

# 不同减量施肥条件下稻田田面水氮素动态变化 及径流损失研究

吴俊<sup>1,2</sup>, 樊剑波<sup>1</sup>, 何园球<sup>1\*</sup>, 屠人凤<sup>1</sup>, 谭炳昌<sup>1</sup>, 徐欢<sup>1</sup>, 许小伟<sup>1</sup>

1. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049

**摘要:** 采用过量施用化肥获得高产已成为近年来太湖地区的普遍现象, 而由此引发的农业面源污染对水体生态环境恶化的贡献值也越来越大。通过对苕溪流域地区的田间试验, 研究了 8 种不同减量施肥处理条件下, 稻田田面水中氮素的动态变化特征和径流损失量, 研究结果表明, (1) 各处理铵氮浓度在施肥后迅速上升, 1~3 d 达到最大值, 而总氮在施肥后第 1 天便达到峰值, 之后随时间变化逐渐下降, 铵氮、总氮浓度在一周之后均降至较低水平。(2) 田面水中铵氮/总氮比在施肥后 3~7 d 达到峰值, 之后逐渐下降。(3) 田间任何 1 次的径流排水均会造成田面水氮素的流失, 径流排水发生的时间与施肥时间间隔越小氮素的流失负荷就越大。(4) 各减量化施肥处理年度累计流失负荷较常规施肥处理下降 6%~53%, 当季稻田氮素流失率在 1.4%~2.6% 之间。为减少农田氮肥使用量, 降低氮素流失量, 减缓农业面源污染提供理论依据。

**关键词:** 减量施肥; 氮; 农田面源污染; 径流损失

**中图分类号:** S147.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-5906 (2012) 09-1561-06

**引用格式:** 吴俊, 樊剑波, 何园球, 屠人凤, 谭炳昌, 徐欢, 许小伟. 不同减量施肥条件下稻田田面水氮素动态变化及径流损失研究[J]. 生态环境学报, 2012, 21(9): 1561-1566.

WU Jun, FAN Jianbo, HE Yuanqiu, TU Renfeng, TAN Bingchang, XU Huan, XU Xiaowei. Dynamics of nitrogen and runoff loss in ponding water of paddy field under different fertilization practices[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(9): 1561-1566.

有关资料表明, 尽管中国耕地面积只有世界耕地总面积的 7% 左右, 但化肥施用量却超过了世界化肥施用总量的 25%<sup>[1]</sup>, 并且化肥投入的数量还在持续增加。2008 年, 我国单位耕地面积的化肥施用量(折纯量)为 375 kg·hm<sup>-2</sup>, 位列世界第 4, 大大超过了发达国家设置的 225 kg·hm<sup>-2</sup> 的安全上限, 蔬菜主产区的化肥施用量更是高达 1 000 kg·hm<sup>-2</sup> <sup>[16]</sup>。2007 年太湖蓝藻危机事件让太湖的生态环境问题成为举世瞩目的问题<sup>[19]</sup>。至今, 太湖水质仍然是以劣 V 类为主, 蓝藻水华现象依然在夏季时频频出现<sup>[20]</sup>。而根据国家环保总局发布的检测和调查数据, 2005 年全国的总污染负荷中的 N、P 两项污染, 面源污染的贡献率超过 50%。中国农业科学院的研究成果显示: 在我国水体污染严重的流域, 农田、农村畜禽养殖和城乡结合部地带的排污是造成流域水体氮、磷富营养化的主要原因, 其贡献值远超过来自城市地区的生活点源污染和工业点源污染<sup>[17]</sup>。传统型农业高投入、低利用率的生产模式造成的资源浪费, 以及由此引起的农业面源污染已经引起了人们的广泛关注<sup>[2-3]</sup>。对农业面源污染的控制已成为

现代农业的重大主题<sup>[18]</sup>。

农田氮素的随地表径流向水体迁移是农田氮损失的主演途径以及造成地表水氮素富集的重要原因<sup>[4]</sup>。研究<sup>[5-6]</sup>表明, 农田氮、磷通过地表径流流失受地形、地貌、植被、土壤、耕作和施肥等多种因素的影响。在这些因素中, 通过施肥方式的改进和施肥量的优化可有效地减少 N、P 流失<sup>[7-8]</sup>, 因此本文选择面源污染较重的苕溪地区典型稻田, 设计不同肥料和不同施肥管理方式等 8 种处理, 以期通过研究不同减量施肥处理下稻田田面水中氮素动态变化和氮素的径流损失来了解研究区面源污染状况及风险, 为减少农田氮素投入, 减缓农业面源污染对水体产生的影响和环境危害提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

余杭区位于杭嘉湖平原南端, 属北亚热带南缘季风气候区。年平均气温 15.3~16.2 °C, 年平均雨量 1 150 mm 至 1 550 mm, 适宜双、三熟制。土壤属于潜育水稻土亚类潮泥田土属泥质田土种, 经多年的机械化作业, 地力较为一致, 供试土壤 0~20 cm

**基金项目:** 国家水体污染控制与治理科技重大专项课题 (2008ZX07101-006-06)

**作者简介:** 吴俊 (1987 年生), 男, 硕士研究生, 主要从事农业生态系统演变过程与调控研究。E-mail: jwu@issas.ac.cn

\*通信作者: E-mail: yqhe@issas.ac.cn

**收稿日期:** 2012-07-11

耕层基本理化性质如下: pH5.39, 全氮质量分数为  $1.41 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 全磷质量分数为  $0.556 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 全钾质量分数为  $25.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 有机质质量分数为  $38.4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

## 1.2 试验设计及方案

试验位于杭州市余杭区径山镇曹桥溪流域前溪村, 始于2010年4月, 设8个处理: 常规对照处理、缓释肥处理、秸秆还田化肥施用处理、秸秆还田菌肥施用处理、绿肥还田处理、有机化肥配施处理、基追比处理。

试验供试早稻品种为金早47, 晚稻为秀水03。施肥量参照当地种粮大户施肥水平对照处理早稻施纯 N  $187.5 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$   $93.75 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$   $206.25 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ; 晚稻: N  $225 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$   $93.75 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$   $262.5 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ; 除对照外, 各处理在此基础上减量20%, 秸秆化肥、秸秆菌肥和绿肥处理在减量化基础上再减10%。早、晚稻季具体施肥方案见表1和表2。

每个处理3次重复, 随机区组排列。小区面积为  $5 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ , 邻近大田两侧有非试验保护区, 小区田埂筑高20 cm, 用塑料薄膜包被, 以减少侧渗和串流, 每个小区设有单独的进、排水口, 排水口低于田埂处4 cm左右, 以便将暴雨造成的外溢田面水汇入排水渠。除试验设计要求, 其他田间管理同当地农户常规管理。

施肥时间: 早稻基肥4月30日, 分蘖肥5月9

日, 穗肥6月12日; 晚稻基肥7月31日, 分蘖肥8月7日, 穗肥8月30日。

## 1.3 采样与分析

自施肥后的第2天起, 每天7:00左右定时采集田面水样品, 每2 d采样1次, 各小区内采取5点组成混合样100 mL左右, 另外, 稻田每次排水及降雨溢出前后都进行水样的采集。样品总氮采用过硫酸钾(进口)氧化-紫外分光光度法测定, 铵氮采用纳氏试剂法测定<sup>[9]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 双季稻田面水中氮素的动态变化特征

#### 2.1.1 田面水中铵氮动态变化

早、晚稻季田面水铵氮动态变化如图1所示, 田面水中铵氮的动态特征在早、晚稻季表现基本一致, 早稻季基肥(4月30日)施入后, 各处理田面水中铵氮含量迅速上升, 至施肥后3 d达到峰值, 之后随时间推移逐渐下降, 7 d后将至峰值期的19%~33%。分蘖肥和晚稻的基肥期田面水铵氮表现与之类似, 但晚稻分蘖肥期, 穗肥期以及早稻穗肥期铵氮浓度在施肥后1 d便达到峰值, 随后逐渐下降。不同处理间铵氮含量差异明显, 基肥施用期, 缓释处理>对照处理>秸秆化肥、菌肥处理>有机肥处理, 分蘖肥及穗肥期对照处理铵氮均高于其他减量化处理, 其中以缓释肥以及穗肥期的控释肥处理为最低。

表1 早稻大田试验施肥方案

Table 1 Fertilization scheme in early rice trial field

处理	施肥量/( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )			追肥比例				备注
	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	基肥	蘖肥	穗肥	粒肥	
对照	187.5	93.75	206.25	5	4	1	—	常规施肥管理
缓释	150	75	165	10	—	—	—	缓释肥作为基肥一次性施入, 不足磷钾用化肥补充
控释	150	75	165	5	5	—	—	控释尿素/总尿素=30%, 于分蘖肥期施入
有机	150	75	165	5	4	1	—	有机氮(猪粪)与无机氮比例为15:85, 有机肥作为基肥
绿肥	135	67.5	150	5	4	1	—	种植绿肥全量还田
枯菌	135	67.5	150	5	4	1	—	秸秆全量还田+菌肥
枯化	135	67.5	150	5	4	1	—	秸秆全量还田
基追比	150	75	165	4	4	1	1	3次追肥

表2 晚稻大田试验施肥方案

Table 2 Fertilization scheme in late rice trial field

处理	施肥量/( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )			追肥比例				备注
	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	基肥	蘖肥	穗肥	粒肥	
对照	225	93.75	262.5	5	3	2	—	常规施肥管理
缓释	180	75	210	10	—	—	—	缓释肥作为基肥一次性施入, 不足磷钾用化肥补充
控释	180	75	210	5	5	—	—	控释尿素/总尿素=30%, 于分蘖肥期施入
有机	180	75	210	5	3	2	—	有机氮(猪粪)与无机氮比例为15:85, 有机肥作为基肥
枯菌	162	67.5	192	5	3	2	—	秸秆全量还田+菌肥
枯化	162	67.5	192	5	3	2	—	秸秆全量还田
基追比	180	75	210	4	3	2	1	3次追肥

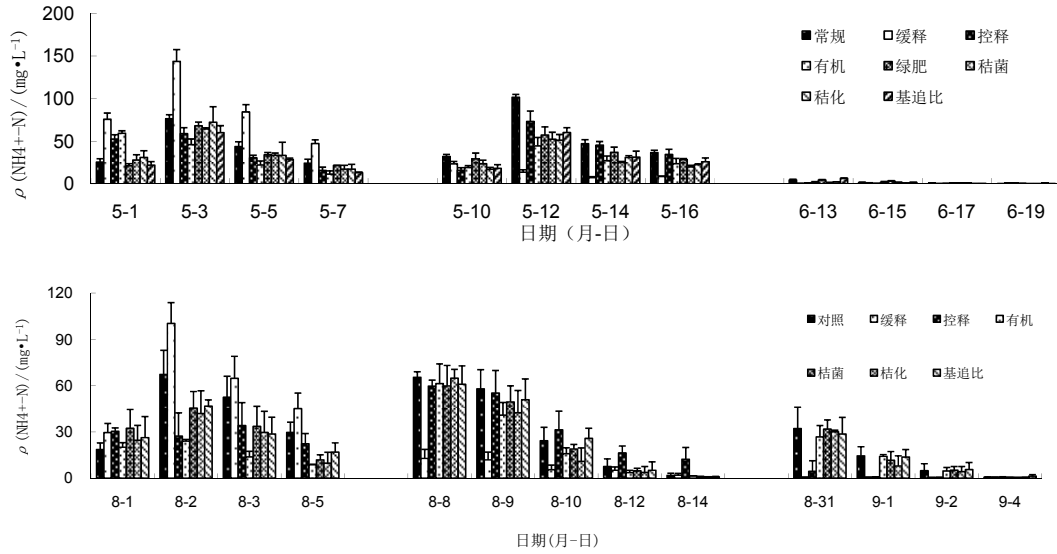


图 1 早、晚稻季田面水中铵氮动态变化

Fig.1 Dynamic of the concentration of  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  in ponding water of rice paddy field

尿素施入稻田要经过脲酶水解形成无机态的铵氮,然后铵氮转化为氨气,或者通过微生物的硝化作用转变为硝态氮,再经氨挥发,淋溶,作物吸收利用等过程转移。因此,田面水中铵氮浓度会有一个先上升然后在下降的过程。脲酶水解尿素的速率主要受温度, pH, 微生物, 土壤有机质等影响, 早稻季气温低应该是决定水体中尿素转化为铵氮的主要限制条件, 因此铵氮峰值期才会出现在施氮后第3天, 这点与田玉华等<sup>[10]</sup>的研究结果表现一致。晚稻季气温升高, 同时分蘖肥与穗肥的施氮量较小, 尿素进入水体后被迅速水解转化为铵氮, 致使铵氮峰值出现在施肥后 1 d。

缓释肥作为基肥一次性施入, 控释肥在分蘖肥

期混合正常尿素施入, 后期均不再追肥; 而有机肥也是将猪粪作为基肥混合尿素施入; 由于这些肥料使用方法及施肥方式的不同, 导致基肥期的氮素输入大小产生一个梯度, 即缓释处理>照处理>秸秆化肥、菌肥处理>有机肥处理。这个梯度变化与相应施肥期铵氮浓度值梯度变化是一致的, 这表明施入的氮素的多少是决定田面水中铵氮浓度大小的主要因素, 因此减量施肥处理能有效降低田面水中铵氮浓度, 降低铵氮流失风险。

### 2.1.2 稻田田面水中总氮动态变化

总氮浓度变化规律与铵氮十分类似, 由图 2 中可以看出, 早稻季基肥施用 1 d 总氮便达到最大值, 随后逐渐下降, 1 周后不同处理的总氮浓度降至峰

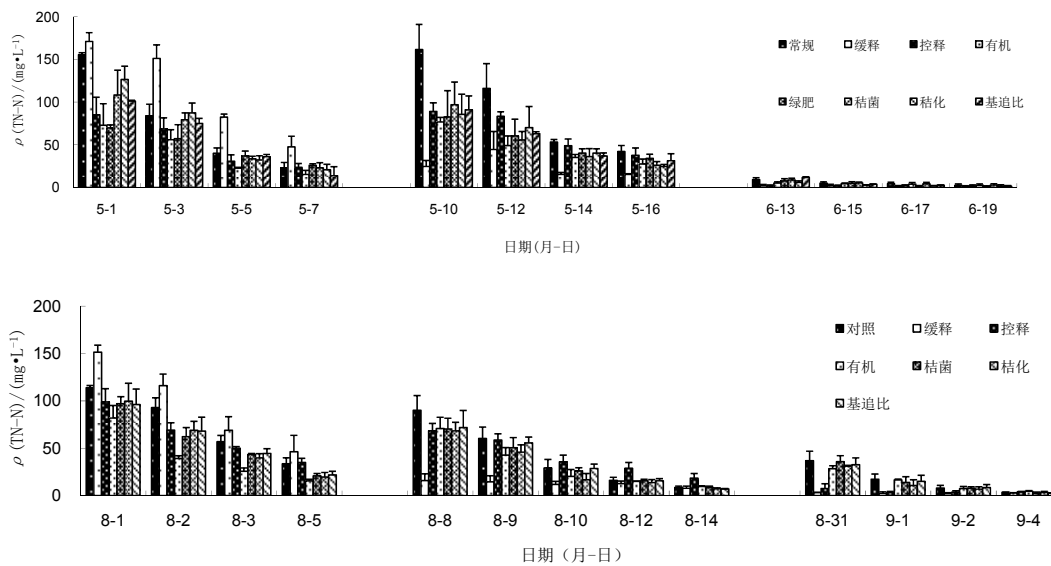


图 2 早、晚稻季天面水中总氮动态变化

Fig.2 Dynamic of the concentration of T-N in ponding water of rice paddy field

值期的8%~16%左右;除缓释肥处理外,峰值期不同处理总氮含量为同期对照处理45%~71%,1周后,为同期对照处理的60%~99%;早晚稻基肥施用期总氮浓度梯度为缓释>对照>秸秆化肥、菌肥>有机、绿肥处理,这与基肥施用后氨氮浓度的梯度变化规律相同。

随着氮肥的施入,田面水中总氮浓度迅速达到最大值,之后随着作物的吸收利用,氮素的一系列转化迁移作用使总氮浓度逐渐下降,至1周后降至峰值期的8%~16%,因此施肥后一周内是控制氮素流失的主要时期,这与张志剑<sup>[11]</sup>等提出施肥后1周控释氮素流失的关键时刻相吻合。同时缓控释肥料由于一次性施入量大,具有缓控释效果,在10d内都具有较高的氮素含量,10d后会降至较低水平,因此,在使用缓控释肥时,相应氮素主要控制期应延长至施肥后10d。基肥期的氮素施入量梯度与同期总氮浓度梯度表现一致,即缓释>对照>秸秆化肥、菌肥>有机、绿肥处理,这也表明农田氮素输入多少是决定田面水中总氮浓度大小的主要因素,减量化施肥对降低田面水中总氮的浓度有显著的效果。

首先就同一处理的不同施肥期来看,除缓、控释肥处理外,氨氮和总氮浓度在施肥1周后明显下降,因此,施肥后1周是控制氮素流失的关键时期,而使用缓控释肥时这个时间应延长至10d。其次,就同一次施肥的不同处理来看,随施氮量的增加,

氨氮和总氮的浓度也随之增大,表现在基肥施用期缓释>对照>秸秆化肥、菌肥>有机、绿肥等处理,从不同施肥期来看,穗肥期的田面水氮素浓度明显小于基肥期与分蘖肥期的氮素浓度,这也再次证实了施肥水平与田面水水体氮素浓度呈正相关,减少氮素的投入能有效降低农田氮素的流失风险。

### 2.2 田面水中铵氮/总氮比的动态变化特征

由于尿素进入水体后首先转化为铵氮,铵氮转化为氨气会发或者可能经消化细菌转化为硝氮,也可能经反消化细菌作用生成氮气等,因此,铵氮与总氮的比值可以反映氮素转化潜能与流失潜能的相对水平。由图3可以看出,早稻季田面水中铵氮/总氮比在基肥使用后3~5d内达到观察期内的最大值,施肥后3~7d内,铵氮/总氮比都保持在在0.7以上,甚至接近1,此后随时间推移逐渐下降。这表明,田面水中氮素在以铵氮形态的相对流失潜能历经3~7d的高峰期后开始逐渐减小,取而代之的是以总氮形态为主的相对流失潜能的增加,此后应重点加强总氮的监测。并且,同一次施肥中,施肥量越大,铵氮/总氮比也越大,表现为基肥期缓释>对照>其他减量化处理等,分蘖肥期控释肥处理>对照>其他减量化处理>缓释肥处理,这表明增加施肥量能增加总氮中铵氮的比重,以铵氮为主的相对流失潜能也同时增大,这点与王强<sup>[12]</sup>等研究结果中也有着一致的表现。晚稻季田面水中铵氮/总氮比变化如图4所示,规律基本与早稻季一致,但最大值约

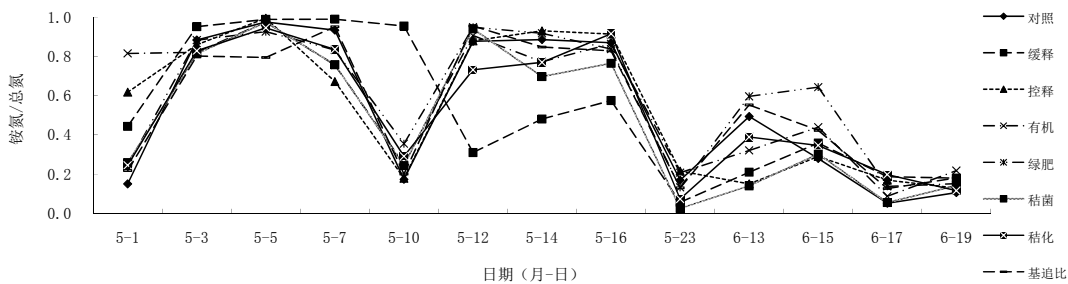


图3 早稻季田面水中铵氮/总氮比随时间的变化动态  
Fig.3 Dynamic of  $\text{NH}_4^+\text{-N/TN}$  ratio in early rice paddy field ponding water

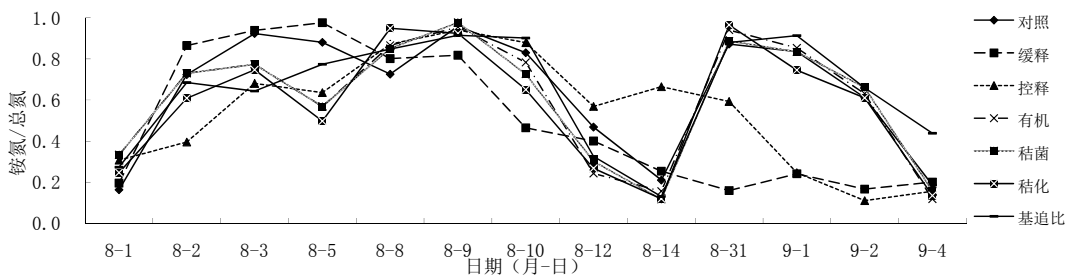


图4 晚稻季田面水中铵氮/总氮比随时间的变化动态  
Fig.4 Dynamic of  $\text{NH}_4^+\text{-N/TN}$  ratio in late rice paddy field ponding water

出现在施肥后 2~3 d, 较早稻季有所提前, 主要原因在于晚稻季气温高, 尿素在水体中迅速被水解为铵氮, 以至于铵氮浓度峰值较早稻季提前, 铵氮/总氮比的峰值也随之提前。

### 2.3 田间径流排水的氮素流失

对双季稻田面水由于径流产生的氮素损失负荷监测见表 3, 早稻季并未出现强降雨造成径流损失, 唯一一次排水是 5 月 23 日为烤田进行的田间排水; 晚稻季雨水较多, 田间径流共 4 次, 8 月 20 日雨后排水也是烤田排水, 8 月 26 日雨后排水, 9 月 1 日大雨漫水以及 9 月 21 日田间管理排水。从不同的径流排水时期来看, 离施肥期越近径流产生的氮素损失量就越大。其中 9 月 1 日排水处于晚稻穗肥施用后第 2 天, 尽管穗肥期施氮量并不大, 就对照处理而言, 此次排水造成的氮素损失占到年度总流失负荷的 49.5%, 其他处理同时期的流失量也占到了年度总流失量的 48.3%~52.6%。但是同期缓、控释肥处理由于不用追施穗肥所以流失量相对小很多(仅为同期对照处理的 14%~18%)。焦少俊等<sup>[13]</sup>的研究也表明: 施肥之后的随机性的大雨产生的氮磷径流流失几乎占到了整个水稻生长季节的 1/3~1/2。最后一次排水发生在施氮后 22 d, 此次总氮流失量很小, 只占年度累计总流失量的 3%~5%。这说明, 径流排水时间与施肥时间间隔大小对氮素的流失有着决定性作用, 施氮后短时间内发生暴雨将会造成氮素的大量流失。从同一次排水中不同处理氮素流失量来看, 除 8 月 20 日排水中的控释肥处理外, 全部 5 次排水中对照处理的铵氮和总氮流失量均不同程度的高于其他处理, 各处理的年度累计流失负荷较对照处理降低 6%~53%, 王小治<sup>[14]</sup>等研究表明氮素径流损失与氮素使用量呈显著正相关。这也说明减量化施肥技术确实能有效降低天面水氮素的流失负荷, 缓解由农业用肥带来的面源污染情况。

相关研究<sup>[15]</sup>结果表明, 水田中总氮表观流失率

为 5.7%, 本试验中该年度的氮素流失率在 1.4%~2.6%之间, 而且相较于对照处理, 各减量化处理在氮素流失量方面虽然有明显下降, 但氮素流失率方面却未有一致的表现, 除缓、控释肥处理及早稻季绿肥处理外, 其他减量化处理的氮素流失率反而上升的较为明显, 张志剑等<sup>[11]</sup>研究也表明: 氮素表观流失率随施氮量增加呈下降趋势, 两者间达到了显著水平, 他认为: 呈淹水状态下的水稻田, 可能施氮量越高田面水中的氮素向下淋失越高, 参与大气迁移转化的速率就越强。

虽然合理的减量化施肥能减少田面水氮素的流失, 但稻田排水无论是暴雨引起的漫水还是田间管理烤田排水都会导致氮素的流失, 从水稻田氮素面源污染最小化角度出发, 有必要进一步探讨人为可控条件下, 结合稻田氮素变化动态特征, 实现氮素流失最小化甚至零流失, 这就有必要在合理减量化施肥基础上加入合理的水分灌溉管理模式, 例如低水位灌溉和干湿交替灌溉技术, 尽量减少田面水的排放甚至零排放, 以达到氮素流失的最小化, 减缓农业面源污染所带来的环境危害。

### 3 结论

(1) 铵氮浓度在施肥后迅速上升, 1~3 d 达到最大值, 而总氮在施肥后第 1 天便达到峰值, 之后随时间变化逐渐下降, 铵氮、总氮浓度在 1 周之后均降至较低水平并趋于稳定。稻田施肥后 1 周是控制氮素流失的关键时期, 而施用缓控释肥料时, 该时间段应延长至施肥后 10 d。

(2) 田面水氮素以铵氮形态的相对流失潜在在施肥后 3~7 d 达到峰值, 之后逐渐下降, 取而代之的是以总氮形态为主的相对流失潜能的增加。

(3) 田间任何一次的径流排水均会造成田面水氮素的流失, 径流排水发生的时间与施肥时间间隔越小, 氮素的流失负荷就越大; 氮素径流损失与氮素使用量呈显著正相关, 减量化施肥能有效降低农田氮素流失量, 其中, 缓释肥、控释肥等处理表现

表 3 早晚稻季田面水径流氮素损失负荷

Table 3 Nitrogen losses from drainage in rice paddy field

处理	不同日期径流损失量/(g·hm <sup>-2</sup> )										累计总氮流失负荷/ (g·hm <sup>-2</sup> )	氮素流失率/ %
	5月23日		8月20日		8月26日		9月1日		9月21日			
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	TN		
对照	1943	2154	637	1910	184	704	4130	4942	30	283	9993	2.42
缓释	433	1920	190	1320	83	473	162	670	16	248	4630	1.40
控释	1583	1833	1332	2515	160	758	221	898	26	317	6320	1.92
有机	1760	2122	173	1623	356	635	4030	4724	27	272	9377	2.84
绿肥	529	1892	—	—	—	—	—	—	—	—	1892	1.40
枯菌	209	2075	120	1370	83	454	3313	3973	70	360	8232	2.77
秸化	304	1041	235	1715	136	621	3302	3999	42	318	7693	2.59
基追比	777	1492	230	1520	107	530	3907	4279	26	318	8138	2.47

突出。

(4) 双季稻田各减量化施肥处理年度累计流失负荷较对照处理下降6%~53%，当季稻田氮素流失率在1.4%~2.6%之间；减量化施肥虽然能明显降低氮素的流失负荷，但氮素的表现流失率却随施肥量减小而上升。

#### 参考文献:

- [1] FAO, Statistical databases. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. 2008. <http://www.fao.org>
- [2] 朱万斌, 王海滨, 林长松, 等. 中国生态农业与面源污染减排[J]. 中国农学通报, 2007(10): 184-187.
- [3] WELD J L, PARSONS R L, BEEGLE D B, et al, Evaluation of phosphorus based nutrient management strategies in Pennsylvania[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2002, 57(6): 448-454.
- [4] 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.
- [5] 黄满湘, 章申, 张国梁, 等. 北京地区农田氮素养分随地表径流流失机理[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 147-153.
- [6] 张乃明, 余扬, 洪波, 等. 滇池流域农田土壤径流磷污染负荷影响因素[J]. 环境科学进展, 2003, 24(3): 155-157.
- [7] 潘根兴, 褚清河, 张英, 等. 太湖地区高产水稻土经济极点施肥: 一种农田 N、P 养分负荷的田间控制技术[J]. 环境科学, 2003, 24(3): 96-100.
- [8] 张兴昌, 郑剑英, 吴瑞浚, 等. 氮磷配合对土壤氮素径流流失的影响[J]. 土壤通报, 2001, 32(3): 110-112.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 127-129.
- [10] 田玉华, 贺发云, 尹斌, 等. 不同氮磷配合下稻田田面水的氮磷动态变化研究[J]. 土壤, 2006(6): 727-733.
- [11] 张志剑, 董亮, 朱荫涓. 水稻田面水氮素的动态特征、模式表征及排水流失研究[J]. 环境科学学报, 2001(4): 475-480.
- [12] 王强, 杨京平, 沈建国, 等. 稻田田面水中三氮浓度的动态变化特征研究[J]. 水土保持学报, 2003(3): 51-54.
- [13] 焦少俊, 胡夏民, 潘根兴, 等. 施肥对太湖地区青紫泥水稻土稻季农田氮磷流失的影响[J]. 生态学杂志, 2007(4): 495-500.
- [14] 王小治, 朱建国, 宝川靖和, 等. 施用尿素稻田表层水氮素的动态变化及模式表征[J]. 农业环境科学学报, 2004(5): 852-856.
- [15] 彭畅, 朱平, 牛红红, 等. 农田氮磷流失与农业非点源污染及其防治[J]. 土壤通报, 2010(2): 508-512.
- [16] 张峰. 中国化肥投入的面源污染问题研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011: 35-36.
- [17] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [18] GAO Chao, SUN Bo, ZHANG Taolin. Sustainable nutrient management in Chinese agriculture: challenges and perspective [J]. Pedosphere, 2006, 16(2): 253-263.
- [19] Guo L. Doing battle with the green monster of Lake Taihu [J]. Science, 2007, 317: 1166.
- [20] 秦伯强. 太湖生态与环境若干问题的研究进展及其展望[J]. 湖泊科学, 2009, 21(4): 445-455.

## Dynamics of nitrogen and runoff loss in ponding water of paddy field under different fertilization practices

WU Jun<sup>1,2</sup>, FAN Jianbo<sup>1</sup>, HE Yuanqiu<sup>1</sup>, TU Renfeng<sup>1</sup>, TAN Bingchang<sup>1</sup>, XU Huan<sup>1</sup>, XU Xiaowei<sup>1</sup>

1. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** Chemical fertilizers are intensively applied to agriculture in order to obtain high crop yield. However, the overuse of chemical fertilizers may cause agricultural non-point pollution. Therefore, in order to reduce N application and its runoff loss, this study investigated the dynamic changes of nitrogen and its runoff loss in ponding water of paddy field in Tiaoxi river catchment. The experiment consisted of eight treatments with different fertilizations and management practices. Our results showed that: (1) Application of N fertilizers sharply increased the concentrations of ammonia nitrogen ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) and of total nitrogen (TN) in paddy ponding water. Their concentrations reached the peak in 1-3 days after fertilization and then descended to a low level in 7 days. (2) The ratio of  $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{TN}$  reached the maximum in 3 to 7 days after fertilization, and decreased later on. (3) The drainage from paddy field caused N loss, accounting for 1.4% and 2.6% of N applied. (4) The fertilizer reduction treatments decreased the N loss loading by 6%-53% as compared to the conventional treatment. This study provides some scientific knowledge and practical management for reducing the agricultural non-point pollution.

**Key words:** fertilizer reduction; nitrogen; agricultural non-point pollution; runoff loss