

氮素水平与施氮方式对稻田氨挥发影响

孟祥海^{1,3}, 魏 丹², 王玉峰², 吴 英², 陈雪丽², 张 磊², 时新瑞³

(1. 东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与资源环境研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 3. 黑龙江省农业科学院 牡丹江分院, 黑龙江 牡丹江 157041)

摘要:采用氨挥发的静态吸收法研究了 5 个不同施氮(尿素)梯度以及 3 种施肥方法(深施、表施、混施)在 3 个不同施肥时期的氨挥发损失变化特征。结果表明:随着施氮量的增加,氨挥发通量呈现上升趋势,随着施氮量的提高氨挥发损失量占施氮总量的比例逐渐升高,水稻施用尿素后的氨挥发损失在各个施肥时期比例不一,其中以基肥时期损失最大,其次是基肥,穗肥时期氨挥发损失最小。每次施肥后氨挥发持续时间大约 7 d,在 2~4 d 达到最大值,氨挥发损失随着施氮的增加呈明显增高趋势,其中表施肥最为明显。

关键词:氮素;稻田;氨挥发

中图分类号:S511.062

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)12-0038-04

许多研究和生产实践证明,化肥的广泛施用对水稻产量大幅度提高有着极其重要的作用。增加氮素肥料的投入是提高农业产量的途径之一^[1],成为水稻增产的主要因素。在一定的范围内增加土壤氮素投入可以提高单位面积产量,但是高负荷量的氮素投入,不仅不能产生一定的增产效益,反而对农田生态系统的稳定性造成了一定程度的影响。据世界粮农组织统计,我国施氮量占全球施氮量的 1/3^[2],世界排名第一位。施入土壤中的氮素的去向可以分为水稻吸收、土壤残留、损失三部分。目前氮素损失研究主要集中在氮素渗漏损失、氨挥发、稻田水体氮素损失等方面。挥发损失是灌溉稻田肥料氮素损失的主要途径^[3]。由于施肥方式不当,铵态氮通过挥发损失可达 5%~50%^[4],国外许多研究表明,氮肥表施时氨挥发损失占总施氮量的 10%~60%^[5];我国研究报道在稻田系统中,氨挥发损失可达总施氮量的 9%~40%^[6]。尿素是我国水稻生产中使用的主要氮肥品种,但其当季利用率只有 30%左右,主要以氨挥发损失^[7-8]。以往的研究主要集中在单一的施肥量或单一的施肥方式下水稻氮素损失的差异性以及影响因素的研究。该文在对水稻 3 个不同施肥时期施用尿素后的氨挥发进行监测,旨在研究稻田不同施肥方式和不同尿素投入

量下氮素以氨气损失规律,减少水稻种植过程中氮素的氨挥发流失,同时也为评价稻田生态系统对周边环境的影响提供参考标准。

1 材料与方法

1.1 材料

供试水稻品种为东农 428。水稻育苗:种子经过浸种 1 d,然后在温度 60℃ 的恒温恒湿培养箱浸种加催芽,催芽时间为 48 h。苗床土选择黑土型水稻田间土壤,床土经 3 mm 孔径筛子过筛,每个秧盘取土 5.835 kg,加壮秧剂 0.040 5 kg(按照 2.5 kg 与 360 kg 土壤混合的比例)。

1.2 试验设计

试验于 2010 年 12 月~2011 年 5 月在黑龙江省农业科学院试验温室进行,供试土壤类型为水稻土。耕层土壤 pH 为 6.93($V_{\pm}:V_{\text{水}}=1:2.5$),有机质 49.84 g·kg⁻¹,全氮 3.07 g·kg⁻¹,铵态氮 1.99 mg·kg⁻¹,硝态氮 6.30 mg·kg⁻¹,土壤含水量 15.81%。

试验装置采用自制盆栽土柱,土柱的设计是以 PVC 管为原材料,管径为 25 cm,长 95 cm(加盖底后为 103 cm),底部封死(见图 1)。设施尿素(含氮 46%)0 kg·hm⁻²(N0)、75 kg·hm⁻²(N1)、150 kg·hm⁻²(N2)、225 kg·hm⁻²(N3)、300 kg·hm⁻²(N4) 5 个水平。施肥方法深施、表施、混施,共计 13 个处理(空白 N0、75 深施 N1-1、150 深施 N2-1、225 深施 N3-1、300 深施 N4-1、75 表施 N1-2、150 表施 N2-2、225 表施 N3-2、300 表施 N4-2、75 混施 N1-3、150 混施 N2-3、225 混施 N3-3、300 混施 N4-3),不施氮(N0)为对照,每个

收稿日期:2011-08-05

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD87B00)

第一作者简介:孟祥海(1985-),男,黑龙江省佳木斯市人,在读硕士,从事土壤肥力与植物保护研究。E-mail:mengxianghai538@163.com。

处理 3 次重复,共设置 39 个土柱,随机摆放土柱。

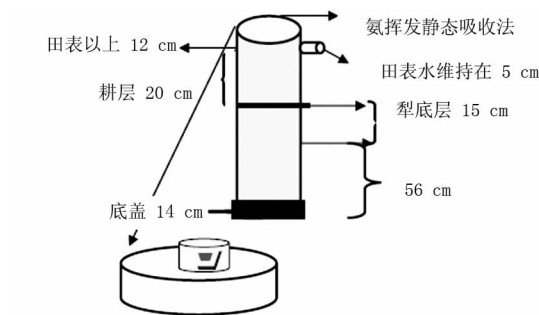


图 1 试验装置

所有处理均施磷钾肥,并以基肥一次性施入。其中磷肥为普通过磷酸钙(含 P_2O_5 12%),施用量为 $139 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;钾肥为氯化钾,用量为 $83 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。氮肥为尿素(含 N46%),分 3 次施入,基肥、蘖肥、穗肥按照 4:3:3 的比例施入,3 次追肥时间分别是:12 月 20 日、1 月 6 日和 2 月 10 日。

插秧行距为 20 cm,在土柱中以边长为 20 cm 的等边三角形顶点为穴位,每个土柱插秧 3 穴,每穴 3~4 株。11 月 29 日播种育秧苗,当秧苗长至三叶一心时即 12 月 21 日移栽插秧。土壤采取稻田黑色土壤,分层次采土 0~20 cm,20~40 cm,40~60 cm,60~80 cm. 分层次回填土壤于土柱中,依据所采集稻田田间土壤单位体积的重量将土壤夯实到接近田间程度。

1.3 样品的采集与测定

用静态吸收法收集挥发出来的氨气^[9],在每个 PVC 管土柱的田表表面放置一个 100 mL 的小烧杯,内装 2% 硼酸和定氮混合指示剂 20 mL,然后用 1 L 烧杯倒扣在上面,每次监测 4 h,每个生长发育期前 6 次连续监测氨挥发,直至监测不到氨挥发为止。每次用装有新硼酸指示剂换取小烧杯,用标准酸 $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸滴定硼酸,以测定氨态氮的挥发量,氨挥发量以纯氮计。按照公式 $N(\text{NH}_3\text{-N})(\text{mg}/\text{瓶}) = MV \times 14$ [M 为标准酸的摩尔浓度, V 为滴定时标准酸的体积/mL] 计算挥发出来的铵态氮量。氨挥发速率: $\text{N}/\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} = [M/(A \times D)] \times 10^{-2}$ 式中 M 为密闭法单个装置平均每次测得的氨量 N/mg; A 为捕获装置的横截面积 D/m^2 ; d 为每次连续监测的时间/d。

1.4 数据处理

主要采用 Excel2003 和 DPS7.05 软件对数据进行处理,其中差异性显著比较采用 LSD 法, $P < 0.05$ 水平。

2 结果与分析

2.1 不同施氮水平及不同施氮方式下的稻田氨挥发通量比较

水稻田中氮肥在不同施肥时期氨挥发通量的变化可知(见图 1,图 2,图 3),基肥、蘖肥、穗肥 3 次追肥的氨挥发通量动态变化基本一致,都表现出施肥后 2~4 d 内氨挥发通量达到最大,即氨挥发通量的高峰阶段基本都出现在施肥后的 2~4 d 内,且施氮量与氨挥发通量呈一定的正比关系。同一种施肥方式下,氨挥发通量均随着施肥量的增大有明显的升高趋势,这说明施肥量的增加是导致氨挥发氮素损失主要原因之一。

比较不同施氮量和不同施肥方式下的氨挥发通量变化可以看出:3 种施肥方式下的氨挥发通量均在穗肥时期出现最高值,但是持续时间较短,其中深施肥、表施肥和混施肥的最大氨挥发通量分别为 6.74 、 10.30 和 $7.53 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,其次是蘖肥时期,为 5.01 、 7.13 和 $6.74 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,最后是基肥时期,为 3.65 、 7.14 和 $3.96 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,这与南京土壤肥料研究所的宋勇生^[10]等人的研究略有差异,基肥时期虽然施氮量高,但由于试验初期所处温度较低,早晚温差较大,最低温度达到 15°C ,致使氨挥发通量降低。穗肥时期正是随着日照充足,室温持续升高,最高温度达到 30°C ,氨挥发通量随之加大。同一施肥量情况下,氨挥发通量表现为:表施肥 > 混施肥 > 深施肥,3 次施肥时期内,表施肥氨挥发通量最大,而深施氮素损失最小。前者最高值分别为 7.14 、 7.13 和 $10.30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,约是混施肥和深施肥的 1.05、1.96 倍。施氮素量越大,氨挥发通量差异越显著,肥料表施和施氮量增高均会增加氮素损失。在整个生长发育期,穗肥时期氨挥发通量达到最大值,其次是基肥和蘖肥时期。

2.2 不同处理氨挥发总量变化比较

由图 4 可以看出:不同施肥量及不同施肥方式在各个施肥时期氨挥发量存在很明显的差异。同一施肥方式不同施肥量下,3 种施肥方式均表现出氨挥发总量与施肥量成正比关系,在肥料表施时最为明显。其中深施肥方式的氨挥发总量在基肥时期均小于蘖肥和穗肥施入时期,而且随着施肥量的递增氨挥发总量始终维持在 $0.411 \sim 0.432 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,约占表施肥的 50.6%~70.1%。说明基肥深施可以有效改善氮素氨挥发损失,增大氮素基肥比例能有效抑制氨挥发的发生。表施

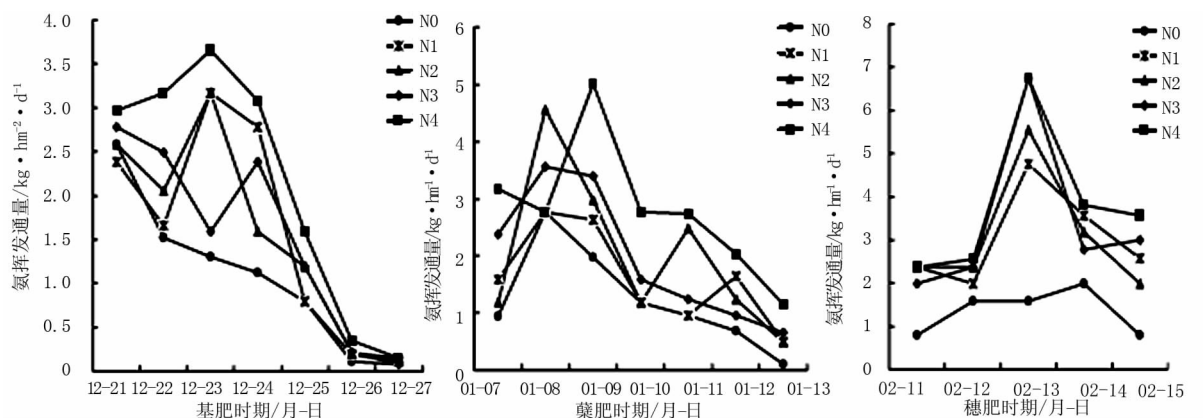


图2 不同施肥时期深施肥氨挥发量变化

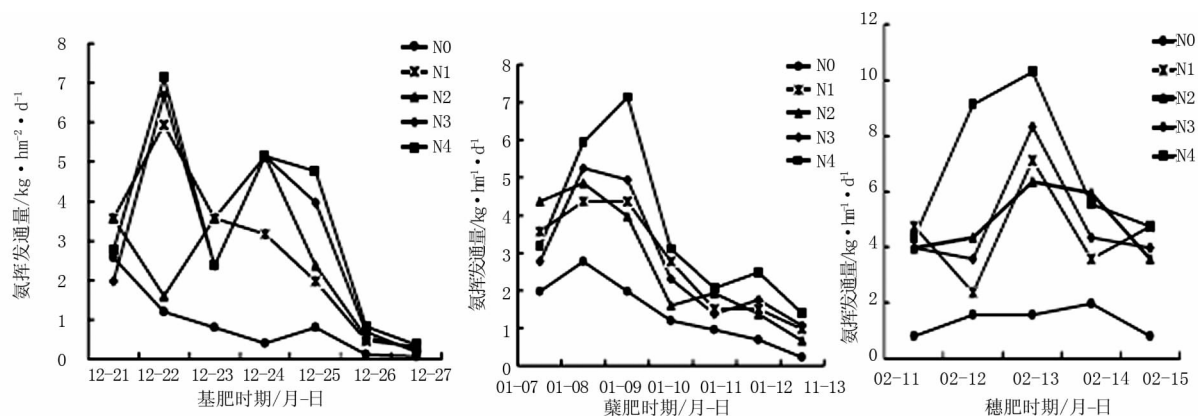


图3 不同施肥时期表施肥氨挥发量变化

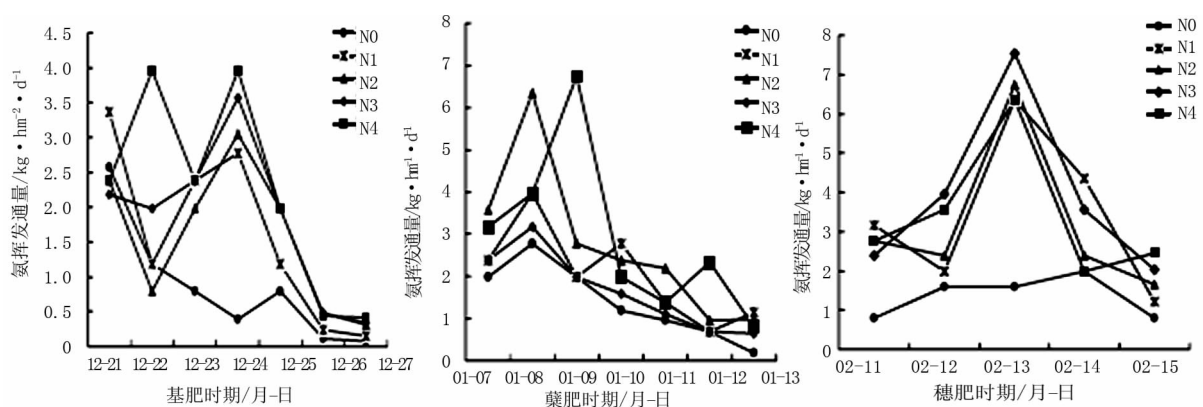


图4 不同施肥时期混施肥氨挥发量变化

肥方式的氨挥发总量在基肥、追肥和穗肥施入后随着施氮的增加并没有呈现出逐渐升高的趋势,而是在施肥 $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时突然增高,其中在穗肥时期增高最为明显,说明表施肥 $> 225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时氮素损失增多,尤其是在穗肥时期损失量最大,分别是基肥和追肥损失总量的 1.29、1.69 倍。混施

肥的施肥方式下,各个时期氨挥发总量随施肥梯度变化不大,呈现上下波动。总体来看,在追肥时期氨挥发总量略大,其次是穗肥,最后是基肥。

2.3 施肥梯度下不同施肥方式的氨挥发量比较

由图 5~图 7 可以看出,在一定范围内,随着施氮量的不断增加,各施肥时期氨挥发量均呈上

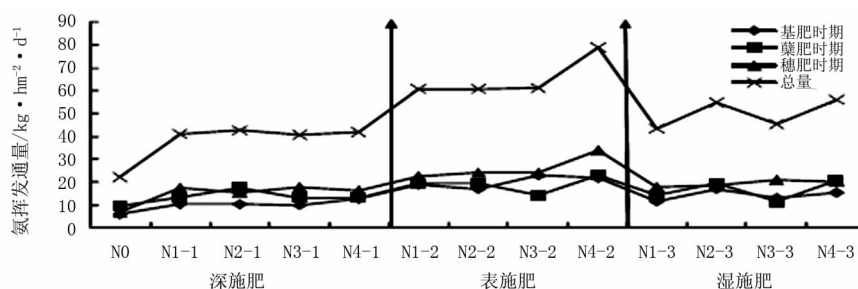


图5 不同施肥时期施肥方式下氨挥发量变化

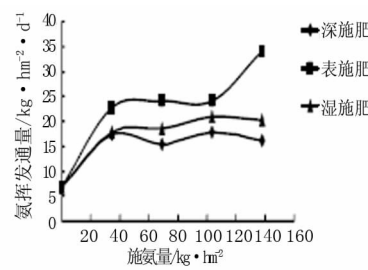
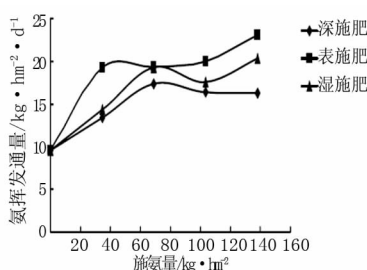
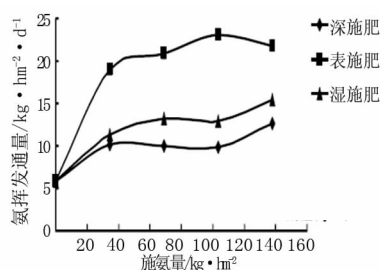


图6 基肥时期施肥梯度下的氨挥发曲线 图7 表施时期施肥梯度下的氨挥发曲线 图8 带施时期施肥梯度下的氨挥发曲线

升趋势。大约在 $40 \sim 60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,达到稳定。3种施肥方式下的氨挥发量表明,表施肥 $>$ 混施肥 $>$ 深施肥。

3 结论

从施肥方式来比较,表施肥的氨挥发通量分别是混施肥和深施肥的 1.05、1.96 倍。与氮素表施相比,深施肥和混施肥均不同程度地降低了氨挥发通量、抑制稻田氨挥发;随着施肥量的增大,氨挥发通量呈明显增大趋势。

从氨挥发引起的氮素损失来看,在每个施肥时期均是表施肥的氮素以氨气形式损失率最高,在穗肥时期达到最高为 $16.84\% \sim 45.95\%$,基肥时期为 $11.47\% \sim 37.92\%$,穗肥时期为 $4.3\% \sim 27.99\%$ 。

从氨气的挥发总量来看,表施肥极大的促进了氨挥发的损失速率,表施肥时氨挥发损失占基肥施氮量的 $29.6\% \sim 45.5\%$ 。因此在合理控制施肥量情况下推广肥料深施和混施对提高氮素利用率具有重要意义。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] FAO. Statistical databases[M/OL]. Food and Agriculture

Organization (FAO) of the United Nations, Rome. <http://www.FAO.Org>. 2004.

- [3] Zhu zhaoliang Fate and management of fertilizer nitrogen in agro-ecosystems[M]//Zhu Zhaoliang, Wen Qixiao, Freney J R. Nitrogen in Soils of China. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [4] 陈温福. 北方水稻生产技术问答[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [5] Fillery R P, de Datta S K. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizer as a N loss mechanism in flooded rice fields[J]. Fert. Res., 1986, 9: 78-98.
- [6] 蔡贵信, 朱兆良. 稻田中化肥氮的气态损失[J]. 土壤学报, 1995, 32(增刊): 128-135.
- [7] 中华人民共和国化工部. 中国化工年鉴[M]. 北京: 中国化学工业出版社, 1996.
- [8] 朱兆良. 农田生态系统中化肥氮的去向和氮素管理[M]//朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992.
- [9] 凌莉, 李世清, 李生秀. 石灰性土壤上氮肥氨挥发损失的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(6): 119-122.
- [10] 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): 265-268.
- [11] 邓美华. 稻田生态系优化施与挥发损失究[J]. 土壤, 2005, 38(4): 264-265.

氮磷钾配施对三江平原玉米产量的影响

王玲莉¹, 古慧娟¹, 石元亮¹, 梁桂林², 阎立春²

(1. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 黑龙江省宝清八五三农场, 黑龙江 双鸭山 155630)

摘要:为研究适合黑龙江八五三农场地区玉米最佳施肥量,采用“3414”试验方案进行了肥效试验,拟合了肥料效应一元二次方程和三元二次方程。通过一元二次方程拟合分析得出,在该土壤条件下的最大的施氮量、施磷量和施钾量分别为 147.96、85.635 和 44.205 kg·hm⁻²,最佳的施氮量、施磷量和施钾量分别为 76.245、52.98 和 32.4 kg·hm⁻²。氮、磷、钾三者必须配合施用才能达到高产,任何一种营养元素受到胁迫都不利于高产。通过三元二次方程得出,在该土壤条件下,氮、磷、钾最高施肥量为 N-P₂O₅-K₂O=131.7-85.3-36.1(kg·hm⁻²),对应的最高产量为 9 522.81 kg·hm⁻²。最佳施肥量 N-P₂O₅-K₂O=82.7-54.1-33.6 (kg·hm⁻²),其对应的产量为 9 288.54 kg·hm⁻²。

关键词:3414;玉米;肥料效应;数学模拟

中图分类号:S143.15

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)12-0042-05

我国是玉米生产和消费大国,玉米作为三大粮食作物之一,对于保障我国粮食安全具有重要的战略意义。玉米的有效供给已经成为关系粮食安全、肉类生产及工业发展的重要问题^[1]。目前,

世界人口不断增加,而耕地面积在急剧下降,农民通过增加施肥量来增加粮食的产量,因而出现了广大地区施肥量过多,造成了一系列的生产、环境等问题^[2-3]。

20 世纪 80 年代依靠全国第二次土壤普查土壤养分数据和田间肥料效应,开发推广的配方施肥技术,为我国粮食的增产、农民收入的增加做出了巨大的贡献。但肥料效应会随着土壤养分的变化而变化,同时也会受人为的生产活动而改变。为了适应农田土壤肥力的变化,调整作物施肥的适宜用量,从事农业技术研究和推广人员,一直以来都在不间断地进行着田间肥料效应试验^[4-5]。

收稿日期:2011-08-01

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2009BADB3B07)

第一作者简介:王玲莉(1983-),女,陕西省韩城市人,硕士,农艺师,从事土壤植物营养研究。E-mail:wanglingli2231@163.com。

通讯作者:石元亮(1960-),男,吉林省集安市人,博士,博导,研究员,从事新型肥料技术研究。E-mail:shiyl@iae.ac.cn。

Nitrogen Levels and Nitrogen Application Modes on Ammonia Volatilization Effect

MENG Xiang-hai¹, WEI Dan², WANG Yu-feng², WU Ying², CHEN Xue-li², ZHANG Lei², SHI Xin-rui³

(1. Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang, 150086; 2. Soil Fertilizer and Resource Environment Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 3. Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang, Heilongjiang 157041)

Abstract: Using static absorption method, the study of five different nitrogen fertilizer(urea) gradient as well as three fertilization methods(deep application, application, applying mixed) on ammonia volatilization characteristics in three different fertilizing period was conducted. The results showed that: with the increase of nitrogen amount, ammonia volatilization fluxes showed a rising trend, with the increase of nitrogen application amount, ammonia volatilization loss accounted for the proportion of the total increase gradually. The ratio of ammonia volatilization in various fertilization periods was different. The biggest loss was in tillering period, followed by basal fertilizer, and panicle fertilizer period was the least. Every time after fertilization, ammonia volatilization lasted for about a week, around 2 to 4 days reach the maximum value, the amount of ammonia volatilization of nitrogen increased significantly with increasing trend, the obvious mode was the most evident.

Key words: nitrogen; paddy; ammonia volatilization