

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第33卷 第23期 Vol.33 No.23 **2013**

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 33 卷 第 23 期 2013 年 12 月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 基于树干液流技术的北京市刺槐冠层吸收臭氧特征研究…………… 王 华, 欧阳志云, 任玉芬, 等 (7323)
- 三疣梭子蟹增殖过程对野生种群的遗传影响——以海州湾为例…………… 董志国, 李晓英, 张庆起, 等 (7332)
- 土壤盐分对三角叶滨藜抗旱性能的影响…………… 谭永芹, 柏新富, 侯玉平, 等 (7340)
- 南美斑潜蝇为害对黄瓜体内 4 种防御酶活性的影响…………… 孙兴华, 周晓榕, 庞保平, 等 (7348)

### 个体与基础生态

- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物养分输入量的早期影响…………… 肖银龙, 涂利华, 胡庭兴, 等 (7355)
- 茎瘤芥不同生长期植株营养特性及其与产量的关系…………… 赵 欢, 李会合, 吕慧峰, 等 (7364)
- 雷竹覆盖物分解速率及其硅含量的变化…………… 黄张婷, 张 艳, 宋照亮, 等 (7373)
- 渍水对油菜苗期生长及生理特性的影响…………… 张树杰, 廖 星, 胡小加, 等 (7382)
- 广西扶绥黑叶猴的主要食源植物及其粗蛋白含量…………… 李友邦, 丁 平, 黄乘明, 等 (7390)
- 氮素营养水平对膜下滴灌玉米穗位叶光合及氮代谢酶活性的影响…………… 谷 岩, 胡文河, 徐百军, 等 (7399)
- PFOS 对斑马鱼胚胎及仔鱼的生态毒理效应 …………… 夏继刚, 牛翠娟, 孙麓垠 (7408)
- 浒苔干粉提取对东海原甲藻和中肋骨条藻的克生作用…………… 韩秀荣, 高 嵩, 侯俊妮, 等 (7417)
- 基于柑橘木虱 CO I 基因的捕食性天敌捕食作用评估 …………… 孟 翔, 欧阳革成, Xia Yulu, 等 (7430)
- 健康和虫害的红松挥发物对赤松梢斑螟及其寄生蜂寄主选择行为的影响……………  
…………… 王 琪, 严善春, 严俊鑫, 等 (7437)

### 种群、群落和生态系统

- 小麦蚕豆间作对蚕豆根际微生物群落功能多样性的影响及其与蚕豆枯萎病发生的关系……………  
…………… 董 艳, 董 坤, 汤 利, 等 (7445)
- 喀斯特峰丛洼地不同生态系统的土壤肥力变化特征…………… 于 扬, 杜 虎, 宋同清, 等 (7455)
- 黄土高原人工苜蓿草地固碳效应评估…………… 李文静, 王 振, 韩清芳, 等 (7467)

### 景观、区域和全球生态

- 粉垄耕作对黄淮海北部土壤水分及其利用效率的影响…………… 李轶冰, 逢焕成, 杨 雪, 等 (7478)
- 三峡库区典型农林流域景观格局对径流和泥沙输出的影响…………… 黄志霖, 田耀武, 肖文发, 等 (7487)
- 基于 BP 神经网络与 ETM+ 遥感数据的盐城滨海自然湿地覆被分类…………… 肖锦成, 欧维新, 符海月 (7496)
- 寒温带针叶林土壤 CH<sub>4</sub> 吸收对模拟大气氮沉降增加的初期响应…………… 高文龙, 程淑兰, 方华军, 等 (7505)
- 寒温带针叶林土壤呼吸作用的时空特征…………… 贾丙瑞, 周广胜, 蒋延玲, 等 (7516)

黄土高原小麦田土壤呼吸季节和年际变化..... 周小平,王效科,张红星,等 (7525)  
不同排放源周边大气环境中 NH<sub>3</sub>浓度动态..... 刘杰云,况福虹,唐傲寒,等 (7537)  
施加秸秆和蚯蚓活动对麦田 N<sub>2</sub>O 排放的影响 ..... 罗天相,胡 锋,李辉信 (7545)

### 资源与产业生态

基于水声学方法的天目湖鱼类资源捕捞与放流的生态监测..... 孙明波,谷孝鸿,曾庆飞,等 (7553)  
应用支持向量机评价太湖富营养化状态..... 张成成,沈爱春,张晓晴,等 (7563)

### 研究简报

亚热带 4 种森林凋落物量及其动态特征 ..... 徐旺明,闫文德,李洁冰,等 (7570)  
青蒿素对蔬菜种子发芽和幼苗生长的化感效应 ..... 白 祯,黄 玥,黄建国 (7576)  
NO 参与 AM 真菌与烟草共生过程 ..... 王 玮,赵方贵,侯丽霞,等 (7583)  
基于核密度估计的动物生境适宜度制图方法..... 张桂铭,朱阿兴,杨胜天,等 (7590)  
施氮方式对转基因棉花 Bt 蛋白含量及产量的影响 ..... 马宗斌,刘桂珍,严根土,等 (7601)

### 学术信息与动态

未来地球——全球可持续性研究计划..... 刘源鑫,赵文武 (7610)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 292 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 33 \* 2013-12



**封面图说:** 兴安落叶松林景观——中国的寒温带针叶林属于东西伯利亚森林向南的延伸部分,它是大兴安岭北部一带的地带性植被类型,一般可分为落叶针叶林和常绿针叶林两类。兴安落叶松林景观地下部分为棕色森林土,中上部为灰化棕色针叶林土,均呈酸性反应。随着全球气候持续变暖,寒温带针叶林生态系统潜在的巨大碳库将可能成为大气 CO<sub>2</sub> 的重要来源,研究表明,温度是寒温带针叶林生态系统土壤呼吸作用的主要调控因子,对温度的敏感性随纬度升高而增加,根系和凋落物与土壤呼吸作用表现出相似的空间变异性。

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

DOI: 10.5846/stxb201209131289

刘杰云, 况福虹, 唐傲寒, 沈健林, 王国安, 孟令敏, 刘学军. 不同排放源周边大气环境中  $\text{NH}_3$  浓度动态. 生态学报, 2013, 33(23): 7537-7544.

Liu J Y, Kuang F H, Tang A H, Shen J L, Wang G A, Meng L M, Liu X J. Dynamics of atmospheric ammonia concentrations near different emission sources. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(23): 7537-7544.

## 不同排放源周边大气环境中 $\text{NH}_3$ 浓度动态

刘杰云<sup>1,2</sup>, 况福虹<sup>3</sup>, 唐傲寒<sup>1</sup>, 沈健林<sup>2</sup>, 王国安<sup>1</sup>, 孟令敏<sup>1</sup>, 刘学军<sup>1,\*</sup>

(1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193;

2. 亚热带农业生态过程重点实验室, 中国科学院亚热带农业生态研究所, 长沙 410125;

3. 山地表生过程与生态调控重点实验室, 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘要:** 2010年4月—2011年3月利用 ALPHA 被动采样器, 研究了北京市不同排放源附近  $\text{NH}_3$  浓度的时空变异及其在大气环境保护中的启示。结果表明: 大气中  $\text{NH}_3$  的年均浓度可以分为 3 个层次, 以养殖场猪舍内 ( $2479 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 和垃圾填埋场的原水调节池 ( $2801 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 浓度最高; 其次为养殖场粪水池边 ( $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 和垃圾填埋场厌氧换热工房 ( $198 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 而交通源附近的公路边 ( $15.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、垃圾填埋场办公区 ( $11.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 和远郊农田 ( $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 浓度相对最低。受垃圾组成、温度及降水的影响, 垃圾填埋场原水调节池的  $\text{NH}_3$  浓度变化较大, 最高浓度 ( $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 和最低浓度 ( $6581 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 相差达 47 倍以上。养殖场猪舍内  $\text{NH}_3$  浓度受温度及窗户开闭的影响, 表现出冬季高、夏季低的变化趋势, 而猪舍外粪池边则相反。交通源附近由于受高浓度的颗粒物含量和温度影响,  $\text{NH}_3$  浓度表现出夏季高、冬季低的变化规律。农田受施肥和温度的影响, 也表现出夏季高、冬季低的季节变化。

从大气浓度推断, 单位面积猪舍和填埋场原水调节池  $\text{NH}_3$  排放量远高于施肥农田, 均为  $\text{NH}_3$  的重要排放源。另外, 交通源附近 (公路边) 的  $\text{NH}_3$  浓度几乎为远郊农田的两倍, 提醒人们在关注机动车尾气造成  $\text{NO}_x$  污染的同时, 也应重视其  $\text{NH}_3$  排放所致的大气污染, 后者与机动车普遍安装的尾气后处理装置 (三元催化器) 有关。

**关键词:**  $\text{NH}_3$ ; 养殖场; 垃圾填埋场; 交通源; 农田

## Dynamics of atmospheric ammonia concentrations near different emission sources

LIU Jieyun<sup>1,2</sup>, KUANG Fuhong<sup>3</sup>, TANG Aohan<sup>1</sup>, SHEN Jianlin<sup>2</sup>, WANG Guo'an<sup>1</sup>, MENG Lingmin<sup>1</sup>, LIU Xuejun<sup>1,\*</sup>

1 College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China

2 Laboratory of Agro-Ecological Processes in Subtropical Regions, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

3 Key Laboratory of Mountain Environment Evolution and Regulation, Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

**Abstract:** Ammonia ( $\text{NH}_3$ ) is an important alkaline gas and precursor of secondary aerosols or fine particulate matter (such as  $\text{PM}_{2.5}$ ) in the atmosphere.  $\text{NH}_3$  is mainly from agricultural sources (ammonium based N fertilizers and livestock wastes). However, the contribution of urban and industrial sources to atmospheric  $\text{NH}_3$  has become an environmental concern with accelerated urbanization and industrialization in China. Therefore this paper studied the spatial-temporal variability of  $\text{NH}_3$  and its applications in environmental protection at different sites near various emission sources in Beijing using ALPHA passive samplers during April 2010 and March 2011. The annual mean  $\text{NH}_3$  concentration can be classified to three levels, the highest  $\text{NH}_3$  concentrations were found at fattening house at a swine farm site ( $2379 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and a waste water pool at a refuge landfill site ( $2801 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). The second high concentrations occurred at a manure pit nearby a swine

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (41071151) (40901144)

收稿日期: 2012-09-13; 修订日期: 2013-04-18

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liu310@cau.edu.cn

farm site ( $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and anaerobic heat workshop of refuge landfill site ( $198 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). The lowest  $\text{NH}_3$  concentrations were observed at the avenue beside the gate of China Agricultural University ( $15.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), working area of refuge landfill site ( $11.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and cropland at Shangzhuang site ( $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Due to garbage components, temperature and precipitation, the  $\text{NH}_3$  concentrations near raw water pool of refuge landfill varied at very large scope ( $137\text{--}6581 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) during the sampling period. As affected by the open and close of the window, the concentrations of fattening house of swine farm were highest in winter, and lowest in summer, which was opposite to the variation at manure pit. The  $\text{NH}_3$  concentrations were highest at in summer, and lowest in winter, which may be ascribed to the high concentration of particulate matter ( $\text{PM}_{2.5}$ ) near traffic source, and high  $\text{NH}_3$  volatilization with high temperature in summer. Due to the fertilization mode and change of air temperature, the  $\text{NH}_3$  concentrations on the farmland revealed the same seasonal pattern as the traffic source. Our results suggest that fattening house of swine farm and raw water pool of refuge landfill were very important  $\text{NH}_3$  emission sources compared with fertilized cropland, based on emission densities. Besides, the concentration near the avenue was twice as high as that near the cropland, suggesting that the traffic exhausts not only contribute to  $\text{NO}_x$  emission, but also to  $\text{NH}_3$  emission, which was largely related to motor vehicles with catalytic converters.

**Key Words:**  $\text{NH}_3$ ; swine farm; refuge landfill; traffic source; cropland

大气中  $\text{NH}_3$  主要来自低空排放源,且在排放源附近干沉降量很大。高浓度的氨,会对人体和动物健康造成潜在危害<sup>[1]</sup>。近年来,全球大气活性氮排放量急剧上升<sup>[2]</sup>。其主要的排放源有养殖业、生物质燃烧、氮肥施用、污水和汽车尾气等<sup>[3]</sup>。王文兴<sup>[4]</sup>根据欧洲排放因子估算了我国  $\text{NH}_3$  排放强度,畜禽养殖排  $\text{NH}_3$  量占人为源的 64%,氮肥施用占 18%,人类粪便占 17%。

农业生产中,氮肥过量产生大量的  $\text{NH}_3$  挥发<sup>[5-6]</sup>。而畜牧业排放的氨更为可观,有研究<sup>[7-8]</sup>表明,大气中来自动物粪便排放的氨是农业源的 4 倍多。集约化养殖场氨过量排放,可通过各种形式对生态系统产生直接和间接损害<sup>[9-10]</sup>。此外,全球城市扩张愈演愈烈,人口剧增,日常生活产生的垃圾及污水排放的  $\text{NH}_3$ ,也危害着人类的健康<sup>[11]</sup>。

有研究报道<sup>[12]</sup>华北地区大气氮素的干沉降高于欧洲、北美等国家,而气态  $\text{NH}_3$  沉降在干沉降中占重要的地位。北京地区大气中  $\text{NH}_3$  浓度为  $0.2\text{--}44.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,且城市高于城郊<sup>[13-14]</sup>。但对于不同来源  $\text{NH}_3$  对大气中氨浓度的影响目前还鲜有报道。在北京等特大型城市,大气  $\text{NH}_3$  来源十分复杂,因此,对大气  $\text{NH}_3$  污染源进行深入研究势在必行。本文研究了北京地区的  $\text{NH}_3$  典型排放源,初步探明了不同排放源的  $\text{NH}_3$  浓度动态,分析了各排放源的污染特点,以期为大气污染控制等一系列法规的制定提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 监测点概况

本研究选取位于北京市的 4 个典型  $\text{NH}_3$  排放源(表 1),分别为、六里屯卫生垃圾填埋场排放源、顺义区北郎中养殖场排放源、海淀区圆明园西路(中国农业大学西校区门口公路)交通源和海淀区上庄村农田排放源。各监测点均位于平坦开阔的空间,周围无障碍物影响采样。采样区域年平均温度  $12.5^\circ\text{C}$ ,多年平均降水量为  $400\text{--}800\text{mm}$ ,主要集中在 6—9 月份,雨热同期。垃圾填埋场内原水调节池与厌氧换热工房及厌氧换热工房与办公区相距均约  $100\text{m}$ ,原水调节池与办公区相距约  $250\text{m}$ ,其中原水调节池为垃圾填埋场  $\text{NH}_3$  主要来源之一,采样期间已加盖,选取本监测点可得到垃圾渗滤液未经处理时排放的  $\text{NH}_3$  浓度,代表了垃圾填埋场污染物浓度的上限,而厌氧换热工房内的  $\text{NH}_3$  浓度代表了渗滤液经过氧化池和厌氧发酵处理后排放的  $\text{NH}_3$  浓度,即处理过程中污染物的排放;办公区浓度可代表垃圾填埋场的整体处理效果;背景点位于距离场区  $500\text{m}$  处,此地区上风向的树林内。北郎中养殖场为一个存栏量 8000 头,年出栏肥猪和育种猪 15000 头的集约化养猪场,育肥猪舍代表了整个养殖场猪舍内的  $\text{NH}_3$  浓度水平,粪池边代表了猪粪对大气的排  $\text{NH}_3$  量,育肥猪舍与粪水

池相距约 200m。公路交通源处日平均交通量为 8 万辆,采样点位于公路旁的绿化带内,本采样点位于北京市北五环边上,污染程度介于三环以内和郊区之间,可代表北京市公路交通源 NH<sub>3</sub>浓度的平均水平。上庄约 40%的土地为农田,其他主要土地利用类型包括居民区、商业区和公路,采样点位于上庄试验站农田内,实验站内全部为试验田,可很好的代表农田 NH<sub>3</sub>污染水平,采样期间主要作物种植体系为冬小麦/夏玉米轮作体系。

表 1 不同排放源附近监测点概况

Table 1 Introduction of different monitoring sites near emission sources

排放源 Emission sources	采样点 Sampling site	经纬度 Location	采样时段 Period of Sampling	采样点类型 Sampling type
垃圾填埋场 Refuge landfill	原水调节池 Raw water pool	39°56'N, 116°29'E	2010-04-08—2011-03-30	城郊 Suburb site
	厌氧发酵室 Anaerobic heat workshop		2010-04-08—2011-03-30	
	办公区 Working area	2010-06-07—2011-03-30	城郊 Suburb site	
	背景点 Background	2010-12-20—2011-02-17		
养殖场 Swine farm	育肥猪舍 fattening house	40°03'N, 116°41'E	2010-05-04—2011-01-17	城郊 Suburb site
	粪池边 Manure pit		2010-03—2011-01-20	
交通源 Traffic source	圆明园西路 Yuanmingyuan West Road	39°50'N, 116°08'E	2010-04-08—2011-03-30	城市 Urban site
	农大上庄农业试验站			
农田 Farm land	Shangzhuang experimental station of China Agricultural University	40°08'N, 116°11'E	2010-05-09—2011-03-30	城郊 Suburb site

## 1.2 样品采集及分析

采样点空气中 NH<sub>3</sub>采用英国生态水文中心 (CEH, Centre for Ecology and Hydrology) 提供的被动采样器 ALPHA (Adapted Low-cost Passive High Absorption) 采集。采样膜也为英国生态水文中心提供,该膜已经被英国生态水文中心验证,并与主动采样器 DELTA 系统进行了比较,方法可信,已经广泛被欧盟的氮沉降网络广泛使用。每个监测点设置 3 个重复,采样频率根据排放源的浓度设置为 7—14d (由于垃圾填埋场原水调节池 NH<sub>3</sub>浓度较高,采样频率为 7d,其他各点均为 14d),样品被采回后保存于 4℃ 冰箱中,每月集中浸提、分析。

样品浸提方法:将采样膜从采样器中取出放于 15mL 的离心管中,加入 10mL 的高纯水浸提,浸提过程中不断摇动离心管,使样品充分浸提,一个小时后,用镊子将采样膜上的浸提液挤干,然后将其取出,浸提后待测。

浸提液分析采用连续流动分析仪 (Continue Flow Analyzer, AA3, Germany,) 测定。连续流动分析仪的工作原理:样品与水杨酸和二氯异腈脲酸钠 (DCI) 反应生成蓝色化合物在 660nm 波长下检测,得到水样中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量,并进一步根据浸提液的体积计算采集的 NH<sub>3</sub> 质量。空气中 NH<sub>3</sub> 浓度 ( $C, \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 可以通过以下方程计算得到:

$$C = (17/14) \times (m_e - m_b) / V$$

式中,  $m_e$  为样品中 NH<sub>3</sub> 的质量 (以 N 计),  $m_b$  为空白中 NH<sub>3</sub> 的质量。有效采样体积 ( $V, \text{m}^3$ )

根据采样时间以及仪器自身所固有的采样速率,有效采样体积 ( $V, \text{m}^3$ ) 计算方法如下:

$$V = DA t / L$$

式中,  $t$  为采样时间 (h),  $D = 2.09 \times 10^{-5} \text{ m}^{-2}/\text{s}$  at 10℃,  $A = 3.463 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ,  $L = 0.006 \text{ m}$ , 则

$$V (\text{m}^3) = 0.004343 (\text{m}^3) \times t (\text{h})$$

## 2 结果与讨论

### 2.1 垃圾填埋场 NH<sub>3</sub> 浓度

垃圾填埋场各监测点的 NH<sub>3</sub> 浓度有很大的差异 (图 1), 原水调节池、厌氧换热工房和办公区 NH<sub>3</sub> 浓度变化范围分别为 137—6581  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、39—538  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、5.6—24.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 平均浓度分别为 2801  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、198  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  和 11.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。原水调节池 NH<sub>3</sub> 平均浓度超过了国家排放标准 (恶臭污染物的排放标准 (GB18918—2002))

中,  $\text{NH}_3$  的二级排放标准为  $1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 是垃圾填埋场  $\text{NH}_3$  的主要来源之一, 对环境的影响比较大。

原水调节池的  $\text{NH}_3$  浓度变化比较大, 虽没有明显的季节规律性, 但夏季浓度整体高于冬季。垃圾填埋场原水调节池的  $\text{NH}_3$  浓度之所以变化较大, 受三方面因素的影响: 产生渗滤液的垃圾组成, 温度和降水<sup>[15]</sup>。不同垃圾组分, 其分解速度不同<sup>[16]</sup>, 果类、蔬菜和粮食等食品降解的速度快, 而塑料、橡胶等人工合成高分子材料的降解则非常慢。夏季产生的垃圾 50% 以上为可降解的垃圾<sup>[15]</sup>, 由分解速度较快的垃圾产生的渗滤液中所含  $\text{NH}_3$  浓度会比较高, 而分解慢的垃圾产生的渗滤液中所含  $\text{NH}_3$  浓度会比较低。

垃圾填埋场原水调节池  $\text{NH}_3$  排放不仅受垃圾组成的影响, 温度和降水对其影响也很大<sup>[15]</sup>。垃圾降解为酶催化反应, 其反应速度对温度的变化很敏感。有研究表明<sup>[17]</sup>, 当垃圾处于  $41^\circ\text{C}$  环境中时, 其降解速度最大, 填埋气的产量也达到了最大。温度高于或低于  $41^\circ\text{C}$ , 垃圾降解速度都会变慢, 当温度高于  $70^\circ\text{C}$  或低于  $-5^\circ\text{C}$  时, 微生物将停止活动, 垃圾也将不再降解。而北京地区 4—10 月份的气温一般都在  $20^\circ\text{C}$  以上, 有利于垃圾的降解。春季, 随着温度的逐渐升高, 冬季产生的垃圾也开始分解, 加上春季的垃圾分解, 故在春季, 渗滤液中  $\text{NH}_3$  浓度也比较高。降水对渗滤液的影响有两方面<sup>[15]</sup>, 一方面, 降雨后, 雨水与垃圾渗滤液混合使渗滤液中的污染物浓度有所降低, 从而减小了  $\text{NH}_3$  的生成速度和浓度。另一方面, 更重要的是, 降水后, 填埋区垃圾中的微生物可利用的水分增加, 有利于微生物的分解活动, 产生更多的  $\text{NH}_3$ , 增加了渗滤液中  $\text{NH}_3$  的浓度。北京地区 7、8、9 月份降雨量比较大, 对  $\text{NH}_3$  的排放影响也比较大, 冬季, 尤其是 11、12 月份, 北京几乎没有降水, 且温度比较低, 微生物的分解活动缓慢,  $\text{NH}_3$  的浓度也比较低。

根据每次污水的处理程度不同, 厌氧换热工房的  $\text{NH}_3$  浓度也不同, 污水处理效果好, 则  $\text{NH}_3$  浓度小, 反之则大; 经过氧化沟、氧化池等各个环节的处理, 办公区监测到的  $\text{NH}_3$  浓度已经降到了  $11.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

垃圾填埋场产生的  $\text{NH}_3$  在各个监测点之间有很大的差异, 虽然经过处理之后,  $\text{NH}_3$  浓度有了很大的降低, 但是其整体污染仍相当严重, 办公区  $\text{NH}_3$  浓度在场区中最低, 但其浓度仍高于背景点的浓度 ( $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。所以, 垃圾填埋场是一个极重要的  $\text{NH}_3$  源, 而随着生活水平的提高, 生活垃圾的产生有逐渐增加的趋势, 如果不对  $\text{NH}_3$  采取有效的减排措施, 垃圾填埋场的污染会日趋严重, 它将成为一个更大的  $\text{NH}_3$  源。

## 2.2 养殖场 $\text{NH}_3$ 排放

由图 2 可知, 育肥猪舍的  $\text{NH}_3$  平均浓度为  $2379 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 变化范围为  $195—5980 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 这与郑鲲的研究结果相似<sup>[18]</sup>, 粪池边  $\text{NH}_3$  浓度为  $64—346 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 平均浓度  $205 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。其中育肥猪舍内夏季  $\text{NH}_3$  浓度最低, 春秋次之, 而冬季最高, 这与猪舍的窗户开闭有密切关系。根据育肥猪对温度的反应及季节变化, 春秋季节猪舍窗户白天打开, 晚上关闭, 夏季窗户全天打开, 而冬天由于温度低, 窗户全天关闭。据报道, 通风速率对  $\text{NH}_3$  的浓度有很大的影响<sup>[19]</sup>。因此, 在猪舍窗户打开的情况下, 猪舍的通风速率加快, 加快了氨气从舍内向舍外的扩散速度, 这样就导致了舍内氨气浓度的显著下降, 故夏季猪舍内的  $\text{NH}_3$  浓度最低。冬天, 门窗全天关闭, 猪舍内产生的  $\text{NH}_3$  不易向外扩散, 使得猪舍内的  $\text{NH}_3$  浓度很高。而猪舍外的粪池边则表现为夏季最高, 冬季最低。

本研究养殖场猪舍  $\text{NH}_3$  平均浓度与韩国报道的值基本相当, 但明显低于欧洲国家的水平。德国猪舍内的氨气浓度平均值高达  $7589 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>[20]</sup>, 爱尔兰育肥舍内的氨气浓度高达  $9850 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>[21]</sup>, 英联邦育肥舍内氨气浓度的平均值高达  $30000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>[22]</sup>。有研究认为<sup>[23]</sup> 猪舍的通风系统、地板类型及粪便处理方式可显著影响  $\text{NH}_3$ ,

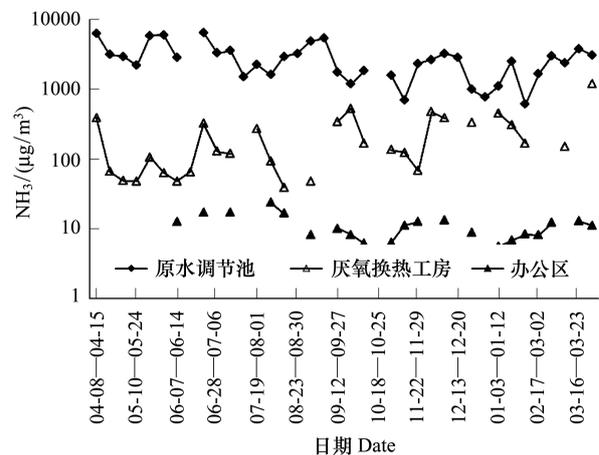


图 1 垃圾填埋场不同监测点  $\text{NH}_3$  浓度的时空变异

Fig. 1 Spatial and temporal variation of the ammonia concentration at different sites in refuge landfill

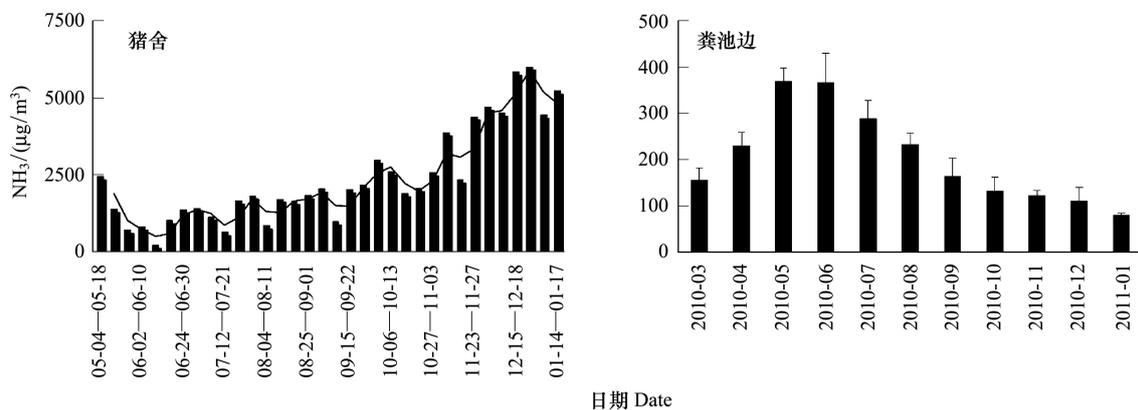
图2 养殖场育肥猪舍和粪池边 NH<sub>3</sub> 浓度随时间的变化

Fig.2 Temporal variations of the ammonia concentrations at fattening house and manure pit of swine farm

的浓度。本研究中北郎中养殖场猪舍为自然通风,水泥地板-干清粪系统,自然通风促使猪舍内的 NH<sub>3</sub> 扩散出猪舍外,降低了舍内的浓度,每天工人将猪粪清理出猪舍,从而降低了粪便对猪舍内 NH<sub>3</sub> 浓度的贡献,而欧洲国家多采用机械通风,漏缝地板-湿清粪系统,机械通风速率远大于自然通风速率,故 NH<sub>3</sub> 挥发量也比较大;产生的猪粪通过漏缝地板进入地下,与水混合,定期清理,在此期间,猪粪累积排放的 NH<sub>3</sub> 要明显高于每天清理猪粪产生的 NH<sub>3</sub>。与欧洲的漏缝地板-湿清粪系统相比,此自然通风,水泥地板-干清粪系统虽然可降低猪舍内的 NH<sub>3</sub> 浓度,却增加了对猪舍外的影响。据郑鲲<sup>[18]</sup> 的研究,猪舍内的中心位置, NH<sub>3</sub> 浓度可高达 6000 µg/m<sup>3</sup>,猪场内猪粪堆积区 NH<sub>3</sub> 浓度可达 200 µg/m<sup>3</sup>,而在距离猪场 5m 远的地方浓度迅速降为 50 µg/m<sup>3</sup>,到 200m 的地方,浓度则进一步降至 25—30 µg/m<sup>3</sup>,而国际报道的结果一般在 100m 以内,氨气浓度会降至 20 µg/m<sup>3</sup> 以下,故本研究中的集约化养殖场对周围大气的影响较大。

### 2.3 交通源 NH<sub>3</sub> 排放

本研究发现,公路交通源采样点附近监测的结果表明, NH<sub>3</sub> 浓度(如图 3)在 6.4—32.2 µg/m<sup>3</sup> 之间,平均为 15.2 µg/m<sup>3</sup>,这与 Ianniello<sup>[12]</sup> 和 Meng<sup>[13]</sup> 的结果相一致。一直以来,交通源都作为 CO、NO<sub>x</sub>、NMVOC(非甲烷挥发性有机化合物)等的重要排放源而备受关注<sup>[24-25]</sup>,从本研究的结果来看,交通源也是 NH<sub>3</sub> 的重要排放源。交通源产生的 NH<sub>3</sub> 可能与交通源附近较高的颗粒物浓度有关。Ianniello<sup>[12]</sup> 的研究表明,交通源附近大气中 NH<sub>3</sub> 浓度与 PM<sub>2.5</sub> 含量呈显著的相关性。交通源 NH<sub>3</sub> 排放也存在着明显的季节变化,夏季浓度高于冬季,尤其是在 7、8 月份北京地区的温度最高,交通源附近的 NH<sub>3</sub> 浓度也最高,说明温度对其有较大的影响。大气温度和湿度可显著影响交通源排放的 NH<sub>3</sub> 浓度<sup>[26]</sup>,高温促进了颗粒物中的 NH<sub>3</sub> 挥发,尤其是硝酸铵的解离对温度的响应极为敏感。而交通源附近的 PM<sub>2.5</sub> 含量一般都比较高<sup>[12]</sup>,这些高浓度的 PM<sub>2.5</sub> 在高温条件下为 NH<sub>3</sub> 的产生提供充足的“原料”。

此外,近年来,为了减少汽车尾气排放 NO<sub>x</sub> 的污染,采用了先进的后处理装置,这些后处理装置,如选择性催化还原系统(SCR),虽然可有效的降低 NO<sub>x</sub> 的排放,同时也带来了二次污染物 NH<sub>3</sub> 的排放<sup>[27]</sup>。SCR 后处理技术是通过向排气管内喷入还原剂(通常是尿素水溶液),使还原剂经过热解、水解产生 NH<sub>3</sub>,而 NH<sub>3</sub> 随后存

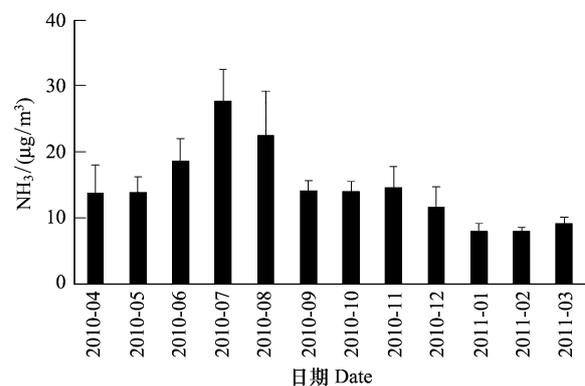
图3 交通源 NH<sub>3</sub> 浓度随时间的变化

Fig.3 Temporal variation of the ammonia concentration at traffic source site

储在催化器内,与废气中  $\text{NO}_x$  发生反应,生成无害的  $\text{N}_2$  和水<sup>[28]</sup>。当还原剂喷入过量,会导致多余的  $\text{NH}_3$  随废气排入大气,造成二次污染。所以,安装有尾气后处理装置的机动车辆也是  $\text{NH}_3$  不容忽视的重要排放源,且随着机动车保有数量的持续增加,交通源将会成一个越来越重要的  $\text{NH}_3$  排放源。

## 2.4 农田 $\text{NH}_3$ 排放

农田是  $\text{NH}_3$  的重要排放源<sup>[29]</sup>。尤其是近几十年来,过量施肥问题严重<sup>[30]</sup>,农田施肥供大于需,过剩的肥料则通过  $\text{NH}_3$  挥发进入大气。如图 4 所示,上庄农田  $\text{NH}_3$  浓度为 2.3—21.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,平均为 7.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,与 07—09 年的平均值 9.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>[31]</sup> 接近。农田  $\text{NH}_3$  排放的季节性差异比较大,其中,6—8 月份  $\text{NH}_3$  浓度最高,最高可达 21.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,12 月—翌年 3 月份最低,最低浓度为 2.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。华北平原冬小麦/夏玉米轮作体系,农户常规氮肥施用量高达 500—600  $\text{kg N hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ,而氮肥的表观利用率常低于 30%,超过 20% 的氮肥则通过  $\text{NH}_3$  挥发进入大气<sup>[6]</sup>。春季,冬小麦开始生长,开始第一次施肥,但由于温度比较低, $\text{NH}_3$  挥发量不是太大,4—5 月份  $\text{NH}_3$  浓度有所升高,但变幅不大;进入夏季,农田进行第 2 次施肥,且施肥量比较大,由于夏季温度较高,高温促进氮肥(北京地区多施用尿素)分解,释放大量的  $\text{NH}_3$ ,所以,夏季,大气中  $\text{NH}_3$  浓度最高;冬季,温度很低,也没有施肥活动,故冬季大气中  $\text{NH}_3$  浓度最低。虽然农田排放到大气中的  $\text{NH}_3$  浓度不及垃圾填埋场、养殖场等排放源高,但是,大面积的农田  $\text{NH}_3$  挥发对大气环境的影响,并不比其他排放源小。

## 3 结论

本研究通过在北京地区不同  $\text{NH}_3$  排放源采样点进行  $\text{NH}_3$  浓度长达 1a 的连续监测,结果表明各排放源对大气中  $\text{NH}_3$  浓度的影响各异。垃圾填埋场中,原水调节池处的  $\text{NH}_3$  浓度最高,平均高达 2801  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,厌氧换热工房次之,办公区最低。养殖场中,育肥猪舍内的  $\text{NH}_3$  浓度平均高达 2479  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。交通源采样点  $\text{NH}_3$  的平均浓度为 15.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。农田采样点  $\text{NH}_3$  的平均浓度为 7.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。各排放源  $\text{NH}_3$  浓度均存在着明显的季节变化:夏季浓度较高,冬季浓度较低。养殖场、垃圾填埋场、农田等典型  $\text{NH}_3$  排放源对空气中  $\text{NH}_3$  的影响都比较大,其中养殖场采样点的  $\text{NH}_3$  浓度最大,其次为垃圾填埋场。值得注意的是,由于目前机动车保有数量的增加,且大多数机动车辆都安装了尾气后处理装置, $\text{NO}_x$  的典型排放源——公路交通源采样点的  $\text{NH}_3$  浓度甚至要高于农田采样点,从而使交通源也成为  $\text{NH}_3$  的重要排放源。

本研究表明,垃圾填埋场、养殖场、交通源、农田等污染源对大气中  $\text{NH}_3$  有较大的贡献,因此应加强对这些排放源的控制和管理,降低  $\text{NH}_3$  排放对大气环境的影响。在垃圾填埋场的  $\text{NH}_3$  污染源中,原水调节池的污染最严重,因此应着重控制原水调节池的  $\text{NH}_3$  排放。可采用 SBR 工艺的多级运行方式<sup>[32]</sup>,或利用微生物技术、生化脱氮等对渗滤液进行治理。针对集约化养殖场,尤其是猪舍内高浓度的  $\text{NH}_3$  排放,应积极开展源头治理,如在饲料中添加抑制剂等。汽车尾气处理装置的增设增加了公路交通源的  $\text{NH}_3$  排放,为降低其  $\text{NH}_3$  排放,相关部门应注重不断完善 SCR 后处理系统的功能和减排效率。而农田施肥是氨挥发的主要来源,因此在施肥过程中应改变传统的肥料撒施方式,氮肥深施,既可提高氮肥利用率,同时还可减少环境污染。此外,相关部门还应不断完善有关  $\text{NH}_3$  减排的法律法规,加快建立完善氨氮减排的体制机制。

## References:

- [1] Wheeler E F, Smith J L, Hulet R M. Ammonia volatilization from litter during nine broiler flocks // Proceedings of the Second International

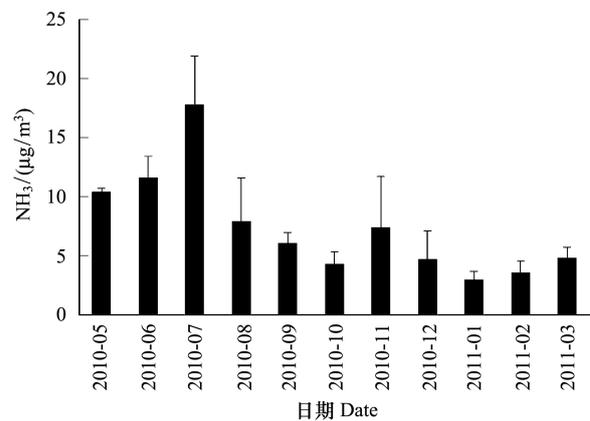


图 4 农田  $\text{NH}_3$  浓度时空变异

Fig. 4 Spatial and temporal variation of the ammonia concentration at cropland site

- Conference on Air Pollution from Agricultural Operations. Des Moines, 2000; 25-32.
- [ 2 ] Galloway J N, Dentener F J, Capone D G, Boyer E W, Howarth R W, Seitzinger S P, Asner G P, Cleveland C C, Green P A, Holland E A, Karl D M, Michaels A F, Porter J H, Townsend A R, Vöosmarty C J. Nitrogen cycles: Past, present, and future. *Biogeochemistry*, 2004, 70(2): 153-226.
- [ 3 ] Bouwman A F, Lee D S, Asman W A H, Dentener F J, Van Der Hoek K W, Olivier J G J. A global high-resolution emission inventory for ammonia. *Global Biogeochemical Cycles*, 1997, 11(4): 561-587.
- [ 4 ] Wang W X, Lu Y F, Pang Y B, Tang D G, Zhang W H. Geographical distribution of NH<sub>3</sub> emission intensities in China. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1997, 17(1): 1-6.
- [ 5 ] Su F, Ding X Q, Gao Z L, Huang B X, Chen X P, Zhang F S, Kogge M, Römheld V. Ammonia volatilization from nitrogen fertilization of winter wheat-summer maize rotation system in the North China Plain. *China Environmental Science*, 2007, 27(3): 409-413.
- [ 6 ] Ju X T, Xing G X, Chen X P, Zhang S L, Zhang L J, Liu X J, Cui Z L, Yin B, Christie P, Zhu Z L, Zhang F S. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(9): 3041-3046.
- [ 7 ] Webb J, Menzi H, Pain B F, Misselbrook T H, Dämmgen U, Hendriks H, Döhler H. Managing ammonia emissions from livestock production in Europe. *Environmental Pollution*, 2005, 135(3): 399-406.
- [ 8 ] Rebolledo B, Gil A, Pallarés J. A spatial ammonia emission inventory for pig farming. *Atmospheric Environment*, 2013, 64: 125-131.
- [ 9 ] Galloway J N, Townsend A R, Erisman J W, Bekunda M, Cai Z, Freney J R, Martinelli L A, Seitzinger S P, Sutton M A. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 2008, 320(5878): 889-892.
- [ 10 ] Sandersona M G, Collins W J, Johnson C E, Derwent R G. Present and future acid deposition to ecosystems the effect of climate change. *Atmospheric Environment*, 2006, 40(7): 1275-1283.
- [ 11 ] Wang L, Ding Z H. Analyses on malodor pollution and the preventive techniques for it. *Industrial Safety and Environmental Protection*, 2005, 31(3): 28-30.
- [ 12 ] Pan Y P, Wang Y S, Tang G Q, Wu D. Wet and dry deposition of atmospheric nitrogen at ten sites in Northern China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2012, 12(14): 6515-6535.
- [ 13 ] Ianniello A, Spataro F, Esposito G, Allegrini I, Rantica E, Ancora M P, Hu M, Zhu T. Occurrence of gas phase ammonia in the area of Beijing (China). *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2010, 10(19): 9487-9503.
- [ 14 ] Meng Z Y, Lin W L, Jiang X M, Yan P, Wang Y, Zhang Y M, Jia X F, Yu X L. Characteristics of atmospheric ammonia over Beijing, China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2011, 11(12): 6139-6151.
- [ 15 ] Li Y Y. Study on the Emission Rules of Landfill Malodorous Gases and Program Planning for Efficient Deodorization [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2008.
- [ 16 ] Wang W C, Zhang H. Biodegradation of organic pollutants in solid waste landfill site. *Nonferrous Metals Engineering and Research*, 2008, 28(2): 164-168, 172-172.
- [ 17 ] Barlaz M A, Milke M W, Ham R K. Gas production parameters in sanitary landfill simulators. *Waste Management and Research*, 1987, 5(1): 27-39.
- [ 18 ] Zheng K. Study on Air Quality and Ammonia Emission from An Intensive Pig Farm [D]. Beijing: China Agricultural University, 2010.
- [ 19 ] Faulkner W B, Shaw B W. Review of ammonia emission factors for United States animal agriculture. *Atmospheric Environment*, 2008, 42(27): 6567-6574.
- [ 20 ] Radon K, Danuser B, Iversen M, Monso E, Weber C, Hartung J, Donham K, Palmgren U, Nowak D. Air contaminants in different European farming environments. *Annals Agricultural Environmental Medicine*, 2002, 9(1): 41-48.
- [ 21 ] Hayes E T, Curran T P, Dodd V A. Odour and ammonia emissions from intensive pig units in Ireland. *Bioresource Technology*, 2006, 97(7): 940-948.
- [ 22 ] Demmers T G M, Burgess L R, Short J L, Phillips V R, Clark J A, Wathes C M. Ammonia emissions from two mechanically ventilated UK livestock buildings. *Atmospheric Environment*, 1999, 33(2): 217-227.
- [ 23 ] Blanes-Vidal V, Hansen M N, Pedersen S, Rom H B. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2008, 124(3/4): 237-244.
- [ 24 ] Xie S D, Song X Y, Shen X H. Calculating vehicular emission factors with COPERT III mode in China. *Environmental Science*, 2006, (3): 415-419.
- [ 25 ] Li W, Fu L X, Hao J M, Ma H, Li S Q, Hu W. Emission inventory of 10 kinds of air pollutants for road traffic vehicles in China. *Urban Environment and Urban Ecology*, 2003, 16(2): 36-38.

- [26] Perrino C, Catrambone M, Di Menno Di Bucchianico A, Allegrini I. Gaseous ammonia in the urban area of Rome, Italy and its relationship with traffic emissions. *Atmospheric Environment*, 2002, 36(34): 5385-5394.
- [27] Gao Z, Liu S X, Yan F W, Wang F B. An experimental study on the NO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> emission characteristics of state IV diesel engines. *Automotive Engineering*, 2010, 32(7): 582-585.
- [28] Zhang C R, Huang L P, Pang H L, Li H, Deng C L. Recent research situation of overseas Urea-SCR reducer dosing systems for diesel engine. *Internal Combustion Engines*, 2011, (5): 1-4, 14-14.
- [29] Deng X J, Zhang F S. Nutrient from environment and its effect in nutrient resources management of ecosystems — A case study on atmospheric nitrogen deposition. *Arid Zone Research*, 2009, 29(3): 306-311.
- [30] Ju X T, Kou C L, Dou Z X, Dou Z X, Zhang F S. Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution*, 2007, 145(2): 497-506.
- [31] Shen J L. Atmospheric Concentrations and Dry Deposition Rates of Reactive Nitrogen Species in Arable Land Regions in North China Plain [D]. Beijing: China Agricultural University, 2010.
- [32] Yang X, Wang Z Z, Zhang C. Experimental study on treatment of landfill leachate by SBR process. *Shanxi Energy and Conservation*, 2009, 57(6): 51-54.

#### 参考文献:

- [4] 王文兴, 卢筱凤, 庞燕波, 汤大纲, 张婉华. 中国氨的排放强度地理分布. *环境科学学报*, 1997, 17(1): 1-6.
- [5] 苏芳, 丁新泉, 高志岭, 黄彬香, 陈新平, 张福锁, Kogge M, Römheld V. 华北平原冬小麦-夏玉米轮作体系氮肥的氨挥发. *中国环境科学*, 2007, 27(3): 409-413.
- [11] 王令, 丁忠浩. 恶臭污染分析及防治技术. *工业安全与环保*, 2005, 31(3): 28-30.
- [15] 李元元. 垃圾卫生填埋场臭气排放规律及现场除臭效果和方案研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.
- [16] 王文超, 张华. 垃圾填埋场中有机污染物的生物降解. *有色冶金设计与研究*, 2008, 28(2): 164-168, 172-172.
- [18] 郑鲲. 集约化养猪场空气质量及氨排放通量初步研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2010. (未链接到本条文献信息)
- [24] 谢绍东, 宋翔宇, 申新华. 应用 COPERT III 模型计算中国机动车排放因子. *环境科学*, 2006, (3): 415-419.
- [25] 李伟, 傅立新, 郝吉明, 马红, 李锁强, 胡伟. 中国道路机动车 10 种污染物的排放量. *城市环境与城市生态*, 2003, 16(2): 36-38.
- [27] 高章, 刘双喜, 颜伏伍, 王凤滨. 国IV柴油机 NO<sub>2</sub> 及 NH<sub>3</sub> 排放特性试验研究. *汽车工程*, 2010, 32(7): 582-585.
- [28] 张春润, 黄利平, 庞海龙, 李浩, 邓成林. 柴油机 Urea-SCR 还原剂供给系统国外研究现状. *内燃机*, 2011, (5): 1-4, 14-14.
- [29] 刘学军, 张福锁. 环境养分及其在生态系统养分资源管理中的作用——以大气氮沉降为例. *干旱区研究*, 2009, 29(3): 306-311.
- [31] 沈健林. 华北平原农田区域大气活性氮浓度及其干沉降输入 [D]. 北京: 中国农业大学, 2010.
- [32] 杨曦, 王增长, 张弛. SBR 工艺对垃圾渗滤液处理的实验研究. *山西能源与节能*, 2009, 57(6): 51-54.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.23 Dec., 2013 (Semimonthly)**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

- Ozone uptake at the canopy level in *Robinia pseudoacacia* in Beijing based on sap flow measurements ..... WANG Hua, OUYANG Zhiyun, REN Yufen, et al (7323)
- Genetic impact of swimming crab *Portunus trituberculatus* farming on wild genetic resources in Haizhou Bay ..... DONG Zhiguo, LI Xiaoying, ZHANG Qingqi, et al (7332)
- The effect of soil salinity to improve the drought tolerance of arrowleaf saltbush ..... TAN Yongqin, BAI Xinfu, HOU Yuping, et al (7340)
- Effects of *Liriomyza huidobrensis* infestation on the activities of four defensive enzymes in the leaves of cucumber plants ..... SUN Xinghua, ZHOU Xiaorong, PANG Baoping, et al (7348)

**Autecology & Fundamentals**

- Early effects of simulated nitrogen deposition on annual nutrient input from litterfall in a *Pleioblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China ..... XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (7355)
- Relationship between nutrient characteristics and yields of tumorous stem mustard at different growth stage ..... ZHAO Huan, LI Huihe, LÜ Huifeng, et al (7364)
- Decomposition rate and silicon dynamic of mulching residue under *Phyllostachys praecox* stands ..... HUANG Zhangting, ZHANG Yan, SONG Zhaoliang, et al (7373)
- Effects of waterlogging on the growth and physiological properties of juvenile oilseed rape ..... ZHANG Shujie, LIAO Xing, HU Xiaojia, et al (7382)
- The crude protein content of main food plants of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui, Guangxi, China ..... LI Youbang, DING Ping, HUANG Chengming, et al (7390)
- Effects of nitrogen on photosynthetic characteristics and enzyme activity of nitrogen metabolism in maize under-mulch-drip irrigation ..... GU Yan, HU Wenhe, XU Baijun, et al (7399)
- Ecotoxicological effects of exposure to PFOS on embryo and larva of zabrafish *Danio rerio* ..... XIA Jigang, NIU Cuijuan, SUN Luyin (7408)
- Allelopathic effects of extracts from *Ulva prolifera* powders on the growth of *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum* ..... HAN Xiurong, GAO Song, HOU Junni, et al (7417)
- Predation evaluation of *Diaphorina citri*'s (Homoptera: Chermidae) natural enemies using the CO I marker gene ..... MENG Xiang, OUYANG Gecheng, XIA Yulu, et al (7430)
- Effect of volatiles from healthy or worm bored Korean pine on host selective behavior of *Dioryctria sylvestrella* and its parasitoid *Macrocentrus* sp. .... WANG Qi, YAN Shanchun, YAN Junxin, et al (7437)

**Population, Community and Ecosystem**

- Relationship between rhizosphere microbial community functional diversity and faba bean fusarium wilt occurrence in wheat and faba bean intercropping system ..... DONG Yan, DONG Kun, TANG Li, et al (7445)
- Characteristics of soil fertility in different ecosystems in depressions between karst hills ..... YU Yang, DU Hu, SONG Tongqing, et al (7455)
- Evaluation on carbon sequestration effects of artificial alfalfa pastures in the Loess Plateau area ..... LI Wenjing, WANG Zhen, HAN Qingfang, et al (7467)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

- Effects of deep vertically rotary tillage on soil water and water use efficiency in northern China's Huang-huai-hai Region ..... LI Yibing, PANG Huancheng, YANG Xue, et al (7478)

- Effects of landscape patterns on runoff and sediment export from typical agroforestry watersheds in the Three Gorges Reservoir area, China ..... HUANG Zhilin, TIAN Yaowu, XIAO Wenfa, et al (7487)
- Land cover classification of Yancheng Coastal Natural Wetlands based on BP neural network and ETM+ remote sensing data ..... XIAO Jincheng, OU Weixin, FU Haiyue (7496)
- Early responses of soil CH<sub>4</sub> uptake to increased atmospheric nitrogen deposition in a cold-temperate coniferous forest ..... GAO Wenlong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al (7505)
- Temporal-spatial characteristics of soil respiration in Chinese boreal forest ecosystem ..... JIA Bingrui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (7516)
- Seasonal and interannual variability in soil respiration in wheat field of the Loess Plateau, China ..... ZHOU Xiaoping, WANG Xiaoke, ZHANG Hongxing, et al (7525)
- Dynamics of atmospheric ammonia concentrations near different emission sources ..... LIU Jieyun, KUANG Fuhong, TANG Aohan, et al (7537)
- Influence of residues and earthworms application on N<sub>2</sub>O emissions of winter wheat ... LUO Tianxiang, HU Feng, LI Huixin (7545)
- Resource and Industrial Ecology**
- Ecological monitoring of the fish resources catching and stocking in Lake Tianmu basing on the hydroacoustic method ..... SUN Mingbo, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (7553)
- Application of support vector machine to evaluate the eutrophication status of Taihu Lake ..... ZHANG Chengcheng, SHEN Aichun, ZHANG Xiaoqing, et al (7563)
- Research Notes**
- Amount and dynamic characteristics of litterfall in four forest types in subtropical China ..... XU Wangming, YAN Wende, LI Jiebing, et al (7570)
- Allelopathic effects of artemisinin on seed germination and seedling growth of vegetables ..... BAI Zhen, HUANG Yue, HUANG Jianguo (7576)
- Nitric oxide participates symbiosis between am fungi and tobacco plants ..... WANG Wei, ZHAO Fanggui, HOU Lixia, et al (7583)
- Mapping wildlife habitat suitability using kernel density estimation ..... ZHANG Guiming, ZHU A'xing, YANG Shengtian, et al (7590)
- Effects of nitrogen fertilizer methods on the content of *Bacillus thuringiensis* insecticidal protein and yield of transgenic cotton ..... MA Zongbin, LIU Guizhen, YAN Gentu, et al (7601)

# 《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

本期责任副主编 王德利 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 33 卷 第 23 期 (2013 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 23 (December, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	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 90.00 元