

# 镇江丘陵区稻田化肥氮的氨挥发及其影响因素

田光明<sup>1\*</sup> 蔡祖聪<sup>1</sup> 曹金留<sup>2</sup> 李小平<sup>1</sup>

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

(2 江苏省句容农业学校, 句容 212400)

**摘 要** 采用密闭室方法对镇江丘陵区典型稻麦轮作制度下的水稻插秧、分蘖和孕穗期施用尿素的氨挥发进行了测定, 并对施肥后土壤 pH 的变化及其对氨挥发的影响进行了分析。结果表明稻田施用尿素有明显的氨挥发损失, 氨挥发损失率在水稻不同生育期有很大的差异, 分蘖肥的氨挥发显著高于基肥和孕穗肥。受温度、植株状况以及光照条件等因素的影响, 氨挥发存在明显的年际差异。田面水的 pH 值在施肥后有明显的昼夜波动, 而氨挥发损失受田面水 pH 值变化的显著影响。稻草对不同生育期施肥的氨挥发影响不同。

**关键词** 稻田, 氨挥发, 尿素, 影响因素

**中图分类号** S143.1

大量的研究表明, 我国农田化肥氮素的利用效率只有 20%~40%<sup>[1]</sup>, 而大部分氮素以各种形式进入到大气或水环境, 不仅造成肥料和能源的浪费, 而且对环境产生污染<sup>[2,3]</sup>。因而对化肥氮素损失的研究有重要的环境意义和理论价值。氨挥发是氮素损失的主要途径之一, 国内外研究表明, 农田氨挥发损失的氮量占化肥氮量的 1%~47%<sup>[4]</sup>, 占氮素总损失的 18%~104%<sup>[5,6]</sup>, 即使在微酸性的水稻土也有明显的氨损失<sup>[7]</sup>。而且水田的氨挥发明显高于旱地<sup>[5]</sup>。

影响氨挥发损失的因素主要有气候条件(温度、湿度、光照及风速等)、土壤性质、化肥品种和施用方式以及种植制度类型等。前人的研究表明氨挥发随土壤和气候条件的变化波动很大, 降雨与施肥的先后顺序对氨的挥发起着很关键的作用<sup>[8]</sup>。氨的平衡蒸气压  $P_{NH_3}$  和掠过体系的空气流速等对氨的挥发速率都有明显的影响<sup>[9]</sup>。上述条件的区域差异, 必然导致氨挥发损失规律的差异。稻麦轮作是镇江丘陵区一种主要的生产方式, 为了有效地控制该地区氮素的氨挥发损失, 本文从 1995 至 1997 年对镇江丘陵区稻麦轮作制度下的水稻田氨挥发损失及其影响因素进行了研究, 以了解该地区气候和土壤条件下的氨挥发损失特征, 为抑制稻田氮素损失, 提高氮素利用率提供依据。

\* 现工作单位为: 浙江大学环资学院环境工程系, 浙江杭州市凯旋路 268 号, 310029, email: gmtian@zju.edu.cn

# 1 材料与方法

## 1.1 实验地与土壤

试验设于江苏省句容农业学校实验农场, 土壤为下蜀黄土母质发育的水稻土, 其丘林法测定的有机质含量  $9.87 \text{ g kg}^{-1}$ , 凯氏氮  $0.68 \text{ g kg}^{-1}$ ,  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  6.3, 肥力中等。

## 1.2 试验方法

采用密闭室法测定氨的挥发量, 原理是用抽气减压的办法将田面挥发到空气中的氨吸入装有 2% 硼酸的洗气瓶使其吸收固定于硼酸溶液中, 再用标准酸滴定硼酸所吸收的  $\text{NH}_3$  的数量, 即为氨挥发损失量。田间采集氨气的装置见文献[4]。稻田采气时调节挥发室体积和抽气流量, 使换气频率控制在  $15 \sim 20 \text{ r min}^{-1}$  [10]。同时以盛有灌溉水的盆为对照测定大气的背景氨浓度。

## 1.3 试验处理

试验在 1995 至 1997 年进行, 设 5 个施肥处理, 即每年在稻麦轮作系统小麦播种时施用稻草  $1500 \text{ kg hm}^{-2}$  的基础上, 分别在水稻生育期施尿素态氮 0, 100, 200 和  $300 \text{ kg hm}^{-2}$ , 记作 CK, NS100, NS200 和 NS300; 同时设不施稻草只用尿素氮  $200 \text{ kg hm}^{-2}$  的处理, 记作 N200。尿素分基肥(60%)、分蘖肥(20%)和孕穗肥(20%)三次施入(见表 1)。小区面积为  $100 \text{ m}^2$ , 随机排列, 重复 3 次共有 15 个小区; 肥料为国产尿素, 做基肥时与土壤混合, 追肥则表面撒施; 水稻品种为武育粳三号。

表 1 水稻各生育期化肥氮的分配

Table 1 Distribution of fertilizer-N in rice growth period

| 施肥期<br>Application time | 处理和施肥量 Treatment and fertilization ( $\text{kg hm}^{-2}$ ) |       |       |      |      |
|-------------------------|--|-------|-------|------|------|
|                         | NS100  | NS200 | NS300 | N200 | CK   |
| 基肥(20~21, Jun)          | 60   | 120   | 180   | 120  | 0    |
| 分蘖肥(6~8, Jul)           | 20   | 40    | 60    | 40   | 0    |
| 孕穗肥(7~11, Aug)          | 20   | 40    | 60    | 40   | 0    |
| 总施氮量                    | 100  | 200   | 300   | 200  | 0    |
| 稻草施用量                   | 1500   | 1500  | 1500  | 0    | 1500 |

# 2 结果与讨论

## 2.1 稻田尿素施用后的氨挥发

2.1.1 施肥后氨挥发速率的变化 稻田化肥氮的施用是以尿素态分基肥、分蘖肥和孕穗肥三次施入, 1995 至 1997 年的试验结果表明, 尿素施入淹水的稻田后很快水解成铵态氮发生氨挥发反应。氨挥发速率随时间有明显的挥发高峰(如图 1)。基施尿素的氨挥发峰值都出现在前 5 天, 且最初几天氨挥发逐日变化剧烈, 除对照外, 各处理每天的日氨挥发量差异都达到显著或极显著水平, 三年基肥的挥发曲线极为相似, 除对照外各施肥处理前一周的累积氨挥发量占到整个观察期氨挥发量的 90%~100%。分蘖期追施尿素的氨挥发速率更快, 1995 和 1997 年分别在施肥后的第 3 天和第 4 天达到挥发高峰。孕穗肥也在尿素施用后的第 3 天出现了挥发的峰值。说明尿素在稻田中的水解和氨挥发过程是非常快的, 或者说水解后的氮很快会被土壤固定或转化为其他形态的氮。随着施肥量的

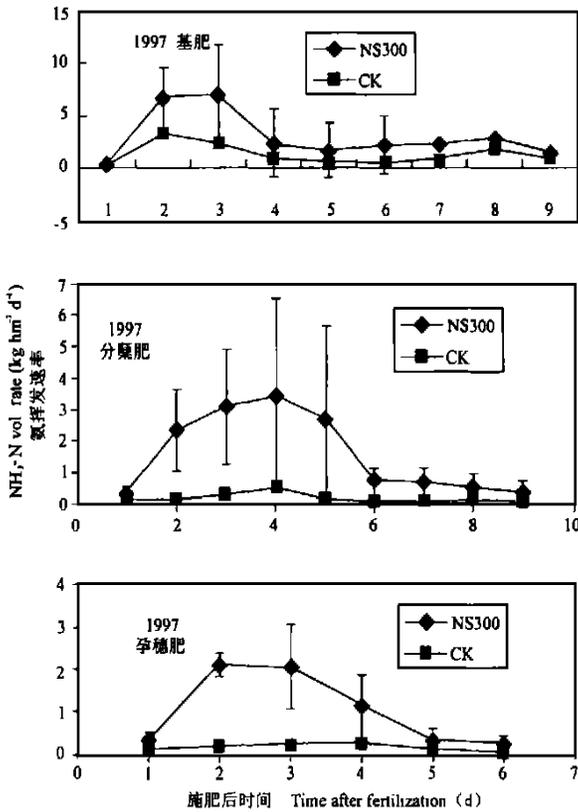


图 1 施肥后氨挥发速率的变化

Fig. 1 Change in ammonia volatilization rate after urea application

增加氨挥发速率增大,且在施肥后的 3~5 天内达到挥发的峰值。

统计检验表明 1995 年各施肥水平的基肥氨挥发都极显著地高于对照,但不同施肥量的氨挥发量差异不显著;而 1997 年 NS100 与对照之间的氨挥发损失差异不显著,其他施肥处理与对照相比都有显著或极显著的氨挥发损失,NS300 的氨挥发损失也显著地高于 NS100。表明水稻基施尿素在一定量范围内氨挥发损失可能不明显,而施肥超过一定量则会显著增加尿素的氨挥发损失。分蘖肥和孕穗肥各施肥处理的氨挥发都显著地高于对照,说明以撒施的方式追施尿素有明显的氨挥发损失。

2.1.2 不同施肥时期的氨挥发率 比较不同生长季节的氨挥发占施肥量的比率(即氨挥发率)表明,水稻生育期三次施肥的氨挥发率有明显的不同(表 2),分蘖肥的氨挥发比率极显著地高于基肥和孕穗肥。基施尿素的氨挥发比率最小,1995~1997 年不同施肥水平的平均氨挥发率分别只有施氮量的 2.07%,1.34%和 7.22%;而分蘖期追施尿素的氨挥发率最高,1995 和 1997 年不同施肥水平的平均氨挥发分别达到施入氮量的 17.22%和 14.10%,孕穗肥的氨挥发介于基肥与分蘖肥之间,分别为施氮量的 5.44%和 7.88%。分析其原因可能主要有如下几个方面:(1)三次施肥分别在 6 月下旬、7 月上中旬和 8 月上中旬,施肥时的温度有明显的差异,如季节差异突出的 1995 年各生育期的平均气温分别为插秧期(基肥)24.6℃,分蘖期(分蘖肥)30.1℃和孕穗期(孕穗肥)28.1℃,地面平均温度

分别为 26.0℃, 34.6℃和 31.5℃, 可见分蘖期的温度明显高于水稻插秧和孕穗期。而研究表明氨挥发与温度有显著的正相关<sup>[4]</sup>, 这可能是不同施肥时期氨挥发差异的主要原因之一。(2) 基施尿素的氨挥发低的另一个主要原因可能是由于它在施用后进行了耙田耕作, 使其与土壤有较充分的混合, 因而水解后的铵态氮被土壤吸附, 降低了挥发的潜力。而追施尿素采用的是水面撒施, 不同的施肥方法引起氨挥发的很大差异<sup>[11, 12]</sup>。(3) 分蘖与孕穗肥的氨挥发差异可能还有如下的原因: 一是孕穗期水稻需要的养分较多, 吸收肥料氮的速度较快, 因而使土壤中氨和铵的浓度迅速降低, 氨挥发损失减少; 二是孕穗期追肥时较高的植株遮挡了阳光对水面的照射程度, 因而抑制了藻类的滋生和 pH 的升高, 使氨挥发减少; 另外植被的遮荫也使水面升温变慢, 从而使氨挥发速率减小。三是植物冠层对水气界面挥发出的氨可能存在一定的阻挡作用, 造成冠层以下氨分压较大, 从而抑制氨的挥发, 水稻对氨的叶面吸收可能也是氨挥发减少的原因之一<sup>[13]</sup>。(4) 孕穗肥与基肥的氨挥发在 1995 年也有显著差异, 即追肥的氨挥发显著高于基肥, 但在 1997 年差异不显著, 可能是由于上述影响孕穗期氨挥发的因素与施肥方法的影响在不同气候条件下的影响程度不同。

表 2 不同施肥时期的氮挥发占施肥量的比率

Table 2 Ratio of ammonia volatilization to fertilizer applied in different period (%)

| 处理<br>T treatment | 基肥 Basal fertilizer |      |      | 分蘖肥 Tillering fert. |       | 孕穗肥 Booting fert. |       |
|-------------------|---------------------|------|------|---------------------|-------|-------------------|-------|
|                   | 1995 <sup>1)</sup>  | 1996 | 1997 | 1995                | 1997  | 1995              | 1997  |
| NS100             | 3.82                | 0.63 | 7.03 | 14.25               | 12.13 | 8.07              | 10.07 |
| NS200             | 2.00                | 1.38 | 7.49 | 17.49               | 8.03  | 5.37              | 7.19  |
| NS300             | 1.54                | 2.09 | 8.04 | 18.11               | 20.86 | 3.73              | 8.68  |
| N200              | 1.00                | 1.28 | 6.33 | 21.59               | 18.27 | 4.58              | 5.56  |
| 平均                | 2.09                | 1.34 | 7.22 | 17.86               | 14.82 | 5.44              | 7.88  |

1) 年份

2.1.3 氨挥发率的年际变化 不同年份的氨挥发试验表明, 由于气候条件等因素的年际差异, 氨挥发率也有明显的年际变化。从表 2 可以看到 1995 和 1996 年水稻基施尿素的氨挥发损失只有施入氮量的 0.63% ~ 3.82%, 而 1997 年的氨挥发达到施入氮量的 6% ~ 8%。从 1995~1997 年基施尿素期间的气象资料(表 3) 可以看到 1997 年试验期间的地表积温高很多, 而且降雨少而蒸发多, 这就使水层界面的蒸汽压降低, 气相中氨分压降

表 3 水稻基肥期间(6 月 15 日~ 6 月 30 日) 的气象情况

Table 3 Climate conditions at basal fertilization of paddy rice

| 年份<br>Year | 降雨量<br>Rain<br>(mm) | 蒸发量<br>Evaporation<br>(mm) | 平均温度<br>Temperature<br>(℃) | 地表积温<br>Cumulative<br>temperature at<br>surface(℃) | 总日照时数<br>Sunshine<br>time(hour) | 平均湿度<br>Humidity<br>(%) |
|------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|--|---------------------------------|-------------------------|
| 1997       | 53.4                | 104.1                      | 25.8                       | 469.2  | 109.4                           | 77.06                   |
| 1996       | 190.7               | 78.5                       | 25.0                       | 423.6  | 54.5                            | 84.38                   |
| 1995       | 179                 | 73.3                       | 24.5                       | 420.8  | 78.3                            | 83.81                   |

低从而使氨挥发增加。而 1995 和 1996 年试验期间多数是阴雨天, 表层田面水层经常处于被稀释的状态, 因而氨- 铵的基质浓度降低, 氨挥发受到抑制。另外 1997 年试验期间大多为晴天, 日照时数分别为 1995 和 1996 年的 1.5 和 2 倍, 因而更有利于藻类的活动, 使水层的 pH 升高, 引起氨挥发损失的增加。分蘖肥和孕穗肥的氨挥发在 1995 与 1997 年间, 也表现出明显的差异。1995 年分蘖肥的氨挥发略高于 1997 年, 可能主要是由于氨挥发测定期间的平均气温 1995 年(26.9℃)略高于 1997 年(25.1℃)。但 1997 年孕穗肥的氨挥发明显高于 1995 年则可能与 1995 年测定期间较大的降雨有关(106.2mm), 而 1997 年测定期间的降雨量仅有约三分之一(35mm), 具体原因还有待进一步研究考证。

## 2.2 影响稻田氨挥发的其他因素

### 2.2.1 施肥量对氨挥发率的影响

试验结果都显示随着施肥量的增加各施肥时期的氨挥发量也增加(表 4), 但氨挥发的氮占施入氮量的比值(即挥发率)的变化在不同施肥时期表现出不同的趋势。从 1997 年的试验结果来看, 基肥尿素的氨挥发率随施肥量的增加而增加, 而分蘖肥和孕穗肥的氨挥发率则表现为 NS200(即在施稻草的条件下用尿素氮 200kg hm<sup>-2</sup>)水平上最低, NS100 和 NS300kg hm<sup>-2</sup>水平的氨挥发率都比较高, 反映出水面撒施尿素的氨挥发在某个适宜的施肥水平上挥发损失最小, 挥发量随施肥量的变化呈“V”字型。但从表 2 可以看到 1995 年的情况完全不同, 基肥和孕穗肥的氨挥发率随施肥量增加表现出降低的趋势, 而分蘖肥的氨挥发率则随施肥量增加而呈上升趋势。全生育期总的氨挥发率也表现出 1995 年和 1997 年的不同趋势, 1995 年随施肥量增加挥发率降低, 而 1997 年呈“V”字型变化。因此, 究竟施肥量对氨挥发比率的影响如何, 尚不能下结论, 可能还有其他因素的影响机制在起作用, 比如前茬小麦播种时施入的稻草的腐熟程度可能对不同时期施肥的氨挥发损失有不同的影响等, 这都尚待进一步的研究证实。

表 4 作水稻基肥的尿素氮挥发损失及其占施入氮的比例

Table 4 Ammonia volatilization of basal fertilization for paddy rice

| 处理<br>Treatment | 基层 Basal                                    |                                    | 分蘖肥 Tillering Fert.                         |                                    | 孕穗肥 Booting Fert.                           |                                    | 全生育期挥发率                          |      |
|-----------------|---|------------------------------------|---|------------------------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|------|
|                 | 氮挥发量  | 占施氮%                               | 氮挥发量  | 占施氮%                               | 氮挥发量  | 占施氮%                               | Whole Growth                     |      |
|                 | NH <sub>3</sub><br>volatilization<br>(mg N) | Percent of<br>NH <sub>3</sub> loss | NH <sub>3</sub><br>volatilization<br>(mg N) | Percent of<br>NH <sub>3</sub> loss | NH <sub>3</sub><br>volatilization<br>(mg N) | Percent of<br>NH <sub>3</sub> loss | period NH <sub>3</sub> loss<br>% |      |
|                 |   |                                    |   |                                    |   |                                    | 1997                             | 1995 |
| CK              | 10.78                                       |                                    | 2.07  |                                    | 1.03  |                                    |                                  |      |
| NS100           | 15.00                                       | 7.03                               | 4.50  | 12.13                              | 3.04  | 10.07                              | 8.66                             | 5.41 |
| NS200           | 19.77                                       | 7.49                               | 5.29  | 8.03                               | 3.91  | 7.19                               | 7.54                             | 5.10 |
| NS300           | 25.25                                       | 8.04                               | 14.59                                       | 20.86                              | 6.24  | 8.68                               | 10.7                             | 4.85 |

### 2.2.2 稻草施用对水稻氨挥发的影响

在稻麦轮作系统中, 每年在小麦播种后施入 1500kg hm<sup>-2</sup>的稻草。结果表明, 稻草的施用对稻田基肥的氨挥发有一定的促进作用(如表 5), 1995 年促进作用达到了显著水平。1996 和 1997 年的结果虽然施稻草与不施稻草处理的氨挥发差异不显著, 但施稻草的氨挥发都普遍高于不施稻草的氨挥发。可能前茬旱作时未完全腐殖化的稻草在稻田淹水插秧后也有一定的氨挥发损失。所施稻草的腐殖

化程度与小麦生育期的气候条件有很大关系, 小麦生育期的气候条件或施入稻草的腐烂程度以及有机氮的形态转化情况等因素都会影响氨挥发的速率和程度, 影响机理尚需进一步的研究说明。

表 5 稻草对氨挥发的影响

Table 5 The effect of rice-draw on ammonia volatilization

| 处理/年份<br>Treatment/year | 基层 Basal                          |                                    | 分蘖肥 Tillering Fert.               |                                    | 孕穗肥 Booting Fert.                 |                                    |
|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                         | 氮挥发量                              | 占施氮%                               | 氮挥发量                              | 占施氮%                               | 氮挥发量                              | 占施氮%                               |
|                         | NH <sub>3</sub><br>volatilization | Percent of<br>NH <sub>3</sub> loss | NH <sub>3</sub><br>volatilization | Percent of<br>NH <sub>3</sub> loss | NH <sub>3</sub><br>volatilization | Percent of<br>NH <sub>3</sub> loss |
| NS200/1997              | 19.77                             | 7.49                               | 5.29                              | 8.03                               | 3.91                              | 7.19                               |
| N200/1997               | 18.38                             | 6.33                               | 9.38                              | 18.27                              | 3.25                              | 5.56                               |
| NS200/1995              | 2.40                              | 2.00                               | 7.00                              | 17.49                              | 2.15                              | 5.37                               |
| N200/1995               | 1.20                              | 1.00                               | 8.63                              | 21.59                              | 1.83                              | 4.58                               |

稻草对分蘖肥氨挥发的影响不同于对基肥的影响, 1995 和 1997 年的试验结果都是不施稻草的氨挥发显著地高于施稻草处理, 说明稻草对分蘖追肥的氨挥发损失有明显的抑制作用。可能是由于淹水促进了稻草有机质的腐殖化, 从而增加了土壤的交换吸附能力, 使氨挥发减少。但稻草对孕穗期追肥的氨挥发影响又不同于分蘖肥, 而与对基肥的影响一致。可能由于长时间的淹水促进了有机态氮素氨化, 使一部分有机态的氮发生氨挥发逸失。

稻草对不同时期的化肥氮氨挥发影响的不同, 可能是由于稻草腐解程度和腐殖化程度不同, 而不同腐殖质成分对化肥氮的作用机制不同。

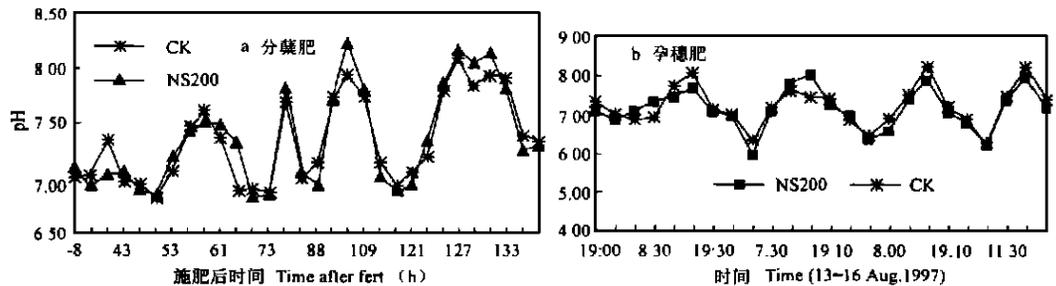


图 2 1997 年水稻追施尿素后面水 pH 的变化

Fig. 2 Change in flooding water pH at tillering stage after urea top-dressing in 1997

2.2.3 施肥后 pH 的变化及其对氨挥发的影响 1997 年的基肥氨挥发试验时发现, 稻田淹水后发现明显的藻类滋生, 因此在测定氨挥发的同时, 也测定了土壤和田面水的 pH 值, 结果表明土壤和田面水的 pH 值都有明显的昼夜波动, 而且施肥后的 pH 值都有逐渐升高的现象, 尤其是分蘖期追肥后的 pH 变化(图 2, 图 3)。土壤 pH 波动幅度较小, 上升较缓慢, 但田面水的 pH 昼夜波动很大, 最高时接近 8.5。在施肥初期土壤和水的 pH 都有一个下降的趋势, 且水层在施肥后约 50 小时、土壤在施肥后约 57 小时达到 pH 的最低点, 之后又逐渐波动式上升。这可能与氮素促进根系分泌物的增加有关<sup>[14]</sup>。土壤 pH

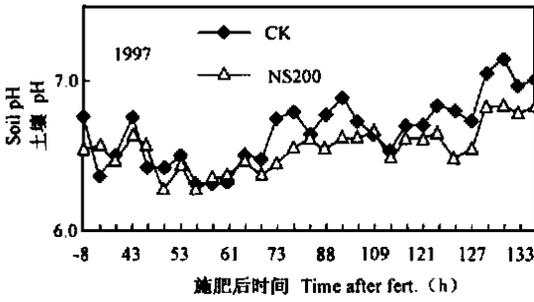


图3 水稻分蘖期追施尿素后土壤 pH 的变化  
Fig. 3 Change in soil pH after urea top-dressing at tillering stage

变化明显滞后于田面水 pH 的变化。水稻孕穗期追肥后田面水的 pH 值除表现出明显的昼夜变化外, 逐渐升高的趋势不明显(图 2b)。可能是由于植株对氮的吸收强烈和对阳光的遮挡作用, 抑制了藻类生长所需的养分和辐射能, 从而减弱了 pH 值的升高。

随着田面水 pH 值的升高, 分蘖肥各施肥处理的氨挥发速率也明显增加, 但对照处理的氨挥发速率却随 pH 升高而降低(图 4)。主要原因可能是因为施氮

处理有足够的氮素营养供藻类活动, 而藻类促进 pH 升高时, 多余的铵态氮被挥发, 而在没有施肥的对照处理, 则因藻类活动, 加剧了氮素营养的消耗, 使氨挥发平衡的底物更加缺乏, 因而虽然 pH 升高, 但氨挥发不增反降。

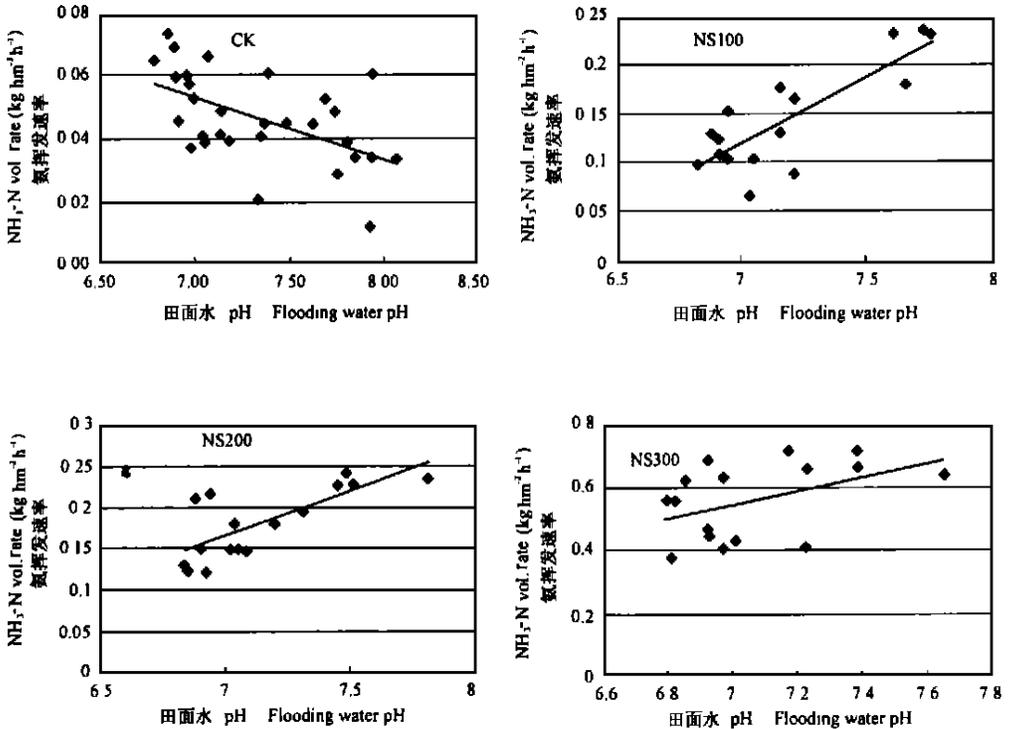


图4 田面水的 pH 值与氨挥发的关系

Fig. 4 Relationship between ammonia volatilization and flooding water pH

### 3 结论

综上所述, 由于受温度、光照、风速等气候因素的影响, 稻田施肥后的氨挥发表现出明

显的差异, 并通过对土壤生态系统条件的控制作用影响稻田田面水和土壤的 pH 等性质, 进而影响化肥氮的氨挥发速率。在稻麦轮作系统中稻草的施用对水稻基肥的氨挥发有一定的促进作用, 但对分蘖和孕穗肥的氨挥发影响随稻草的腐解程度不同而有不同的影响。气候因素如温度、湿度、光照和风速等条件都对氨挥发有明显的影响, 但由于水田 pH 值的剧烈变化的影响, 使某些气候因子对氨挥发的影响没有达到统计学的显著水平。

## 参 考 文 献

1. 樊庆笙. 共生固氮和土壤肥力. 见: 中国土壤学会土壤农化专业委员会, 土壤生物和生物化学专业委员会编. 我国土壤氮素研究工作的现状与展望. 北京: 科学出版社, 1986. 212~ 216
2. 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素. 南京: 江苏科技出版社, 1992. 213~ 249
3. 朱建国. 硝态氮污染危害及其研究. 土壤学报, 1995, 32(增刊(2)): 62~ 69
4. Tian Guangming, Cao Jinliu, Cai Zucong *et al.* Ammonia volatilization from winter wheat field top-dressed with urea. *Pedosphere*, 1998, 8(4): 331~ 336
5. 蔡贵信. 氨挥发. 见: 朱兆良, 文启孝主编, 中国土壤氮素. 南京: 江苏科技出版社, 1992. 171~ 185
6. 奚振邦. 农田生态系统中氮素循环的简析. 见: 中国土壤学会土壤农化专业委员会, 土壤生物和生物化学专业委员会编. 我国土壤氮素研究工作的现状与展望. 北京: 科学出版社, 1986. 217~ 226
7. Nelson D W. Nitrogen in Agricultural Soils. Madison Wisconsin USA, 1982. 327~ 363
8. Stevens R J, Laughlin R J, Kilpatrick D J. Soil properties related to the dynamics of ammonia volatilization from urea applied to the surface of acidic soils. *Fertilizer Research*. 1989, 20(1): 1~ 9
9. Larsen S, Gunary D. Ammonia loss from ammoniac fertilizers applied to calcareous soils. *J. Sci. Food Agric.*, 1962, 13: 566~ 572
10. 朱兆良, 蔡贵信, 徐银华等. 一种稻田氮肥氨挥发及其在氮素损失中的重要性的研究. 土壤学报, 1985, 22: 320~ 328
11. 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素. 南京: 江苏科技出版社, 1992. 213~ 249
12. 谦仓武富. 尿素肥料详说. 上海: 农业出版社, 1959. 55~ 70
13. Lockyer D R, Whitehead D C. The uptake of gaseous ammonia by the leaves of Italian ryegrass. *J. Exp. Bot.*, 1986, 37(180): 919~ 927
14. Whitehead D C, Rastrick N. Effects of some environmental factors on ammonia volatilization from simulated livestock urine applied to soil. *Biol. Fertil. Soils*. 1991, 11(4): 279~ 284

## AMMONIA VOLATILIZATION FROM PADDY FIELD AND ITS AFFECTING FACTORS IN ZHENJIANG HILLY REGION

Tian Guang-ming<sup>1</sup> Cai Zu-cong<sup>1</sup> Cao Jin-liu<sup>2</sup> Li Xiao-ping<sup>1</sup>

(1 *Institute of Soil Science of CAS, Nanjing 210008*)

(2 *Jurong agricultural school of Jiangsu, Jurong 212400*)

### Summary

Ammonia volatilization was measured with the continuous air flow enclosure method in a paddy field at the Experimental Farm of Jurong Agricultural School in Zhenjiang hilly region, and its main influencing factor was investigated. The result showed that ammonia volatilization was obvious in paddy field after fertilisation with urea at the transplanting, tillering and booting stages of the rice crop. The result also showed that there was a visible ammonia volatilization which varied with the growth period and that the highest  $\text{NH}_3$  loss rate occurred following the first top-dressing (19~26 days after rice transplanting), and the lowest  $\text{NH}_3$  loss rate following the basal fertilisation (only 1%~3.8% of the N applied). The annual variation in ammonia volatilization was also observed due to the climate factors. An evident diurnal variation in flooding water pH and soil pH was observed after fertilization, and affected the ammonia volatilization significantly. The rice straw application had a dissimilar effect which varied with the growth period. Total  $\text{NH}_3$  loss over the whole rice-growing season increased with the N dose, but little difference was observed in the ratio of  $\text{NH}_3$  loss to total N applied.

**Key words** Zhenjiang hilly region, Paddy field, Ammonia volatilization