

氮肥用量对巢湖流域水稻产量和经济效益的影响

李录久¹ 王家嘉¹ 徐宏军² 李东平¹ 尹学政² 吴萍萍¹

(1. 安徽省农科院土壤肥料研究所, 安徽合肥 230031; 2. 巢湖市土肥站, 安徽巢湖 238000)

摘要: 通过田间试验研究常规施氮、增加或减少氮肥施用量对安徽省巢湖流域一季中稻籽粒产量和经济效益的影响。结果表明, 施用氮肥对水稻生长发育有明显的促进作用, 产量性状改善, 籽粒产量提高 38.9%~56.1%, 平均增产 46.9%。施氮增收 276~483 元/亩, 施用氮肥的产投比高达 5.74~12.94:1。在施 N 量 12 公斤/亩的基础上增加 20% 氮肥用量, 水稻籽粒产量提高 9.3%。相反, 减少氮肥施用量 20%~40% 对水稻产量的影响也不明显, 两年试验平均增产 0.33%, 产量基本持平。当前生产水平下, 巢湖流域水稻土区, 适当减少氮肥施用量对水稻生长和籽粒产量影响不大, 同时可明显提高氮肥的农学效率和肥料利用率, 减轻面源污染。

关键词: 水稻; 氮肥用量; 产量; 经济效益; 巢湖流域

巢湖是我国著名的五大淡水湖泊之一, 位于安徽省中部、长江流域中下游, 盛产名特鱼虾等优质水产品。巢湖流域也是安徽省水稻特别是一季中稻重要产区^[1], 2008 年巢湖市水稻种植面积 398 万亩, 总产量 192.8 万吨, 种植面积占巢湖市农作物播种面积的 45.2%, 占安徽省水稻播种面积的 12.0%; 产量占巢湖市粮食作物总产量的 83.2%, 占全省水稻产量的 13.9%。加之巢湖流域周边的肥东、肥西、长丰、舒城、寿县和合肥郊区等县市区的全部或部分地区, 巢湖流域水稻常年种植面积近千万亩, 占安徽省水稻种植面积的三分之一左右, 是名副其实的鱼米之乡。

巢湖水体原本水质优良, 上世纪末还是省城合肥市及巢湖市等周边县市数百万人的饮用水源地。然而, 随着现代农业的发展, 农业生产施用的化肥数量不断增加。由于农民文化水平不高、科学施肥知识缺乏, 过量施肥、施肥结构不平衡等不合理施肥现象较为普遍, 氮磷化肥施用量较大, 施肥方法不当, 氮磷养分出现盈余, 通过稻田淋洗损失后进入水体环境, 再通过径流注入河流, 最终进入巢湖, 导致湖泊的富营养化, 巢湖水体水质不断恶化。据安徽省重点流域水质监测月报, 2010 年 11 月巢湖西半湖区水质重度污染, 西、东半湖水体均呈中度富营养化状态^[2]。调查表明, 面源污染已成为巢湖入湖全氮和全磷负

荷的主要来源^[3]。因此, 开展巢湖流域农业面源污染防治研究, 对保证安徽省粮食和农产品安全、解决巢湖的富营养化具有重要意义。氮是水稻需要量最多的营养元素, 也是巢湖富营养化的重要影响因子, 开展水稻氮肥用量研究, 合理施氮、平衡施肥, 提高氮肥利用率, 减少氮的径流损失, 对水稻高产优质和巢湖水体环境治理均具有重要作用。为此, 在国际植物营养研究所 (IPNI) 和国家十一五科技支撑计划等项目支持下, 在巢湖流域水稻主产区, 开展了水稻氮肥减量施用试验, 取得了显著的增产节肥效果。现将结果整理如下。

1 材料与方 法

1.1 土壤养分状况

试验于 2009 和 2010 年在安徽省合肥市长丰县岗集镇进行, 属巢湖流域的中上游。供试土壤为下属黄土发育而成的白土田水稻土, 前茬休闲, 肥力中等。试验前 0~20cm 耕层土壤采用常规分析法测定, 养分状况见表 1。

1.2 试验设计

试验在施磷 (P_2O_5) 5 公斤/亩和钾 (K_2O) 6 公斤/亩的等量磷、钾肥基础上进行, 以施纯氮 (N) 量 12 公斤/

表 1 供试土壤 0~20 厘米耕层基本农化性状

时间	pH (水, 2.5:1)	有机质 (克/公斤)	全氮 (N, 克/公斤)	全磷 (P, 克/公斤)	碱解氮 (毫克/公斤)	有效磷 (P, 毫克/公斤)	速效钾 (K, 毫克/公斤)
2009	5.14	15.2	1.28	0.59	87.4	9.4	64.3
2010	5.36	16.3	1.15	0.63	91.2	8.1	90.9

亩 (N₁₂, 100% N) 为基础, 设置 5 个不同氮肥用量水平, 构成 5 个处理: ① N₀ (CK, 不施氮), ② N_{7.2} (60% N), ③ N_{9.6} (80% N), ④ N_{12.0} (100% N), ⑤ N_{14.4} (120% N)。供试肥料品种: 氮肥—尿素, 磷肥—磷酸二铵或过磷酸钙, 钾肥—氯化钾。小区面积 15.0 m², 完全随机区组排列, 重复 3 次。全部磷钾肥作基肥, 氮肥按基肥—分蘖肥—穗肥—粒肥 60%—20%—15%—5% 的比例施用。基肥于水稻移栽前全层撒施, 与土壤充分混和。供试水稻品种为皖稻 116, 4 月下旬育秧, 5 月中下旬移栽, 9 月底收获, 栽插密度 13.3 厘米 × 30.0 厘米。其它栽培管理措施, 如病虫害防治以及水分管理, 同当地一般大田水稻。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥用量对水稻籽粒产量和氮肥农学效率的影响

从表 2 可看出, 巢湖流域上中游的江淮丘陵地区水稻土, 在施用磷钾肥的基础上, 增施氮肥对水稻籽粒产量具有极为显著的增加效应, 同时适当增加或减少氮肥施用量, 对水稻产量也有一定的影响。两年试验, 与处理 1 的不施氮肥的 CK 相比, 水稻施用不同数量氮肥的增产幅度分别为 38.9%~56.1% 及 44.1%~57.1%, 平均增产 44.3% 和 49.0%, 施氮的增产效应均达 1% 的极显著水平; 两

年试验平均, 施用氮肥的增产幅度达 43.3%~56.6%, 平均增产 46.9%。在施氮 12 公斤/亩的基础上进一步加大氮肥施用量, 水稻籽粒产量也有所提高, 两年试验, 增加 20% 氮肥用量较 100%N 用量分别增产 9.7% 和 9.0%, 平均增产 9.3%, 达 5% 的显著水平。相反, 不施氮肥, 水稻籽粒产量急剧下降, 与 100%N 处理相比, 不施氮的 CK 产量分别降低 29.7% 和 30.6%, 平均减产 30.2%, 达 1% 的极显著水平 (表 2)。这一结果表明氮肥对水稻正常生长发育和籽粒产量的提高有重大作用, 不施氮肥, 水稻无法获得高产, 当前氮肥仍然是巢湖流域水稻高产的物质基础, 水稻正常生长发育和高产必须施用氮肥。与此同时, 在施氮 12 公斤/亩的基础上适当减少氮肥施用量, 对水稻籽粒产量的影响也不明显。与处理 2 的 100%N 相比, 减少施 N 量 20~40% 即 80%N 和 60%N 处理, 2009 年试验分别减产 1.6% 和 2.4%, 2010 年试验相反却增产 1.9% 和 2.6%; 两年试验平均, 产量基本持平 (表 2), 表明在施 N 量 12 公斤/亩的基础上适当减少氮肥用量, 水稻仍然能够获得较高的籽粒产量。

进一步分析水稻施用氮肥的农学效率 (表 2), 结果表明, 2009 年和 2010 年试验氮肥的农学效率分别为 12.5~19.1 和 15.6~28.1 公斤籽粒/公斤 N, 随着氮肥用量的下降, 氮肥农学效率大幅度提高。

表 2 氮肥及其减量施用对水稻籽粒产量和经济效益的影响

年份	代号	施氮量 (N)		籽粒产量 (公斤/亩)	增产 (公斤/亩)	增产率 (%)	农学效率 (公斤/公斤)	经济效益 (元/亩)	施氮肥 产投比
		(公斤/亩)	(%)						
2009	N0	0	0	354.0	--	--	--	--	--
	N12.0	12.0	100	503.7	149.7	42.3**	12.5	299	5.74
	N14.4	14.4	120	552.6	198.6	56.1**	13.8	397	6.34
	N9.6	9.6	80	495.5	141.5	40.0**	14.7	283	6.78
	N7.2	7.2	60	491.9	137.9	38.9**	19.2	276	8.81
2010	N0	0	0	423.3	--	--	--	--	--
	N12.0	12.0	100	610.1	186.8	44.1**	15.6	374	7.16
	N14.4	14.4	120	664.9	241.5	57.1**	16.8	483	7.72
	N9.6	9.6	80	621.9	198.5	46.9**	20.7	397	9.51
	N7.2	7.2	60	625.8	202.5	47.8**	28.1	405	12.94
平均	N0	0	0	388.7	--	--	--	--	--
	N12.0	12.0	100	556.9	168.3	43.3**	14.0	337	6.45
	N14.4	14.4	120	608.7	220.1	56.6**	15.3	440	7.03
	N9.6	9.6	80	558.7	170.1	43.8**	17.7	340	8.15
	N7.2	7.2	60	558.9	170.2	43.8**	23.6	340	10.87

注: 1. * 表示产量差异达 5% 的显著水准, ** 表示产量差异达 1% 的极显著水准, LSD 法。

2. 水稻价格 = 2.00 元/公斤, N = 4.35 元/公斤。

2.2 施用氮肥的经济效益分析

表 2 还表明, 巢湖流域水稻土, 在施用磷钾肥的基础上, 增施氮肥提高水稻籽粒产量的同时, 可有效增加水稻产值, 提高农民种植水稻的经济收益。与不施氮肥的对照 CK 相比, 每亩施用 7.2~14.4 公斤的纯氮, 2 年试验经济收益分别增加 275.73~397 元 / 亩和 374~483 元 / 亩, 施用氮肥的产投比达 5.74~8.81:1 和 7.16~12.94:1, 平均分别增收 313.87 元 / 亩和 404.93 元 / 亩, 施氮产投比平均高达 6.92:1 和 9.33:1。2 年试验平均, 施用氮肥的经济收益提高 337~440 元 / 亩, 施用氮肥的产投比高达 6.45~10.87:1。4 种不同氮肥用量中, 2 年试验均是施氮量较高的 N14.4 处理经济收益最高, 产投比也较高, 表明在 12 公斤 / 亩氮肥用量的基础上适当加大氮肥施用量, 能有效增加水稻的产值, 提高农民经济收益。相反, 在 N12 的基础上适当减少氮肥施用量, 2009 年试验, 80% 和 60% 施氮量处理, 经济收益均略有减少, 分别下降 16.40 和 23.74 元 / 亩, 2010 年试验则增加 23.47 和 41.33 元 / 亩。

2.3 不同氮肥用量对水稻生长发育和产量性状的影响

不同氮肥用量对水稻籽粒产量的影响与水稻产量性状之间有着重要联系。从表 3 可看出, 巢湖流域水稻土区, 施用氮肥对水稻生长发育具有明显的促进作用, 同时适当减少氮肥施用量对水稻生长发育的影响也不明显。与处理 1 相比, 处理 2、3、4 和 5 的水稻分蘖数增多, 成穗率提高, 单位面积有效穗数大幅度增加; 水稻穗长、结实粒数和总粒数增多, 空瘪粒数减少, 千粒重增加, 结实率提高, 经济性状改善, 为籽粒产量的提高打下了基础。在施氮 12 公斤 / 亩的基础上适当增加氮肥施用量, 对水稻生长发育也有一定的促进作用, 与处理 2 (100%N) 相比, 处理 3 (120%N) 水稻分蘖数明显增多, 成穗率提高, 结实粒数和总粒数增多。但是, 增施氮肥也导致空瘪穗数增多, 结

实率有所下降, 千粒重明显降低 (表 3)。相反, 在处理 2 基础上, 适当减少氮肥施用量, 对水稻正常生长发育影响不大, 特别是处理 4, 除水稻株高略有下降外, 分蘖数、有效穗数和穗长等指标还略有增加, 结实籽粒数基本持平, 空瘪粒数略微减少, 千粒重和结实率明显提高。但是, 大幅度减少氮肥施用量对水稻生长发育也不利, 处理 5, 水稻生长发育迟缓, 成穗率降低, 穗子短小, 分蘖成穗率和结实籽粒数减少, 结实率下降, 从而最终影响籽粒产量的提高 (表 3)。

3 讨论和结论

氮是肥料的三要素之一, 是水稻需要量较大的营养元素, 对水稻正常生长发育和籽粒产量有重大影响, 氮肥过量或不足均影响水稻正常生长发育并最终影响籽粒产量, 只有合理施用氮肥才能促进水稻正常生长发育, 提高籽粒产量^[4,5]。本试验表明, 巢湖流域水稻土, 在施用磷钾肥的基础上, 增施氮肥能明显促进一季中稻的生长发育, 水稻株高、穗长、有效穗数增加, 穗粒数明显增多, 空瘪粒数减少, 穗粒重和千粒重提高, 产量性状改善, 为籽粒产量的提高打下了基础。2 年试验, 施用氮肥的增产率分别为 38.9%~56.1% 及 44.1%~57.1%, 平均增产 44.3% 和 49.0%, 达 1% 的极显著水平。氮肥的农学效率达 12.5~19.2 和 15.6~28.1 公斤籽粒 / 公斤 N, 平均为 15.0 和 20.3 公斤籽粒 / 公斤 N。施氮增收 276~397 和 374~483 元 / 亩, 施用氮肥的产投比达 5.74~8.81:1 和 7.16~12.94:1。在施氮 12 公斤 / 亩的基础上进一步加大氮肥施用量, 水稻产量也有所提高, 经济收益略有增加, 两年试验, 120%N 处理较 100%N 处理平均增产 9.3%, 达 5% 显著水平; 经济收益增多 104 元 / 亩。这一结果说明, 当前氮肥仍然是巢湖流域水稻正常生长发育和高产的物质基础, 无法省略和被代替, 单纯为了减少面源污染和保护

表 3 不同氮肥用量对水稻产量性状的影响

处理	施 N 量 公斤 / 亩	株高 厘米	分蘖数 穗 / 穴	有效穗 穗 / 穴	穗长 厘米	实粒数 粒 / 穗	空瘪粒 粒 / 穗	千粒重 克	结实率 %
N0	0 (0%)*	121.5	6.0	6.3	19.7	35.2	12.8	34.9	73.4
N7.2	7.2 (60%)	129.1	7.0	7.0	21.1	37.7	12.8	35.9	74.6
N9.6	9.6 (80%)	127.6	7.1	7.3	21.9	38.8	12.4	35.1	75.8
N12.0	12.0(100%)	131.6	7.0	7.2	21.5	38.8	12.9	34.9	75.0
N14.4	14.4(120%)	129.0	8.4	8.0	21.6	41.8	15.4	32.4	73.1

注: 施氮量一栏中, 括号中的百分数据表示相对施 N 量的百分数。

巢湖水体环境而不施氮肥是不可能的。

但是,大量施用氮肥也会对环境造成不利影响。据统计,目前我国氮肥用量占全球氮肥用量的30%,为世界第一氮肥消费大国。我国水稻种植面积占世界水稻面积的20%,而水稻氮肥用量占世界水稻氮肥总用量的37%,稻田单季氮肥平均用量为12公斤/亩,比世界单位面积平均用量高出65%左右;太湖稻区部分高产田的单季施氮量高达19~20公斤/亩^[6]。大量施用氮肥,氮肥利用率低、流失量大,是一直困扰我国农业生产的突出问题,直接和间接导致了一系列不良的环境反应,氮肥的表面及渗漏流失直接导致地下水污染和江河湖泊的富营养化。调查表明,

包括生活污水在内的面源污染成为巢湖入湖全氮和全磷负荷的主要来源^[3]。因此,提高氮肥利用率,减少氮肥施用量,保证粮食高产和安全,才能解决巢湖的富营养化。本试验表明,在施氮12公斤/亩的基础上适当减少氮肥施用量,对水稻籽粒产量影响不大,80%N及60%N处理,两年试验平均,水稻籽粒产量不但没有下降,相反相应还增产0.33%,产量基本持平;农学效率提高3.7~9.6公斤籽粒/公斤N,经济收益增加3.8元/亩。这一结果说明,巢湖流域一季中稻,氮肥用量减少20%左右,既能保证水稻高产,也能有效提高氮肥利用率,减少氮的流失,减轻面源污染,值得大力推广应用。

参考文献

- [1] 安徽省统计局. 安徽农村统计调查资料 [M]. 2008:3-20.
- [2] 安徽省环境保护厅. 安徽省重点流域水质月报(2010年11月).
- [3] 汪洪,李录久,王凤忠,等. 人工湿地技术在农业面源水体污染控制中的应用[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊): 441-446.
- [4] 陆景陵,陈伦寿. 植物营养学 [M]. 中国农业大学出版社, 1992.
- [5] 胡培松,翟虎渠,万建民. 中国水稻生产新特点与稻米品质改良[J]. 中国农业科技导报, 2002, 4(6):33-39.
- [6] 王光火,张奇春,黄昌勇. 提高水稻氮肥利用率、控制氮肥污染的新途径—SSNM [J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2003, 29(1): 67-70.