

华北农田土壤氨挥发原位测定研究*

董文旭** 胡春胜 张玉铭

(中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 石家庄 050021)

摘要 通过系数校正后的双层海绵吸收法对不同 N 肥处理和 NPK 配施下氨气挥发损失特征研究结果表明, N 肥施用方式、土壤温度以及灌溉是影响氨挥发的重要因素。施肥后氨挥发损失量为 0.67~9.91 kg/hm², 占施 N 量的 0.41%~5.0%。玉米季氨挥发量占全年挥发损失的 80% 以上。尿素与过磷酸钙配施可显著降低氨挥发, 在此基础上施用 KCl, 尿素氨挥发损失变化不明显。

关键词 氨挥发 原位测定 尿素

In situ determination of ammonia volatilization in field of North China. DONG Wen-Xu, HU Chun-Sheng, ZHANG Yu-Ming (Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China), *CJEA*, 2006, 14(3): 46~48

Abstract By the double-layer-sponge-trapping method rectified, the ammonia volatilization was measured after applying different nitrogen fertilizers or those with phosphor or potassium fertilizer. The results show that ammonia volatilization is affected greatly by the application method of N fertilizer, temperature of soil and irrigation. The loss of ammonia volatilization is in a range from 0.67 to 9.91 kg/hm², accounting for 0.41%~5.0% of total N amount applied, of which the majority occurs in summer maize seasons (above 80%). Ammonia volatilization is reduced greatly when the urea is mixed with TCP, while it does not change obviously after adding potassium fertilizer.

Key words Ammonia volatilization, In situ determination, Urea

(Received Jan. 10, 2005; revised Feb. 15, 2005)

氨挥发是 N 素损失的重要途径, 国内外研究表明, 农田氨挥发损失占农田施 N 量的 1%~47%^[4]。田间氨挥发原位测定方法很多, 在比较不同施肥多重处理的氨挥发速率时, 双层海绵吸收法有其独特优势^[1], 但缺点是对土壤表面空气自然流动仍具有一定的抑制, 影响了氨挥发的实际值。为使土壤氨挥发测定结果更接近实际值, 本试验通过与自然挥发对比, 进行系数校正, 研究了华北农田常规施肥条件下氨挥发损失及其影响因素, 为了解该区氨挥发损失特征, 降低 N 素损失, 提高 N 肥利用率提供依据。

1 试验材料与方法

试验在中国科学院栾城农业生态系统试验站长期定位试验场内进行, 该站位于 37°53'N, 114°41'E, 种植制度为小麦玉米轮作, 每季作物秸秆直接还田。耕层土壤有机质含量 12~13g/kg, 全 N 0.8~0.9g/kg, pH 为 7.6~8.0, 土壤粘粒含量 45~47g/kg, 阳离子交换量 11~11.5g/kg。校正试验在户外宽敞处进行, 其目的主要测定氨挥发吸收装置对氨自然挥发的抑制程度。氨挥发吸收装置由直径 15cm、高 15cm、无底 PVC 管和 2 层海绵构成。每片海绵加入 20mL 磷酸甘油溶液^[1]。以 0.1000mol/L (NH₄)₂SO₄ 溶液为挥发源, 分别准确吸取 25.00mL 放入 8 个蒸发皿中(内径 15cm, 高 2.0cm), 其中 4 个扣上氨气吸收装置, 底部密封, 其他敞开放置。试验开始时每蒸发皿中加入 5mL 1mol/L NaOH 溶液, 24h 后立即向蒸发皿中加入 10mL H₂SO₄ 溶液, 之后测定蒸发皿中剩余的 NH₄⁺, 通过差减法计算氨挥发量。大田试验施肥处理分不同 N 肥处理及不同 NPK 配施下的氨挥发测定 2 部分。其中不同 N 肥处理氨挥发测定设 4 个处理, 4 次重复, 年施 N 量分别为 0kg/hm²(CK)、100kg/hm²(I)、200kg/hm²(II)、300kg/hm²(III); 不同 NPK 配施下的氨挥发测定, 设仅施 N 肥(IV)、NP 配施(V)、NPK 配施(VI) 3 个处理, 4 次重复。其中年施 N 量为 200kg/hm²,

* 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-413-6)和欧盟合作项目 SUSDEV-CHINA(ICA4-CT-2002-10004)资助

** 本文系作者在中国科学院研究生院学习期间完成

收稿日期:2005-01-10 改回日期:2005-02-15

施 P 量为 $65\text{kg}/\text{hm}^2$, 施 K 量 $150\text{kg}/\text{hm}^2$ 。N 肥为尿素, 小麦季分为基肥和追肥两次施用, 每次施肥量为全生育期用量的 $1/2$, 底肥于小麦播种前撒施并旋耕, 追肥于拔节期撒施后畦灌, 玉米季肥料于拔节期 1 次撒施后畦灌; P 肥为过磷酸钙, 小麦播种时 1 次施入; K 肥为 KCl, 分小麦基肥和玉米追肥 2 次施入。土壤硝态氮用镉柱还原法测定, 重氮用偶合比色法测定, 铵态氮用靛酚蓝比色法测定, pH 值用电极法测定, 土壤含水量于 105°C 烘干测定。气象数据采用距试验地 100m 气象观测场的观测值。

2 结果与分析

2.1 氨吸收装置气室内外的氨挥发速率

由表 1 可知氨挥发收集装置下的溶液氨挥发速率明显低于露天微风状态下的氨挥发速率。根据扩散理论, 很可能是由于露天下氨浓度梯度大于气室内梯度所致。两次测定结果中氨吸收装置内平均氨挥发速率为自然挥发速率的 $83.7\% \sim 85.2\%$, 说明氨吸收装置在测定大田土壤氨挥发时有一定比例差异, 本试验以两次检测试验平均值 84.5% 对大田测定结果进行矫正。

表 1 氨吸收装置内外的氨挥发量

Tab.1 The NH_3 volatilization amount both inside and outside the chamber

挥发量/ $\text{mg}\cdot\text{d}^{-1}$ Volatilization amount			
第 1 次测定 The first measure		第 2 次测定 The second measure	
气室外 Outside	气室内 Inside	气室外 Outside	气室内 Inside
22.36	19.53	23.02	19.20
22.47	18.87	23.18	19.31
22.25	18.71	23.02	19.42
22.69	19.42	23.08	19.38

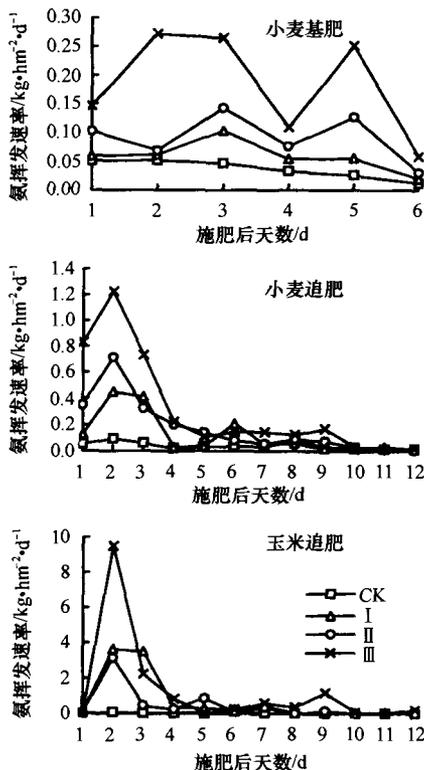


图 1 施肥后氨挥发速率变化

Fig.1 Volatilization rate of NH_3 after fertilizer

2.2 大田施肥后氨挥发速率变化

试验结果表明, 尿素施入农田中迅速水解为 NH_4^+-N 并发生氨挥发反应。图 1 表明, 小麦基肥施肥后 $1\sim 7\text{d}$ 氨挥发速率显著高于对照, 在一定范围内上下波动, 但并未出现明显的峰值。小麦追肥期氨挥发速率与玉米追肥期变化相似, 均在施肥第 2d 出现明显挥发峰值, 之后迅速下降并进入低挥发阶段, 施肥后 $10\sim 12\text{d}$ 挥发速率与对照无明显差异。氨挥发速率变化受土壤中 NH_4^+ 浓度限制, 又与气象条件密切相关。统计检验表明, 小麦基肥氨挥发速率与土表最高温度和风速相关系数分别为 0.9^* 和 0.3 , 而小麦追肥时期和玉米追肥时期氨挥发日间变化与土壤 NH_4^+-N 含量显著相关 ($R = 7.86^*$), 与各气象参数均未达显著相关水平。其原因主要是小麦播种时土壤墒情较好, 施肥后旋耕, 土壤表层 N 素变化稳定, 且裸露土表更易受气象条件影响, 故氨挥发速率随每日天气变化而呈明显波动。春季和夏季肥料表面撒施后立即浇水, 促进尿素转化和运移, NH_4^+-N 浓度变化剧烈, 使氨挥发速率随之出现高峰并迅速下降。此外氨挥发速率与土表日最高温度显著相关, 表明氨挥发损失主要发生在白天阶段, 而夜间很低。

2.3 不同施肥时期氨挥发率变化

比较不同施肥时期氨挥发损失量及其占施肥量的比例表明, 玉米追肥氨挥发比率显著高于小麦基肥和小麦追肥(表 2)。小麦基肥各施肥处理平均氨挥发量为 $0.67\text{kg}/\text{hm}^2$, 占施 N 量 0.41% , 而小麦追肥和玉米追肥分别为 $2.46\text{kg}/\text{hm}^2$ 、 1.89% 和 $9.91\text{kg}/\text{hm}^2$ 、 5.0% 。玉米季挥发损失占全年氨挥发的 80% 以上, 其原因是夏季高温加大了氨挥发

速率。综合全生育期看, 氨挥发损失总量为 $13.04\text{kg}/\text{hm}^2$, 仅占施肥总量的 3.57% 。其原因是小麦基肥与土表 $0\sim 20\text{cm}$ 土壤充分混合, 水解后的 NH_4^+-N 被土壤胶体吸附, 降低了氨挥发潜力; 小麦追肥和玉米追肥则是表施后立即灌溉, 使尚未水解的尿素淋洗到土壤深层, 避免大量 NH_4^+-N 在土表聚集, 且灌水抑制了土表增温, 从而降低氨挥发。李新慧等^[2]研究表明, 肥料深施或覆土可使氨挥发降到 5% 以下, 施肥结合灌水其损失为施入 N 量的 $2\%\sim 8\%$, 与本试验结果接近。

2.4 施肥量对氨挥发的影响

试验结果表明, 随施肥量的增加各施肥期氨挥发量增加(玉米追肥处理 II 除外), 但氨挥发 N 占施入 N 量比值呈不同趋势(表 2)。小麦基肥氨挥发率随施肥量的增加而增加, 而小麦追肥和玉米追肥氨挥发率则

表 2 氨挥发损失及其占施入 N 的比例

Tab.2 Ammonia volatilization loss and its rate to the N fertilization in different periods

处 理 Treatments	小麦基肥		小麦追肥		玉米追肥		全生育期	
	Wheat basal		Wheat top dressing		Maize fertilizer		Whole growth period	
	氨挥发	占施 N	氨挥发	占施 N	氨挥发	占施 N	氨挥发	占施 N
	量/kg·hm ⁻²	量/%	量/kg·hm ⁻²	量/%	量/kg·hm ⁻²	量/%	量/kg·hm ⁻²	量/%
NH ₃	Percent	NH ₃	Percent of	NH ₃	Percent of	NH ₃	Percent of	
volatilization	of loss	volatilization	loss	volatilization	loss	volatilization	loss	
CK	0.21	-	0.52	-	0.44	-	1.17	-
I	0.36	0.30	1.49	1.92	8.69	8.2	10.54	5.27
II	0.54	0.33	2.11	1.57	5.53	2.6	8.18	2.05
III	1.10	0.59	3.79	2.17	15.50	4.2	20.39	3.40
平均	0.67	0.41	2.46	1.89	9.91	5.0	13.04	3.57

是处理 II 水平最低,处理 I 和处理 III 氨挥发率均较高,表明表面撒施尿素后灌水,某个适宜施肥水平上的氨挥发损失最小,

挥发量随施肥量呈 V 字形变化。田光明等在稻田氨挥发研究中也得到类似结果^[3]。

2.5 NPK 配施下氨挥发变化

NPK 配施能明显改变土壤微环境,从而影响 N 素变化和氨挥发(图 2)。小麦基肥单独施 N 氨挥发累积量达 1.42kg/hm²,而与 P 肥混施氨挥发累积量仅为 0.54kg/hm²,减少 62%,而玉米追肥分别为 7.70kg/hm²和 3.55kg/hm²。统计分析表明,处理 IV 与处理 V 氨挥发损失量达显著性差异($\alpha < 0.05$),其原因是过磷酸钙含有 10%左右游离酸,与尿素同时施入土壤时能有效中和尿素水解产生的 OH⁻,抑制了土壤微环境 pH 值过度升高,降低氨挥发^[5]。春季小麦和夏季玉米追肥时,处理 V 土壤 pH 值仍比处理 IV 低 0.2~0.3,且施用 P 肥后土壤具有更高的 pH 缓冲能力(图 3)。春季小麦追肥时处理 IV 和处理 V 间氨挥发无明显差异,可能是其他土壤条件不同

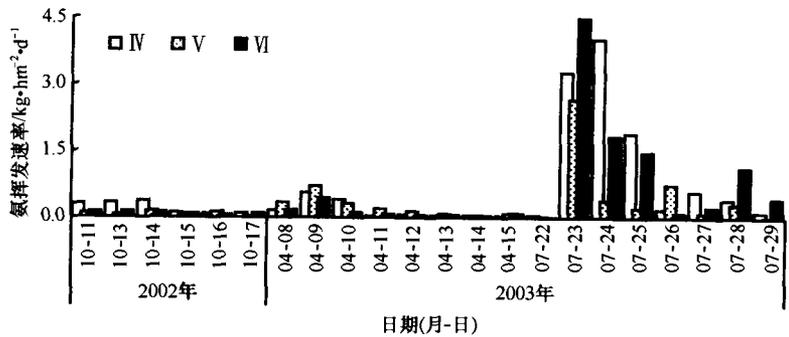


图 2 NPK 配施对氨挥发的影响

Fig.2 Effect of NPK on ammonia volatilization

所致,P 肥对氨挥发的长期影响机理尚待进一步研究。施用 N、P 基础上施用 K 肥,氨挥发速率无明显变化。小麦基肥期处理 VI 氨挥发损失累积量比处理 V 增加 0.12 kg/hm²,玉米追肥期增加 6.30kg/hm²,在未施 K 肥的小麦追肥期却减少 0.95kg/hm²。经统计检验,3 次施肥的氨挥发损失量差异均未达显著水平,说明当前施肥状况下,K 对尿素转化及氨挥发的影响不明显。

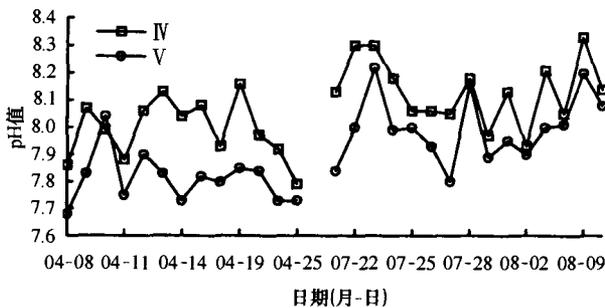


图 3 不同处理施肥后 pH 值变化(2003 年)

Fig.3 Variety of pH value after fertilization in different treatments in 2003

3 小 结

双层海绵吸收装置对氨气自然挥发有一定抑制作用,氨挥发速率为微风状态下的 85%左右,通过系数校正可用于大田氨挥发测定。不同施肥时期氨挥发差异明显,玉米季氨挥发损失量占全年的 80%以上。施肥后翻耕及施肥后立即浇水能使氨挥发损失降低到 5%以下。尿素与过磷酸钙配施能明显降低氨挥发损失,而在 N、P 基础上施用 K 肥,则氨挥发损失变化不明显。

参 考 文 献

- 1 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.植物营养与肥料学报,2002,8(2):205~209
- 2 李新慧.京郊粮田土壤氮素损失与提高氮肥利用率技术研究.北京土壤学会简讯,1999(2):5
- 3 田光明,蔡祖聪,曹金留等.镇江丘陵区稻田化肥的氨挥发及其影响因素.土壤学报,2001,38(3):324~331
- 4 Tian guangming,Cao jinliu,Cai zucong, et al. Ammonia volatilization from wheat field top-dressed with urea. Pedosphere,1998,8(4):331~336
- 5 Fan M. X., Mackenzie A. F. Urea and phosphate interaction in fertilizer microsites: ammonia volatilization and pH change. Soil Sci. Soc. Am. J.,1993,57:839~845