

有机-无机肥配施对水稻产量、品质及氮素吸收的影响

周江明

(江山市农业技术推广中心, 浙江江山 324100)

摘要: 通过田间试验, 研究氮施用量相同的条件下, 有机肥和化肥不同比例 (有机肥氮分别占 100%、70%、40%、20% 和 0%) 对早稻、晚稻及单季稻施用对水稻产量、品质和氮素吸收的影响。结果表明, 有机肥氮为 40%、20%、40% 时, 早稻、晚稻和单季稻产量最高, 分别比单施化肥区增 8.5%、2.8% 和 4.6%。有机肥氮在 20%~40% 之间, 稻米品质较佳, 比例过高则稻米易碎、垩白上升和蛋白质含量下降。有机肥氮为 20% 水稻氮素累积量最高, 有利于氮素的吸收、利用。

关键词: 有机肥; 化肥; 水稻; 产量; 品质; 氮素吸收

中图分类号: S147.34; S511.062

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2012)01-0234-07

Effect of combined application of organic and mineral fertilizers on yield, quality and nitrogen uptake of rice

ZHOU Jiang-ming

(Jiangshan Agricultural Technique Extension Centre, Jiangshan, Zhejiang 324100, China)

Abstract: Controlled release nitrogen fertilizers (CRNF) are physically prepared from the granules of the field experiments were conducted to investigate the effects of different ratio of organic and mineral fertilizers (organic N accounted for 100%, 70%, 40%, 20% and 0%, respectively) on yield, quality and nitrogen uptake of early rice, late rice and single-crop rice, under the same application rates of nitrogen. The results show that when organic nitrogen accounts for 40%, 20% and 40% of the total amount, yields of early rice, late rice and single-crop rice are highest, which are increased by 8.5%, 2.8% and 4.6% respectively compared with the yields of chemical fertilizer areas. When organic N accounts for 20% to 40%, rice quality is better, while higher proportion of organic N can result in rice fragile, increase chalk rate and reduce protein content. When organic N accounts for 20%, N uptake by early rice, late rice and single-crop rice was highest.

Key words: organic fertilizer; chemical fertilizer; rice; yield; quality; nitrogen uptake

水稻是我国种植面积最大的粮食作物, 其产量高低直接影响到我国粮食安全和社会稳定^[1]。长期以来, 为提高水稻产量, 农户一直把施肥作为水稻生产最重要的物化技术措施。我国传统农业十分重视有机肥的使用, 它具有促进作物增产、改善品质、提升土壤质量等作用^[2-4], 但存在肥效慢、养分含量低、施用量大费劳力及增产效果差等缺点。而化学

肥料虽有增产快、养分高、用量少等优点, 但当前因农户过度施用已造成粮食生产成本低、土壤质量退化、农业面源污染严重等问题^[5-7]。

针对这些问题, 国内外大量学者研究了有机肥与化肥配施技术^[8-11], 并在水稻优质高产、地力改善及养分利用率提高等方面取得了一定的成效, 但关于有机肥化肥配施对各茬稻优质高产和养分利用系

收稿日期: 2011-06-02

接受日期: 2011-10-26

基金项目: 浙江省公益技术应用研究项目(2011C22094)。

作者简介: 周江明(1968—), 男, 浙江省江山人, 高级农艺师, 硕士, 主要从事土壤肥力、植物营养及肥料应用等研究。

Tel: 0570-4023372, E-mail: man_0034@163.com

统研究则报道较少。因此,本文分别以早稻、晚稻及单季稻为材料开展商品有机肥和化肥混施试验,研究它们在有机肥和化肥不同配比对水稻产量、品质和氮素利用的影响,旨在提出多方兼顾的有机肥化肥优化混施模式,为新形势下指导水稻生产科学施肥及农业可持续健康发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

1.1.1 试验地点与材料 本研究于2010年江山市

峡口镇王村村王元有户(试验点1,早稻与晚稻连续进行试验)和周小强(试验点2,单季稻)户进行,供试土壤理化性状见表1。供试材料早稻为中嘉早17,晚稻为黄华占,单季稻为甬优9号,化学肥料分别为尿素、氯化钾和过磷酸钙,有机肥料为天蓬有限公司生产的商品有机肥(有机质、全氮、全磷、全钾含量分别为45.8%、2.50%、1.01%和1.47%)。

1.1.2 试验设计 施肥水平参照当地高产稻田肥料用量,早稻、晚稻、单季稻总氮(N)施用量分别为187.5 kg/hm²、187.5 kg/hm²和202.5 kg/hm²。在

表1 试验田土壤理化性状
Table1 Physical and chemical properties of soils in experimental sites

试验点 Experimental site	全氮 Total N (g/kg)	有效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)	有机质 Organic matter (g/kg)	pH	容重 Bulk density (g/cm ³)
1	2.46	115.6	85.0	42.12	5.44	1.11
2	1.78	31.3	115.1	29.91	5.11	1.10

总氮量不变情况下,有机肥氮所占比例设100%、70%、40%、20%、0% 5个水平,分别以OF-100%、OF-70%、OF-40%、OF-20%、OF-0%表示,磷(P₂O₅)钾(K₂O)总量以单施有机肥养分为准,有机养分不足部分以化肥代替。另外,增设1个空白对照区,即不施肥处理(CK),共6个处理(见表2)。施肥方式:有机肥全部作基肥一次性施入;氮肥以70%作基肥,20%作分蘖肥(移植后7~10 d施入),10%作穗肥;磷肥全部作基肥;钾肥70%作基

肥,30%作保花肥。小区面积为20 m²,重复3次,随机排列,每区以约15~20 cm宽的小田埂隔开,能独立进水和排水。
早稻3月26日播种,4月24日移植,移植密度36.0万穴/hm²,7月25日收割;双晚稻6月22日播种,7月30日移植,移植密度27.2万穴/hm²,10月31日收割;单季稻5月25日播种,6月7日小苗移植,移植密度18.5万穴/hm²,10月21日收割。病虫害及水分管理按当地习惯进行。

表2 试验施肥设计方案
Table 2 Design plan of the fertilizer applications

处理 Treatment	早稻施肥量 Fertilizer application of early rice (kg/hm ²)				晚稻施肥量 Fertilizer application of late rice (kg/hm ²)				单季稻施肥量(kg/hm ²) Fertilizer application of single cropping rice			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	OF	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	OF	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	OF
CK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OF-100%	0.0	0.0	0.0	7500	0.0	0.0	0.0	7500	0.0	0.0	0.0	8100
OF-70%	56.2	22.8	32.8	5250	56.2	22.8	32.8	5250	60.0	24.2	36.2	5700
OF-40%	112.5	45.5	65.9	3000	112.5	45.5	65.9	3000	120.0	48.5	71.5	3300
OF-20%	150.0	60.6	88.0	1500	150.0	60.6	88.0	1500	165.0	66.6	98.0	1500
OF-0%	187.5	75.8	110.0	0	187.5	75.8	110.0	0	202.5	81.8	120.0	0

注(Note): OF—Organic fertilizer

1.2 样品采集与测定

水稻成熟期调查有效穗、总粒数、结实率、千粒重等各产量构成因子,并对小区实割测产;在水稻苗期、分蘖期、孕穗期、齐穗期、成熟期取有代表性的 2 丛植株(苗期 50 株),烘干称干重,再粉碎后用 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2$ 消煮,分析氮、磷、钾养分含量(其中稻草与子粒分开处理)。水稻子粒收割晒干后每处理采集子粒 1 kg 样品,送农业部稻米及制品质量监督检验测试中心分析稻米品质。

氮素吸收、利用相关计算方法^[12]如下:

氮素子粒生产率(N grain production efficiency, NGPE) = 单位面积子粒产量/单位面积植株氮积累量;

氮素收获指数(N harvest index, NHI) = 成熟期单位面积植株穗部氮积累总量/植株氮积累量。

试验数据采用 DPS 软件进行统计分析,用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 有机肥化肥配施对水稻产量的影响

从表 3 看出,与空白区相比,施肥增产效果是极显著的,这里不需赘述。在总氮量不变情况下,有机无机配施对水稻产量有显著的影响,有机肥氮占总氮 40% 时,早稻和单季稻产最高,分别为 7191.7 和 9425.0 kg/hm²,晚稻以有机肥氮 20% 时产量最高,达 7125.0 kg/hm²。最高产量区与化肥区相比,差异达到显著水平。水稻产量在本试验中呈单峰曲线之势,表明有机肥和无机肥合理搭配有利于高产,通过软件模拟分析,早稻、晚稻及单季稻的产量(Y)和有机肥氮所占比例(x)的方程分别为:

表 3 有机肥化肥配施对水稻产量及其构成因子的影响

Table 3 Effects of combined application of organic and chemical fertilizers on rice yield and its components

品种 Cultivar	处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ²)	有效穗 Panicle (×10 ⁴ /hm ²)	总粒数 Total grain (No./panicle)	结实率 Filled seed rate (%)	粒重 Grain weight (mg)
中嘉早 17 Zhongjiaza 17	CK	5615.0 c	280.8 b	106.2 b	64.5 a	23.9 a
	OF-100%	6625.0 b	298.8 b	144.7 a	68.7 a	23.9 a
	OF-70%	7025.0 ab	331.2 a	137.3 a	67.8 a	24.0 a
	OF-40%	7191.7 a	358.8 a	137.5 a	65.7 a	24.1 a
	OF-20%	6841.7 ab	359.6 a	136.6 a	62.3 a	24.4 a
	OF-0%	6633.3 b	361.2 a	136.3 a	62.7 a	23.8 a
黄华占 Huanghuazhan	CK	4681.7 c	232.5 d	98.6 d	83.7 ab	21.0 a
	OF-100%	5858.3 b	241.2 cd	174.1 a	83.1 ab	21.0 a
	OF-70%	6675.0 a	263.9 c	149.3 b	87.2 a	22.4 a
	OF-40%	6950.0 a	301.9 b	134.4 bc	82.0 ab	22.1 a
	OF-20%	7125.0 a	318.0 ab	127.1 c	81.3 b	22.1 a
甬优 9 号 Yongyou 9	OF-0%	6931.7 a	342.7 a	121.9 c	81.0 b	21.5 a
	CK	6903.3 c	209.1 d	147.9 b	71.5 bc	24.9 b
	OF-100%	8433.3 b	226.9 c	196.4 a	85.7 a	25.8 ab
	OF-70%	8758.3 ab	235.6 c	205.4 a	85.3 a	26.2 a
	OF-40%	9425.0 a	252.5 b	202.4 a	83.0 a	26.3 a
	OF-20%	9275.0 a	289.2 a	201.5 a	79.8 ab	25.2 ab
	OF-0%	9008.3 ab	288.0 a	197.0 a	70.3 c	24.9 b

注 (Note): 同列数值后不同字母表示同一品种不同处理间在 $P < 0.05$ 水平差异显著 Values followed by different letters in each column indicate significant difference between treatments for the same cultivar at $P < 0.05$.

$$Y_{早} = 6601.144 + 20.903x - 0.2069x^2$$
$$(R^2 = 0.9264);$$
$$Y_{双} = 6945.465 + 10.3779x - 0.2115x^2$$
$$(R^2 = 0.9898);$$
$$Y_{单} = 9071.711 + 12.3782x - 0.1956x^2$$
$$(R^2 = 0.8582);$$

通过计算得知,当有机肥氮所占比例为 50.5%、24.5%、34.6% 时,早稻、晚稻、单季稻产量可达最高。从水稻产量构成因子看,有机肥用量的增加,有效穗显著下降,穗粒数和结实率上升,粒重表现出与产量类似的先升后降的趋势。这说明适宜的有机肥与无机肥比例能协调水稻产量各构成因子,通过促进多粒大粒的形成达到增产的效果。

2.2 有机肥化肥配施对稻米品质的影响

2.2.1 对碾磨加工品质的影响 与对照区相比,施肥显著提高了稻米加工质量,糙米率、精米率、整精米率平均提高 2.3、2.2、3.7 个百分点(表 4)。在施肥区,增加有机肥比例使糙米率和整精米率呈下降。精米率在早稻、晚稻、单季稻中分别为 40%、20%、40% 有机肥区最高,分别为 74.6%、72.3% 和 73.0%。表明合理施肥有利于碾米品质的提高,有机肥化肥配施可提高精米率,但对糙米率和整精米率有不利影响,这可能是前期有效养分不足,水稻植株储存养分量少,而在后期大量有机养分矿化释放,水稻颖花数增加,造成子粒灌浆质量下降所致。

表 4 有机肥化肥配施对稻谷主要品质性状的影响
Table 4 Effects of combined application of organic and chemical fertilizers on grain quality of rice

品种	处理	糙米率	精米率	整精米率	长/宽	透明度	垩白粒率	垩白度	直链淀粉	胶稠度	蛋白质
Cultivar	Treatment	Brown rice (%)	Milled rice (%)	Head milled rice (%)	Length /Width	Transparency (Level)	Chalky grain rate (%)	Chalkiness (%)	Amylose content (%)	Gel consistency (mm)	Protein content (%)
中嘉早 17 Zhongjiazao 17	CK	79.8 b	71.6 b	42.6 c	2.1 a	4 a	93.1 a	22.8 c	25.7 a	41.8 c	8.3 c
	OF-100%	81.8 a	74.0 a	44.5 b	2.1 a	4 a	96.3 a	25.2 b	25.7 a	43.3 bc	8.8 c
	OF-70%	82.1 a	74.2 a	45.4 ab	2.1 a	4 a	95.9 a	27.1 a	25.8 a	45.3 a	9.1 bc
	OF-40%	82.5 a	74.6 a	45.4 ab	2.1 a	4 a	95.5 a	27.6 a	25.6 a	45.3 a	9.9 ab
	OF-20%	82.5 a	74.3 a	45.2 ab	2.1 a	4 a	95.2 a	27.5 a	25.3 a	44.7 ab	10.0 ab
黄华占 Huanghuazhan	CK	78.3 b	70.1 c	56.8 c	3.1 a	1 a	9.6 c	1.4 b	19.5 ab	81.3 b	8.0 b
	OF-100%	79.3 ab	71.1 abc	59.8 b	3.2 a	1 a	13.5 a	2.4 a	19.8 a	85.0 a	8.2 b
	OF-70%	79.4 ab	70.8 bc	59.9 b	3.2 a	1 a	12.8 ab	1.9 ab	19.8 a	85.7 a	8.1 b
	OF-40%	80.3 a	71.5 ab	60.1 ab	3.3 a	1 a	12.6 ab	1.9 ab	19.4 ab	86.0 a	8.7 ab
	OF-20%	80.5 a	72.3 a	62.0 a	3.2 a	1 a	11.0 bc	1.8 b	19.2 b	85.7 a	9.1 a
甬优 9 号 Yongyou 9	CK	79.2 c	70.4 b	58.1 c	2.5 a	2 a	31.3 c	3.8 d	17.4 ab	76.9 b	6.3 d
	OF-100%	80.8 b	72.2 a	61.0 b	2.5 a	2 a	46.8 a	9.6 a	17.7 a	79.3 b	6.8 cd
	OF-70%	81.8 ab	73.0 a	62.3 ab	2.5 a	2 a	40.4 ab	8.1 ab	17.2 abc	86.7 a	7.2 c
	OF-40%	82.1 a	73.0 a	63.2 ab	2.5 a	2 a	39.3 abc	7.1 bc	16.9 bc	87.0 a	7.8 b
	OF-20%	82.2 a	72.8 a	64.2 a	2.5 a	2 a	32.2 bc	5.4 cd	16.8 bc	86.3 a	8.6 a
	OF-0%	81.9 a	72.8 a	62.3 ab	2.5 a	2 a	31.6 bc	4.8 cd	16.7 c	86.9 a	9.1 a

注 (Note): 同列数值后不同字母表示同一品种不同处理间在 $P < 0.05$ 水平差异显著 Values followed by different letters in each column indicate significant difference between treatments for the same cultivar at $P < 0.05$.

2.2.2 对外观品质的影响 由表4知,有机肥对稻米长宽比、透明度级别基本无影响,但显著影响稻米垩白值,随着有机肥用量的增加,垩白粒数量呈上升趋势,早稻、晚稻及单季稻单施有机肥区(OF-100%)比单施化肥(OF-0%)区高2.3、3.4、18.5个百分点,其中晚稻和单季稻达显著差异。垩白度各稻茬上变化不一,早稻随化肥比例增加而上升,晚稻和单季稻均随化肥比例增加而显著下降。

2.2.3 对蒸煮食味品质的影响 施肥对稻米直链淀粉影响不大,却显著提高胶稠度(表4)。早稻、晚稻、单季稻施肥区胶稠度分别比对照区(CK)平均提高6.7%、5.2%和10.9%。稻米中直链淀粉含量均随着有机肥比例的减少而显著下降,二者呈显著正相关关系,相关系数R分别达0.9092、0.8709、0.9505,表明有机肥可促进直链淀粉的形成,对稻米的蒸煮品质不利。当有机肥比例为40%时,稻米胶

稠度最高,早稻、晚稻、单季稻分别为45.3、86.0、87.0 mm,显著高于最低值的有机肥区。这表明有机肥化肥合理配施可使米饭变柔软,提高食味品质。

2.2.4 对营养品质的影响 表4表明,不施肥或增加有机肥比例不利于稻米营养成分的积累,随有机肥比例的上升稻米蛋白质含量呈显著性下降。全化肥区(OF-0%)与全有机肥区(OF-100%)相比,早稻、晚稻、单季稻蛋白质含量分别提高了15.9%、13.4%、33.8%。上述原因可能是高化肥比例区水稻生长前期植株内吸收储存到足够的氮素,在灌浆期确保了充足的养分从“源”转移到“库”,而有机肥比例高或不施肥前期有效氮供应不足,影响了水稻早期养分的积累,进而影响到子粒中的营养含量。

2.3 有机肥化肥配施对水稻氮素积累量的影响

水稻茎叶吸收氮素量基本上随着有机肥比例上升而显著下降(表5),这可能是早期土壤有效氮素

表5 有机肥化肥配施对水稻氮素吸收的影响

Table 5 Effects of combined application of organic and chemical fertilizers on nitrogen uptake of rice

品种 Cultivar	处理 Treatment	茎叶吸氮量 NUS (kg/hm ²)	子粒吸氮量 NUG (kg/hm ²)	总吸氮量 TNU (kg/hm ²)	氮素子粒生产率 NGPE (kg/kg)	氮素收获指数 NHI
中嘉早17 Zhongjiazao 17	CK	26.3 d	68.2 c	94.5 d	83.2 a	0.72 a
	OF-100%	42.3 c	89.7 b	132.2 c	73.9 b	0.68 b
	OF-70%	55.8 b	96.1 ab	152.1 b	73.1 b	0.63 c
	OF-40%	58.3 b	100.0 a	157.9 ab	71.9 bc	0.63 c
	OF-20%	66.3 a	98.8 ab	164.8 a	69.2 bc	0.60 c
黄华占 Huanghuazhan	OF-0%	64.9 a	98.4 ab	164.3 a	67.4 c	0.60 c
	CK	18.5 c	45.5 d	64.0 d	103.0 a	0.71 a
	OF-100%	25.8 b	66.5 c	92.4 c	88.1 b	0.72 a
	OF-70%	31.9 b	76.5 b	108.4 b	87.3 b	0.71 ab
	OF-40%	39.1 a	88.8 a	127.8 a	78.3 c	0.69 ab
甬优9号 Yongyou 9	OF-20%	41.4 a	93.7 a	135.3 a	76.1 c	0.69 ab
	OF-0%	42.7 a	91.4 a	134.0 a	75.8 c	0.68 b
	CK	19.2 e	50.6 c	69.8 d	133.9 a	0.72 a
	OF-100%	28.6 d	76.8 b	105.4 c	109.7 b	0.73 a
	OF-70%	37.4 c	87.3 ab	124.7 b	100.4 bc	0.70 ab
	OF-40%	48.9 b	99.5 a	148.4 a	94.8 bc	0.67 bc
	OF-20%	56.1 a	99.8 a	155.7 a	93.0 c	0.64 c
	OF-0%	57.2 a	97.6 a	154.6 a	92.3 c	0.63 c

注(Notes): NUS—N uptake by straw; NUG—N uptake by grain; TNU—Total N uptake by rice; NGPE—N grain production efficiency; NHI—N harvest index. 同列数值后不同字母表示同一品种不同处理间在 $P < 0.05$ 水平差异显著 Values followed by different letters in each column indicate significant difference between treatments for the same cultivar at $P < 0.05$.

供应量不足影响水稻营养生长所致;子粒吸氮量与产量变化一致,早稻、晚稻、单季稻分别以 40%、20%、20% 有机肥区最高,吸氮量为 100.0、93.7、99.8 kg/hm²;总氮素累积量均以施 20% 有机肥氮最高。其中子粒吸氮量和总氮素累积量在低有机肥比例区(0、20%、40% 有机肥)间无显著差异,但显著高于高有机肥比例区(70%、100% 有机肥)和对照区。氮素子粒生产率和氮素收获指数均随有机肥比例的提高而增加,高有机肥区显著高于低有机肥区。上述表明,有机肥用量过多,不利于水稻植株氮素的积累,但能提高氮素子粒生产效率。

3 讨论与结论

在现代农业发展中,过度施用化肥所带来的农产品品质降低、环境受到污染及生产成本升高等种种问题,促进了有机肥化肥配施技术的快速发展。许多研究表明,有机肥化肥合理配施对水稻起到优质稳产高产的作用。孟琳等^[13]认为有机肥氮代替无机氮,主要通过改善土壤供应氮素过程,使土壤养分平稳释放,为水稻生长持续供应养分,提高了群体质量,促进水稻高产、稻米品质改善,以施 10%~20% 的有机肥量最合适,过高过低均会导致产量下降。李菊梅等人^[14]研究结果显示有机肥氮占总氮 50% 时,早稻和晚稻产量比单施有机肥或化肥区高,比对照区增产 68.6% 和 72.0%。苏瑞芳等^[10]研究表明,施入 26.5%~40.0% 有机肥氮能通过提高有效穗和粒数而达水稻高产,通过提高整米率、降低垩白和直链淀粉改善稻米外观及适口性。本研究结果显示,在总施氮量相同的情况下,施入适当有机肥显著提高水稻穗粒数和结实率,促进水稻高产,过度施入有机肥会影响前期有效氮素不足,单位有效穗数显著下降而减产,这结果与徐明岗^[11]、苏瑞芳^[10]等人研究的关于有机肥化肥配施可通过提高单位面积穗数和穗粒数达水稻高产的结果不尽一致。当早稻、晚稻和单季稻施有机肥占总肥量比例为 40%、20%、40% 时产量达最高,并显著高于单施有机肥区和对照区,结果基本上与前人相符。通过计算机模拟最高产量施用的有机肥比例在不同稻茬间存在“早稻高、晚稻低、单季稻中”的差异。早稻可能与稻田土壤背景氮值高有关,能保证水稻分蘖所需的大量营养,增施更多的有机肥影响较小;晚稻上因移栽期温度高,施入的大量有机肥分解速度快,导致土壤极度还原条件,严重阻碍水稻根系发育和分蘖,分蘖数下降更为显著而低产,需要减少有机肥的施用比例。

在稻米品质方面,本试验显示施 20%~40% 有机肥区水稻精米率最高,施 40% 有机肥胶稠度最高,米饭变软,食味变佳。但提高有机肥比例易出现稻米易碎、垩白增加、蛋白质含量下降等问题。本试验条件下,考虑到产量与稻米品质因素及早晚双季的不同田块,早稻、晚稻、单季稻施有机肥比例以 40%~50%、20%~30%、30%~40% 左右为宜。

有机肥化肥配施对水稻氮素利用率的影响研究报道较多,但结论有所不同。多数人认为^[11,13,15],合理的有机肥化配施能显著提高氮素利用率,但商跃凤^[16]、管建新^[17]等人认为单施有机肥氮素利用率最高。本研究结论与前者基本一致,并以 20% 有机肥区水稻氮素累积量达高峰,其回收利用量最高。与 70% 和 100% 高有机肥区相比,氮素累积量平均增 19.3% 和 39.6%,达显著或极显著水平;与纯化肥、40% 有机肥区相比,差异不显著。这从水稻植株吸收氮量和土壤养分变化中可得到解释,有机肥施用比例过高,土壤有效氮素前期不足,水稻营养生产不良,显著降低了茎叶氮素累积量,使氮素回收利用率下降,而大部分未利用氮素存储于土壤中,造成土壤中氮含量显著上升。合理的有机肥化肥配施能确保养分在水稻各个时间稳定供应,协调水稻产量各构成因素,促进茎叶和子粒产量全面提高而增加了水稻总吸氮量。因此,水稻生产中施有机肥氮以低比例较为合适,利于提高氮素吸收、利用率。

综上所述,在合理施肥总量不变情况下,早稻、晚稻、单季稻所施有机肥氮约占总施氮量的 40%、20% 和 40% 比例比较适宜,有利于水稻增产、改善品质和提高氮素利用率。

参考文献:

- [1] 陈立云,肖应辉,唐文帮,雷东阳. 超级杂交稻育种三步法设想与实践[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(1): 90-94.
Chen L Y, Xiao Y H, Tang W B, Lei D Y. Prospect and practice of Three-Procedure breeding on super Hybrid Rice [J]. Chin. J. Rice Sci., 2007, 21(1): 90-94.
- [2] 玉宝洪,李桂山,蒙定球. 深耕和增施有机肥对土壤肥力及水稻产量的影响[J]. 土壤肥料, 1997, (06): 32-34.
Yu B H, Li G S, Meng D Q. Effects of deeping-ploughing and applying organic fertilizer on soil fertility and yield of rice [J]. Soils Fert., 1997, (06): 32-34.
- [3] 马智宏,李吉进,潘立刚,等. 不同有机肥处理对土壤及芹菜中重金属残留的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(21): 9181-9183.
Ma Z H, Li J J, Pan L G *et al.* The influence of different organic fertilizer on the heavy metal residual in the soil and celery [J].

- J. Anhui Agric. Sci., 2008, 36(21): 9181-9183.
- [4] 杨延蕃, 姚源喜, 崔德杰, 刘勤红. 施肥对土壤肥力的调控作用—I. 施用有机肥和无机氮肥对土壤腐殖质及物理性状的影响[J]. 莱阳农学院学报, 1988, (01): 28-33.
Yang Y F, Yao Y X, Cui D J, Liu Q H. Effects of applying fertilizer on soil fertility—I. The effects of applying organic fertilizer and inorganic nitrogen fertilizer on the soil humus and physical character of the soil [J]. J. Qingdao Agric. Univ., 1988, (01): 28-33.
- [5] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, Kolbe H. 中国农业面源污染估计及控制对策 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, (34): 1008-1017.
Zhang W L, Wu S X, Ji H J, Kolbe H. Estimation of agricultural non-point source pollution in China and the alleviating strategies I. Estimation of agricultural non-point source pollution in China in early 21 century [J]. Sci. Agric. Sin., 2004, (34): 1008-1017.
- [6] Ribaud M O, Heimlich R, Claassen R, Peters M. Analysis least-cost management of nonpoint source pollution: source reduction versus interception strategies for controlling nitrogen loss in the Mississippi Basin [J]. Ecol. Econ., 2001, (37): 183-197.
- [7] 王德建, 林静慧, 孙瑞娟, 等. 太湖地区稻麦高产的氮肥适宜量及其对地下水的影响[J]. 土壤学报, 2003, (40): 426-432.
Wang D J, Lin J H, Sun R J *et al.* Optimum nitrogen rate for a high productive rice-wheat system and its impact on the groundwater in the Tai Hu Lake area [J]. Acta Pedol. Sin., 2003, (40): 426-432.
- [8] Sommerfeldt T G, Chang C, Entx T. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1988, 52: 1668-1672.
- [9] 刘守龙, 童成立, 吴金水, 蒋平. 等氮条件下有机无机肥对比对水稻产量的影响探讨[J]. 土壤学报, 2007, (01): 108-114.
Liu S L, Ton C L, Wu J S, Jiang P. Effect of ratio of organic manure/chemical fertilizer in fertilization on rice yield under the same N condition [J]. Acta Pedol. Sin., 2007, (01): 108-114.
- [10] 苏瑞芳, 李秀玲, 张婉英, 等. 商品有机肥对水稻生长、产量及稻米品质影响[J]. 上海农业学报, 2008, 24(4): 127-130.
Su R F, Li X L, Zhang W Y *et al.* Effects of commercial organic fertilizer on rice growth, yield and grain quality [J]. Acta Agric. Shanghai, 2008, 24(4): 127-130.
- [11] 徐明岗, 李冬初, 李菊梅, 等. 化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(10): 3133-3139.
Xu M G, Li D C, Li J M *et al.* Effects of organic manure application combined with chemical fertilizers on nutrients absorption and yield of rice in Hunan of China [J]. Sci. Agric. Sin., 2008, 41(10): 3133-3139.
- [12] 江立庚, 曹卫星, 甘秀芹, 等. 不同施氮水平对南方早稻氮素吸收利用及其产量和品质的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(4): 490-496.
Jiang L G, Cao W X, Gan X Q *et al.* Nitrogen uptake and utilization under different nitrogen management and influence on grain yield and quality in rice [J]. Sci. Agric. Sin., 2004, 37(4): 490-496.
- [13] 孟琳, 张小莉, 蒋小芳, 等. 有机肥料氮替代部分无机氮对水稻产量的影响及替代率研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 290-296.
Meng L, Zhang X L, Jiang X F *et al.* Effects of partial mineral nitrogen substitution by organic fertilizer nitrogen on the yields of rice grains and its proper substitution rate [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2009, 15(2): 290-296.
- [14] 李菊梅, 徐明岗, 秦道珠, 等. 有机肥无机肥配施对稻田氨挥发和水稻产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(1): 51-56.
Li J M, Xu M G, Qin D Z *et al.* Effects of chemical fertilizers application combined with manure on ammonia volatilization and rice yield in red paddy soil [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11(1): 51-56.
- [15] 张小莉, 孟琳, 王秋君, 等. 不同有机无机复混肥对水稻产量和氮素利用率的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(3): 624-630.
Zhang X L, Meng L, Wang Q J *et al.* Effects of organic-inorganic mixed fertilizers on rice yield and nitrogen use efficiency [J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2009, 20(3): 624-630.
- [16] 商跃凤. 有机无机复混肥对水稻氮素利用率的影响[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(3): 262-266.
Shang Y F. Influence of organic-inorganic compound fertilizers on nitrogen recovery in paddy rice [J]. J. Southwest Agric. Univ., 2001, 23(3): 262-266.
- [17] 管建新, 王伯仁, 李冬初. 化肥有机肥配合对水稻产量和氮素利用的影响[J]. 中国农学通报, 2009, (11): 96-100.
Guan J X, Wang B R, Li D C. Effect of chemical fertilizer applied combining with organic manure on yield of rice and nitrogen using efficiency [J]. Chin. Agric. Sci. Bull., 2009, (11): 96-100.