

巢湖地区水稻氮肥利用率和最大经济效益施氮量的研究

晏娟¹, 方舒¹, 杨绳岩¹, 梁华金²

(1. 巢湖学院化学化工与生命科学学院, 合肥 238000; 2. 合肥市农业科学研究所, 合肥 238014)

摘要: 田间条件下, 对皖稻 52 和宁粳 3 号在不同施氮水平 (0、60、120、180、240 和 300 kg·hm⁻²) 下的产量、氮素吸收、累积及利用率进行研究。结果表明, 施氮量超过 180 kg·hm⁻² 后, 水稻产量增加较少, 超过 240 kg·hm⁻², 水稻产量开始下降。当施氮量从 60 kg·hm⁻² 增加到 300 kg·hm⁻², 皖稻 52 和宁粳 3 号的氮肥表观利用率(RE_N) 分别为 75.1%~49.4% 和 62.1%~50.2%; 氮肥农学利用率(AE_N) 也随施氮量的增加而显著下降, 为 17.3~7.33 kg·kg⁻¹ 和 16.8~8.64 kg·kg⁻¹。通过拟合水稻产量、经济效益与施氮量的回归方程计算, 水稻皖稻 52 和宁粳 3 号的最大经济效益施氮量分别为 178 kg·hm⁻² 和 190 kg·hm⁻²。此时, 水稻可维持较高的产量和保持较高的氮肥利用率。

关键词: 施氮量; 水稻; 氮肥利用率; 最大经济效益施氮量

中图分类号: S147.2; S511

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2014)01-0105-05

Nitrogen use efficiency and optimal N application rate of rice in Chaohu Lake region

YAN Juan¹, FANG Shu¹, YANG Shenyan¹, LIANG Huajin²

(1. Department of Chemistry Engineer and Life Sciences, Chaohu University, Hefei 238000;

2. Institute of Agricultural Sciences of Hefei City, Hefei 238014)

Abstract: A field experiment with six N rate treatments, i.e. 0, 60, 120, 180, 240 and 300 kg/hm² was conducted to study effects of N application rate on crop yield, uptake, accumulation, and use efficiency of N by rice cultivar Wandao 52 and Ningjing 3. The result showed the rice yield response to added N was very low when the N application rate exceeded 180 kg·hm⁻², and the rice production began to decline when the N application rate was more than 240 kg·hm⁻². When N application rate increased from 60 up to 300 kg·hm⁻², the nitrogen apparent recovery efficiency (RE_N) declined from 75.1% to 49.4% for Wandao 52, and from 62.1% to 50.2% for Ningjing 3, and the corresponding nitrogen agronomy efficiency (AE_N) was 17.3-7.33 kg·kg⁻¹ and 16.8-8.64 kg·kg⁻¹ for Wandao 52 and Ningjing 3, respectively. The experiment results suggest that the optimal N application rate is 178 and 190 kg·hm⁻² for Wandao 52 and Ningjing 3, respectively, to maintain a better grain yield and a better nitrogen use efficiency.

Key words: N application rate; rice; N use efficiency; the optimal N application rate

土壤供氮不足是水稻高产的主要限制因子之一, 施用氮肥是水稻生产实践中必不可少的重要措施。但是, 化肥的大量施用和不合理施用也是造成农业面源污染的首要原因^[1-4]。据报道, 我国稻田单季氮肥用量平均为 180 kg·hm⁻², 较世界平均用量大约高 75%。在江苏等一些高产稻区, 水稻施氮量为 270~300 kg·hm⁻², 少数田块甚至达 450 kg·hm⁻²^[5]。巢湖沿湖四周均是农田, 是安徽省的主要商品粮生产基地, 流域内农田化肥、农药施用量逐年增加, 曾有报道在巢湖流域有施氮量达到 1200 kg·hm⁻²^[2]。

过高的氮肥投入使得氮肥利用率过低, 我国水稻氮肥利用率为 30%~40%, 在施氮量较高的太湖地区, 甚至不足 20%^[6-8]。较低的氮肥利用率导致氮肥损失率过高, 从而给环境带来严重的面源污染^[9-12]。在保证作物产量的同时控制氮肥的用量是从源头上减轻农业面源污染的最有效措施。

本试验通过田间试验研究不同施氮量下水稻的产量、养分吸收累积量及氮肥利用率的变化, 旨在揭示水稻对氮素的吸收累积规律, 为科学施用氮肥提供理论依据, 以减轻农田施肥对巢湖污染的影响。

收稿日期: 2013-03-12

基金项目: 安徽省高等学校省级自然科学基金项目(KJ2012Z270)和巢湖学院博士科研启动基金项目共同资助。

作者简介: 晏娟, 博士, 副教授。E-mail: juanyan1980@sina.com

1 材料与方 法

1.1 试验设计

田间试验在合肥市农业科学研究院进行。土壤基本理化性状:有机质 $21.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮 $1.12 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,碱解氮 $123 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,交换性钾 $69.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效磷 $19.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH 6.3。试验设 N0、N1、N2、N3、N4 和 N5 共 6 个氮处理,各处理施氮量为 0、60、120、180、240 和 $300 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,P 肥 $90 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (以 P_2O_5 计);K 肥 $150 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (以 K_2O 计)。氮肥、磷肥和钾肥各以尿素、 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 和 KCl 的形式施入农田。N 肥按基肥:分蘖肥:促花肥(余叶龄 4.0~3.5 时):保花肥(余叶龄 2.0~1.5 时)为 4:2:2.5:1.5 的比例施入;P 肥全作基肥;K 肥按基肥:促花肥 6:4 的比例施入。试验采用随机区组设计,重复 3 次,共 36 个小区,小区面积为 30 m^2 。

供试水稻品种为:皖稻 52 和宁粳 3 号,其中皖稻 52 是当地常规品种,宁粳 3 号为目前推广品种。水稻采用育苗移栽,前茬作物为油菜。水稻于 2011 年 5 月 15-20 日播种,6 月 15-20 日移栽,移栽密度为 10 万株每公顷,10 月 15 日-10 月 20 日收获。

1.2 测定项目与方法

水稻成熟后,取样拷种,在每小区中间取 3 m^2 水稻收割测产,并分成籽粒和营养体 2 部分(茎秆和叶片)。样品在 70°C 烘干,称重,凯氏定氮法测全氮^[13]。

1.3 数据计算与分析

以下方法计算氮肥各种吸收利用指标:

氮素累积总量(Total nitrogen accumulation, TN):成熟期单位面积地上部植株(茎叶和穗)氮素累积量的总和;

收获指数(Harvest index, HI):指作物籽粒产量与地上部生物量之比;

氮收获指数(Nitrogen harvest index, NHI):指籽粒吸氮量与地上部总吸氮量之比;

氮肥表观利用率(Nitrogen apparent recovery efficiency, RE_N):施氮肥区与不施氮肥区氮素累积量之差占施氮量的百分比;

氮肥生理利用率(Nitrogen physiological efficiency, PE_N):作物因施用氮肥而增加的产量与相应的氮素累积量的增加量的比值;

氮肥农学利用率(Nitrogen agronomy efficiency, AE_N):施氮肥区与不施氮肥区作物产量之差与施氮水平之比,即单位施氮量的产量增加量;

氮肥偏生产力(Partial factor productivity of ap-

plied N, PFP_N):单位面积作物产量与单位面积施氮量的比值。

用 Microsoft Excel 进行数据整理,SPSS 软件(17.0 版本)对所有数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 产量效应

从表 1 可看出,在不施氮肥时,2 个品种水稻的产量没有差异。水稻产量随施氮量的增加而增加,但施氮量超过 $180 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 后,皖稻 52 产量增加不显著。皖稻 52 和宁粳 3 号的产量均在施氮量为 $240 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时获得最高产量,最高产量分别较无肥区增产 34.3% 和 43.5%,继续增加氮肥产量反而下降。2 个品种水稻对氮肥的响应不一样,皖稻 52 的产量范围在 $6.65\sim 8.93 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,宁粳 3 号在 $6.55\sim 9.40 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 范围内,可见宁粳 3 号对氮肥的响应要高于皖稻 52。

2.2 水稻干物质及氮素分配

水稻收获指数(HI)反映水稻籽粒和秸秆干物质的分配比例。除了对照,2 个品种的收获指数均随施氮量的增加而降低(表 1)。5 个施氮处理下,皖稻 52 的 HI 分别是 0.49、0.48、0.47、0.47 和 0.46;宁粳 3 号则是 0.50、0.51、0.51、0.50 和 0.49。可见,地上部生物量中宁粳 3 号籽粒所占的比例要略高于皖稻 52,此差异可能源于其不同的基因型。2 个品种水稻的地上部生物量均随施氮量的增加而增加,到施氮量 $240 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $300 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时相当,可能是由于高氮使得植物营养体生长旺盛,但水稻成熟时大量稻叶枯死所致(表 1)。

氮收获指数(NHI)表示水稻籽粒利用植株氮素的效率,也反映氮素在水稻各器官中的分布状况。试验表明随着施氮量的增加,水稻的氮收获指数逐渐降低,显然,施氮量过多并不利于水稻营养器官的氮素向籽粒转移。

2.3 施氮量与作物氮肥利用率的关系

表 2 显示施氮量对氮肥表观利用率、农学利用率、偏生产力和生理利用率的影响非常显著。水稻氮肥表观利用率(RE_N)和氮肥农学利用率(AE_N)是表征水稻对氮肥响应的重要指标。数据显示水稻的氮肥表观利用率随施氮量的增加而降低,可见肥料过多并不利于其利用,只会加大对环境的损失量,加重农业面源污染。除施氮量 $60 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 外,宁粳 3 号的氮肥表观利用率要高出皖稻 52 约 0.8~3.4 个百分点。同氮肥表观利用率一样,氮肥的农学利用率也是随氮肥施用量的增加而急剧降低,各处理间差异显著。宁粳 3 号的平均氮肥农学利用率较皖稻 52

高出 1.9 个百分点。氮肥偏生产力 (PFN_N) 则反映了作物吸收肥料氮和土壤氮后所产生的边际效应, 其值也随着氮肥施用量的增加而急剧降低。氮肥生理利用率 (PE_N) 反映了作物对所吸收的肥料氮素

在作物体内的利用率, 随着施氮量的增加, 氮肥生理利用率显著下降。水稻品种宁粳 3 号的氮肥偏生产力和氮肥生理利用率均大于品种皖稻 52。

表 1 水稻干物质及氮素的分布特征
Table 1 Dry matter and nitrogen distribution

品种 Cultivar	N 水平/kg·hm ⁻² N Rate	籽粒产量 /t·hm ⁻² Grain yield	秸秆产量 /t·hm ⁻² Straw yield	籽粒 N /kg·hm ⁻² Grain N	秸秆 N /kg·hm ⁻² Straw N	收获指数 Harvest index (HI)	氮收获指数 Nitrogen harvest index (NHI)
皖稻 52 Wandao52	0	6.65 ^d	6.92 ^e	62.8 ^f	35.1 ^f	0.49 ^a	0.64 ^a
	60	7.69 ^c	8.13 ^d	86.4 ^e	56.5 ^e	0.49 ^a	0.60 ^b
	120	8.43 ^b	8.97 ^c	107.0 ^d	70.2 ^d	0.48 ^{ab}	0.60 ^b
	180	8.75 ^a	9.71 ^b	120.0 ^c	88.6 ^c	0.47 ^{bc}	0.58 ^c
	240	8.93 ^a	10.13 ^{ab}	132.0 ^b	100.0 ^b	0.47 ^c	0.57 ^c
	300	8.85 ^a	10.52 ^a	136.0 ^a	110.0 ^a	0.46 ^d	0.55 ^d
	均值 Mean	8.22	9.06	107.0	76.8	0.48	0.59
宁粳 3 号 Ningjing3	0	6.55 ^e	6.56 ^d	63.6 ^e	34.4 ^f	0.50 ^{abc}	0.65 ^a
	60	7.56 ^d	7.52 ^c	84.2 ^d	51.1 ^e	0.50 ^{abc}	0.62 ^b
	120	8.75 ^c	8.57 ^b	109.0 ^c	71.9 ^d	0.51 ^{ab}	0.60 ^c
	180	9.19 ^b	8.76 ^b	128.0 ^b	83.4 ^c	0.51 ^a	0.61 ^c
	240	9.40 ^a	9.47 ^a	141.0 ^a	98.4 ^b	0.50 ^{bc}	0.59 ^d
	300	9.14 ^b	9.55 ^a	141.0 ^a	107.0 ^a	0.49 ^c	0.57 ^e
	均值 Mean	8.43	8.40	111.0	74.4	0.50	0.61
变异来源 Analysis of variance							
品种 Cultivar		32.9 ^{**}	66.8 ^{**}	52.6 ^{**}	9.06 ^{**}	137 ^{**}	50.9 ^{**}
N 水平 N Rate		483 ^{**}	161 ^{**}	2027 ^{**}	851 ^{**}	12.2 ^{**}	126 ^{**}
品种×N 水平 Cultivar×N Rate		8.43 ^{**}	1.76 ^{NS}	10.2 ^{**}	2.06 ^{NS}	4.72 ^{**}	3.86 [*]

注: 在同一列内带相同字母的平均值之间无显著差异, $P=0.05$, 新复极差测验; * 表示方差分析达到 5% 显著水平, ** 表示方差分析达到 1% 水平, NS 表示方差分析未达到 5% 显著水平。下同。

Note: The same letters in the same column mean non-significant difference at the 5% level by LSD (least significant difference) test; * and ** mean significant levels at $P=0.05$ and 0.01 in variance analysis, respectively, NS=non-significant at $P=0.05$. The same below.

2.4 水稻的经济适宜施氮量

根据上述试验结果拟合出 2 个品种水稻产量(y)和施氮量(x)之间的函数式分别是: 皖稻 52: $y = -0.0386x^2 + 18.735x + 6680.9$, $R^2 = 0.9978$ 和宁粳 3 号: $y = -0.0507x^2 + 24.212x + 6472.6$, $R^2 = 0.9918$ 。由上述函数式可计算出皖稻 52 和宁粳 3 号的最大产量施氮量分别是 243 和 239 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。按照现在的市场价格, 稻谷 2.1 $\text{元}\cdot\text{kg}^{-1}$, 纯氮 10.5 $\text{元}\cdot\text{kg}^{-1}$, 作物生产中其他投入为固定值 M , 计算得出水稻皖稻 52 和宁粳 3 号的经济效益(Y)和施氮量(x)之间的函数式分别是: $Y = -0.08106x^2 + 28.8435x + 14029.89 - M$ 和 $Y = -0.10647x^2 + 40.3452x + 13592.46 - M$, 当经济效益最大时, 得出皖稻 52 和宁粳 3 号的施氮量分别是 178 和 190 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 代入产量(y)和施氮量(x)之间的函数式得到此时的产量分别为 8.79 和 9.24 $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 代入经济效益(Y)和施氮量(x)之间的函数式得到净收入(未排除作物生产中其他投入的固定值 M)为 1.66 和 1.74 万元· hm^{-2} 。皖稻 52 和宁粳 3 号最大经

济效益施氮量时的净收入相对于最大产量施氮量时的净收入略高, 而且节省氮素分别为 65 和 49 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 即节省氮肥成本为 682.5 和 514.5 $\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$, 同时氮素表观损失量减少 40.6 和 27.3 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。根据实地调查, 将当地水稻种植的最大施氮量设为 300 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 可见皖稻 52 和宁粳 3 号最大经济效益施氮量相对于最大施氮量, 节省氮素分别为 122 和 110 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 即节省氮肥成本 1281 和 1155 $\text{元}\cdot\text{hm}^{-2}$, 同时氮素表观损失量减少 82.6 和 64.6 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

2.5 施氮量对水稻产量构成因子的影响

水稻产量是由穗数、每穗粒数和千粒重三要素构成。本试验结果(表 4)表明, 随着施氮量的增加, 水稻有效穗增多, 宁粳 3 号的平均有效穗高出皖稻 52 $12 \times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。水稻总粒数与实粒数随施氮量的增加也呈上升的趋势, 直到施氮量 240 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以后, 差异不明显。

皖稻 52 稻穗较大, 总粒数最高可达 158, 相比之下, 宁粳 3 号的稻穗较小, 平均总粒数要低于皖

稻 52 20 粒。但是宁粳 3 号的平均结实率显著高于 增加而下降, 相同施氮量下, 宁粳 3 号显著高于皖
皖稻 52, 达 6.3 个百分点。水稻千粒重随施氮量的 稻 52。

表 2 不同氮水平下水稻的利用率

Table 2 Total N uptake (TN), nitrogen recovery efficiency of N (RE_N), agronomic N use efficiency (AE_N), partial factor productivity of applied N ($PPFN$) and physiological N use efficiency (PEN) of N treatments in the two rice cultivars

品种 Cultivar	N 水平 /kg·hm ⁻² N Rate	总 N 累积量 /kg·hm ⁻² N accumulation	氮肥表观 利用率/% RE_N	氮肥农学利 用率/kg·kg ⁻¹ AE_N	氮肥偏生 产力/kg·kg ⁻¹ $PPFN$	氮肥生理利 用率/kg·kg ⁻¹ PE_N
皖稻 52 Wandao52	0	97.8 ^f				
	60	143.0 ^e	75.1 ^a	17.30 ^a	128.0 ^a	23.0 ^a
	120	177.0 ^d	65.7 ^b	14.80 ^b	70.2 ^b	22.5 ^a
	180	209.0 ^c	61.6 ^b	11.60 ^c	48.6 ^c	18.9 ^b
	240	232.0 ^b	56.1 ^c	9.47 ^d	37.2 ^d	16.9 ^c
	300	246.0 ^a	49.4 ^d	7.33 ^e	29.5 ^e	14.9 ^d
	均值 Mean		184.0	61.6	12.10	62.7
宁粳 3 号 Ningjing3	0	98.0 ^f				
	60	135.0 ^e	62.1 ^b	16.80 ^b	126.0 ^a	27.0 ^a
	120	181.0 ^d	69.1 ^a	18.30 ^a	72.9 ^b	26.5 ^a
	180	211.0 ^c	63.0 ^b	14.60 ^c	51.0 ^c	23.2 ^b
	240	240.0 ^b	59.0 ^b	11.90 ^d	39.2 ^d	20.1 ^c
	300	249.0 ^a	50.2 ^c	8.64 ^e	30.5 ^e	17.2 ^d
	均值 Mean		186.0	60.7	14.00	63.9
变异来源 Analysis of variance						
品种 Cultivar		2.08 ^{NS}	0.90 ^{NS}	36.7 ^{**}	13.4 ^{**}	122 ^{**}
N 水平 N Rate		1850 ^{**}	56.1 ^{**}	116 ^{**}	11862 ^{**}	112 ^{**}
品种×N 水平 Cultivar×N Rate		3.48 [*]	11.0 ^{**}	5.05 ^{**}	7.84 ^{**}	1.17 ^{NS}

表 3 各施氮量下水稻的产量、净收入、节 N 量及 N 损失量比较

Table 3 Differences in grain yield, income and environment impact among three nitrogen application rates

品种 Cultivar	施氮类别 Nitrogen application rate	N 水平 /kg·hm ⁻² N Rate	产量 /t·hm ⁻² Yield	净收入 /万元·hm ⁻² Net income	节 N 量 /kg·hm ⁻² N save	N 损失 /kg·hm ⁻² N loss
皖稻 52 Wandao52	最大产量施氮量 The N rate under the maximum yield	243	8.95	1.63	57	108.0
	最大经济效益施氮量 The optimal N application rate	178	8.79	1.66	122	67.4
	最大施氮量 The maximum rate	300	8.83	1.54		150.0
宁粳 3 号 Ningjing3	最大产量施氮量 The N rate under the maximum yield	239	9.36	1.72	61	104.0
	最大经济效益施氮量 The optimal N application rate	190	9.24	1.74	110	76.7
	最大施氮量 The maximum rate	300	9.17	1.61		141.3

注: 氮素表观损失量由各品种水稻的平均表观损失率计算出, 平均表观损失率由氮素表观利用率计算所得。

Note: Nitrogen apparent loss was calculated by average nitrogen apparent loss efficiency, which calculated by nitrogen apparent recovery efficiency.

3 讨论

试验结果显示, 在 0~240 kg·hm⁻² 范围内, 施氮量与产量呈单峰曲线, 以 240 kg·hm⁻² 处理的产量最高(皖稻 52: 8.93 t·hm⁻²; 宁粳 3 号: 9.40 t·hm⁻²), 以 60~180 kg·hm⁻² 区间增产效应最明显, 继续增加氮肥产量反而下降。本试验中宁粳 3 号的施氮量与产量曲线与李刚华^[14]的研究结果极为相似。氮肥处理导致水稻产量差异的主要原因是在一定范围内, 施氮量增加可显著促进有效穗数增加, 并且对每穗粒数有明显影响^[14]。因此, 育种上应培育成穗数高

的品种以获得高产, 管理上应该采取一系列措施确保水稻有较高的成穗数。千粒重是水稻产量构成因素中比较稳定的一个参数, 它随施氮量的增加而降低, 但并不显著, 主要是因为千粒重是受水稻自身的特性决定, 不同品种水稻千粒重差异却很明显。

由于施氮量的增加, 使得水稻氮收获指数降低。施氮量从 0 kg·hm⁻² 增加到 300 kg·hm⁻², 皖稻 52 氮收获指数相应地从 0.64 下降到 0.55, 宁粳 3 号也从 0.65 下降到 0.57, 即高氮使得水稻 NHI 降低。显然, 高 NHI 有利于提高水稻产量和减轻环境污染。因此, 育种专家在选育品种时可选择高 NHI

品种,它对肥料的响应较强,而且可以更有效地利用作物体内积累的氮素促进高产形成,并在籽粒中积累更多氮^[15]。

施氮量对水稻的氮肥利用率影响极大。试验表明随着施氮量的增加,水稻各项利用率均显著下

降,相对之,水稻的氮肥损失率上升。本试验中氮肥的表现利用率较一般文献^[6-8]报道的 20%~40% 偏高,主要是因为采用了差减算法,忽视了施肥对植株吸收土壤和灌溉水中氮的激发效应^[16],造成氮肥利用率偏高。

表 4 氮肥用量对水稻产量构成的影响

Table 4 Effects of different fertilizer-N application rates on yield composition

品种 Cultivar	N 水平/kg·hm ⁻² N Rate	有效穗/×10 ⁴ ·hm ⁻² Productive Panicle number	总粒数 Grain number per panicle	实粒数 Filled grain number per panicle	结实率/% Seed setting rate	千粒重/g Thousand kernel weigh
皖稻 52 Wan dao52	0	232	126	111.0	88.1	26.3
	60	255	141	120.0	85.1	26.1
	120	272	144	123.0	85.4	26.0
	180	278	149	125.0	83.9	26.0
	240	279	155	128.0	82.6	25.8
	300	274	158	130.0	82.3	25.6
	均值 Mean		265	146	122.8	84.6
宁粳 3 号 Ningjing3	0	244	104	100.0	96.2	28.0
	60	264	116	107.0	92.2	27.5
	120	287	125	114.0	91.2	27.4
	180	288	134	120.0	89.6	27.1
	240	291	140	124.0	88.6	26.8
	300	285	139	122.0	87.8	26.8
	均值 Mean		277	126	115.0	90.9

本试验中皖稻 52 是当地常规品种,宁粳 3 号为引自南京的目前推广品种,为超级粳稻品种,在李刚华^[14]的研究中产量曾达到 12.2 t·hm⁻²。显然,宁粳 3 号较皖稻 52 更为氮高效,其对肥料的响应明显强于皖稻 52,具有很大的增产潜力。由于宁粳 3 号的高 HI 和 NHI,使得其各种氮肥利用率显著高于皖稻 52,也促使其高产的形成。

通过拟合水稻产量、经济效益与施氮量的回归方程计算,水稻的最大经济效益施氮量并不高,皖稻 52 和宁粳 3 号分别为 178 kg·hm⁻² 和 190 kg·hm⁻²,此施氮量既保证了产量,又节约了肥料成本,更重要的是大大减少了肥料氮流失到环境中的量,真正从源头上减轻农业施肥带来的面源污染,是控制农业面源污染最为有效的措施。

参考文献:

- [1] 黄明蔚,刘敏,陆敏,等. 稻麦轮作农田系统中氮素渗漏流失的研究[J]. 环境科学学报, 2007, 27(4): 629-636.
- [2] 张文林. 巢湖流域水环境问题与可持续发展战略[J]. 水利科技与经济, 2005, 11(9): 516-518.
- [3] 田玉华,尹斌,贺发云,等. 太湖地区稻季的氮素径流损失研究[J]. 土壤学报, 2007, 44(6): 1070-1075.
- [4] 王桂苓,马友华,孙兴旺,等. 巢湖流域麦稻轮作农田径流氮磷流失研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(2): 6-11.
- [5] 苏祖芳,周培南,许乃霞,等. 密肥条件对水稻氮素吸收和产量形成的影响[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(2): 281-286.
- [6] 晏娟,尹斌,张绍林,等. 不同施氮量对水稻氮素吸收与分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 835-839.
- [7] 李荣刚. 高产农田氮素肥效与调控途径[D]. 北京: 中国农业大学, 2000.
- [8] Wang G H, Dobermann A, Witt C, et al. Performance of site-specific nutrient management for irrigated rice in southeast China[J]. Agron J, 2001, 93(4): 869-878.
- [9] 薛利红,俞映惊,杨林章. 太湖流域稻田不同氮肥管理模式下的氮素平衡特征及环境效应评价[J]. 环境科学, 2011, 32(4): 1133-1138.
- [10] 薛峰,颜廷梅,乔俊,等. 太湖地区稻田减量施肥的环境效益和经济效益分析[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(4): 26-31; 51.
- [11] 俞映惊,薛利红,杨林章. 不同氮肥管理模式对太湖流域稻田土壤氮素渗漏的影响[J]. 土壤学报, 2011, 48(5): 988-995.
- [12] Spalding R F, Walts D G, Schepers J S, et al. Controlling nitrate leaching in irrigated agriculture[J]. Journal of Environmental Quality, 2001, 30(4): 1184-1194.
- [13] 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.
- [14] 李刚华,张国发,陈功磊,等. 超高产常规粳稻宁粳 1 号和宁粳 3 号群体特征及对氮的响应[J]. 作物学报, 2009, 35(6): 1106-1114.
- [15] Ladha J K, Kirk G J D, Bennett J, et al. Opportunities for increased nitrogen use-efficiency from improved lowland rice germplasm[J]. Field Crops Res, 1998, 56: 41-71.
- [16] 卢学兰,蔡大同,史瑞和. 水稻植株对土壤氮和肥料氮的吸收同化和分配[J]. 南京农业大学学报, 1991, 14(4): 56-64.