

减少稻田氮素损失的水肥管理措施研究

高效江¹ 胡雪峰² 陈振楼³ 许世远³ 王少平³

(1 复旦大学环境科学与工程系 200433 上海; 2 上海大学环境科学系; 3 华东师范大学地理系)

摘 要 采用正交试验研究了不同灌溉、施肥方式和 N 肥用量对稻田 N 素径流和渗漏损失及生产效益的影响。结果表明,采用间歇和湿润灌溉可减少 N 素损失,提高粮食产量和效益;改进施肥方式可少量降低 N 素损失,而对产量收益影响不大;N 肥施用量是影响 N 素损失和产量收益的首要因素,适当减少 N 肥用量,既可减少稻田 N 素损失,又可提高生产效益。并推荐了较优化的稻田水肥管理综合措施。

关键词 N 素; 损失; 灌溉; 施肥

长江三角洲是我国农田化肥 N 施用量最高的地区之一,大量的 N 肥投入在提高粮食产量的同时,农田 N 素的损失又对水环境造成污染,引起水体富营养化。N 素在农田中的损失途径主要有氨挥发、硝化-反硝化、淋失和径流,近年来我国学者在 N 素损失途径和机制方面进行了许多研究^[1]。农田 N 素,特别在水稻季节,渗漏和径流损失是其对水环境的影响主要途径^[2,3],因此,加强稻田的水肥管理和技术措施优化,减少稻田 N 素损失,对提高 N 素利用率、控制农田面源污染具有重要意义^[4-6]。鉴于此,本研究在上海市郊农田水利试验站开展了减少稻田 N 素损失的水肥管理综合技术措施研究,为控制农业面源污染提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本研究于 2000 年 6 月至 11 月在上海市郊青浦农田水利试验站野外测坑中进行。供试测坑土壤为沼泽性起源的青紫泥水稻土,质地亚粘。耕层土壤 pH7.7~8.0,有机质含量 20.2g/kg,全 N 为 1.1g/kg。供试 N 肥为碳铵和尿素。

1.2 试验测坑结构

试验站共有 12 个有底测坑,单个测坑大小为 2m(长)×2m(宽)×2m(深),测坑池壁为混凝土结构,池壁超高 15 cm,径流管高 8cm。在测坑土壤剖面的不同深度(0.5、0.8、1.1、1.5m)设置有采水装置,试验期间测坑的渗漏速率调节为 3.0mm/d。

1.3 试验设计

试验研究中主要考虑灌溉方式(A)、施肥方式(B)和 N 肥施用量(C)3 个影响因素,每个因素在常规水肥管理的基础上设计 3 个水平,具体内容见表 1。采用正交设计方法,在测坑中共设有 9 个处理组合,分别为 A1B1C1、A1B2C2、A1B3C3、A2B1C2、A2B2C3、A2B3C1、A3B1C3、A3B2C1、A3B3C2,测坑编号见表 2。

1.4 监测与分析

水稻播种施肥后 1~2 天开始,间隔 3~7 天采集不同深度土壤渗漏水样,标准方法分析氨态 N(纳氏比色法)、硝态 N(酚二磺酸法)含量^[7],亚硝态 N 因其含量低未以监测;

以每次降雨产生径流时,监测径流量,根据径流过程的长短,取 6~10 个径流水样,分析其 N 素水平。加权平均估算水稻全生育期 N 素(氨态 N+硝态 N)的渗漏损失和径流损失量,二者相加为 N 素损失量。水稻苗情观测一般每周 1 次,收获时称量各测坑稻米重量,估算水稻产量。

表 1 试验影响因素及水平设计

因素水平	灌溉方式 (A)	施肥方式 (B)	N 肥用量 (C)
1	淹水灌溉:作为对照处理,按本地区习惯,除幼苗期保持 10~20mm 水层,分蘖后期落干烤田外,其它生育阶段一般保持 20~60mm 水层。收割前 20 天断水。	习惯:基肥在整田后有水层表施碳铵 40%,分蘖期 2 次各施 30%,拔节追施尿素。	常规(N 295kg/hm ²): 碳铵 675g/测坑,尿素 135 g/测坑
2	间歇灌溉:幼苗期及落干烤田同淹水,其它生育阶段充分利用雨水或灌足 50mm 以下水层,落干后歇 1 天再灌 1 次,以减少灌溉量和灌水次数。	改进 1:基肥在泡田后无水层混施(施 40% 碳铵后整田),其它同上。	减少 30% (206kg/hm ²): 碳铵 472.5g/测坑, 尿素 94.5 g/测坑
3	湿润灌溉:幼苗、孕穗抽穗期田面保持 10mm 左右水层,落干烤田同上几种处理,其余生育阶段进行干湿交替,灌溉上限为土壤饱和含水量,下限为田间持水量(地下水埋深控制 20cm 为宜)。另外,充分利用雨水减少灌水。	改进 2:碳铵不作基肥,分蘖期增加碳铵用量(2 次各施 50%),其他同改进 1。	减少 60% (118kg/hm ²): 碳铵 270g/测坑,尿素 54 g/测坑

2 结果与讨论

正交试验设计条件下,稻田 N 素损失和产量的试验研究结果见表 2,其中的效益比是指设计水肥管理条件下与常规条件下稻田生产收益(稻米市场价值-施用 N 肥成本)的比值。

可见,不同的灌溉方式、施肥方法和 N 肥用量,对 N 素的损失和产量的影响十分明显,对生产效益影响也很大。下面在统计各因素水平的平均 N 损失量和产量的基础上,分别对其进行讨论,

以期获得减少稻田 N 素损失、稳定生产的田间水肥管理综合技术措施和对策。

2.1 不同灌溉方式的影响

田间灌溉方式与 N 素的损失密切相关。由图 1 可见,常规淹水灌溉条件下,稻田 N 素损失较大,平均 N 素损失为 17.24kg/hm²;而间歇灌溉和湿润灌溉条件下,稻田 N 素损

表 2 不同水肥管理条件下稻田 N 素损失量与产量

测坑编号	水肥管理设计处理	径流损失 (kg/hm ²)	渗漏损失 (kg/hm ²)	总 N 损失 (kg/hm ²)	产量 (kg/hm ²)	效益比 (%)
1	A1B1C1	7.26	17.70	24.96	8100	100
2	A1B2C2	4.95	13.13	18.08	7967	101.5
3	A1B3C3	3.00	5.69	8.69	6401	83.3
4	A2B1C2	1.95	7.73	9.68	8373	107
5	A2B2C3	1.11	3.30	4.41	6633	86.6
6	A2B3C1	2.78	8.61	11.39	8414	104.3
7	A3B1C3	1.05	2.60	3.65	6941	88.5
8	A3B2C1	2.40	8.67	11.07	8733	108.7
9	A3B3C2	1.65	5.85	7.50	8414	107.6

失明显降低,分别为8.48和7.41kg/hm²。这主要是因为不同灌溉方式由于田面水层控制的深度不同,其渗漏量不同,降雨产生的径流量亦不同。淹水灌溉耗水量大,对雨水的利用率低,径流和渗漏损失均比较多;间歇和湿润灌溉田间耗水量低,降雨量利用率高。本研究水稻期降雨量为478.2mm,最大降雨量为37.2mm,雨量的有效利用较高,达到80%以上。

另外,从产量来看(图1),淹水<间歇<湿润灌溉,间歇和湿润灌溉分别

比淹水灌溉的产量增长4.1%和7.2%。可见采用适宜的灌溉方式,充分利用降雨量,提高降雨量的利用率,一方面可减少N素的损失,也是的节水增效的重要途径。

2.2 施肥方式的影响

研究区传统的施肥方式是在间有水层表施,特别是大量碳铵作基肥表施后,田间水中N素水平很高,若在施肥后连续降雨,径流损失较大^[3]。采用无水层混施或深施,有助于降低田面水中N肥存留量,从而降低氮挥发和径流损失^[1]。为了减少水稻幼苗期N素的损失,试验研究中选择了2种改进施肥方式,一是基肥在泡田后无水层混施整田(改进1),二是不施基肥(改进2),总施肥量不变,基肥的用量平均分配到分蘖期2次追肥中。

研究结果表明(图2),常规施肥、改进1和改进2三种施肥方式,N素的径流和渗漏损失存在逐步降低的趋势,但损失量相差不大,平均N素损失分别为12.76,11.19和9.19 kg/hm²,这可能由于水稻幼苗期降水不集中,田面产流少,另外也可能施肥后较长时间才产生降雨径流,径流水样中N素浓度较低的缘故。

由图2可见,不同施肥方式对产量的影响不大,3种处理平均产量均在7770 kg/hm²左右。另外,需要指出的

是不施基肥的3、6、9号测坑,在水稻分蘖追肥前,径流量、渗漏量中的总N浓度相对较小。但因不施基肥,幼苗黄瘦;分蘖期第一次追肥时,6、9号测坑由于施N肥量大,出现烧苗,而后期又出现疯长,在乳熟中期稻田大部分倒伏,虽然对产量影响不大,若遇台风早至,可能引起大幅度的减产。

2.3 N肥用量的影响

N肥的施用量多少无疑与稻田的N素损失密切相关。研究区稻田常规N肥施用量很高,达295kg/hm²,已超出平均适宜施N量范围^[1]。试验中分别选择常规施肥量、减少常规30%

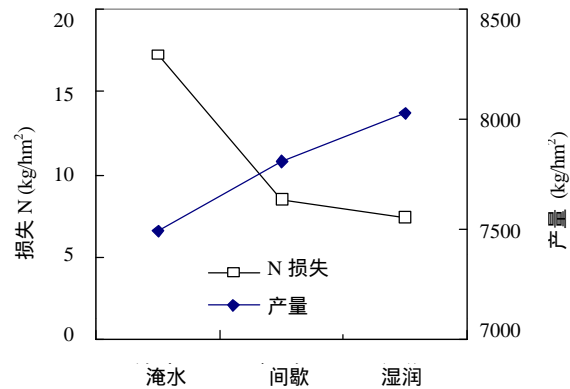


图1 不同灌溉方式对N素损失和产量的影响

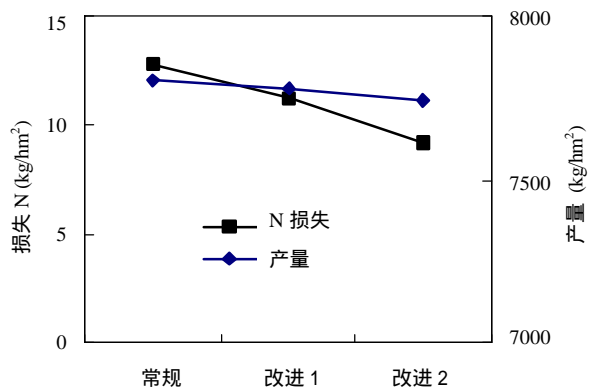


图2 不同施肥方式稻田N素损失和产量的比较

和减少 60% 3 种水平处理, 研究结果表明 (图 3), 随着 N 肥用量的降低, 稻田 N 素损失量显著降低, 从 15.81 kg/hm^2 减少到 5.58 kg/hm^2 。同时, 降低 N 肥施用量水稻产量也相应降低, 特别是减少常规 60% N 肥施用量时, 产量和效益大幅下降; 但从生产效益来看, N 肥施用量减少常规 30% (206 kg/hm^2) 时最高, 可见当前适当降低 N 肥施用量, 不仅可以减少 N 素的损失, 还可提高经济效益。

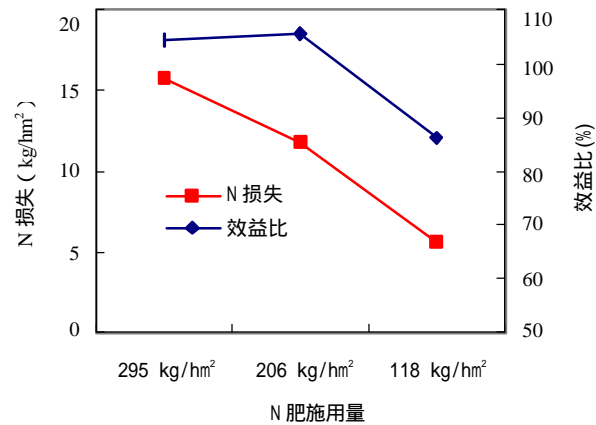


图 3 N 肥施用量对 N 素损失和效益的影响

3 稻田水肥管理的综合措施和对策

从水环境保护的角度出发, 稻田 N 素损失越少, 对环境的影响越弱; 但另一方面, 在强调减少 N 素损失对水环境影响的同时, 还要考虑到粮食产量和生产效益。因此在指定稻田水肥管理综合技术措施的时候, 还必须将环境效应和经济效益二者兼顾。对表 1 的正交试验结果进行统计, 综合前面所述, 可以发现, A3B3C3 组合的水肥管理措施, 稻田 N 素损失最少, 但由于 C3 处理 N 肥施用量低, 产量和效益明显下降, 且 B3 处理不施基肥苗期影响生长, 后期大量追肥易出现烧苗和倒伏现象, 故在实际生产中不宜采用; 而 A3B1C1 组合则相反, 为产量最高, 但 N 素损失较大, 也不宜采用。考虑到目前研究地区农民生活水平较高, 粮食问题已根本解决, 在产量相对稳定的情况下, 农民更关注生产收入和效益。统计结果表明 A3B2C2 组合, 水稻生产效益最好, 既稳定了产量, 增加了收入, 又减少了农田 N 素流失, 是可以推荐的综合优化组合。即采用湿润灌溉, 减少常规 30% 的化肥施用量, 基肥在泡田后无水层混施 (可考虑适当减少基肥用量比例) 分蘖期分 2 次追施碳铵, 拔节追施尿素。

综上所述, 稻田灌溉方式、N 素施肥方式和施肥量与稻田的 N 素损失密切相关。试验研究中 3 个影响因素对 N 素损失量和产量的极差序列均为: N 肥用量(C) > 灌溉方式(A) > 施肥方式(B), 这说明 N 肥用量是影响 N 素流失和产量的首要因子, 其次为农田灌溉方式, 而施肥方式对 N 素流失有一定影响, 而对产量和效益影响不大。因此在制定综合优化的水肥管理措施时, 必须加强对 N 肥适宜用量和节水灌溉方式等技术对策的进一步研究。

参 考 文 献

- 1 朱兆良. 农田中氮素的损失与对策. 土壤与环境, 2000, 9 (1): 1~6
- 2 张国梁, 章申. 农田氮素淋失研究进展. 土壤, 1998, 30 (6): 291~297
- 3 高效江等. 淹水稻田中氮素损失及其对水环境影响试验研究. 农业环境保护, 2001, 20(4): 196~198, 205
- 4 朱兆良. 稻田节氮的水肥综合管理技术的研究. 土壤, 1991, 23 (5): 241~245
- 5 马立珊等. 苏南太湖水系农业面源污染及其控制对策研究. 环境科学学报, 1997, 17 (1): 39~47
- 6 崔玉亭等. 苏南太湖流域水稻氮肥利用率及氮肥淋失量研究. 中国农业大学学报. 1998, 3 (5): 51~54
- 7 谢贤群、王立军主编, 水环境要素观测与分析. 北京: 中国标准出版社, 1998.