

红壤稻田施用控释肥与氮素转化的关系

秦道珠¹, 李冬初¹, 徐明岗¹, 中华平¹, 黄平娜¹, 朴洪圭²

¹ 中国农业科学院祁阳红壤实验站, 湖南祁阳 426182;

² 韩国农村振兴厅湖南农业试验场, 全北益山市 570080)

摘要: 在湘南红壤稻田连续两年(2002—2003)采用田间试验与室内分析相结合的研究方法, 对施用控释肥和尿素的稻田肥料氮转化与去向进行研究。结果表明, 稻田氨挥发是氮素损失的主要原因。施用尿素, 其氨挥发损失量达到施氮素总量的 39.28%, 施用控释肥(LCU70、LCU50), 其氨挥发损失量分别占其施氮总量的 19.99%和 10.91%, 比尿素的氨挥发氮素损失量降低 19.29%~28.37%。田间表面水 NH₄-N 浓度高峰期出现在施肥后的第 1 天, 10d 后下降到对照水平。田间氨挥发高峰期出现在施肥后的第 3 天, 7d 后下降到对照水平。施用控释肥(LCU70、LCU50), 水稻对氮素的吸收利用率分别为 80.5%、64.7%, 比施尿素高 50.5%、34.7%, 差异极显著。

关键词: 控释肥; 水田; 氨态氮; 氨挥发

中图分类号: S145.5 文献标识码: A

The Relationship of the Application of Controlled-release Fertilizer and the into Red Ice Paddy

Qin Daozhu¹, Li Dongchu¹, Xu Minggang¹, Shen Huaping¹, Huang Pingna¹, Park Hungwe²

¹Qiyang Red Soil Experiment Station, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qi yang 426182;

²Hunan Agricultural Test Center, South Korea Rural Development Administration, Iksan 570080)

Abstract: Under the research of nitrogen transformation of the application of controlled release fertilizer and urea fertilizer into rice paddies, in the red soil hilly fields of southern Hunan for two consecutive years (2002—2003), with a systemic field observation combined with real time analysis, the results showed that the ammonia volatilization is the main reason of nitrogen loss. The application of Urea made the ammonia volatilization losses amounted to 39.28% of total nitrogen. While the application of controlled release fertilizer (LCU70. LCU50), made the ammonia volatilization losses of volume accounted for 19.99% and 10.91% of total nitrogen separately, which were 19.29%~28.37% lower than Urea Nitrogen ammonia volatilization loss. The concentration of NH₄-N in field surface water peaks in the first days after fertilization, and drops to the comparison level in 10 days. The ammonia volatilization in the field peaks in the third days after fertilization, and drops to the comparison level in 7 days. Unde the application of controlled-release fertilizer (LCU70, LCU50), the nitrogen absorptivities of rice are 80.5% and 64.7%, respectively, which are 50.5 and 34.7% higher than that of urea, the difference is significant.

Key words: controlled-release fertilizer, paddy, ammonia, ammonia volatilization

南方红壤丘陵区是中国双季稻种植的主产区之一^[1]。近年来, 单季水稻纯氮用量达到 195kg/hm², 最高用量超过 200kg/hm²。化肥氮主要为普通尿素、碳铵速溶

性氮肥。据研究, 氮肥的当季利用率仅为 25%~28%^[2,3]; 过量施用氮肥不仅造成肥料利用率下降, 且大量的氮素挥发损失及淋失、流失引起农田水体富营养化等环

基金项目:“十五”国家重点科技攻关课题(2004BA508B11); 国家科技支撑计划课题(2006BAD05B09); 国家红壤农业生态站项目资助。

第一作者简介: 秦道珠, 男, 1953 年出生, 湖南东安人, 高级农艺师, 大学学历, 长期从事植物营养与作物栽培施肥研究工作, 发表论文 50 多篇, 合作出版专著 4 部, 获省部级科技进步奖 10 余项。通信地址: 426182 湖南省祁阳县文富市镇官山坪, 中国农业科学院祁阳红壤实验站, Tel: 0746-3842052, E-mail: Daozhuqin@163.com。

收稿日期: 2008-05-01, 修回日期: 2008-06-04。

境负效应,造成生态环境恶化。提高肥料利用率,开发和施用控释肥新品种,成为当前肥料科学攻关新的热点^[4]。该试验采用田间实验与室内分析相结合的研究方法,连续2年对施用控释肥和尿素的稻田氮素挥发损失动态、表面水氮素浓度变化与去向进行研究,为合理施肥提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试土壤

试验设在湖南祁阳中国农业科学院红壤实验站,为南方红壤丘陵区典型双季稻区第四纪红土发育的稻田。供试土壤为红黄泥,肥力中等,土壤基本性质见表1。

表1 供试土壤基本理化性状

土层	有机质 / (g · kg ⁻¹)	全氮 / (g · kg ⁻¹)	全磷 / (g · kg ⁻¹)	全钾 / (g · kg ⁻¹)	速效氮 / (mg · kg ⁻¹)	pH (土水比 1:5)
0~20cm	34.2	2.2	0.63	1.63	62.6	5.94
20~40cm	29.6	1.8	0.48	1.62	19.6	5.95

1.2 试验设计

试验设四个处理:(1)PK(CK),不施氮肥,P₂O₅施用量为45kg/hm²,K₂O为57kg/hm²(P₂O₅、K₂O做基肥施一次施用);(2)NPK,施用纯氮(N)110kg/hm²,P₂O₅为45kg/hm²,K₂O为57kg/hm²(N、K₂O 70%做基肥施,30%做穗肥施用);(3)LCU70,施用纯(N)77kg/hm²,全部做基肥施用(相当于尿素处理施氮量的70%);(4)LCU50,施用纯(N)55kg/hm²,全部做基肥施用(相当于尿素处理施用N量的50%)。所用化学氮肥为尿素(含N46%),磷肥为过磷酸钙(含P₂O₅ 12%),钾肥为氯化钾(含K₂O 60%);LCU为控释肥,N-P₂O₅-K₂O=18-7-9。

小区面积4×5=20 m²,三次重复,随机区组排列。

试验用水稻品种:韩国粳稻品种Unbongbyeo。2002年3月30日播种,5月3日移栽,7月23日收获;2003年3月29日播种,5月2日移栽,7月20日收获,全生育期113~115d。移栽规格为20 cm×20cm。

1.3 分析测定方法

田间NH₃挥发测定:采用挥发罩(D×H=20×12cm)、真空泵法抽取稻田氨挥发量。施肥插秧后25d内每天测定NH₃挥发损失量,测定时间下午15:30至19:30;水稻生长后期NH₃挥发强度很少时,每5~7d测

定一次,挥发释放的NH₃用2%的硼酸吸收,0.005N的硫酸滴定。同时,观测纪录田间表面水pH、温度、水深变化。

施肥后1、2、3、5、7、10、15、20、30、50、70d取田间表面水,测定无机氮(NH₄-N、NO₃-N)。分析方法:NH₄-N用靛酚蓝比色法测定;NO₃-N用紫外法测定^[5]。

植株N含量测定,每7~10d取一次植株样品,测定干物质量和全氮含量。植株全氮用H₂SO₄-H₂O₂消解,靛酚兰比色测定^[5]。

2 结果与分析

2.1 施肥后田间表面水NH₄-N、NO₃-N动态变化

施肥后田间表面水NH₄-N浓度(图1)与施肥时间及施肥水平有很好的相关性。施肥后田间表面水NH₄-N浓度迅速上升,各施肥处理在施肥后第1天即达到最高值,表面水NH₄-N含量最高达47mg/kg。即田间表面水中NH₄-N含量施尿素处理为(47.07 mg/kg) > LCU70 (43.23mg/kg) > LCU50 (33.26mg/kg) > CK (2.17mg/kg),施肥后7~10d,各施肥处理表面水NH₄-N浓度趋于对照水平,且各处理之间无明显变化;对照处理,由于无氮素肥料供应,所需氮素养分主要来源于降雨、灌溉及土壤,其表面水中只含有微弱的NH₄-N,施

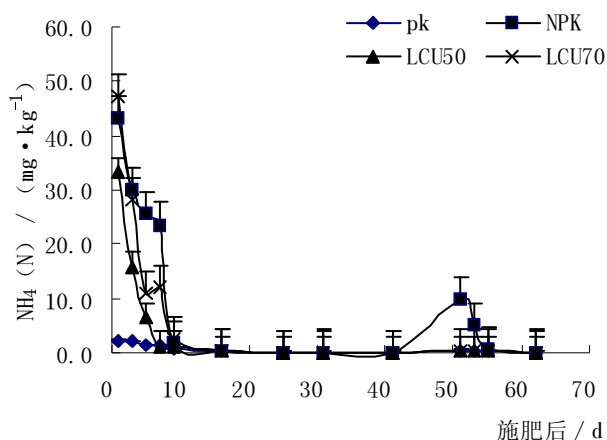


图1 不同施肥处理表面水NH₄-N动态变化

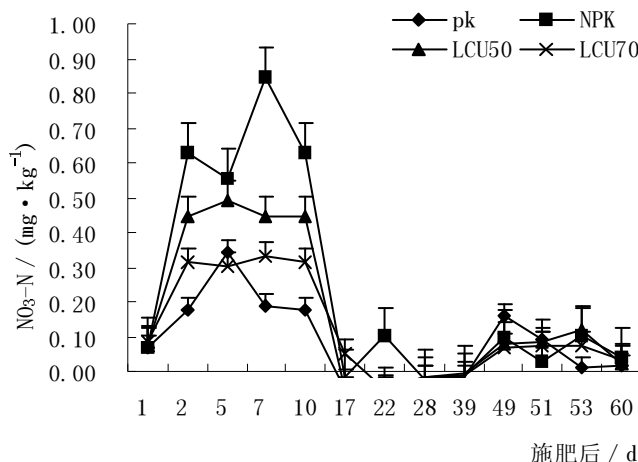


图2 不同施肥处理表面水NO₃-N动态变化

肥后 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度保持在 2.1~0.1 mg/kg 之间 (平均为 0.72mg/kg), 且其表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度无明显变化。由此可知, 该时期是影响氮素利用率的关键时期, 如何降低施肥后表面水氮素含量、加快肥料氮向土壤转化, 提高氮素吸收, 减少其对环境负效应是肥料研究的重要方向。

施用尿素处理的田间表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度出现第二次高峰(图 1), 这是由于尿素处理在第一次基肥施后的 50d, 按常规施肥法追施穗肥(占总 N%30), 因此, 表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度出现第二次高峰。其 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量尿素处理 (9.91 mg/kg) > LCU70 (0.39mg/kg) > LCU50 (0.24mg/kg) > CK (0.17mg/kg)。

试验测定表明, 肥料氮施入稻田土壤后, 速效态的氮素养分在土壤及其表面水作用下, 迅速转化为无机态的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$, 短时间内迅速提高表面水及土壤的速效氮含量^[6]。不同肥料类型的氮素转化方向不尽相同。由于试验所施肥料不含硝酸盐, 且水田长期处于淹水环境, 田间还原性较强, 硝化作用微弱, 施肥后肥料氮主要向 $\text{NH}_4\text{-N}$ 转化, 田间表面水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量上升很少, 各处理之间无明显的差异。由图 2 可知, 施肥后田间表面水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度只有微弱的上升, 施肥后 7d 表面水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度的最高值仅有 0.84mg/kg, 施肥后 10~15d, 表面水各处理 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度稳定在 0.1mg/kg 左右。施尿素处理的田间表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度出现第 2 次

高峰, 其 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度仍稳定在 0.1mg/kg 以下。

2.2 水稻生育期间氨挥发损失速率变化趋势

测定数据分析表明, 氨挥发损失是稻田氮素养分损失的主要途径。由图 3 可知, 各处理氨挥发损失速率在施肥后第 3 天达到最高值, 不同处理其氨挥发日损失量差异较大。将各处理氨挥发日损失量的最高值进行排序, 则施尿素处理 NPK > LCU70 > LCU50 > PK, 氨挥发日损失量最高值分别为 6.29、4.27、3.66、1.63kg/hm², 在施肥后 1~7d, 尿素处理氨挥发损失速率比控释肥料处理 LCU70、LCU50 分别高 2.1 倍、1.8 倍, PK 处理只有微量的氨挥发损失。水稻生育后期氨挥发损失量较低, 各处理之间无显著差异。

上述数据说明, 稻田氨挥发是氮素养分损失的主要途径。氨挥发损失主要集中在施肥后 1~7d 内, 最高峰期出现在施肥后第 3 天 (见图 3); 田间表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度高峰出现在施肥后第 1 天, 1~10d 内维持较高水平, 后期表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量很低(见图 1), 两者基本同步。即表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度升高促进氨挥发损失, 氨挥发损失则带走大量氮素养分, 从而降低了表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度, 两者关系密切^[7,8]。

2.3 水稻生育期间氨挥发累积损失量变化

若将各施氮处理的氨挥发(N)总量减去对照(无氮区)氨挥发(N)总量, 其结果为各施氮处理的氨挥发(N)总量。

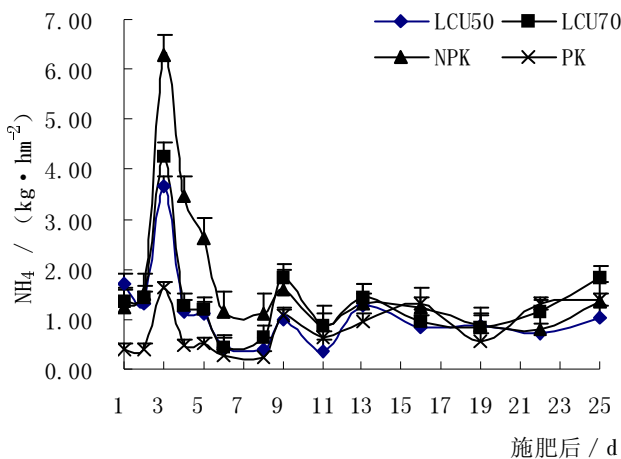


图 3 不同施肥处理与田间氨挥发速率动态变化

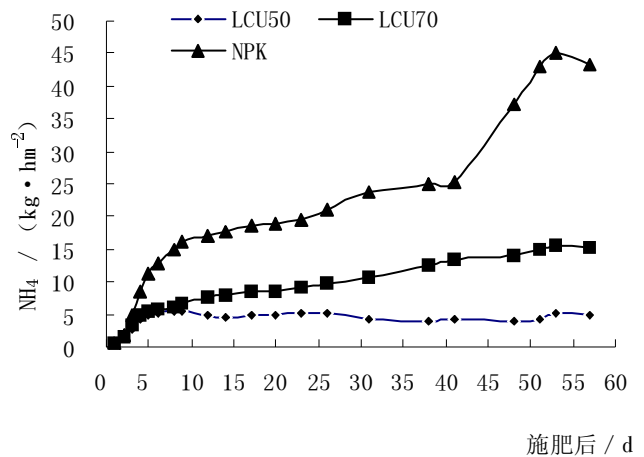


图 4 不同施肥处理与田间氨挥发累积动态变化

由图 4 可知, 整个水稻生育期, 施尿素处理(NPK)氨挥发累积损失量达到 43.21kg/hm², 占总施入肥料氮(110kg/hm²)的 39.28%; 施控释肥处理 LCU70、LCU50 的氨挥发累积损失量分别为 15.39kg/hm²、6.00kg/hm², 分别占施入肥料氮(77kg/hm²、55kg/hm²)比例的为 19.99%、10.91%。由此可见, 施用控释肥料, 可大幅度降低水田氨挥发损失, 氮肥利用率比尿素分别提高 19.29%~28.37%。

在一定条件下, 温度与氨挥发损失存在近似的线性关系。图 5 所示为施肥后表面水温度变化情况, 温度的高低一定程度上影响着氨挥发量的多少。一般耕层表面水温度每上升 1℃, 则氨挥发近似地增加 0.25%。

氨挥发损失与田间表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度存在直接的关系。而表面水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度上升则引起 pH 上升, 从而产生更多的 NH_3 。图 6 所示, pH 在 6.5 以下时, 水面很少有 NH_3 的损失, 水面 pH 达到 7.5~9.0 以上时, 则

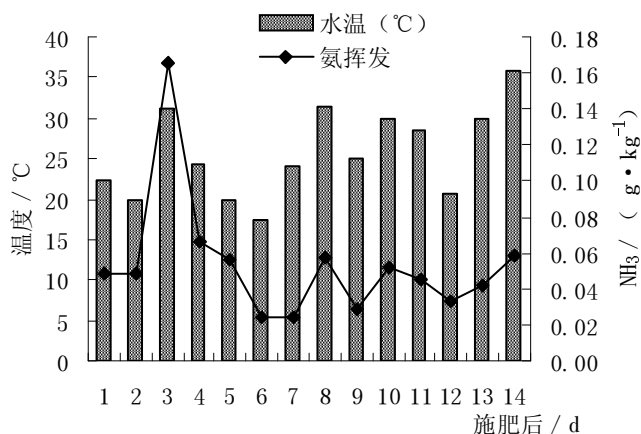


图5 不同施肥处理田间水温变化与NH₃挥发关系

有利于氨的挥发损失。

此外,耕层表面水深、风速等也影响表面水NH₄-N浓度及氨挥发的进行。一般随着耕层水深的增加,氨挥发损失有下降的趋势。风速的增加也有利于氨挥发的进行,在实验过程中,刮风天气其氨挥发损失通常要较

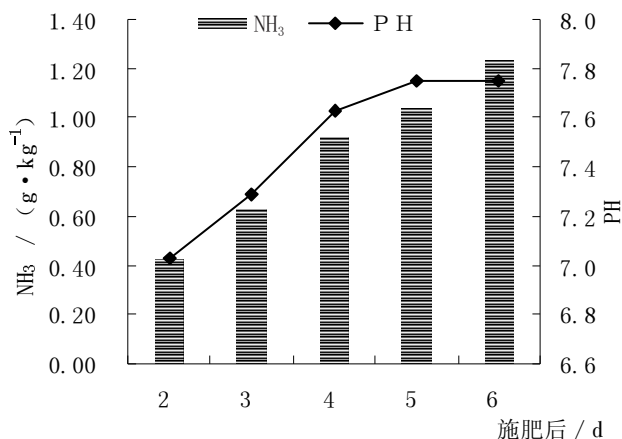


图6 不同理施肥处田间PH变化与NH₃挥发关系

不刮风天气高。

2.4 稻田施用不同种类肥料的氮素利用率比较

据施用不同肥料对水稻生物产量及其吸收氮素与不施氮肥(对照)处理水稻吸收氮素特点,计算出不同施肥量、不同肥料的氮肥利用率(表2)。

表2 施用不同种类肥料对水稻生产的利用率

处理	稻谷产量 / (kg·hm ⁻²)	稻草产量 / (kg·hm ⁻²)	植株总氮吸收量 / (kg·hm ⁻²)	施肥量 / (kg·hm ⁻²)	肥料氮吸收 / (kg·hm ⁻²)	N利用率 / %
PK	4811±204.	2396±14	65.8±2.1	110	33.0±1.0	30.0±0.9
NPK	6041±299	3071±524	98.9±3.2		—	—
LCU50	6257±203	3800±387	110.0±0.7	55	44.3±1.4	80.5±2.6
LCU70	6275±81	4068±212	115.6±0.7	77	49.8±1.7	64.7±2.2

在试验土壤条件相同,施用不同肥料种类、用量的情况下,其氮素利用率差异较大。表2说明,施尿素处理的水稻氮素吸收率为30.0%,施用控释肥料LCU70、LCU50其氮素率分别为80.5%、64.7%,比尿素处理高50.5%、34.7%。施用控释肥料在很大程度上提高氮素利用率,从而减少了田间的氮素损失。因此,合理推广施用控释肥料,具有较大的经济效应和社会环境效应^[9]。

3 讨论

在湘南红壤丘陵区稻田,2002年至2003年连续两年采用大田试验与室内分析相结合的研究方法,对施用控释肥和尿素的稻田肥料氮素转化与去向进行研究。结果表明:稻田氨挥发是氮素损失的主要原因。施用尿素,其氨挥发损失量达到施氮素总量的39.28%,而施用控释肥(LCU70、LCU50),其氨挥发损失量分别占其施氮总量的19.99%和10.91%,比尿素的氮素损失量降低19.29%~28.37%。田间表面水NH₄-N浓度高峰期出现在施肥后的第1天,10d后下降到对照水平。田间氨挥发损失高峰期出现在施肥后的第3天,7d后下降到对照水平。施用控释肥(LCU70、LCU50),水稻的氮素吸收利用率分别35.9%、36.4%,较施用尿素高12.8%、13.3%,差

异极显著。氨挥发与温度存在近似的线性关系,与表面水NH₄-N浓度存在直接的关系。表面水NH₄-N浓度上升则引起PH上升,从而产生更多的NH₃。此外,表面水深度、风速等也影响NH₄-N浓度及氨挥发。

参考文献

- [1] 林世成, 闵绍楷. 中国水稻品种及其系谱. 上海科学技术出版社, 1991,3:75-80.
- [2] 邹长明, 秦道珠, 陈福兴, 等. 水稻氮肥施用技术. 中国农业出版社, 2002,5:93-100.
- [3] 彭少兵, 黄见良, 钟旭华, 等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J]. 中国农业科学, 2002,35(9):1095-1103.
- [4] 尹洪斌, 石元亮. 控释肥料的研究现状与对策. 土壤通报, 2006,(36)3: 422-425.
- [5] 南京农学院主编. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1980,12:25-95.
- [6] 张玉龙, 邹洪涛, 虞娜, 等. 以有机无机涂膜材料包裹尿素研究控释肥的研究. 土壤通报, 2006,2 (36):198-200.
- [7] 徐明岗, 秦道珠, 邹长明, 等. 湘南红壤丘陵区稻田土壤氮素供应特征的研究. 土壤与环境, 2002,01(1):99-101.
- [8] 李菊梅, 徐明岗, 秦道珠, 等. 有机肥无机肥配施对稻田氨挥发和水稻产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005,11(1):51-56.
- [9] 梁孝衍. 广东使用氮化肥的效益分析. 土壤肥料, 1986,3,13-16.