

255-257

太湖水旱轮作条件下施用氮肥的
环境和经济效益^①X524
S511.04顾祖良 平培良 王林兴
(锡山市安镇农技站 锡山 214105)韩 勇 朱建国 刘 钢 蔡祖聪
(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要 本文报道了在太湖地区稻麦轮作和不同氮肥施用水平条件下,田间原位测定和模型计算 NO_3^- 淋溶污染和经济效益分析结果。土壤溶液中, NO_3^- -N 含量几乎均低于饮用水标准(NO_3^- -N 11.3 mg/L), 高于富营养化水质标准(全 N 1.5 mg/L)。麦季当地氮肥施用量减少 31.8%, 未显著降低作物产量, 作物未利用氮减少 50% 左右, 且具有经济效益; 水稻季节减少氮肥施用量 40.1%, 虽然显著减少氮素淋溶和作物未利用氮, 但减产 8.5%, 经济上略有损失。

关键词 集约农业; 氮; 污染; 经济效益

稻, 麦, 轮作 湖水

由于乡镇企业的迅速发展,太湖地区农民务农时间不断减少。施肥方式以传统的有机肥为主转向以化肥为主。农业生产高度集约化,一年稻-麦或稻-油菜两熟,作物生长期短,土壤休闲时间少。作物以高产品种为主,氮素的吸收和消耗量大。在过去 15 年中,化学氮肥投入量迅速增加,单季作物的氮肥投入量有时超过 N 300 kg/ha。但是化学氮肥的利用率仅为 28—41%^[1],施入土壤的大量化肥氮进入水体和大气,对环境造成不利影响。调查表明,太湖地区地面水和浅层地下水都不同程度地受到了氮素污染,家用井水的 NO_3^- -N 超标率(NO_3^- -N 11.3mg/L)已经超过 50%。为了明确高氮肥投入条件下,氮肥的农业经济和生态环境效益,我们研究了不同氮肥施用量条件下土壤氮素淋溶和经济效益,现把初步结果简报如下。

1 试验方法

田间试验在锡山市安镇年余村进行。按熊毅^[2]的水稻土分类方法,供试土壤为爽水水稻土的黄泥土种,土壤肥力高。田间试验开始于 1995 年,共选择 5 块田作为 5 次重复,见文献^[3]。在 1995 年水稻收获前 1 周播种小麦,种子播种量为 70—75kg/ha,施肥处理同水稻试验,每一田块纵向分隔成二条,其中一条作为当地施肥量处理,氮肥施用量为 N 220kg/ha,另一条作为减肥处理,施用量为 N 150kg/ha。氮肥为尿素和复合肥,分 4 次施入。小麦在 1996 年 6 月 9 日收割。在小麦生长期用土钻共采集 4 次土样,每次采集深度为 0—30, 30—60 和 60—90cm,每一条块重复 3—4 次,混和。新鲜土样用 1 mol/L 的 KCl 溶液以水土比 1:5,振荡 2 小时提取,同时记录土壤含水量, NO_3^- -N、 NH_4^+ -N 和全氮用氮分析仪测定。用环刀法采集土样,分析土壤容重, 0—30 cm 为 1.30 g/cm³, 30—60 cm 为 1.45 g/cm³, 60—90 cm 为 1.50 g/cm³,根据土壤容重和 KCl 提取的氮量计算单位面积土壤的无机氮含量。

① 本研究由德国大众基金、国家自然科学基金(批准号 49571040)和江苏省自然科学基金(批准号 BK95125204)资助。

1996年水稻在6月20日移栽。由于基肥施入后遇大雨,补施了氮肥,当地施肥量处理氮肥施入量达N 392 kg/ha(1995年水稻为N 332.9 kg/ha),减肥处理为N 235 kg/ha(1995年为N 185.5 kg/ha)。土壤溶液采集和分析方法同1995年^[3]。

因为减肥试验和当地施用量试验处理的其它管理均相同,所以单位面积的经济收益通过稻谷和小麦收益减去化肥成本计算。粮食的出售价,交公粮部分以国家收购价计算,多余部分按市场价计算。因为供试土壤的秸秆全部还田,氮盈余以投入的化肥氮减去作物籽粒中氮量计算。水稻籽粒的含氮量为1.26%,小麦籽粒含氮量为1.95%。

2 结果与讨论

2.1 土壤中无机氮浓度变化

虽然在1995年水稻生长期投入大量的氮肥^[3],但水稻收获时测定土壤中KCl提取的无机氮均在检测限以下,而仅有少量的有机氮。当12月初再次采样分析时,土壤中已经积累了一定的NO₃-N,0—90 cm的土层中NO₃-N平均含量为N48.5 kg/ha。1996年5月9日再次测定时,0—90 cm积累的NO₃-N和NH₄⁺-N平均分别为48.5和37.5 kg/ha。在小麦生长的最后一个月

中,土壤中NH₄⁺-N进一步下降,但NO₃-N则进一步积累。当小麦收割时(1996年6月9日),当地施肥量处理的土壤剖面中无机氮总量达N 83.9 kg/ha,显著高于减肥处理的N 54.7 kg/ha(p=0.05,图1)。土壤剖面中NO₃-N的积累可能与土壤从水稻生长时的淹水状态改变成小麦生长阶段的排水状态时,土壤含水量逐渐下降,土壤空气含量增加,导致矿化释放的氮和NH₄⁺-N的硝化有关。由于小麦生长期淋溶水量和土壤溶液中氮浓度均难以直接测定,因此

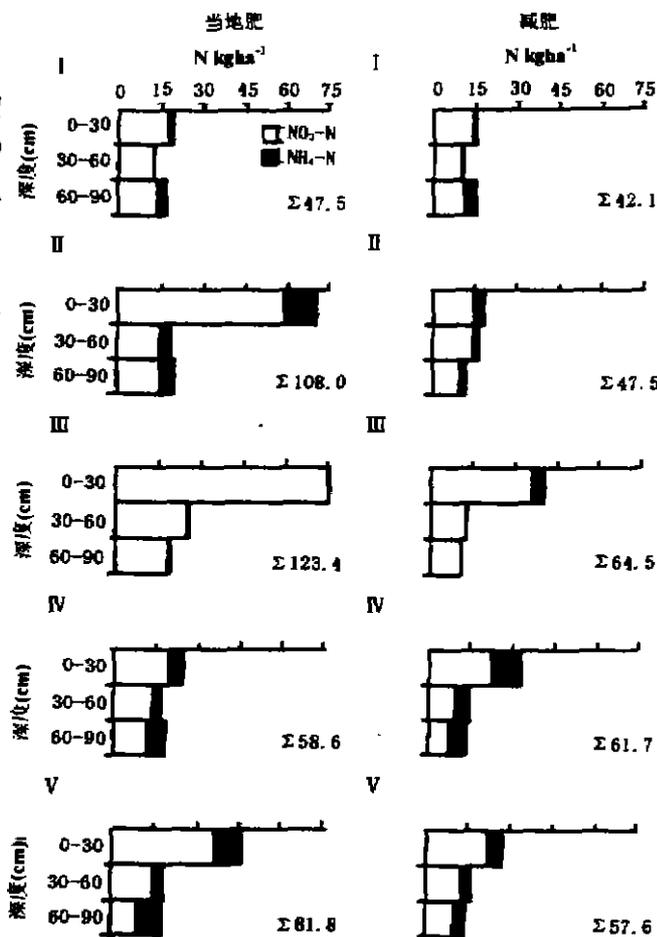


图1 1996年小麦收获时土壤剖面中无机氮的浓度 (I—V为田块号)

表1 1995/1996小麦试验氮素平衡实测和MINERVA模型模拟结果 (kg/ha)

处理		当地施肥量	减肥
收获时土壤剖面的NO ₃ -N含量	模拟	91.6±8.5	55.3±4.4
	实测	70.3±31.9	43.2±9.9
收获时土壤剖面的NH ₄ ⁺ -N含量	实测	13.5±8.1	11.4±6.6
生长期NO ₃ -N淋溶量	模拟	11.5±1.3	9.1±0.6

$\text{NO}_3\text{-N}$ 淋溶量根据 MINERVA 氮素循环模型计算^[4]。从小麦收获时 0—90cm 土层中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 模拟和实测结果可以看出, MINERVA 氮素循环模型对太湖地区小麦生长期氮素循环有相当高的拟合程度。根据模型计算, 在小麦生长期, 当地施肥量处理的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 淋溶至 90cm 以下为 11.5 kg/ha, 而在减肥处理中, 淋溶量为 9.1kg/ha(表 1), 平均减少 20.9%。

在 1996 年的水稻生长期, 田面水和多孔管采集的土壤溶液中, 大多数样品的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度变化在 0.1—4 mg/L 之间, 最大浓度达到 7.5 mg/L。在第 1 和第 2 次采集的水样中(分别在 6 月 21—26 日和 6 月 26 日至 7 月 2 日采集)当地施肥处理的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度显著高于减肥处理。水稻生长后期这种差异不再存在。土壤水样中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度总是高于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度, 大多数样品变化于 1—4 mg/L 之间, 有时可达到 6—9 mg/L。与 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度相反, 前二次采集的水样中, 当地施肥量处理与减肥处理的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度无显著差异, 但在第三次采集的水样中, 当地施肥量处理的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量显著高于减肥处理。由此可以看出, 即使在淹水条件下, 土壤中仍然进行着 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化作用。土壤溶液中水溶性有机氮的浓度大多变化在 0.2—0.8 mg/L 之间, 偶然可以达到 2—4mg/L。与 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度相比, 在水稻生长过程中, 水溶性有机氮的变化较小。

无论是在小麦生长期还是在水稻生长期, 土壤溶液中的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 很少超过 11.3 mg/L 的饮用水标准, 但是全氮含量基本上都高于富营养化水质标准(1.50 mg/L^[5])。由此可见, 从田面和土层中排出的水进入河湖水系和地下水系, 都有导致河湖水质富营养化的可能。

2.2 氮素平衡和经济分析

供试土壤肥力水平很高, 作物产量在短期内并未因减少施肥量而有显著的减产。1996 年冬小麦当地施肥处理与减肥处理比较产量有增有减, 当地施肥水平的平均产量为 3.73 t/ha, 减肥处理反而略有提高, 为 3.92 t/ha。1996 年水稻平均产量分别为 9.02 和 8.25 t/ha, 减产 8.5%。由于小麦产量并未因减少氮肥施用量而减产, 因而在本试验中减少氮肥施肥量 31.8% 在经济上有一定的收益。由于水稻产量平均减少 8.5%, 本试验中减少施肥量 40.1% 会有一定经济效益损失。但从对环境的影响看, 无论是小麦生长期还是水稻生长期, 残留于土壤和进入大气和水体系的氮素量, 当地施肥量处理是减肥处理的一倍以上。

由于存在土壤残余肥力, 减肥处理能否长期保持现有的作物产量水平还需作长期观察。从本项研究结果可以看出, 为了保证作物高产, 需要远远超过作物吸收氮素量的投入量。从经济效益考虑这种投入量甚至可以有一定的收益(如本文的水稻结果), 但这样使进入环境的氮素量大幅度上升, 对环境造成很大冲击。在保证作物高产的同时, 如何协调环境保护和经济发展还有很多值得研究的问题。

参 考 文 献

- 1 朱兆良, 文启孝主编. 中国土壤氮素, 南京: 江苏科学技术出版社, 1992, 228
- 2 熊毅. 中国太湖地区水稻土. 上海: 上海科学技术出版社, 1980, 53—63
- 3 陈力之, 平培良, 王林兴, Marco Roelcke. 水稻生长期土壤溶液中氮素的动态变化. 土壤, 1997, 29(4): 215—217
- 4 Kersebaum K C., J Richter. Fertilizer Research, 1991, 27: 273—281
- 5 何遂源, 金云云编著. 环境化学. 上海: 华东化工学院出版社, 1989, 131