

# 稻田土壤中氮素淋失的研究\*

王家玉 王胜佳 陈 义  
郑纪慈 李超英 计小江

(浙江省农业科学院, 310021)

## 摘 要

本文应用稻田大型原状土柱渗漏计,研究了双季稻田土壤中氮素随渗漏水流淋失的形态、数量、季节性变化以及若干农化因子的影响。明确了稻田中氮素淋失的基本形态是硝态氮( $\text{NO}_3\text{-N}$ ),估算出双季稻田中氮素淋失总量可接近  $30\text{kg N/ha}$ ,同时肯定了农田施用氮肥对地下水环境可能的  $\text{NO}_3\text{-N}$  污染,建议双季稻田中每季水稻的氮肥用量宜控制在  $150\text{kg N/ha}$ ;本文还证实氮肥用量对氮素淋失有明显影响,不同氮肥品种的氮素淋失是碳铵高于尿素,采用涂层包膜处理似可减少氮肥的淋失。

**关键词** 氮素淋失, 渗漏计, 环境保护

集约化农业生产对环境的影响,已成为当今人们关注的重要课题<sup>[1]</sup>。氮肥进入稻田土壤后,其损失途径主要是氨挥发和反硝化的气态损失<sup>[6,7]</sup>。但是,氮肥通过渗漏淋失对地下水(饮用水源)的污染,也不容忽视。近 20 年间,在我国的某些地区,地下水(饮用水源)中的  $\text{NO}_3\text{-N}$  含量已远远超过卫生部门规定的安全基准上限( $10\text{mg/L}$ ),有的竟高达  $200\text{—}1700\text{mg/L}$ <sup>[2]</sup>。农田中过量乃至超量施用氮肥的现象十分普遍,其用量往往达到科学家建议的经济施氮量的 2—3 倍,而且多采取一次性面施,这是诱致氮肥大量损失的重要原因。然而,由于检测技术上的限制,有关稻田土壤中氮素淋失的研究相对较少,已有的研究报道也多数是采用室内模拟和小型回填土柱渗漏计的研究结果。鉴此,我们专门设计建造了大型田间原状土柱渗漏计,用于稻田氮素淋失的定位观测,本文报道 1991—1994 年的主要研究结果。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试土壤

渗漏计中原状土柱的土壤为江河冲积性水稻土,质地为粉砂粘壤土,有机 C  $15.4\text{g/kg}$ ,全 N  $1.55\text{g/kg}$ ,碱解 N  $88\text{mg/kg}$ ,pH6.5。

### 1.2 渗漏计结构

\* 国家计委和浙江省自然科学基金资助项目。

收到修改稿日期: 1995-07-31

该渗漏计系统由 8 个原状土柱有底渗漏计组成, 单个渗漏计的大小为 2m(长) × 2m(宽) × 1.45m(高), 表面积 4m<sup>2</sup>, 土柱高度 1m。每个渗漏计埋设有 5 种深度、3 个重复、共 15 根采水塑料管, 以及 2 个总排水管道, 供渗漏水采集及渗漏量测定之用。

### 1.3 试验处理

以 UN<sub>150</sub>(尿素 N 150kg/ha) 和 CN<sub>150</sub>(碳铵 N 150kg/ha) 为基本处理, 另设 UN<sub>90</sub>、UN<sub>180</sub>、SUN<sub>150</sub>、UN<sub>150</sub>+KCl、CN<sub>150</sub>+KCl、CK<sub>1</sub> 及 CK<sub>2</sub>(分别为尿素 N 90kg、尿素 N 180kg、涂层尿素 N 150kg、尿素 N 150kg+KCl 150kg、碳铵 N 150kg+KCl 150kg/ha; CK<sub>1</sub> 为种稻不施 N, CK<sub>2</sub> 为施 N 不种稻即 U-UN<sub>150</sub>) 作辅助处理, 主处理运转 6—8 季, 辅助处理 1—2 季。涂层尿素是广州氮肥厂和镇海炼化公司提供的高效涂层尿素。

### 1.4 检测方法

渗漏计的渗漏速率调至 3—4mm/d, 用 0.02—0.04MPa 负压抽汲, 从施肥后 1—2 天开始, 每隔 4—7 天, 抽取 5 种深度(10—16, 30—36, 50—56, 70—76, 90—96cm) 的渗漏水样, 测定水样中的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N (Thymol 法) 及 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N(靛酚蓝法) 含量。同时计测渗漏计的实际渗漏量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同形态氮素的剖面分布特征

1991—1992 年连续定位观测结果(表 1) 显示, 剖面渗漏水中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 与 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的分布, 呈现截然相反的类型, 即 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 基本集中滞留在剖面的上层与中层, 下淋到底层的数量是有很有限的; 与此适成对照的是, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 在剖面上层(10—16cm) 渗漏水中几乎测不到, 而在剖面下层(90—96cm) 则有大量存在。究其原因, 我们推测是由于供试土壤的物理化学性质所决定, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 可以较多地被土壤固相所吸持, 而 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 则不易被土壤固相所吸持, 而很快随渗漏水下移到剖面下部, 从而使相当数量的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 下淋而进入地下水。由此, 我们可以确认, 稻田土壤中氮素淋失的基本形态是 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, 故而稻田中施用氮肥可能成为地下水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 污染的一个重要的潜在来源。

表 1 稻田土壤渗漏水中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 与 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的剖面分布

Table 1 The concentrations of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N in percolating water from rice fields

深度(厘米) Depth(cm)	浓 度 (毫克/升) Concentration (mg/L)	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N
10—16	0.45—2.61 (2.23)	痕 量
30—36	1.65—3.82 (2.49)	未 测
50—56	未 测	0.32—2.13 (1.31)
70—76	1.27—2.13 (1.58)	未 测
90—96	0.27—1.56 (0.72)	5.81—9.23 (7.84)

注: 1991—1992 年双季稻定位连续观测; 每季施尿素 N 150kg/ha; 括号中数值为平均值。

值得指出的是, 从剖面的 50—56cm 深度采集到的渗漏水中, 可以测到相当数量的

$\text{NO}_3^-$ -N。对此我们推测,在本试验条件下,土体上层始终处于水饱和状态,因而在耕作层(10—16cm 深度)渗漏水中几乎测不到  $\text{NO}_3^-$ -N,但是在犁底层以下由于处于水不饱和状态而形成氧化土层,在该部位为硝化作用的旺盛进行提供了可能,由此我们推定移向剖面下层的  $\text{NO}_3^-$ -N 主要是在犁底层以下的氧化土层中形成的。

## 2.2 施肥对渗漏水中 $\text{NH}_4^+$ -N 浓度的影响

施加氮肥对当季土壤上层(10—16cm)渗漏水中的  $\text{NH}_4^+$ -N 浓度有较明显的影响。如表 2 所示,按照差减法算出,施加氮肥对该项浓度变化的贡献可达 50—87% (尿素 > 碳铵; 高用氮量 > 低用氮量),而对剖面下层(90—96cm)渗漏水  $\text{NH}_4^+$ -N 浓度的影响就小得多。应该指出,土壤上层溶液中的  $\text{NH}_4^+$ -N 可以很快被水稻吸收利用,为此在种稻条件下所测得的渗漏水  $\text{NH}_4^+$ -N 浓度,实际上包含了水稻吸收的影响,故而氮肥施用的实际影响要大得多。

表 2 施用氮肥对渗漏水中  $\text{NH}_4^+$ -N 浓度的影响

Table 2 Effect of N application on the concentrations of  $\text{NH}_4^+$ -N in percolating water

季 别 Cropping season	处 理 Treatment	$\text{NH}_4^+$ -N (mg/L)	
		10—16cm	90—96cm
早 季	CK <sub>1</sub>	0.30—1.01 (0.64 ± 0.28)	0.06—0.96 (0.62 ± 0.32)
	UN <sub>150</sub>	0.57—2.20 (1.41 ± 0.56)	0.34—1.41 (0.79 ± 0.33)
	CN <sub>150</sub>	0.12—2.22 (1.27 ± 0.72)	0.12—1.64 (0.88 ± 0.53)
晚 季	CK <sub>1</sub>	0.33—0.92 (0.56 ± 0.32)	0.38—2.23 (0.93 ± 0.69)
	UN <sub>90</sub>	0.45—2.61 (2.23 ± 0.44)	0.26—1.56 (0.71 ± 0.56)
	UN <sub>180</sub>	1.56—5.16 (4.42 ± 0.83)	0.41—1.44 (1.05 ± 0.45)

注: UN<sub>90</sub>, UN<sub>150</sub>, UN<sub>180</sub>, CN<sub>150</sub> = 尿素 N 90, 150, 180kg 和碳铵 N 150kg / ha, 括号中为平均值与 SE。

表 3 种稻和施肥对渗漏水中  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度的影响(90—96cm)

Table 3 Effect of rice growth and N application on the concentrations of  $\text{NO}_3^-$ -N in percolates (90—96cm)

季 别 Cropping season	处 理 Treatment	$\text{NO}_3^-$ -N (mg/L)
早 季	CK <sub>1</sub>	5.66—7.70 (6.81 ± 0.89)
	UN <sub>150</sub>	5.64—9.23 (6.88 ± 1.06)
	CN <sub>150</sub>	6.12—10.20 (7.34 ± 1.29)
	CK <sub>2</sub> (U-UN <sub>150</sub> )	10.63—13.30 (12.15 ± 0.86)
晚 季	CK <sub>1</sub>	2.07—4.94 (3.34 ± 0.90)
	UN <sub>150</sub>	1.69—6.41 (4.75 ± 0.20)
	CN <sub>150</sub>	1.84—7.34 (5.34 ± 1.88)
	CK <sub>2</sub> (U-UN <sub>150</sub> )	4.02—8.38 (5.22 ± 1.47)

注: U-UN<sub>150</sub> 是指只施 N 肥, 不种水稻区; 括号中数值为平均值与 SE。

### 2.3 施肥对渗漏水中 $\text{NO}_3^-$ -N 浓度的影响

从表 3 资料可知,施用氮肥对当季土壤剖面下层(90—96cm)渗漏水中  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度的影响是有限的。按照差值法计算,早季施氮肥的当季表现贡献仅为 1.02—7.22%,晚季为 29.7—37.5%,即淋失的  $\text{NO}_3^-$ -N 大部来源于土壤相。我们的这一结果与  $^{15}\text{N}$  示踪试验所得结果是相接近的。例如,张福珠等(1986)报道<sup>[2]</sup>,用小型开放式渗漏计的  $^{15}\text{N}$  示踪测得,硫酸、尿素及硝铵的当季氮素淋失率仅为 0.30—9.30%。当然,施入的氮肥有相当一部分可以进入土壤固定相,它在以后生长季节中可逐步释放出来进入土壤溶液而淋失。为此,应通过定位跟踪观测来评价氮肥施用对土壤渗漏水中  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度的长期潜在影响。

另一方面,从施肥不种稻区( $\text{CK}_2$  即 U- $\text{UN}_{150}$  区)下层渗漏水  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度变化可以看出,种稻对淋向剖面下层的  $\text{NO}_3^-$ -N 数量有相当明显的影响,即种植水稻对渗漏水中  $\text{NO}_3^-$ -N 的表观截留可以达到 43.37%(早季)和 9.00%(晚季),当然这种截留效应应该包含水稻对  $\text{NH}_4^+$ -N 和  $\text{NO}_3^-$ -N 的直接吸收截留两个方面的作用。

### 2.4 不同氮肥对渗漏水中 $\text{NH}_4^+$ -N 浓度的影响

如图 1 所示,在相同施 N 量条件下,尿素与碳铵对剖面上层(10—16cm)渗漏水中  $\text{NH}_4^+$ -N 浓度的影响有明显的不同。该浓度随作物吸收及土壤固定进程而呈现一致的渐降趋势,但碳铵区呈陡削的速降曲线,而尿素区呈较平缓的下降趋势,这在连续观测 34 天的早季得到充分体现。对此,我们认为由于碳铵的分解过程较为简单,而尿素的分解过程比较复杂,它还涉及到土壤中脲酶活性等因素,故而分解进程较为缓慢而持久。尿素区上层渗漏水中维持较长时间的高浓度  $\text{NH}_4^+$ -N,这可能意味着尿素 N 的硝化淋失进程较为迟缓,从而其 N 的淋失也会比碳铵少一些。

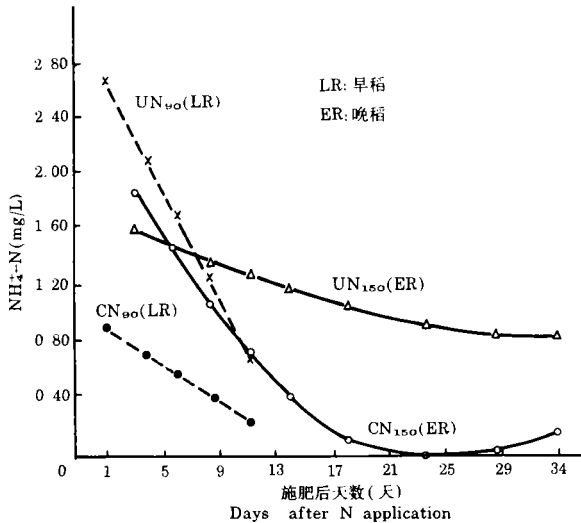


图 1 氮肥品种对剖面上层(10—16cm)渗漏水中  $\text{NH}_4^+$ -N 浓度的影响

Fig.1 Effect of N sources on the  $\text{NH}_4^+$ -N concentrations in percolates at 10—16cm depth

(ER = early rice, LR = late rice)

### 2.5 不同氮肥对下层渗漏水 $\text{NO}_3^-$ -N 浓度的影响

1992年早、晚两季连续测定结果显示<sup>[8]</sup>,在等施N量条件下,剖面下层(90—96cm)渗漏水中的 $\text{NO}_3^-$ -N浓度,始终是碳铵区高于尿素区。观测期间的平均浓度比尿素区高1.18mg/L(早季)和1.99mg/L(晚季),相当于表观淋失量(即未考虑下淋过程中的反硝化作用)高出3.32kg/ha即21.5%(早季)和5.21kg/ha即61.6%(晚季)。此项结果在1993年又得到了证实(图2),碳铵区的平均 $\text{NO}_3^-$ -N浓度比尿素区高0.66mg/L(早季)和2.48mg/L(晚季),其表观 $\text{NO}_3^-$ -N淋失量相应高出1.86kg/ha即21.09%(早季)和6.50kg/ha即69.86%(晚季)。显然,两者在 $\text{NO}_3^-$ -N淋失量上的差别在晚季尤为明显。我们的这一观测结果与张福珠(1986)<sup>[2]</sup>、左东峰(1983)<sup>[3]</sup>所报道的相一致,我们的观测结果是较为可信的,一则它是应用田间大型原状土柱渗漏计所得出的,二则该项结果有良好重现性。鉴于尿素的分解进程较碳铵复杂,而且它还可被土壤固相以分子形态吸附,可以推想到其氮素淋失会比碳铵少。

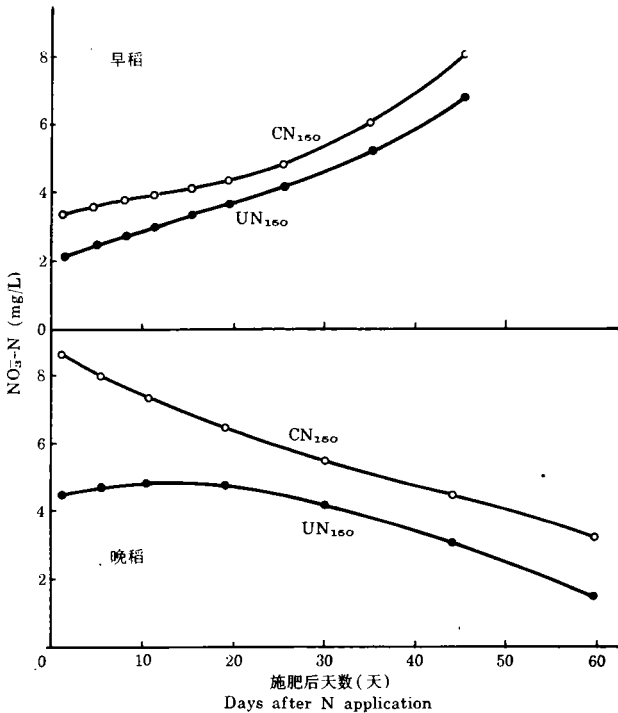


图2 氮肥品种对90—96cm深度渗漏水中 $\text{NO}_3^-$ -N浓度的影响(1993)

Fig.2 Effect of N sources on the  $\text{NO}_3^-$ -N concentrations in percolates at 90—96cm depth (1993)

## 2.6 涂层尿素对减少氮肥淋失的作用

从理论上说,利用各种包膜材料对尿素进行包覆处理,可以延缓尿素的释放与分解进程。本项研究采用广州氮肥厂研制的“高效涂层尿素”<sup>[4]</sup>和镇海炼化化工公司研制的“高效涂层尿素”与普通尿素作对比研究,结果如图3所示。使用广州产涂层尿素可以较有效地降低下层(90—96cm)渗漏水中的 $\text{NO}_3^-$ -N浓度,47天的平均浓度比普通尿素区低1.08mg/L,相当于淋失量减少32.24%。据广东省土壤研究所采用模拟淋洗法测知,15天内广州产涂层尿素的N淋失为普通尿素的81.3%,相当于淋失量减少18.7%。图3还

表明,采用镇海产涂层尿素对减少氮肥淋失也有类似的效应,但我们发现涂层尿素的缓释效应是有一定限度的。室内模拟试验显示,涂层尿素的释放高峰可比普通尿素推迟 7—9 天,证明它有一定的缓释效应(另文报道)。

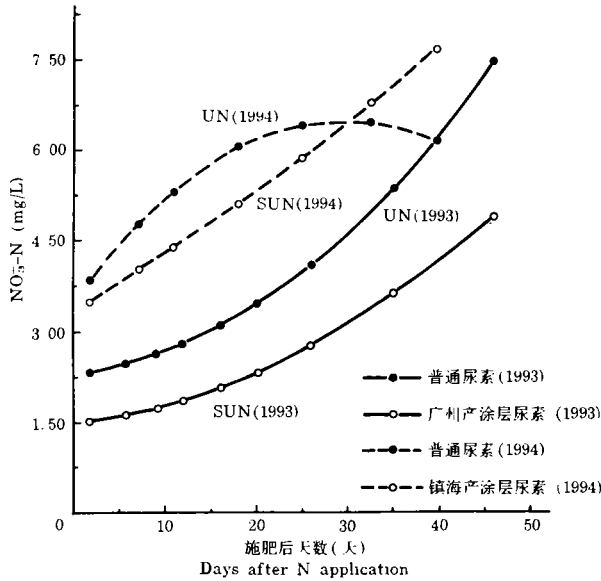


图 3 涂层尿素对 90—96cm 深度渗漏水中 NO<sub>3</sub>-N 浓度的影响

Fig.3 Effect of polymer-coated urea on NO<sub>3</sub>-N concentrations at 90—96cm depth

### 2.7 含氯化物对氮肥淋失的影响

一些研究指出<sup>[9]</sup>,在一定条件下含氯化物(主要是 NaCl 和 CaCl<sub>2</sub>)可以抑制氮肥在土壤中的硝化进程,而硫酸盐则不显示这种作用。

考虑到生产实际应用,本研究改用 KCl,其添加量也控制在 150kg/ha,用 N 量仍为 150kg/ha。试验结果如图 4,添加 KCl 可以较明显地减少碳铵 N 的淋失,在施肥后 51 天内,90—96cm 渗漏水中 NO<sub>3</sub>-N 浓度与对照比较,平均浓度下降 2.32mg/L,相当于淋失量降低了 55.6%。但是,尿素添加 KCl 区的 NO<sub>3</sub>-N 淋失则显示相反的结果,90—96cm 渗漏水中的平均 NO<sub>3</sub>-N 浓度反而比对照高出 1.50mg/L,相当于淋失量增加了 46.4%。对此,我们推测添加 Cl<sup>-</sup>(KCl)可以有效抑制 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>的硝化,从而减少 NO<sub>3</sub> 的淋失。但是,它为何又促进了尿素的 NO<sub>3</sub> 淋失,令人费解。不过,我们还应指出,上述结果

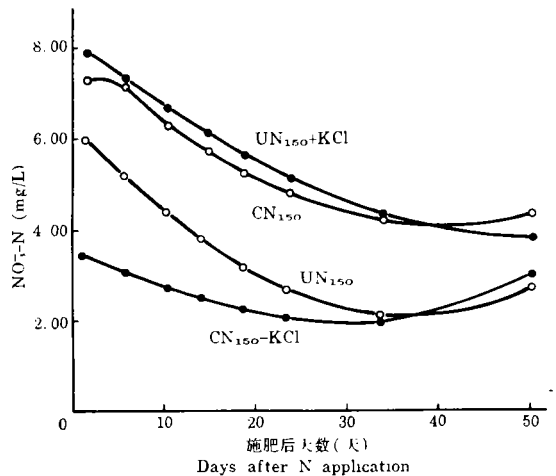


图 4 添加含氯化物对氮肥淋失的影响(1993)

Fig.4 Effect of muriate potash on N leaching loss (1993)

但是,它为何又促进了尿素的 NO<sub>3</sub> 淋失,令人费解。不过,我们还应指出,上述结果

在 1994 年试验中又得到进一步确认,即尿素添加 KCl 区的  $\text{NO}_3^-$  淋失高于对照区,90—96cm 渗漏水中的  $\text{NO}_3^-$ -N 平均浓度比尿素区高出  $1.22\text{mg/L}$ ;而碳铵添加 KCl 区的  $\text{NO}_3^-$  淋失比碳铵区少,其平均  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度下降了  $1.93\text{mg/L}$ 。对此,需作进一步探讨。

## 2.8 稻田土壤中氮素淋失负荷的估测

前人对农田土壤中的氮素淋失有诸多研究,但是对稻田土壤中氮素淋失负荷的有效定量监测几乎还是一个空白,该项估测对今后制订农田环境保护和治理法规,以及指导农田中氮肥的合理投入,具有重要的应用价值。

如表 4 所示,在经济施 N 量(双季稻  $300\text{kgN/ha}$ )和常规渗漏量(平均  $3.01\text{mm/d}$ ,双季稻田  $540\text{mm/d}$ )条件下,根据渗漏计的定期监测,计算出双季稻种植期间土壤中  $\text{NO}_3^-$ -N 淋失量约为  $23\text{kg/ha}$ , $\text{NO}_3^-$ -N 与  $\text{NH}_4^+$ -N 的淋失总量约为  $27\text{kg/ha}$ 。表明稻田中氮素淋失是  $\text{NO}_3^-$ -N 多于  $\text{NH}_4^+$ -N( $\text{NO}_3^-$ -N 占总淋失 N 量的 85%),早季又高于晚季(早季淋失 N 量占双季稻田总淋失 N 量的 59%)。

表 4 稻田土壤中氮素淋失负荷的估算(1992—1993)

Table 4 Estimation of N leaching load from rice fields (1992—1993)

项 目 Item	观 测 值 <sup>1)</sup> Observed value		
	早 季	晚 季	合 计
	Early rice	Late rice	Total
渗漏速率(mm/d)	3.51	2.62	—
渗漏水量(kg/ha)	$2.81 \times 10^6$	$2.62 \times 10^6$	—
渗漏水 $\text{NO}_3^-$ -N 浓度(mg/L) <sup>2)</sup>	4.92	3.61	—
渗漏水 $\text{NH}_4^+$ -N 浓度(mg/L) <sup>2)</sup>	0.84	0.72	—
N 淋失量(kg/ha)			
$\text{NO}_3^-$ -N	13.82	9.46	23.28
$\text{NH}_4^+$ -N	2.36	1.89	4.25
总 量	16.18	11.35	27.53

1) 早季稻生长季节为 80 天,晚季稻为 100 天;

2)  $\text{NO}_3^-$ -N 和  $\text{NH}_4^+$ -N 浓度为一定积分平均浓度。

应该强调的是,本项估算是以每季水稻施用尿素  $\text{N}150\text{kg/ha}$  为基础的,尽管其下层渗漏水的平均  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度没有超过饮用水安全基准,但是在某些时段其峰值浓度已超过或接近  $10\text{mg/L}$ (见表 3)。联系到农业生产实际,我国南方稻田中每季水稻的氮肥用量往往已远远超过  $150\text{kgN/ha}$ ,不少农田的每季施 N 量达到  $300\text{kg/ha}$ 。尽管施 N 量与  $\text{NO}_3^-$ -N 淋失量之间并不是简单的直线关系,但是我们可以推断在这种施 N 水平下,由心土层淋失进入地下水的渗漏水  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度很可能超过  $10\text{mg/L}$ 。如果氮肥是使用碳铵,渗漏量更大些,则其超标的可能性就会更大。鉴于此种估测结果,我们建议在双季稻田中每季水稻的施 N 量不宜超过  $150\text{kg/ha}$ ,而这种施 N 水平对于达到亩产 400—

500 公斤(6—7.5t/ha)的产量目标是足够的,这已为我们在 1978—1986 年开展的三熟制施肥定位试验结果<sup>[5]</sup>所证实。

还应进一步指出,在欧美国家,早从 70 年代开始,就十分重视人类农业生产活动对环境造成的不良后果,提出改变传统的高投入农业集约化概念,代之以“低投入农业集约化”(Less-Intensification)<sup>[10]</sup>,其中心内容是减少化肥的过量投入,以尽量减少对产品的污染及环境中的残留。为此,中国的农业跨入 21 世纪,必须对农业生产活动的环境效应予以高度的重视,尤其是得到政府管理部门的重视。

### 3 结 语

1. 在稻田土壤剖面渗漏水中,  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  与  $\text{NO}_3^--\text{N}$  呈现截然相反的分布型式,确认稻田中氮素淋失的基本形态是  $\text{NO}_3^--\text{N}$ ,其主要形成于犁底层以下的氧化土层。

2. 施用氮肥对当季土壤上层渗漏水中的  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  浓度有较明显的影响,但对下层渗漏水中的  $\text{NO}_3^--\text{N}$  浓度的影响是间接的,为此氮肥淋失研究应作定位跟踪观测。

3. 碳铵的氮素淋失一般高于尿素,碳铵区上层渗漏水中  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  呈速降式消长,而尿素区呈平缓消长,此种差异主要来源于两种氮肥的农化性质不同所致。

4. 估测出在施  $\text{N}300\text{kg}/\text{ha}$  和  $540\text{mm}/\text{d}$  渗漏量条件下,双季稻田中氮素淋失总量( $\text{NO}_3^--\text{N}+\text{NH}_4^+-\text{N}$ )约为  $27\text{kg}/\text{ha}$ ,并进而建议双季稻田中每季水稻的施  $\text{N}$  量不宜超过  $150\text{kg}/\text{ha}$ 。

### 参 考 文 献

1. 高拯民等,1983:环境中氮循环与氮污染研究现状与展望。环境科学丛刊,第4卷,第4期,7—12页。
2. 张福珠等,1986:应用<sup>15</sup>N对土壤-植物系统中氮素淋失及其防治途径的研究。土壤-植物系统污染生态研究。490—502页。中国科技出版社。
3. 左东峰等,1983:利用<sup>15</sup>N研究碳酸盐土壤上作物对不同氮肥的吸收利用及氮素平衡。中国土壤学会五大论文集,下册,185—189页。
4. 何一曼,1993:涂层尿素。科技日报,10月22日。
5. 王家玉等,1986:稻田多熟制适宜施肥量的研究。土壤通报,第17卷,第6期,244—248页。
6. Kurakova, N. G., 1984: Role of denitrification in nitrogen balance of soils. Agronomy (in Ru.)5: 124.
7. Mengel, K., 1990: Impacts of intensive plant nutrient management on crop production and environment. Trans. 14 th Intem. Congr. Soil Sci. 42—52.
8. Wang Jiayu et al, 1994: Study on leaching loss of nitrogen in ricefields by using large undisturbed monolith lysimeters. Pedosphere. 4(1): 87—92.
9. McClung, G., 1985: Soilnitrogen transformations as affected by salinity. Soil Science. 139 (5): 405—411.
10. AFRC Institute of Arable Crops Research, 1993: Report for 1992. pp. 29—30; pp. 52—53.



## STUDY ON THE NITROGEN LEACHING IN RICE FIELDS

Wang Jiayu, Wang Shengjia, Chen Yi, Zheng Jici, Li Chaoying and Ji Xiaojiang

*(Institute of Soil and Fertilizer, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021)*

### Summary

Nitrogen leaching loss from double cropping rice fields was observed using a lysimeter system during 1991—1994. The main results are summarized as follows:

1. The basic form of nitrogen leached from rice fields—was nitrate nitrogen ( $\text{NO}_3^-$ -N) rather than ammonium nitrogen ( $\text{NH}_4^+$ -N), so the N fertilizer applied in rice fields could result in the nitrate pollution to underground water due to N leaching.

2. N application showed an obvious effect on  $\text{NH}_4$ -N concentrations in the percolating soil depth of at 10—16cm, and a rather high  $\text{NH}_4^+$ -N concentration occurred in urea plot compared with the  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  plot, suggesting the possibility of more N-leaching in  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  plot than in urea plot.

3. The  $\text{NO}_3^-$ -N level in the percolating at water soil depth of 90—96cm was consistently higher in the  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  plot than in the urea plot, which may be ascribed to the obvious difference of transformation dynamics between  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  and urea.

4. Under the conditions of an application rate of 300 kg urea-N $\text{ha}^{-1}$  and a percolation of 540 mm, a  $\text{NO}_3^-$ -N leaching of about 23 kg  $\text{ha}^{-1}$  and a  $\text{NO}_3^-$ -N+ $\text{NH}_4^+$ -N leaching load of nearly 27 kg  $\text{ha}^{-1}$  were estimated for double-rice cropping paddy.

5. Based on the observed peak levels of 9 to 11 mg  $\text{NO}_3^-$ -N  $\text{L}^{-1}$  during a certain period of time and the limit of 10 mg  $\text{NO}_3^-$ -N  $\text{L}^{-1}$  in drinking water derived from underground water, we recommended a application limit of 150 kg N $\text{ha}^{-1}$  per rice-cropping season.

**Key words** Nitrogen leaching, Lysimeter, Urea, Ammonium bicarbonate, Environmental quality