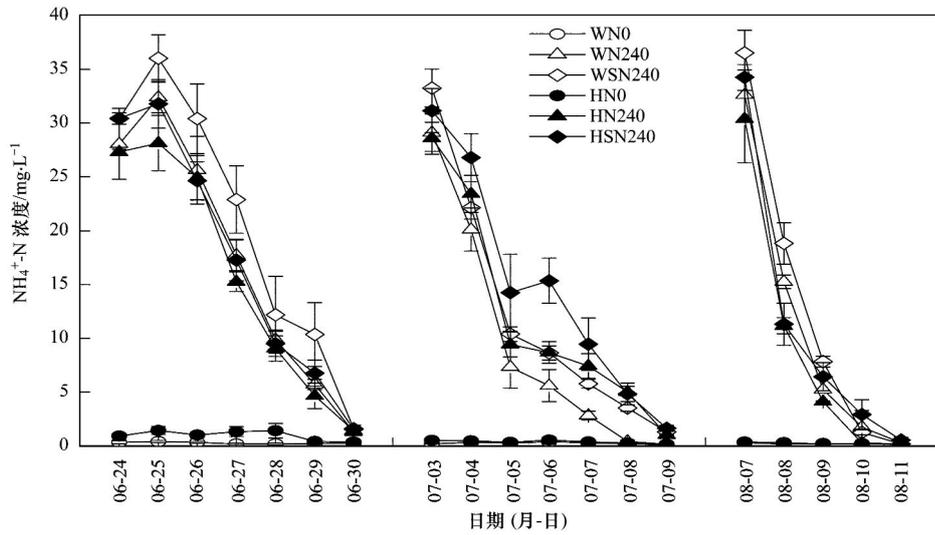
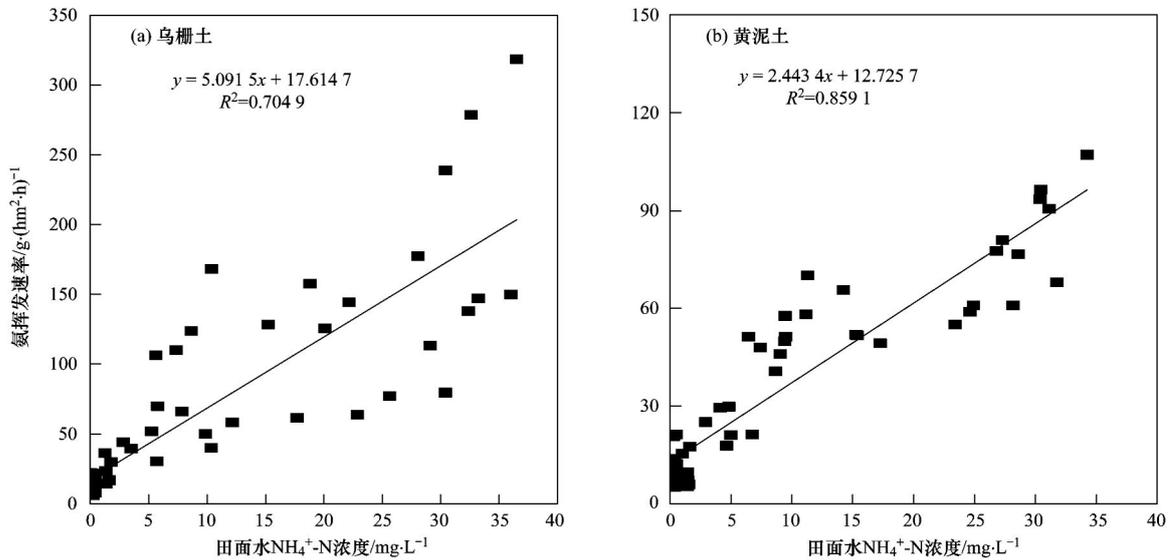
1) 同一列字母不同表示处理之间存在显著差异, $P < 0.05$

2.3 麦秸全量还田下两种水稻土田面水中 NH_4^+ -N 浓度

秸秆全量还田下,不同施肥期乌栅土和黄泥土田面水中 NH_4^+ -N 的浓度变化特征如图 3 所示. 结果表明,两种土壤田面水中 NH_4^+ -N 浓度均在施肥后第 2 d 达到峰值,随后急剧下降,并于每次施肥后第 5 ~ 7 d 接近对照水平. 两种土壤田面水中铵态氮浓度的变化趋势与两种土壤的氨挥发速率一致,同等氮肥用量下,麦秸还田显著增加了两种土壤田面水中 NH_4^+ -N 浓度. 乌栅土 WSN240 处理基肥、分蘖肥、穗肥期的田面水 NH_4^+ -N 平均浓度为 20.6、12.2、11.2 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,比 WN240 处理分别增加了 19.2%、29.8%、20.7%;黄泥土 HSN240 处理基肥、分蘖肥、穗肥期的田面水 NH_4^+ -N 平均浓度分别为 17.4、14.8、10.3 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,比 HN240 处理分别提高了 10.1%、23.8%、21.6%;HN0、HN240、HSN240 处理分蘖肥期田面水 NH_4^+ -N 平均浓度分别

比 WN0、WN240、WSN240 高 45.1%、27.5%、21.7%.

研究结果表明,田面水中铵态氮浓度变化趋势与氨挥发速率变化一致,峰值出现在施肥后第 2 d;两种土壤氨挥发速率随田面水 NH_4^+ -N 浓度升高而显著升高,乌栅土与黄泥土氨挥发速率 y 与田面水中 NH_4^+ -N 浓度 x 的关系方程分别为 $y = 5.092x + 17.615$ 和 $y = 2.443x + 12.726$,关系方程的决定系数分别为 0.705 和 0.859,稻田氨挥发速率与田面水中 NH_4^+ -N 浓度之间呈显著 ($P < 0.05$) 正相关关系 (图 4),这与前人研究结果一致^[25, 26, 33]. 田面水 NH_4^+ -N 浓度是影响稻田氨挥发速率的主要因素之一^[5,24-28],秸秆还田处理增加了田面水中铵态氮的浓度,从而提高了氨挥发速率,这是因为有机物质阻碍了 NH_4^+ -N 进入黏土矿物固定位置,减少铵的晶穴固定的缘故^[14],同时作物秸秆能够促进尿素水解,从而提高施肥初期田面水 NH_4^+ -N 浓度和氨挥发速

图3 不同处理田面水中 NH_4^+ -N浓度变化Fig. 3 Dynamics of NH_4^+ -N concentrations in surface water with different treatment图4 氨挥发速率与田面水 NH_4^+ -N浓度的关系Fig. 4 Relationships between ammonia volatilization flux and NH_4^+ -N concentration in floodwater

率^[12].

2.4 麦秸全量还田下两种水稻土田面水 pH 和表层土壤 Eh 变化

麦秸还田下两种土壤田面水 pH 和 Eh 的动态变化如图 5 所示. 结果表明, 乌栅土在基肥、分蘖肥、穗肥期的田面水 pH 均显著高于对应黄泥土处理, 两种土壤的基肥、分蘖肥期施肥处理 pH 均高于对照处理, 穗肥期则低于对照处理. 乌栅土与黄泥土总的 pH 变化范围分别为 6.23 ~ 9.08 和 5.97 ~ 8.02, 单施氮肥与氮肥加秸秆处理时, 乌栅土的 pH 范围分别为 6.08 ~ 7.46 和 7.09 ~ 7.75, 黄泥土分别

为 6.53 ~ 6.98 和 6.44 ~ 7.04. 麦秸还田改变了两种土壤田面水的 pH, 乌栅土和黄泥土的 pH 分别提高了 -0.11 ~ 0.60 和 -0.34 ~ 0.37 个 pH 单位, 乌栅土的 pH 分别比对应的黄泥土处理高 0.01 ~ 1.06 个 pH 单位.

麦秸还田两种土壤表层 Eh 的动态变化如图 5 所示. 结果表明, 相同氮肥和秸秆处理时, 乌栅土表层 Eh 总体上低于黄泥土, 麦秸还田显著降低表层土壤 Eh; 两种土壤分蘖肥期间表层土壤 Eh 最低, 对照与单一氮肥处理表层土壤 Eh 变化较小. 麦秸还田使得乌栅土和黄泥土表层 Eh 分别降低了 9 ~

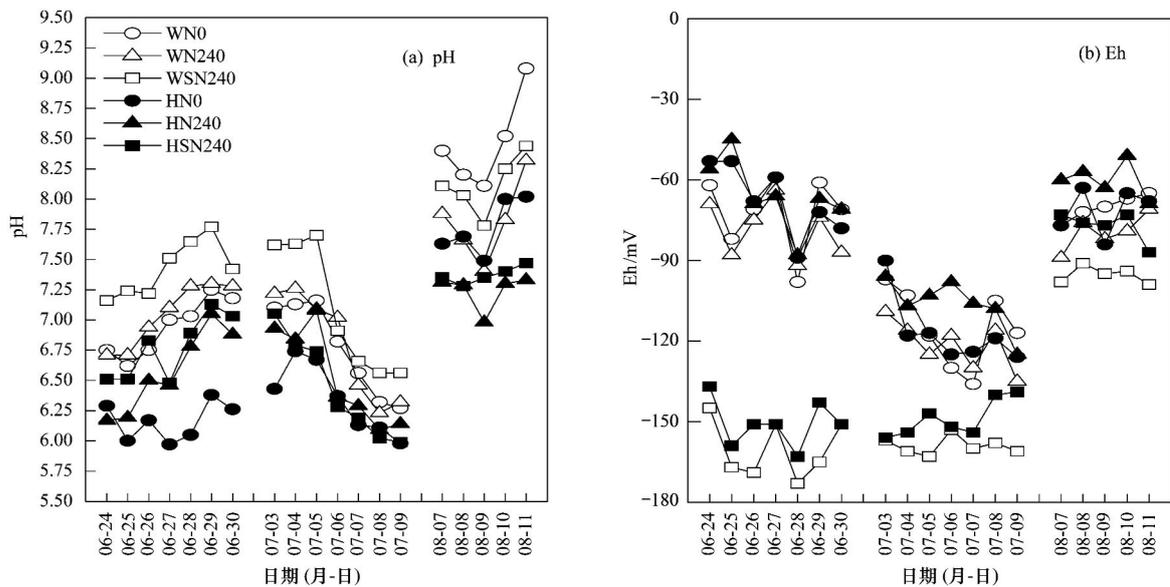


图5 不同处理田面水 pH、Eh 变化特性

Fig. 5 Dynamics of surface water pH and Eh with different treatments

94 mV 和 13~94 mV,除 N0 处理外,乌栅土氮肥处理和氮肥加秸秆处理的平均 Eh 分别为 -78~-121 mV 和 -114~-160 mV,黄泥土分别为 -66~-106 mV 和 -96~-151 mV,乌栅土表层土壤平均 Eh 值比黄泥土低 -2~43 mV.

本研究结果表明,乌栅土与黄泥土氨挥发速率随田面水 pH 的升高和表层土壤 Eh 的降低而增加的趋势. 前人研究结果也显示稻田氨挥发速率与田面水 pH 存在正相关关系^[12,19],但关于 Eh 与稻田氨挥发速率之间关系还缺乏研究. 两种土壤穗肥期田面水 pH 均比基肥期、分蘖肥期高,这可能是由于穗肥期各土柱表层均生长了许多藻类,并且该期间太阳光照较强的缘故^[12,28]. 秸秆还田提高了田面水 pH,降低了表层土壤 Eh,这可能是由于秸秆降解过程中产生的有机基团中和了田面水中部分酸根离子^[14],从而提高了田面水的 pH,同时由于秸秆降解会消耗一部分土壤中的溶解氧,从而导致表层土壤 Eh 下降. 穗肥期间土壤 Eh 较高,可能是由于搁田时增加了土壤的含氧量,但也有研究表明水稻生长旺盛期,水稻通过呼吸作用将一部分氧气带入水稻根部^[8,17,24],从而降低了表层土壤的 Eh. 李菊梅等^[18,19]研究表明,有机质分解过程会产生大量有机酸,从而降低土壤 pH,这可能是土壤性质差异等造成的.

3 结论

(1) 乌栅土稻季的氨挥发量显著高于黄泥土,

氨挥发速率每次施肥后的第 2 d 达峰值,大约 5~7 d 降低到对照水平;乌栅土、黄泥土稻季氨挥发损失率分别占氮肥用量的 15.2% 与 3.8%,在基肥和分蘖肥期的氨挥发量分别占总损失量的 69.2% 和 80.2%.

(2) 麦秸还田显著提高了田面水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度和 pH,降低了表层土壤的 Eh,从而提高了两种土壤稻季土壤氨挥发速率和累积损失量;氨挥发速率与田面水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度呈显著正相关关系,并随田面水 pH 升高而呈增加趋势.

参考文献:

- [1] Zhu Z L, Chen D L. Nitrogen fertilizer use in China—contributions to food production, impacts on the environment and best management strategies [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2002, **63**(2-3): 117-127.
- [2] 王海, 席运官, 陈瑞冰, 等. 太湖地区肥料、农药过量施用调查研究[J]. *农业环境与发展*, 2009, (3): 10-15.
- [3] Wang Z H, Li X J, Ju X T, et al. Ammonia volatilization loss from surface-broadcast urea: comparison of vented-and closed-chamber methods and loss in winter wheat-summer maize rotation in north China plain [J]. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2004, **35**(19-20): 2917-2939.
- [4] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策[J]. *土壤与环境*, 2000, **9**(1): 1-6.
- [5] Lin D X, Fan X H, Hu F, et al. Ammonia volatilization and nitrogen utilization efficiency in response to urea application in rice fields of the Taihu Lake Region, China [J]. *Pedosphere*, 2007, **17**(5): 639-645.
- [6] 尹娟, 费良军, 田仓军, 等. 水稻田中氮肥损失研究进展 [J]. *农业工程学报*, 2005, **21**(6): 189-191.

- [7] Fangmeier A, Hadwiger-Fangmeier A, Van der Eerden L, *et al.* Effects of atmospheric ammonia on vegetation—a review [J]. *Environmental Pollution*, 1994, **86**: 43-82.
- [8] Martines A M, Nogueira M A, Santos C A, *et al.* Ammonia volatilization in soil treated with tannery sludge [J]. *Bioresource Technology*, 2010, **101**(12): 4690-4696.
- [9] Das P, Kim K H, Sa J H, *et al.* Emissions of ammonia and nitric oxide from an agricultural site following application of different synthetic fertilizers and manures [J]. *Geosciences Journal*, 2008, **12**(2): 177-190.
- [10] Liu G D, Li Y C, Alva A K. Moisture quotients for ammonia volatilization from four soils in potato production regions [J]. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2007, **183**(1-4): 115-127.
- [11] 李鑫, 巨晓棠, 张丽娟, 等. 不同施肥方式对土壤氨挥发和氧化亚氮排放的影响 [J]. *应用生态学报*, 2008, **19**(1): 99-104.
- [12] 吴萍萍, 刘金剑, 杨秀霞, 等. 不同施肥制度对红壤地区双季稻田氨挥发的影响 [J]. *中国水稻科学*, 2009, **23**(1): 85-93.
- [13] 周伟, 田玉华, 尹斌. 太湖地区水稻追肥的氨挥发损失和氮素平衡 [J]. *中国生态农业学报*, 2011, **19**(1): 32-36.
- [14] Gill J S, Bijay-Singh, Khind C S, *et al.* Efficiency of N-(n-butyl) thiophosphoric triamide in retarding hydrolysis of urea and ammonia volatilization losses in a flooded sandy loam soil amended with organic materials [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1999, **53**(3): 203-207.
- [15] 彭世彰, 杨士红, 徐俊增. 节水灌溉稻田氨挥发损失及影响因素 [J]. *农业工程学报*, 2009, **25**(8): 35-39.
- [16] 夏文建, 周卫, 梁国庆, 等. 优化施氮下稻-麦轮作体系氮肥氨挥发损失研究 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, **16**(1): 6-13.
- [17] Fenn L B, Malstrom H L, Wu E. Ammonia losses from surface-applied urea as related to urea application rates, plant residue and calcium chloride addition [J]. *Fertilizer Research*, 1987, **12**(3): 219-227.
- [18] 李菊梅, 徐明岗, 秦道珠, 等. 有机肥无机肥配施对稻田氨挥发和水稻产量的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, **11**(1): 51-56.
- [19] 李菊梅, 李冬初, 徐明岗, 等. 红壤双季稻田不同施肥下的氨挥发损失及其影响因素 [J]. *生态环境*, 2008, **17**(4): 1610-1613.
- [20] Stevenson F J, Dhariwal A P S. Distribution of fixed ammonium in soils [J]. *Soil Science Society of American Journal*, 1959, **23**: 121-125.
- [21] Hayashi K, Hayakawa A, Akiyama H, *et al.* Measurement of ammonia volatilization loss using a dynamic chamber technique: a case study of surface-incorporated manure and ammonium sulfate in an upland field of light-colored Andosol [J]. *Soil Science and Plant Nutrition*, 2009, **55**(4): 571-581.
- [22] De Ruijter F J, Huijsmans J F M, Rutgers B. Ammonia volatilization from crop residues and frozen green manure crops [J]. *Atmospheric Environment*, 2010, **44**(28): 3362-3368.
- [23] Van der Stelt B, Temminghoff E J M, Van Vliet P C J, *et al.* Volatilization of ammonia from manure as affected by manure additives, temperature and mixing [J]. *Bioresource Technology*, 2007, **98**(18): 3449-3455.
- [24] Tian G M, Cai Z C, Cao J L, *et al.* Factors affecting ammonia volatilization from a rice-wheat rotation system [J]. *Chemosphere*, 2001, **42**(2): 123-129.
- [25] 宋勇生, 范晓晖, 林德喜, 等. 太湖地区稻田氨挥发及影响因素的研究 [J]. *土壤学报*, 2004, **41**(2): 265-269.
- [26] 黄进宝, 范晓晖, 张绍林. 太湖地区铁渗水耕人为土稻季上氮肥的氨挥发 [J]. *土壤学报*, 2006, **43**(5): 786-792.
- [27] 李慧琳, 韩勇, 蔡祖聪. 运用 Jayaweera-Mikkelsen 模型对太湖地区水稻田稻季氨挥发的模拟 [J]. *环境科学*, 2008, **29**(4): 1045-1052.
- [28] 王德建, 张刚, 汪军, 等. 水稻基肥尿素干施与湿施对氮素损失及水稻氮素吸收的影响 [J]. *土壤学报*. 2010, **47**(3): 483-489.
- [29] Kissel D E, Brewer H L, Arkin G F. Design and test of a field sampler for ammonia volatilization [J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1977, **41**(6): 1133-1138.
- [30] Fillery I R P, De Date S K. Ammonia volatilization from nitrogen volatilization as an N loss mechanism in flooded rice fields [J]. *Fertilizer Research*, 1986, **9**: 78-98.
- [31] 朱兆良, 蔡贵信, 徐银华, 等. 种稻下氮肥的氨挥发及其在氮素损失中的重要性的研究 [J]. *土壤学报*, 1985, **22**(4): 320-328.
- [32] 苏成国, 尹斌, 朱兆良, 等. 稻田氮肥的氨挥发损失与稻季大气氮的湿沉降 [J]. *应用生态学报*, 2003, **14**(11): 1884-1888.
- [33] 张静, 王德建. 太湖地区乌栅土稻田氨挥发损失的研究 [J]. *中国生态农业学报*, 2007, **15**(6): 84-87.
- [34] Van Asten P J A, Van Bodegom P M, Mulder L M, *et al.* Effect of straw application on rice yields and nutrient availability on an alkaline and a pH-neutral soil in a Sahelian irrigation scheme [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2005, **72**(3): 255-266.
- [35] 田玉华, 贺发云, 尹斌, 等. 太湖地区氮磷肥施用对稻田氨挥发的影响 [J]. *土壤学报*, 2007, **44**(5): 893-890.

CONTENTS

Characteristics of Total Gaseous Mercury Concentrations at a Rural Site of Yangtze Delta, China	DOU Hong-ying, WANG Shu-xiao, WANG Long, <i>et al.</i> (1)
Compositions of Organic Acids in PM ₁₀ Emission Sources in Xiamen Urban Atmosphere	YANG Bing-yu, HUANG Xing-xing, ZHENG An, <i>et al.</i> (8)
Analysis on Water-soluble Inorganic Ions in the Atmospheric Aerosol of Xinglong	LI Xing-ru, SONG Ai-li, WANG Ying-feng, <i>et al.</i> (15)
Effects of Gaseous Compositions the on Simultaneous Removal of NO _x and SO ₂ from Simulated Flue Gas by Ammonia Absorption	WANG Hong, ZHU Tian-le, WANG Mei-yan (21)
Comparing the Ammonia Volatilization Characteristic of Two Typical Paddy Soil with Total Wheat Straw Returning in Taihu Lake Region	WANG Jun, WANG De-jian, ZHANG Gang, <i>et al.</i> (27)
Real-Time Analysis of Polyvinyl Chloride Thermal Decomposition/Combustion Products with Single Photon Ionization/Photoelectron Ionization Online Mass Spectrometer	CHEN Wen-dong, HOU Ke-yong, CHEN Ping, <i>et al.</i> (34)
Surface Characteristics of Alkali Modified Activated Carbon and the Adsorption Capacity of Methane	ZHANG Meng-zhu, LI Lin, LIU Jun-xin, <i>et al.</i> (39)
Distribution of Dimethylsulfoxide(DMSO) in the Surface Water of the Yellow Sea and the Bohai Sea	WANG Min, ZHANG Hong-hai, YANG Gui-peng (45)
Resolving Characteristic of CDOM by Excitation-Emission Matrix Spectroscopy Combined with Parallel Factor Analysis in the Seawater of Outer Yangtze Estuary in Autumn in 2010	YAN Li-hong, CHEN Xue-jun, SU Rong-guo, <i>et al.</i> (51)
Estimation and Forecast of Chlorophyll a Concentration in Taihu Lake Based on Ensemble Square Root Filters	LI Yuan, LI Yun-mei, WANG Qiao, <i>et al.</i> (61)
Research of Hyperspectral Reconstruction Based on HJ1A-CCD Data	GUO Yu-long, LI Yun-mei, ZHU Li, <i>et al.</i> (69)
Research on the Sensitivity of Geochemical of Underground River in Chongqing Xueyu Cave	XU Shang-quan, YANG Ping-heng, YIN Jian-jun, <i>et al.</i> (77)
Bivariate Statistical Model for Calculating Phosphorus Input Loads to the River from Point and Nonpoint Sources	CHEN Ding-jiang, SUN Si-yang, JIA Ying-na, <i>et al.</i> (84)
Temporal and Spatial Variations of Total Nitrogen and Total Phosphorus in the Typical Reaches of Qinhuai River	LI Yue-fei, XIA Yong-qiu, LI Xiao-bo, <i>et al.</i> (91)
Derivation and Application of Sediment Quality Criteria of Cd and Hg for the Xiangjiang River	JIANG Bo-feng, SANG Lei-xin, SUN Wei-ling, <i>et al.</i> (98)
Distribution and Pollution Assessment of Heavy Metals in Soil of Relocation Areas from the Danjiangkou Reservoir	ZHANG Lei, QIN Yan-wen, ZHENG Bing-hui, <i>et al.</i> (108)
Concentrations of Soil Heavy Metals and Their Spatial Distribution in the Surrounding Area of Fenhe Reservoir	LI Jin-chang, ZHANG Hong, SHI Wei (116)
Distribution and Health Risk Assessment of Heavy Metals of Groundwaters in the Irrigation District of the Lower Reaches of Yellow River	ZHANG Yan, LI Fa-dong, OUYANG Zhu, <i>et al.</i> (121)
Concentrations and Distribution of Organochlorine Pesticides in the Surface Sediments of Jiaozhou Bay, Taozi Bay and Sishili Bay	LIU Yi-kai, ZHONG Guang-cai, TANG Jian-hui, <i>et al.</i> (129)
Choice of Macroinvertebrate Metrics for Constructing a Benthic-Index of Biotic Integrity Based on the Disturbance Gradients in the Qinjiang River Basin	LU Dong-qi, ZHANG Yong, CAI De-suo, <i>et al.</i> (137)
Isolation and Identification of <i>Marinobacter adhaerens</i> HY-3 and Its Allelopathy on <i>Skeletonema costatum</i>	WANG Hong-bin, CHEN Wen-hui, LI Xin-shu, <i>et al.</i> (145)
Effects of the Rice Straw on <i>Microcystis aeruginosa</i> Analyzed by Different Physiological Parameters	SU Wen, KONG Fan-xiang, YU Yang, <i>et al.</i> (150)
Effects of Allochemicals Ethyl Cinnamate on the Growth and Physiological Characteristics of <i>Chlorella pyrenoidosa</i>	GAO Li-li, GUO Pei-yong, SU Guang-ming, <i>et al.</i> (156)
Hydraulic Simulation and Safety Assessment of Secondary Water Supply System with Anti-Negative Pressure Facility	WANG Huan-huan, LIU Shu-ming, JIANG Shuai, <i>et al.</i> (163)
Effect of Relative Molecular Mass Distribution and Hydrophilicity/Hydrophobicity of NOM on Membrane Fouling in MF-combined Process	HU Meng-liu, LIN Jie, XU Guang-hong, <i>et al.</i> (169)
Effect of Permeabilization on Sulfate Reduction Activity of <i>Desulfovibrio vulgaris</i> Hildenborough Cells in the Presence of Different Electron Donors	XU Hui-wei, ZHANG Xu, LI Li-ming, <i>et al.</i> (177)
Dechlorination of HCB by Bimetals Based on Zero Valent Iron	ZENG Xian-wei, LIU Jian-guo, NIE Xiao-qin (182)
Study on Kinetics of Photoelectrocatalytic Degradation of Supported TiO ₂ on Malachite Green	ZHANG Xiao-na, ZHOU Shao-qi, ZHOU Xiao (188)
Measurement and Analysis of Micropore Aeration System's Oxygenating Ability Under Operation Condition in Waste Water Treatment Plant	WU Yuan-yuan, ZHOU Xiao-hong, SHI Han-chang, <i>et al.</i> (194)
Influence of Microbubble and Its Generation Process on Mixed Liquor Properties of Activated Sludge	LIU Chun, MA Jin, ZHANG Lei, <i>et al.</i> (198)
Impact of Different Nitrogen Concentrations on the N ₂ O Production in the Denitrification Process of Granular Sludge	HAN Xue, GAO Da-wen (204)
Effect of Simulated Heavy Metal Leaching Solution of Electroplating Sludge on the Bioactivity of <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i>	XIE Xin-yuan, SUN Pei-de, LOU Ju-qing, <i>et al.</i> (209)
Characteristic and Ion Exchanges During Cu ²⁺ and Cd ²⁺ Biosorption by <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	BAI Jie-qiong, YIN Hua, YE Jin-shao, <i>et al.</i> (217)
Sorption of Nitrobenzene to Anionic Surfactant Modified Layered Double Hydroxides	XIA Yan, ZHU Run-liang, TAO Qi, <i>et al.</i> (226)
Study on Phosphate Removal and Recovery by Activated Alumina	MENG Wen-na, XIE Jie, WU De-yi, <i>et al.</i> (231)
Spatial Distribution of Inhalable Particulate and Association with Respiratory Disease in Beijing City	YANG Wei, ZHAO Wen-ji, GONG Zhao-ning, <i>et al.</i> (237)
Pollution Levels of Perfluorochemicals in Chicken Eggs and Duck Eggs from the Markets in Beijing	QI Yan-jie, ZHOU Zhen, SHI Ya-li, <i>et al.</i> (244)
Residual Levels of Pesticides in Freshwater Fish from Beijing Aquatic Product Markets and Health Risk Assessment	YU Zhi-yong, JIN Fen, SUN Jing-fang, <i>et al.</i> (251)
Characterizing the Toxicity Interaction of the Binary Mixture Between DMSO and Pesticide by the Multi-Effect Residual Analysis (MERA)	HUO Xiang-chen, LIU Shu-shen, ZHANG Jing, <i>et al.</i> (257)
Isolation of Quinolofop- <i>p</i> -ethyl-degrading Bacteria from Soil by DGGE-Colony <i>in situ</i> Hybridization	LÜ Xin, PENG Xia-wei, HU Qing, <i>et al.</i> (263)
White-Rot Fungi Combinations Impact on Enzyme Productions	MENG Yao, LIANG Hong, GAO Da-wen (271)
Effects of Different Fertilizer Application on Soil Active Organic Carbon	ZHANG Rui, ZHANG Gui-long, JI Yan-yan, <i>et al.</i> (277)
Effect of Reclamation on the Vertical Distribution of SOC and Retention of DOC	HUO Li-li, ZOU Yuan-chun, GUO Jia-wei, <i>et al.</i> (283)
Distribution Characteristics of Soil Organic Carbon and Its Composition in <i>Suaeda salsa</i> Wetland in the Yellow River Delta	DONG Hong-fang, YU Jun-bao, GUAN Bo (288)
Study the Restoration Technology of Concentrated Application-Natural Diffusion about Amendments of Acidified Soil of Hilly Woodland	FANG Xiong, LIU Ju-xiu, YIN Guang-cai, <i>et al.</i> (293)
Optimizing Remediation Conditions of Non-thermal Plasma for DDTs Heavily Contaminated Soil	CHEN Hai-hong, LUO Yong-ming, TENG Ying, <i>et al.</i> (302)
Chemical Extraction of Arsenic Co-precipitated with Amorphous Fe(OH) ₃ and Fe ₃ O ₄	CHEN Yi-ping, WANG Shao-feng, JIA Yong-feng (308)
Influence of Aluminum and Manganese on the Growth, Nutrient Uptake and the Efflux by Ectomycorrhizal Fungi	LI Hua, HUANG Jian-guo, YUAN Ling (315)
High-solids Anaerobic Co-digestion of Sludge and Kitchen Garbage Under Mesophilic Conditions	DUAN Ni-na, DONG Bin, LI Jiang-hua, <i>et al.</i> (321)
Preparation, Characterization and Adsorption Performance of High Surface Area Biomass-based Activated Carbons	LI Kun-quan, LI Ye, ZHENG Zheng, <i>et al.</i> (328)
Study on Strategies of Pollution Prevention in Coastal City of Zhejiang Province Based on Scenario Analysis	TIAN Jin-ping, CHEN Lü-jun, DU Peng-fei, <i>et al.</i> (336)
Advance in the Bioavailability Monitoring of Heavy Metal Based on Microbial Whole-cell Sensor	HOU Qi-hui, MA An-zhou, ZHUANG Xiu-liang, <i>et al.</i> (347)
Characteristics of Heavy Metal Contamination in Street Dusts Along the Urban-Rural Gradient Around Beijing	HE Xiao-yan, GU Pei, LI Xu-yong, <i>et al.</i> (357)
Content Trends of Pollutants in Street Dust of Beijing Along the Urban-Rural Gradient and Road Density Gradient	TANG Rong-li, MA Ke-ming, ZHANG Yu-xin, <i>et al.</i> (364)
Analysis of First Flush Effect of Typical Underlying Surface Runoff in Beijing Urban City	REN Yu-fen, WANG Xiao-ke, OUYANG Zhi-yun, <i>et al.</i> (373)
Temporal Variation of Water Quality and Driving Factors in Yanghe Watershed of Zhangjiakou	PANG Bo, WANG Tie-yu, LÜ Yong-long, <i>et al.</i> (379)
Research on Carbon Reduction Potential of Electric Vehicles for Low-Carbon Transportation and Its Influencing Factors	SHI Xiao-qing, LI Xiao-nuo, YANG Jian-xin (385)
Investigation of Waste Classification and Collection Actual Effect and the Study of Long Acting Management in the Community of Beijing	DENG Jun, XU Wan-ying, ZHOU Chuan-bin (395)
Problems and Countermeasures in the Application of Constructed Wetlands	HUANG Jin-lou, CHEN Qin, XU Lian-huang (401)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2013年1月15日 34卷 第1期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 1 Jan. 15, 2013

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印刷装订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行人