

节水灌溉稻田氨挥发损失及影响因素

彭世彰^{1,2}, 杨士红^{1,2}, 徐俊增¹

(1. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 南京 210098; 2. 河海大学节水研究所, 南京 210098)

摘 要: 为了揭示节水灌溉稻田氨挥发特征, 开展了不同灌溉模式稻田氨挥发损失的田间试验, 分析了节水灌溉稻田氨挥发速率季节变化规律与稻季氨挥发损失量, 以及稻田氨挥发速率与影响因素之间的相互关系。结果表明, 控制灌溉稻田氨挥发速率与淹水灌溉稻田变化规律基本一致, 且在分蘖肥引起氨挥发出现峰值后的大部分时间里都要低于淹水灌溉; 控制灌溉与淹水灌溉稻田稻季氨挥发损失总量 (以纯氮计) 分别为 125.27 kg/hm² 和 145.64 kg/hm², 分别占稻季施氮量的 31.06% 和 36.11%。除了受施肥影响外, 稻田氨挥发还与田面水 (表层土壤水) 铵态氮浓度、空气温度、风速、日照时数及空气湿度等有密切关系。与淹水灌溉相比, 控制灌溉减少了稻田氨挥发损失。

关键词: 灌溉, 氨, 挥发, 铵化合物, 氮, 稻田

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.007

中图分类号: S275

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0035-05

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.

Peng Shizhang, Yang Shihong, Xu Junzeng. Ammonia volatilization and its influence factors of paddy field under water-saving irrigation[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 35—39. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

在稻田氮肥损失中, 氨挥发占很大比例, 国内外研究表明稻田氨挥发损失占施氮量的 10%~60%^[1], 是稻田土壤系统中氮肥损失的主要途径之一^[2]。1990 年, 全球氨挥发损失接近 54 Tg (NH₃-N), 其中由于化肥应用导致的氨挥发为 9 Tg (NH₃-N)^[3], 随着全球尤其是发展中国家农田氮肥施用量的增加, 全球氨挥发损失还将不断增加。在中国农业生态系统中, 1990 年农田向环境中释放的 NH₃-N 达 1.80 Tg, 约占氮肥施用量的 11%, 1995 年增至 2.71 Tg^[4], 其中稻田氨挥发损失占 18%, 旱田占 9%。在造成氮素损失的同时, 挥发到大气中的氨对环境产生了严重影响, 如气态 NH₃ 是导致土壤酸化和水体富营养化的重要来源之一, 滞留在大气中的 NH₃ 对臭氧层产生破坏等^[5]。早在 19 世纪中期, 国外学者就已经开展了表施氮肥土壤氨挥发的试验研究。近年来, 国内学者对水田和旱田氨挥发规律及影响因素等^[6-7]进行了大量研究, 目前关于稻田氨挥发损失的研究大都针对淹水稻田, 节水灌溉对稻田氨挥发的影响鲜见报道。随着水稻节水灌溉技术的大面积推广应用, 稻田土壤水分的变化导致土壤理化性质的改变, 从而影响稻田氨挥发损失的过程。

本研究通过田间试验分析了节水灌溉稻田季节氨挥发损失规律及其与影响因素施肥、田表水及表层土壤水铵态氮浓度、空气温度、风速、日光照时数、空气相对湿度等的关系。旨在为阐明节水灌溉稻田氨挥发损失的

过程和数量以及各种影响因素, 更加全面的评价水稻节水灌溉给稻田生态环境带来的影响, 为提高农田氮肥利用率、减轻农田氮素损失与面源污染提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地位于河海大学国家重点实验室昆山试验研究基地内, 属亚热带南部季风气候区, 年平均气温 15.5℃, 年降雨量 1 097.1 mm, 年蒸发量 1 365.9 mm, 日照时数 2 085.9 h, 平均无霜期 234 d。当地习惯稻麦轮作, 土壤为潜育型黄泥土, 耕层土壤为重壤土。

1.2 试验设计

在水稻品种、育秧、移栽、密度、植保、施肥、用药等技术措施以及基础地力相同的条件下, 安排淹水灌溉和控制灌溉两种水分处理, 每个处理设 3 个重复, 共计 6 个小区。每个小区面积 150 m² (20 m×7.5 m), 各小区之间用砖砌混凝土隔离 (高 30 cm, 宽 30 cm), 田埂向地下内嵌 50 cm 深的塑料防渗膜, 防止小区间的水分交换。

前茬作物为小麦, 供试水稻品种为单季晚粳新品系嘉 04-33, 2008 年 6 月 25 日移栽, 采用宽窄行方式插秧 (株距 16 cm, 行距 18 cm 和 35 cm), 每穴定 4 苗, 10 月 25 日收割。6 月 25 日施复合肥 (N、P₂O₅、K₂O 质量分数分别为 15%、15%、15%) 56.25 kg/hm² (以纯氮计)、农用碳酸氢铵 (总氮≥17.1%) 51.30 kg/hm² (以纯氮计) 作基肥; 7 月 11 日施尿素 (总氮≥46.4%) 121.80 kg/hm² (以纯氮计) 作分蘖肥; 7 月 23 日施尿素 104.40 kg/hm² (以纯氮计) 作壮苗肥; 8 月 10 日施尿素 69.60 kg/hm² (以纯氮计) 作穗肥。

淹水灌溉处理除分蘖后期晒田外田面一直维持 30~50 mm 水层, 直到黄熟期自然落干至收割。控制灌溉处

收稿日期: 2009-01-15 修订日期: 2009-07-23

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (50839002); 中国博士后科学基金项目 (20080440152); 江苏省研究生创新工程资助项目 (CX08B_109Z)

作者简介: 彭世彰 (1959—), 男, 上海人, 教授, 博士生导师, 主要从事节水灌溉理论与农田生态效应研究。南京 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 210098。Email: szpeng@hhu.edu.cn

理是在秧苗本田移栽后的返青期田面保留 10~30 mm 薄水层, 以后的各个生育期除生产性用水外, 灌溉后田面不建立灌溉水层, 每个控灌小区分别在计划湿润层预埋两组 TDR (time domain reflectometer, 时域反射仪) 探针, 隔天上午 8:00 用 TDR 定点采集水稻根区土壤含水率。以根层土壤水分作为控制指标, 确定灌水时间和灌水定额^[8], 各生育阶段灌溉的土壤水分调控指标如表 1。

表 1 水稻控制灌溉各生育期阶段根层土壤水分控制指标
Table 1 Soil water thresholds of root layer in different growth stages of wheat under controlled irrigation

生育期	灌水上限		灌水下限		根层观测深度/cm
	相对含水率/%	含水率	相对含水率/%	含水率	
返青期	25 mm 水层		5 mm 水层		
前期	100	θ_{s1}	70	$70\%\theta_{s1}$	0~20
分蘖期	100	θ_{s1}	65	$65\%\theta_{s1}$	0~20
后期	100	θ_{s1}	60	$60\%\theta_{s1}$	0~20
拔节	100	θ_{s2}	70	$70\%\theta_{s2}$	0~30
孕穗期	100	θ_{s2}	75	$75\%\theta_{s2}$	0~30
抽穗开花期	100	θ_{s3}	80	$80\%\theta_{s3}$	0~40
乳熟期	100	θ_{s3}	70	$70\%\theta_{s3}$	0~40
黄熟期	自然落干		自然落干		

注: 返青期水层 mm 为田间水层深度。表中所列含水率均系指体积含水率, 为根层观测深度内土壤含水率平均值, θ_{s1} , θ_{s2} , θ_{s3} 系指各阶段根层饱和含水率, 本试验中分别为 50.34%、47.50%和 46.35%。

1.3 观测内容与方法

1) 氨挥发测定: 采用通气法测定氨挥发^[9-10]。由于稻田中会有一定水层, 本试验中对氨挥发收集装置进行了改进, 高度改为 20 cm, 以适用于水田。取样时间为: 施肥后第 1 周, 每天取样 1 次; 第 2~3 周, 视测到的挥发速率大小, 每 1~3 d 取样 1 次, 以后取样间隔可延长到 1 周到 2 周, 直到水稻收获。由下列公式计算田间土壤的氨挥发速率:

$$V_{\text{NH}_3\text{-N}} = \frac{M}{A \times D} \times 10^{-2}$$

式中: $V_{\text{NH}_3\text{-N}}$ ——单位时间内单位面积上氨挥发量 (以纯氮计), $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$; M ——通气法单个装置平均每次测得的铵态氮量, mg ; A ——捕获装置的横截面积, m^2 ; D ——每次连续捕获的时间, d 。

2) 田面水及表层土壤水中铵态氮含量测定: 在选定的代表处理小区内, 在不扰动土层的前提下, 呈“S”形随机抽取小区内 6 处中上层田面水; 表层土壤水使用土壤溶液取样器提取, 取样前 1 天使用手动真空泵去掉取样器中残留土壤水, 然后抽真空, 第 2 天抽取土壤水。水样中铵态氮质量分数的测定采用纳氏试剂光度法^[11]。田面水及表层土壤水取样频率均为每次施肥后的第 1, 3, 5, 7, 9, 13, 17, 24, 31 天… (即施肥后每隔 2 d 取 1 次, 取 5 次; 然后每隔 4 d 取 1 次, 取 2 次; 以后每隔 7 d 取 1 次), 直至测量指标趋向稳定或下次施肥。

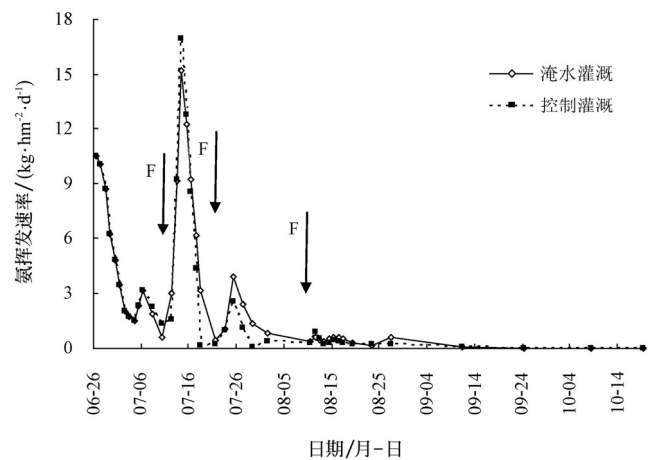
3) 常规气象观测: 常规气象资料采用试验站的自动

气象站观测。

2 结果与分析

2.1 节水灌溉对稻田氨挥发速率的影响

从本试验稻田氨挥发 (以纯 N 计) 速率全生育期变化曲线 (图 1) 可以看出, 稻田氨挥发速率在全生育期出现了 4 次峰值, 且 4 次峰值都出现在施肥后的 1~3 d 内, 这与 Fan^[6,12]等的结论一致。4 次峰值出现在 6 月 26 日、7 月 14 日、7 月 25 日和 8 月 11 日, 分别为施基肥后的第 1 天、分蘖肥后的第 3 天、壮苗肥后的第 2 天和穗肥后的第 1 天。稻田的氨挥发速率全生育期最大值出现在施分蘖肥后的第 3 天 (7 月 14 日), 控制灌溉的稻田为 $16.95 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$, 淹水灌溉的稻田为 $15.26 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$ 。本试验中基肥和分蘖肥的施氮量相差不大, 但施基肥后的氨挥发速率峰值、平均值都要小于分蘖肥后的相应值, 分析其原因为基肥施用后翻地, 从而减少了田面水中铵离子浓度, 而其他 3 次施肥方式均是撒施; 且 6 月 27 日 (施基肥后的第 2 天) 降大雨, 降雨量达到了 59.2 mm, 使田面水中铵态氮浓度降低, 上述影响因素均直接导致氨挥发损失减小。另外, 施用基肥期间平均气温为 27.3°C , 分蘖肥期间的平均气温为 30.2°C , 气温偏低也是导致以上结果的原因。上述结果表明, 稻田氨挥发速率主要受施肥量、施肥方式以及施肥种类的影响, 同时随气候条件 (温度、降雨等) 的不同而有所变化。



注: F 表示施肥时间, 氨挥发速率以纯氮计

图 1 稻田氨挥发速率全生育期变化

Fig.1 Variation of ammonia volatilization rate from paddy field during rice growing season

处理间对比显示, 控制灌溉稻田氨挥发速率与淹水灌溉稻田变化规律基本一致, 控制灌溉稻田的氨挥发速率在分蘖肥峰值后的大部分时间里都要小于淹水灌溉, 控制灌溉稻田全生育期氨挥发速率平均值为 $2.96 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$, 淹水灌溉稻田为 $3.18 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$ 。对于稻田来说, 浅水层比深水层处理铵态氮浓度和水温高, 因而起始氨挥发速率较大, 且氨挥发总量大^[12], 控制灌溉稻田在插秧后的返青期田面保持薄水层, 引起水稻生育前期控制灌溉稻田氨挥发速率要大于淹水灌溉。分蘖期以后控制灌溉稻田保持无水层状态, 田面温度升高, 引

起氨挥发加速；与此同时，控制灌溉稻田在由施肥时建立的薄水层变为无水层的过程中，肥料水解后产生大量的铵离子随水向土壤下层迁移，减少了表层土壤溶液中的铵离子，从而降低了氨分压和氨挥发。本试验的研究结果表明，控制灌溉稻田的水分控制模式减少了稻田的氨挥发损失。

2.2 节水灌溉对稻田氨挥发损失量及损失率的影响

表 2 稻田稻季氨挥发损失量、损失率

Table 2 N loss through ammonia volatilization during different stages of rice growth							/(kg·hm ⁻²)
处理	总损失量	损失率/%	基肥后 1 周损失量	分蘖肥后 1 周损失量	壮苗肥后 1 周损失量	穗肥后 1 周损失量	6—8 月损失量
控制灌溉	125.27a	31.06	36.79a	59.93a	8.15a	2.75a	123.16a
淹水灌溉	145.64a	36.11	36.79a	66.55a	16.26b	3.59b	143.34a

注：损失率为氨挥发引起的氮损失占稻季施氮量的比例，%；同一列中完全不同字母数值表示处理间差异显著（*p*<0.05）。

从稻田氨挥发速率在水稻全生育期的变化（如图 1）可以看出，稻田氨挥发主要发生在水稻生育前中期的 6—8 月，且这 3 个月的氨挥发量占稻季氨挥发总量的 98% 以上，这主要与施肥全部分布在这 3 个月，且苏南地区在 6—8 月气温较高有关。控制灌溉和淹水灌溉稻田每次施肥后 1 周的氨挥发损失量之和分别占稻季总挥发量的 84.68% 和 83.51%；这与 Lin^[1] 等的结论一致，由此可以看出，稻田在施肥后 1 周是氨挥发损失的高峰期，从而导致大量肥料的流失，因此是采取必要措施减少稻田氨挥发的关键时期。

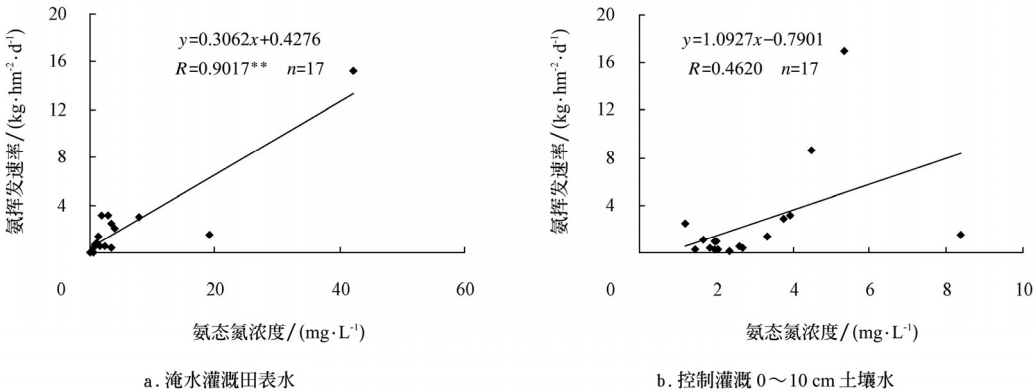
2.3 稻田氨挥发损失影响因素分析

稻田氨挥发除主要受施肥影响之外，还受众多因素影响，其中包括田面水铵态氮浓度（表层土壤水铵态氮浓度）、空气温度、风速、日光照时数及空气湿度等。

分析两种水分处理稻田稻季氨挥发损失量、损失率（表 2）可以看出，控制灌溉稻田稻季氨挥发损失总量为 125.27 kg/hm²，淹水灌溉为 145.64 kg/hm²，分别占稻季施氮量的 31.06% 和 36.11%。控制灌溉稻田氨挥发量比淹水灌溉稻田减少 20.37 kg/hm²，少了 13.99%。控制灌溉模式在节水的同时，减少了稻田的氨挥发损失，提高了氮肥利用率，有利于改善大气环境。

2.3.1 田面水及表层土壤水中 NH₄⁺-N 浓度

分析不同灌溉稻田氨挥发速率与田面水（表层土壤水）中铵态氮浓度之间关系（图 2），可以发现，淹水灌溉氨挥发速率与田面水中铵态氮浓度变化趋势基本一致，回归分析表明两者之间的关系达到了极显著相关水平，这与许多研究结果认为田面水中铵态氮浓度是决定淹水灌溉稻田氨挥发量的主要因素之一相吻合^[13-14]。控制灌溉条件下，稻田在水稻绝大部分生育阶段都保持无水层状态，氨挥发发生在土气界面，研究结果表明控制灌溉稻田氨挥发速率随着稻田表层（0~10 cm）土壤水中铵态氮含量的升高而增大。稻田实施控制灌溉之后氨挥发过程发生在土气界面、具有了旱田氨挥发特征，此时，稻田氨挥发速率更容易受到土壤含水率、温度、风速、光照等因素的影响^[6]。



注：氨挥发速率以纯氮计；**表示极显著相关

图 2 稻田氨挥发速率与田表水或表层土壤水中铵态氮浓度关系

Fig.2 Relationship between ammonia volatilization rate and NH₄⁺-N concentration in surface water or surface soil water

2.3.2 气象因素

气象因素中温度、风速、光照和空气相对湿度等是影响稻田氨挥发的重要因子。宋勇生^[15]等的研究表明分蘖肥期间高温、强光照、少雨等气候条件促进稻田氨挥发损失，吴萍萍^[16]等的研究也表明施肥后数日内高温、少雨、强光照有利于氨的产生与挥发。鉴于试验期间氨挥发主要发生在施肥后 1 周的时间内，因此，特分析该时段内在施肥量一定的情况下，气象因素对稻田氨挥发

的影响。以基肥和分蘖肥为例，分蘖肥施氮量比基肥增加 13.25%，而淹水灌溉稻田分蘖肥后 1 周氨挥发量与基肥后相比增加了 80.89%，控制灌溉增加了 62.90%（表 2），这与分蘖肥后 1 周日平均温度、日平均风速和日光照时数比基肥高，空气相对湿度比基肥低有关（图 3）。分蘖肥后 1 周日平均温度、日平均风速和日光照时数分别比基肥时高 5.30℃、2.38 km/h、2.68 h，空气相对湿度比基肥后低 6.09%。温度对氨挥发速率的影响是多方面的，温

度升高能增加液相中的氨态氮在铵态和氨态氮总量中的比例; NH_3 和 NH_4^+ 的扩散速率也随之增加, 同时, 尿素脲酶活性也因温度的升高而增强^[6]。氨挥发随风速的增大而增多, Fillary^[17]等认为较高的风速能使溶液进行充分的机械混合, 从而使表层溶液中的氨能得到下层氨和铵的迅速补充。日光照时数主要通过影响温度来间接影响氨挥发速率, 温度越高, 稻田氨挥发速率越大。空气湿度能影响水气或土气界面气压差, 故与氨挥发有较强的关系, 空气湿度越大, 减小了水气或土气界面气压差, 从而减小了氨挥发速率。

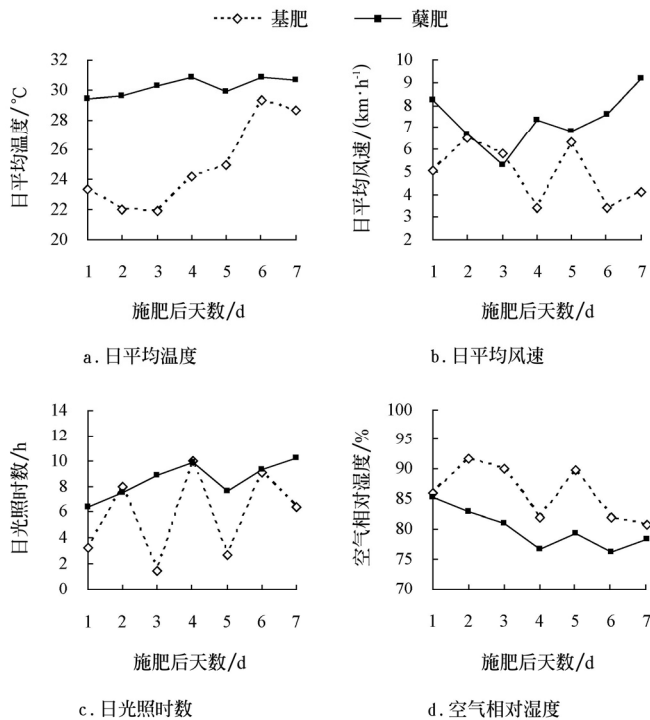


图3 不同时期气象因素变化

Fig.3 Variation of meteorological factors at different stage

3 结 论

1) 田间试验研究表明, 稻田氨挥发速率的峰值出现在施肥后的 1~3 d 内, 控制灌溉稻田氨挥发速率与淹水灌溉稻田变化规律基本一致, 控制灌溉稻田氨挥发速率在分蘖肥峰值后的大部分时间里都要小于淹水灌溉稻田, 控制灌溉稻田全生育期氨挥发速率平均值为 $2.96 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$, 淹水灌溉稻田为 $3.18 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$ 。

2) 控制灌溉稻田稻季氨挥发损失总量为 $125.27 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 淹水灌溉稻田为 $145.64 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 分别占稻季施肥量的 31.06% 和 36.11%。控制灌溉稻田氨挥发量比淹水灌溉稻田减少 $20.37 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 少了 13.99%。控制灌溉模式在节水的同时, 减少了稻田氨挥发损失, 提高了氮素利用, 有利于改善大气环境。稻田氨挥发损失的 83% 以上都发生在施肥后 1 周之内, 从而导致大量肥料的流失, 这段时间是采取有效措施减少稻田氨挥发的关键时期。

3) 除了施肥外, 田表水中铵态氮浓度是淹水灌溉稻

田氨挥发速率的主要影响因素, 控制灌溉稻田氨挥发速率随表层土壤水中铵态氮浓度的升高而增大; 稻田氨挥发速率还明显受日平均温度、风速、日光照时数、空气相对湿度等气象因素的影响, 随温度、风速、日光照时数的提高和空气湿度减小而提高。

[参 考 文 献]

- [1] 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.
- [2] 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.
Yin Juan, Fei Liangjun, Tian Cangjun, et al. Research advance of nitrogen fertilizer losses from paddy field[J]. *Trans CSAE*, 2005, 21(6): 189–191. (in Chinese with English abstract)
- [3] Oliver J G J, Van der Hoek K W, Berdowski J J, et al. Global air emission inventories for anthropogenic sources of NO_x , NH_3 and N_2O in 1990[J]. *Environmental Pollution*, 1998, 102(Suppl.1): 135–148.
- [4] Xing G X, Zhu Z L. An assessment of N loss agricultural fields to the environment in China[J]. *Nutrient Cycling in Agro ecosystems*, 2000, 57(1): 67–73.
- [5] Asman W A H, van Jaarsveld J A. A variable resolution transport model applied for NH_x in Europe[J]. *Atmospheric Environment*, 1992, 26(A): 445–464.
- [6] 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992: 171–196.
Zhu Zhaoliang, Wen Qixiao. Soil nitrogen in China[M]. Nanjing: Jiangsu Science Press, 1992: 171–196. (in Chinese)
- [7] 雷杨莉, 王权林, 薛亮, 等. 交替灌溉施肥对夏玉米土壤氨挥发的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(4): 41–46.
Lei Yangli, Wang Quanlin, Xue Liang, et al. Effect of alternative irrigation and fertilization on soil ammonia volatilization of summer maize[J]. *Trans CSAE*, 2009, 25(4): 41–46. (in Chinese with English abstract)
- [8] 彭世彰, 俞双恩, 张汉松, 等. 水稻节水灌溉技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998: 1–7, 18–45.
Peng Shizhang, Yu Shuang'en, Zhang Hansong, et al. Water-saving irrigation technique for Rice [M]. Beijing: China Water-Power Press, 1998: 1–7, 18–45. (in Chinese)
- [9] Wang Z H, Liu 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): 2917–2939.
- [10] 王朝辉, 刘学军, 巨晓棠, 等. 田间土壤氨挥发的原位测定-通气法[J]. *植物营养与肥料学报*, 2002, 8(2): 205–209.
Wang Zhaohui, Liu Xuejun, Ju Xiaotang, et al. Field in situ determination of ammonia volatilization from soil: Venting method[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2002, 8(2): 205–209. (in Chinese with English abstract)

- [11] 国家环境保护总局, 水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法(第 4 版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 255—281.
- [12] Fan X H, Song Y S, Lin D X, et al. Ammonia volatilization losses from urea applied to wheat on a paddy soil in Tanhu Region, China[J]. *Pedosphere*, 2005, 15(1): 59—65.
- [13] 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.
Zhang Jing, Wang Dejian. Ammonia volatilization in gleyed paddy field soils of Taihu Lake region[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2007, 15(6): 84—87. (in Chinese with English abstract)
- [14] 王旭刚, 郝明德, 陈磊, 等. 长期施肥条件下小麦农田挥发损失的原位研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(1): 18—24.
Wang Xugang, Hao Mingde, Chen Lei, et al. In situ study of ammonia volatilization from wheat cropland under long-term continuous fertilization[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2006, 12(1): 18—24.
- [15] 宋勇生, 范晓辉, 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.
Song Yongsheng, Fan Xiaohui, Lin Dexi, et al. Ammonia volation from paddy fields in the Taihu lake region and its influencing factors[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2004, 41(2): 265—269. (in Chinese with English abstract)
- [16] 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.
Wu Pingping, Liu Jinjian, Yang Xiuxia, et al. Effects of different fertilization systems on ammonia volatilization from double-rice cropping field red soil region[J]. *Chin J Rice Sci*, 2009, 23(1): 85—93. (in Chinese with English abstract)
- [17] Fillery I R P, Simpson J R, De Datta S K. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from flooded soil[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1984, 48: 914—920.

Ammonia volatilization and its influence factors of paddy field under water-saving irrigation

Peng Shizhang^{1,2}, Yang Shihong^{1,2}, Xu Junzeng¹

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Institute of Water-Saving Irrigation, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to study the characteristics of ammonia volatilization from paddy field under water-saving irrigation, ammonia volatilization under different irrigation techniques were measured through field experiment. Variations of ammonia volatilization rate and volatilization amount of paddy field during rice growing season were analyzed, as well as the relationships between ammonia volatilization rate and its influence factors. The results showed that the ammonia volatilization rate during rice growing season under controlled irrigation varied with the same pattern as that under flooding irrigation, and was lower than that under flooding irrigation in the most time after reaching the peak value of ammonia volatilization induced by tiller fertilizer. Volatilization amount during rice growing season was 125.27 kg/hm² under controlled irrigation, and it was 145.64 kg/hm² under flooding irrigation, account for 32.06% and 36.11% of the applied N respectively. In addition to fertilization, the ammonia volatilization from paddy field had close relationship with NH₄⁺-N concentration in surface water or surface soil water, air temperature, wind speed, day light hours and the air humidity. Compared with flooding irrigation technique, controlled irrigation can reduce ammonia volatilization.

Key words: irrigation, ammonia, volatilization, ammonium compounds, nitrogen, paddy field