

施氮水平及施氮方式对稻田土壤 渗漏水三氮浓度影响

孟祥海

(黑龙江省农业科学院 牡丹江分院, 黑龙江 牡丹江 157041)

摘要:针对当前氮素不合理使用造成地下水严重污染等一系列事件,明确稻田施肥水平及施肥方式对稻田氮素随渗漏水下渗流失的影响,探求当季氮素流失情况具有积极意义。采用自制盆栽模拟大田土壤渗漏情况,收集渗漏水并分析稻田养分流失量。结果表明:表施肥可以减少 9.87% 的铵态氮渗漏损失,混施肥可以减少 5.92% 的铵态氮渗漏损失,但是表施肥又增加了铵态氮的气态损失,且随着施氮水平的提高损失程度加深,渗漏水中硝态氮浓度大于铵态氮浓度,渗漏水中总氮的浓度受施肥方式影响较大。混施肥使得深施和表施的缺点得以避免,是一种合理的施肥方式,在田间作业时可将肥料机械性的搅拌到土壤当中,增加土壤地力。

关键词:稻田;渗漏水;硝态氮浓度;铵态氮浓度

中图分类号:X131.3

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)10-0026-04

我国是一个农业大国,总用水量的 85% 用于农业,而其中绝大部分主要用于灌溉水稻田^[1-3]。在水稻田生态系统中,水分的损失除蒸发蒸腾外,绝大部分以渗漏形式流失^[4]。稻田水分渗漏是水稻土的一个重要特征,适宜的渗漏速率有利于调节水稻根部的水、肥、气、热条件以及根区的环境,而过多的水分渗漏又促使了田间养分的流失,造成地下水体污染。研究表明,稻田渗漏水是稻田水分流失的一个方式,同时伴随着氮素和磷素等元素的流失,其中氮素流失对环境的影响程度最大。因此,近几年来稻田渗漏水中氮素的研究逐渐引起高度重视,由于施肥措施和种植制度等因素的影响使得氮素大量流失,因此研究稻田渗漏水中氮素迁移规律对于合理控制渗漏具有积极意义。

1 材料与方法

1.1 材料

供试水稻品种为东农 428。供试土壤类型为水稻土。耕层土壤 pH 6.93 ($V_{\pm} : V_{\text{水}} = 1.0 : 2.5$),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%。

1.2 方法

1.2.1 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。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 壮秧剂与 360 kg 土壤混合的比例)。

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。设 N0~N4 五个施氮水平,即施尿素(含氮 46%)0、75、150、225 以及 300 kg·hm⁻²;施肥方法深施(Ni-1)、表施(Ni-2)、混施(Ni-3)(i 为 1-4),共计 13 个处理,每个处理 3 次重复,共设置 39 个土柱,随机摆放。

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 P₂O₅ 12%)施用量为 139 kg·hm⁻²;钾肥为氯化钾,施用量为 83 kg·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:2010 年 12 月 20 日、2011 年 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 0~20、20~40、40~60 及 60~80 cm 采土,并分别回填土壤于土柱中,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。

1.2.2 样品采集与测定 渗漏水采样时间于施肥后第 1、3、7、15、30、50(55)、70(90)天,9:00~13:00 从渗漏水接收管收集 4 h 的渗漏水(平时渗漏水接收管道保持关闭),测定水量后装入塑料瓶后立即送实验室测定,泡田期间始终保持渗漏水采集。

收稿日期:2014-05-29

基金项目:“十一五”国家科技支撑课题资助项目(2007BAD87B00)

作者简介:孟祥海(1985-),男,黑龙江省佳木斯市人,硕士,研究实习生,从事土壤肥力、肥料研发、植物保护研究。E-mail:mengxianghai538@163.com。

水样硝态氮和铵态氮采用连续流动分析仪(Auto-Analyzer 3)测定;总氮用立式压力蒸汽灭菌器(Vertical Heating Pressure Steam Sterilizer, LDZX-50KB)将水样与 5 mL 碱性过硫酸钾氧化剂混合煮沸 30 min,然后用连续流动分析仪测定。

采用 Excel 2003 和 DPS 7.05 软件对数据进行处理,其中差异性显著比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

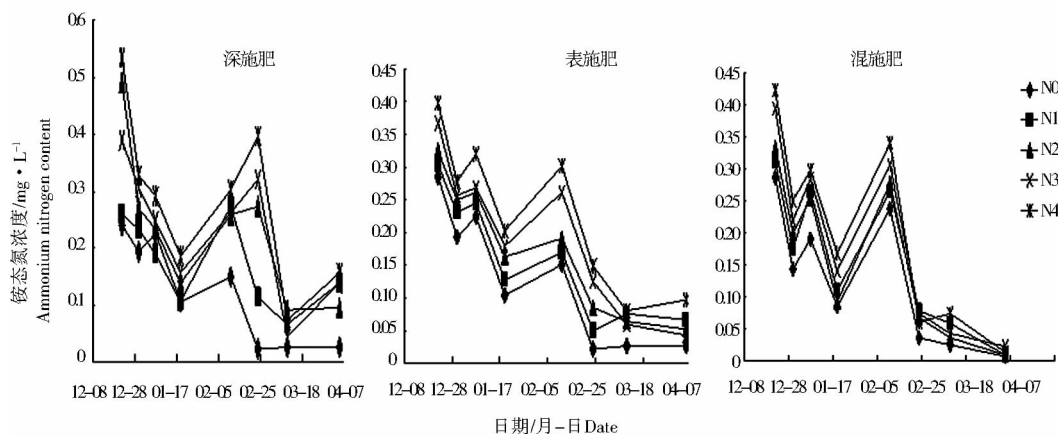


图 1 不同施氮水平及施肥方式下渗漏水中铵态氮浓度变化

Fig. 1 Ammonium nitrogen content change of water leakage in different nitrogen levels and fertilization modes

其中深施肥情况下不同施氮水平铵态氮浓度变化表明:施氮水平越高渗漏水中铵态氮的浓度越高,二者存在线性方程 $y = 0.0039x + 1.09$, $R^2 = 0.9513$, $|r| = 0.975 > r_{(0.01,3)} > r_{(0.05,3)}$ (查表: $n=3$, $r_{0.01} = 0.9587$, $r_{0.05} = 0.8783$),说明施氮量与渗漏水中铵态氮的浓度高低呈正线性相关,且不同施氮水平上铵态氮浓度差异极显著($P < 0.01$)。浙江大学的王强^[5]研究表明,施氮量与渗漏水中铵态氮的浓度不呈正线性相关,与该研究结果有所不同,主要原因是其氮素完全是表施肥,该研究发生在深施肥的施肥方式上,说明深施氮肥可以提高渗漏水中铵态氮浓度。

深施肥方式下渗漏水中的铵态氮总含量($1.52 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)大于混施肥($1.43 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)和表施肥($1.37 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$),说明氮肥深施增加了渗漏水中铵态氮的浓度,相反表施肥可以减少渗漏水中铵态氮浓度,大约可以减少铵态氮渗漏损失 9.87%,混施肥可以减少 5.92%。表施和混施氮素下渗漏水铵态氮浓度与施肥量之间分别存在 $y = 0.0025x + 1.04$, $R^2 = 0.9851$, $|r| = 0.9925 > r_{(0.01,3)} > r_{(0.05,3)}$ 和 $y = 0.0019x + 1.04$, $R^2 = 0.9459$, $|r| = 0.9726 > r_{(0.01,3)} > r_{(0.05,3)}$,说明表施和混施氮素下施氮量与渗漏水中铵态氮的浓度高低呈线性正相关,且不同施氮水平上铵态氮浓度线性极显著($P < 0.01$)。

2.2 稻田土壤渗漏水硝态氮浓度变化

由图 2 可知,从稻田渗漏水中硝态氮浓度来

2.1 稻田土壤渗漏水铵态氮浓度变化

从图 1 看出,3 种施肥方式下渗漏水中铵态氮流失量呈现:深施肥>混施肥>表施肥,3 种施肥方式下的渗漏水中铵态氮的含量均表现为先降低,再升高,而后又降低的趋势,施氮量大的处理明显高于施氮低的处理。

看,明显高于铵态氮浓度,但是浓度仍然很低。总体趋势是第一次施肥后 1~3 d 后升到最高,之后一直在下降,其中以基肥硝态氮损失最大,随着水稻生长需氮量的增加,蘖肥和穗肥施入后氮素渗漏流失量急剧减少,这与李勇等人研究结果一致^[6];深施肥在施氮第 7 天后各个施氮处理达到最高,最大值为 $2.5 \sim 11.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,到 1 月 19 日(第 26 天)降低为最高值的 52.0%~69.9%,4 月 5 日降低为最高值的 12.8%~32.5%;表施肥与深施肥不同,在 1 月 19 日出现最高峰值 $3.85 \sim 8.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,在施肥后第 7 天出现第二高峰值 $3.0 \sim 5.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,约是最高峰值的 22.1%~29.7%;混施肥的渗漏水硝态氮浓度动态变化与表施肥类似,不同之处是 3 月 11 日再次出现峰值。

从施氮量的情况看,渗漏水中硝态氮的浓度均是随着施氮量的增加呈明显的增加趋势,三种施肥方式均出现如下规律: $N4 > N3 > N2 > N1 > N0$ 。在施肥量 $< 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,监测期间硝态氮总浓度均小于 $20.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,空白到达 $8.63 \sim 17.08 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,当施肥量 $\geq 150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,监测期间硝态氮总浓度均大于 $20.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,严重超过国家规定的生活饮用水中硝态氮质量标准($20.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$),因此施氮肥量应该控制在 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以下。这与串丽敏等人研究结果相一致,土壤 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度是决定氮素淋溶的重要因素,过量施用氮肥,能显著增加土壤 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度,

引起 $\text{NO}_3\text{-N}$ 在土壤中累积,从而增加氮素淋溶的潜在风险^[7]。

深施肥方式下渗漏水中不同施氮水平的硝态氮浓度在基肥施入后第 7 天浓度达到最高,之后一直降低。对施氮量与渗漏水硝态氮浓度进行拟合方程,发现存在线性方程 $y=0.132x+8.43$, $R^2=0.9911$, $|r|=0.9955 > r_{(0.01,3)} > r_{(0.05,3)}$,说明施氮量每增加一个单位,硝态氮浓度就增加 0.132 个单位,二因素直线相关性极显著 ($P < 0.01$);同理表施肥有 $y=0.04x+13.8$, $R^2=$

0.7677 , $|r|=0.8762 < r_{(0.05,3)} < r_{(0.01,3)}$,说明表施肥对于渗漏水中氮素浓度影响不大,二者线性方程不存在线性关系;混施肥有 $y=0.11x+17.31$, $R^2=0.9687$, $|r|=0.9842 > r_{(0.01,3)} > r_{(0.05,3)}$,说明施氮量每增加一个单位,硝态氮浓度就增加 0.11 个单位,二因素直线相关性达到极显著 ($P < 0.01$)。深施肥施氮量每增加一个单位,渗漏水硝态氮浓度增加值大于混施肥,约是混施肥的 1.2 倍(见图 2)。从而增加氮素淋溶的潜在风险(见表 1)^[7]。

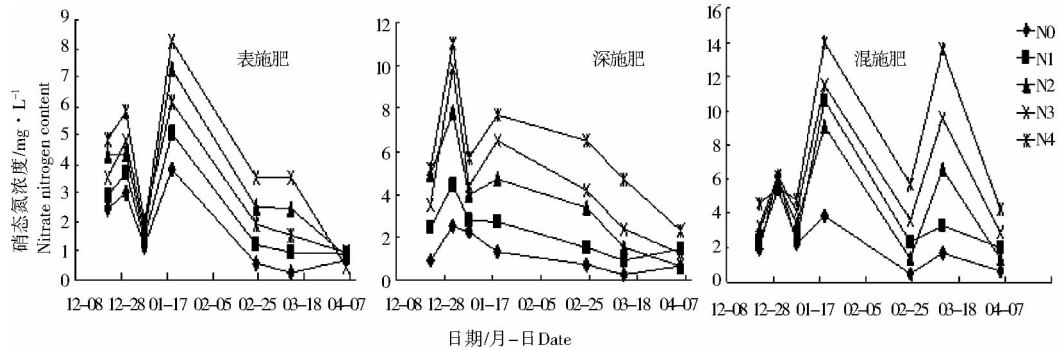


图 2 不同施氮水平及施肥方式下渗漏水中硝态氮浓度变化

Fig. 2 Nitrate nitrogen content change of water leakage in different nitrogen levels and fertilization modes

表 1 不同施氮水平及施肥方式下渗漏水中硝态氮总浓度变化

Table 1 Total nitric nitrogen content change of water leakage in different nitrogen levels and fertilization mode

施肥处理 Treatments	硝态氮总浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Total nitric nitrogen content				
	N0	N1	N2	N3	N4
深施肥 Deep fertilization	8.63	16.21	26.98	32.18	43.11
表施肥 Shallow fertilization	12.10	16.30	23.48	25.97	23.35
混施肥 Mixed fertilization	17.08	—	30.80	41.14	52.41

2.3 稻田土壤渗漏水总氮浓度变化

渗漏水的总氮浓度大于铵态氮和硝态氮浓度的总和,不同施肥方式下渗漏总氮流失量变化趋势为先上升后下降,然后趋于稳定。深施肥后 7 d 左右总氮浓度达到最大值 $3.20\sim 8.52 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,1 月 6 日施基肥后总氮浓度次日立即升高,但是升

高幅度不大,达到 $0.60\sim 4.45 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,约为最大值的 18.75%~52.23%,2 月 10 日施穗肥后 30 d 内总氮浓度没有持续升高,反而持续降低,于 3 月 11 日开始升高(N0 和 N1 除外),3 月 21 日各施氮处理达到次高值 $3.80\sim 7.83 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,之后一直到成熟期总氮浓度逐渐降低(见图 3)。

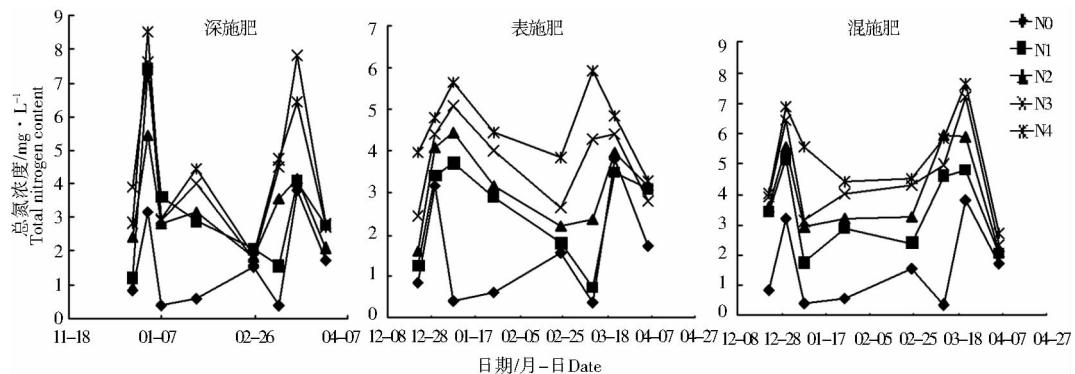


图 3 不同施氮水平及施肥方式下渗漏水总氮浓度变化

Fig. 3 Total nitrogen content change of water leakage in different fertilization levels and fertilization mode

表施肥渗漏水总氮浓度随着氮素的施入量升高时间较深施肥条件下稍滞后一些,但基肥施入后也是在 7 d 左右总氮浓度上升,一直持续到 1 月 7 日基肥的施入,但是之后一直在降低,到穗肥施入为止;3 月 18 日之后稍有升高但持续时间较短,随后持续降低至成熟期。

混施肥方式下渗漏水总氮变化整体趋势与其它两种施肥方式在 3 次施肥时期相同,唯一不同的就是基肥时期总氮浓度量的变化,处于表施肥和深施肥之间。

混施肥方式下渗漏水总氮变化整体趋势与其它两种施肥方式在 3 次施肥时期相同,唯一不同的就是基肥时期总氮浓度量的变化,处于表施肥和深施肥之间(见图 3)。

3 结论

渗漏水中氮素的含量主要以硝态氮为主,不同施氮水平与渗漏水中铵态氮浓度高低具有一定相关性,表现为深施肥>混施肥>表施肥;氮肥深施增加了渗漏水中铵态氮含量,表施肥可以减少渗漏水中铵态氮含量,且随着施肥量的增大现象越明显,氮素渗漏量与施氮水平主要呈线性正相关和二次等形式的正相关^[8-9]。表施肥可以减少 9.87% 的铵态氮渗漏损失,混施肥可以减少 5.92% 的铵态氮渗漏损失;但是表施肥又增加了铵态氮的气态损失,且随着施氮水平的提高损失程度加深。渗漏水中硝态氮浓度大于铵态氮浓度,3 次施肥(基肥、基肥和穗肥)中以基肥的施入

对渗漏水硝态氮含量影响最大,基肥和穗肥对其影响不大,渗漏水中总氮的浓度受施肥方式影响较大。

综上所述,施肥方式决定了氮素在土壤中的最初分配,水分对氮素的携带下渗过程使得氮素流失因氮素在土壤中的最初分配而产生差异。深施肥的氮素有效避免了尿素分解的铵态氮挥发损失,但是加剧了硝态氮的流失,而混施肥使得深施和表施的缺点得以避免,是一种合理的施肥方式,在田间作业时可将肥料机械性的搅拌到土壤当中,增加地力。

参考文献:

- [1] 高峰. 稻田土壤水分动态模拟研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.
- [2] 蔡守华, 赵明华. 稻田节水潜力与节水策略[J]. 中国农村水利水电, 2004(4): 7-10.
- [3] 罗启仕. 阻渗条件下的水稻田生态系统研究[D]. 沈阳: 中国科学院沈阳应用生态研究所, 1997.
- [4] 王笑影, 吕国红, 贾庆宇, 等. 稻田水分渗漏研究 I. 渗漏现状及成因分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11): 5763-5766.
- [5] 王强. 稻田分次施氮对田面水和渗漏水中氮素变化特征的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [6] 李勇, 杨林章, 殷广德. 太湖地区直播稻田氮素渗漏损失试验研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 99-104.
- [7] 串丽敏, 赵同科, 安志装, 等. 土壤硝态氮淋溶及氮素利用研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(11): 200-201.
- [8] 王家玉, 王胜佳, 陈义, 等. 稻田土壤中氮素淋失的研究[J]. 土壤学报, 1996, 33(1): 28-35.
- [9] 吕耀, 程序. 太湖地区农田氮素非点源污染及环境经济分析[J]. 上海环境科学, 2000(19): 143-146.

Effect of Nitrogen Levels and Nitrogen Application Modes on Three Nitrogen Concentration of Paddy Soil Percolating Water

MENG Xiang-hai

(Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang, Heilongjiang 157041)

Abstract: In view of the current unreasonable use of nitrogen pollution serious and a series of events, to clear paddy fertilizer and fertilization on rice nitrogen with infiltration of seepage erosion, the exploration of nitrogen loss in the quarter has positive significance. Homemade pot was adopted to simulate the soil seepage field, seepage of collection, rice paddy nutrient loss was analyzed. The results showed that table fertilization could reduce 9.87% of ammonium nitrogen leakage loss, and mixed fertilizers could reduced by 5.92% of ammonium nitrogen leakage loss, but the table fertilization increased ammonium nitrogen gas loss, and with the increasing of nitrogen level loss degree deepen, seepage in the ammonium nitrate nitrogen concentration was greater than the nitrogen concentration, the concentration of total nitrogen in water leakage was greatly influenced by fertilization way. Mixed fertilizer avoided the shortcomings which was a way of reasonable fertilization, fertilizer could work in the field of mechanical agitation to the soil, and increased soil fertility.

Key words: Paddy fields; percolating water; Nitrate nitrogen concentration; ammonium nitrogen concentration