

不同施氮处理对水稻产量、氮素吸收及利用率的影响^①

郭 晨¹, 徐正伟¹, 李小坤^{1*}, 任 涛¹, 吴礼树¹,
邹家龙², 李 彬², 鲁剑巍¹

(1 华中农业大学资源与环境学院, 农业部长江中下游耕地保育重点实验室, 武汉 430070;

2 湖北省荆州市荆州区土壤肥料工作站, 湖北荆州 434020)

摘 要: 大田试验条件下研究了不同施肥处理对水稻产量、氮素吸收及利用率的影响, 以期为肥料的合理施用提供依据。结果表明, 与不施肥处理(CK)相比, 各施肥处理均显著提高了稻谷产量, 增产率为 28.5% ~ 40.0%; 不同施肥处理间却无显著差异。施肥处理水稻产量的提高主要归因于有效穗和每穗粒数的增加, 增幅分别为 5.5% ~ 26.1%, 25.2% ~ 57.0%。养分吸收结果表明, 施氮处理显著提高了水稻的氮素吸收量, 且主要分配于稻谷, 所占比例为 71.3% ~ 79.0%。与习惯施肥处理(T1)相比, 优化施肥(T2)、控释尿素(T3)、控释尿素与普通尿素配施(T4)处理在减少氮肥用量 21.6% 的条件下, 稻谷产量没有降低, 而氮肥农学利用率、氮肥偏生产力以及氮肥生理利用率和氮收获指数都有所增加, 分别提高 3.2 ~ 6.9 kg/kg、11.7 ~ 15.4 kg/kg、7.0 ~ 30.6 kg/kg、0.04 ~ 0.08, 且均表现为控释尿素处理(T3)处理最高。可见, 采用合理的肥料及科学的施用方法均可显著提高养分的利用效率。

关键词: 施肥; 控释尿素; 水稻; 肥料利用率; 产量

中图分类号: S511; S147.2

随着人口数量的增加和耕地面积的减少, 我国粮食安全与资源消耗和环境保护的矛盾日益尖锐。化肥作为粮食增产的决定因子在我国农业生产中发挥了举足轻重的作用^[1]。我国是世界上化肥氮消费量最多的国家, 并且这种消费量将可能进一步增加^[2]。水稻是中国主要的粮食作物, 稻田氮肥消费量占中国氮肥总消费量的 30% 以上^[3]。但是, 每年所施化肥的一半左右通过各种途径损失掉^[4]。据统计我国每年损失的氮量相当于 1 900 多万吨尿素^[5], 并造成严重的环境污染。稻田生态系统氮肥损失已经受到普遍的重视^[2, 6-7]。大量施用氮肥促进了水稻产量大幅度提高, 也导致氮肥利用率降低^[8]。科学合理地施用氮肥, 提高水稻的氮肥利用率一直是研究的重点和难点。有关氮肥运筹、氮磷钾配施、有机肥与无机肥配施等影响水稻产量及养分吸收的报道日趋增多^[1, 9-11], 而有关控释尿素以及控释尿素与尿素配合施用的研究较少。合理施用控释尿素可以减少氮挥发和氮素径流损失, 同时提高氮肥利用率, 减少施用次数^[12]。本研究针对当前

水稻施肥不合理, 过量施用氮肥造成的问题, 通过大田试验, 探讨不同氮肥运筹方式对水稻产量及氮肥利用率的影响, 以期为提高水稻氮肥利用率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

试验于 2012 年 5—9 月在湖北省荆州市纪南镇洪圣村(112°14'51"E, 30°26'44"N)进行。试验地处江汉平原的腹地, 年平均气温 15.9 ~ 16.6°C, 年无霜期 242 ~ 263 天, 年降雨量 1 100 ~ 1 300 mm, 太阳年辐射总量为 $4.4 \times 10^5 \sim 4.6 \times 10^5$ J/cm², 年日照时数 1 800 ~ 2 000 h。本区农业生产以稻麦或稻油一年两熟为主。土壤类型为由新生代第四纪黏土沉积物形成的黄棕壤。供试土壤基本理化性质: pH 6.1, 有机质 32.61 g/kg, 全氮 2.02 g/kg, 速效磷 18.21 mg/kg, 速效钾 155.64 mg/kg。

1.2 试验设计

试验设 5 个处理, 分别为: 不施氮肥 (CK);

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303103)、中央高校基本科研业务费专项(2011PY150, 2013PY113)、长江学者和创新团队发展计划项目(IR11247)资助。

* 通讯作者(lixiaokun@mail.hzau.edu.cn)

作者简介: 郭晨(1986—), 男, 内蒙古呼和浩特人, 硕士研究生, 主要研究方向为水稻施肥技术。E-mail: guochen@webmail.hzau.edu.cn

农民习惯施肥 (T1)； 优化施肥 (T2)； 控释尿素(T3)； 普通尿素和控释尿素配合施用 (T4)。各处理养分用量及施用方法如表 1 所示。每个处理设 3

次重复,随机区组排列。小区面积为 20 m²(4 m × 5 m)。小区间用宽 40 cm、高 30 cm 的土埂隔开,并上覆盖薄膜,防止串水串肥。

表 1 不同处理的养分用量及施用方法(kg/hm²)
Table 1 Nutrient application amounts and methods in different treatments

处理	养分总量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	基肥			分蘖肥		穗肥	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N	K ₂ O	
CK	0-45-90	0	45	60	0	0	30	
T1	210-45-0	147	45	0	63	0	0	
T2	165-45-90	83	45	60	41	41	30	
T3	165-45-90	165	45	60	0	0	30	
T4	165-45-90(CRU ₁₀₀ +Urea ₆₅)	165	45	60	0	0	30	

氮磷钾肥的肥料品种分别为：尿素(含 N 46%)；过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)；氯化钾(含 K₂O 60%)；控释尿素为：聚氨基甲酸酯包膜尿素,由美国 Agrium Advanced Technologies Company 提供,含 N 量 44%。

2012 年 5 月 2 日育秧,6 月 14 日插秧,7 月 26 日晒田,8 月 2 日复水;2012 年 6 月 13 日施基肥,6 月 23 日施分蘖肥,7 月 21 日施穗肥。水稻的栽培密度为 2 × 10⁵ 蔸/hm²。

1.3 测定项目与方法

土壤样品分析采用重铬酸钾容量法测有机质,全氮用自动凯氏定氮仪测定,0.5 mol/L 的 NaHCO₃ 浸提测速效磷,1.0 mol/L 的 NH₄OAc 浸提测速效钾^[13];籽粒和稻草分别烘干、粉碎、过筛,采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消化,SEAL AA3 流动注射分析仪测定全氮含量。在水稻收获期每个小区选取 8 蔸水稻进行考种,包括有效穗数、穗粒数、实粒数、结实率以及千粒重。各小区除边行外单打单收测实产。

肥料利用率的计算方法^[9]：

氮素积累量 (kg) = 籽粒氮素含量 + 稻草氮素含量

氮肥吸收利用率 (%) = (施氮区地上部分含氮量 - 空白区地上部含氮量)/施氮量 × 100%

氮肥农学利用率 (kg/kg) = (施氮区产量 - 空白区产量)/施氮量

氮肥偏生产力 (kg/kg) = 施氮区产量/施氮量

氮肥生理利用率 (%) = (施氮区产量 - 空白区产量)/(施氮区地上部分含氮量 - 空白区地上部分含氮量)

氮收获指数 = 籽粒氮积累量/植株总氮积累量

试验数据统计分析和作图利用 SPSS 软件和 Microsoft Excel 2003。用最小显著法 (LSD) 检验试验数据的差异显著性水平。

2 结果与分析

2.1 水稻生物量及物质分配

由表 2 可以看出,水稻地上部各器官的干物质量均表现为 CK 处理最低。氮肥的施用可以不同程度地提高水稻籽粒和稻草的干物质量,各施氮肥处理 (T1、T2、T3、T4) 较 CK 处理的籽粒干物质量增加 28.5% ~ 40.0%、稻草干物质量增加 19.8% ~ 92.3%、地上部干物质量增加 25.9% ~ 56.2%。与 CK 处理相比,T1、T2、T3、T4 处理分别增产 28.5%、34.2%、40.0%、30.6%。T1 处理显著降低谷草比,其他各处理(CK、T2、T3、T4)无显著差异。与 T1 处理相比,一次性基施 N 165 kg/hm² 的控释尿素就可以达到施用

表 2 施肥对水稻不同器官干物质量的影响
Table 2 Effects of fertilization on dry matter production of rice various organs

处理	籽粒		稻草		谷草比	地上部总量 (kg/hm ²)
	干物质量(kg/hm ²)	干物质分配率(%)	干物质量(kg/hm ²)	干物质分配率(%)		
CK	6 493 ± 780 b	56.5 ± 0.9 a	4 986 ± 457 c	43.5 ± 0.9 b	1.30 ± 0.05 a	11 479 ± 1 228 c
T1	8 342 ± 412 a	46.5 ± 0.3 b	9 587 ± 571 a	53.5 ± 0.3 a	0.87 ± 0.01 b	17 929 ± 983 a
T2	8 716 ± 655 a	58.4 ± 1.1 a	6 196 ± 409 b	41.6 ± 1.1 b	1.41 ± 0.06 a	14 912 ± 1 022 b
T3	9 092 ± 550 a	58.1 ± 2.3 a	6 607 ± 1 012 b	41.9 ± 2.3 b	1.39 ± 0.13 a	15 699 ± 1 561 b
T4	8 481 ± 88 a	58.7 ± 1.3 a	5 972 ± 322 bc	41.3 ± 1.3 b	1.42 ± 0.08 a	14 453 ± 345 b

注：表中同列数据小写字母不同表示差异达到 P < 0.05 显著水平,下同。

N 210 kg/hm² 普通尿素处理的水稻产量,说明控释尿素比普通尿素在节省氮肥的同时可以实现高效增产的目的。其中 T3 处理对籽粒的增产最明显,T1 处理对稻草的增产最明显。这可能是由于 T3 处理氮素释放慢有利于水稻颖花形成和灌浆,T1 处理基肥投入多有利于分蘖数的提高。从水稻地上部各器官干物质分配比例来看,T1 处理显著提高稻草的分配率同时显著降低籽粒的分配率,其他处理较 CK 处理变化不明显。

2.2 水稻产量构成因素

从水稻的产量构成因素来看,各施氮肥处理(T1、T2、T3、T4)较 CK 处理的有效穗增加 5.5%~26.1%、穗粒数增加 25.2%~57.0%(表 3)。氮肥的增产作用主

要是通过提高有效穗数与每穗粒数获得的,但是过高的氮肥投入会降低水稻每穗粒数,从而影响其产量。施氮降低千粒重提高结实率,但各处理间无显著差异。

2.3 水稻氮素吸收量及分配

从水稻的氮素吸收量来看,T1 处理较 CK 处理显著提高了稻草中的氮素吸收量(表 4),吸收量增加 16.5 kg/hm²。各施氮处理(T1、T2、T3、T4)均较对照显著提高籽粒中的氮素吸收量,其中 T3 处理提高最多达到 43.1 kg/hm²。施肥不仅影响水稻不同器官对氮素的吸收,同时也影响氮素在不同器官中的分配^[14]。其他施氮处理较 T1 处理明显提高籽粒中氮素分配率,同时氮素在不同器官中的分配率差异明显,表现为籽粒>稻草。

表 3 施肥对水稻产量构成因素的影响
Table 3 Effects of fertilization on rice yield components

处理	有效穗($\times 10^4$ 穗/hm ²)	穗粒数	千粒重 (g)	结实率(%)
CK	182.9 ± 17.7 c	151 ± 16 c	29.57 ± 3.01 a	86.7 ± 2.8 a
T1	217.0 ± 13.2 ab	189 ± 8 bc	28.13 ± 1.37 a	88.3 ± 1.9 a
T2	202.8 ± 12.3 bc	224 ± 23 ab	26.68 ± 2.20 a	90.1 ± 3.4 a
T3	230.7 ± 11.2 a	237 ± 24 a	27.36 ± 0.38 a	89.8 ± 1.4 a
T4	192.9 ± 11.5 bc	220 ± 23 ab	26.43 ± 1.76 a	88.5 ± 1.9 a

表 4 施肥对水稻不同器官氮素吸收与分配的影响
Table 4 Effects of fertilization on nitrogen uptake and distribution in various organs of rice

处理	氮素吸收量 (kg/hm ²)			氮素分配率 (%)	
	稻草	籽粒	总量	稻草	籽粒
CK	16.9 ± 2.3 c	51.7 ± 5.7 c	68.6 ± 4.0 c	24.8 ± 4.2 ab	75.2 ± 4.2 ab
T1	33.4 ± 6.0 a	82.6 ± 2.7 b	116.0 ± 3.6 a	28.7 ± 4.2 a	71.3 ± 4.2 b
T2	21.5 ± 4.6 c	80.1 ± 4.0 b	101.6 ± 8.4 b	21.0 ± 2.7 b	79.0 ± 2.7 a
T3	31.0 ± 4.6 ab	94.8 ± 6.2 a	125.8 ± 2.6 a	24.7 ± 4.0 ab	75.3 ± 4.0 ab
T4	22.9 ± 4.0 bc	77.3 ± 5.1 b	100.2 ± 6.7 b	22.8 ± 3.2 ab	77.2 ± 3.2 ab

2.4 肥料利用率

与 T1 处理相比在减少施用氮肥 21.6% 条件下各处理(T2、T3、T4)氮肥农学利用率、氮肥偏生产力、氮肥生理利用率和氮收获指数分别提高 3.2~6.9 kg/kg、11.7~15.4 kg/kg、7.0~30.6 kg/kg、0.04~0.08。T3 处理的氮肥吸收利用率、氮肥农学利用率以及氮肥

偏生产力均高于其他各处理,分别比 T1 处理提高 12.1%、6.9 kg/kg、15.4 kg/kg(表 5)。氮肥农学利用率是单位施肥量对作物籽粒产量增加的反映,是农业生产中最关心的经济指标之一^[15]。相同氮肥施用量处理(T2、T3、T4)之间 T3 处理氮肥农学利用率最高,达到 15.7 kg/kg。

表 5 不同施肥处理的肥料表观利用率
Table 5 Effect of N fertilizer on fertilizer-N use efficiency in rice

处理	氮肥吸收利用率 (%)	氮肥农学利用率 (kg/kg)	氮肥偏生产力 (kg/kg)	氮肥生理利用率 (kg/kg)	氮收获指数
T1	22.6	8.8	39.7	38.5	0.71
T2	20.0	13.5	52.8	69.1	0.79
T3	34.7	15.7	55.1	45.5	0.75
T4	19.2	12.0	51.4	63.1	0.77

3 讨论

3.1 施氮对水稻产量及其构成因素的影响

氮素是水稻主要产量限制因子之一。不同氮肥施用方式对水稻产量形成及其构成因素有很大的影响。李敏等^[16]研究认为,施用树脂膜控释尿素处理的水稻产量显著高于施用普通尿素处理。从本试验籽粒产量结果可以看出,控释尿素处理(T3)增产效果最明显达到 9 092 kg/hm²。控释尿素处理比农民习惯施肥处理(T1)和优化施肥处理(T2)的产量增幅分别达到 9.0% 和 4.3%。普通尿素和控释尿素配合施用处理(T4)在减少控释尿素使用量的条件下产量与农民习惯施肥处理(T1)无显著差异。

氮肥的增产作用主要是通过提高有效穗数与每穗粒数获得的。符建荣^[17]研究指出,应用尿素和控释氮肥混施或全量施用控释尿素通过提高单位面积穗数、每穗实粒数来提高水稻产量。本试验结果表明,控释尿素处理(T3)单位面积穗数、每穗实粒数最多分别为 230.7×10⁴ 穗/hm² 和 237,该结果与谢春生等^[18]和王玉军等^[19]研究结果一致。

3.2 施氮对水稻氮素吸收的影响

水稻对氮素吸收不仅与氮肥用量有关^[20],而且受氮肥运筹策略和肥料类型影响较大^[21]。本试验表明,与农民习惯施肥(N 210 kg/hm²)相比减少氮肥投入 21.6% 的情况下增施穗肥,籽粒氮素吸收量无显著差异;一次性施用控释尿素比常规分次施用尿素处理能显著增加籽粒氮素吸收量;成熟期水稻积累的肥料氮素主要分配到籽粒之中。大量的基肥和分蘖肥投入,降低了肥料氮素在籽粒中的积累,这主要是由于稻草的“奢侈”吸氮引起的^[22]。本试验条件下,施用穗肥可以显著降低稻草氮素分配率,同时提高籽粒氮素分配率。这可能是由于,增加水稻生长后期的施氮比例,可以提高水稻叶片的氮素含量,增强叶片的光合速率,保持水稻生长后期旺盛生长,增加水稻对养分的吸收利用^[23]。

3.3 施氮对水稻氮素利用率的影响

影响氮肥利用率的因素很多,主要有肥料种类、施肥量、土壤背景氮、田间管理等因素。合理施用氮肥能够提高氮素的利用效率,降低氮素的损失,而且对保持土壤肥力产生重要作用^[24]。刘立军等^[25]研究认为,适当增加穗粒氮肥的施用比例,可以提高水稻分蘖成穗率和叶片含氮量,促进物质运转,增加抽穗至成熟期的物质积累,提高氮素利用率。本试验表明,一次性施用控释尿素可以满足水稻整个

生育期氮肥需要,比普通尿素分次施用氮肥吸收利用率、农学利用率和氮肥偏生产力明显提高,分别达到 34.7%、15.7 kg/kg 和 55.1 kg/kg;增施穗肥可以提高氮肥生理利用率和氮收获指数;习惯施肥处理显著提高稻草氮素吸收量,导致氮肥利用率低^[26],这与其基肥投入量多、水稻分蘖多、稻草生物量大有关。

4 结论

(1) 施氮可以显著提高水稻产量,与不施氮处理相比,增幅为 28.5%~40.0%。影响水稻产量构成的主要因素是有效穗和每穗粒数。

(2) 施氮处理显著提高了水稻的氮素吸收量,且主要分配于稻谷中,其所占比例为 71.3%~79.0%。

(3) 优化施肥(基肥:分蘖肥:穗肥=2:1:1)和控释尿素处理与习惯施肥处理相比,在节省氮肥用量 21.6% 的条件下,稻谷不减产,且均提高了氮肥利用效率。

参考文献:

- [1] 张福锁,王激清,张卫峰,崔振岭,马文奇,陈新平,江荣风. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924
- [2] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 1-6
- [3] 贺帆,黄见良,崔克辉,王强,汤蕾蕾,龚伟华,徐波,彭少兵, Buresh RJ. 实时实地氮肥管理对不同杂交水稻氮肥利用率的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(2): 470-479
- [4] Shoji S, Kanno H. Use of polyolefin-coated fertilizers for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emissions[J]. Fertilizer Research, 1994, 39: 147-152
- [5] 樊小林,廖宗文. 控释肥料与平衡施肥和提高肥料利用率[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(3): 219-223
- [6] 田玉华,贺发云,尹斌,朱兆良. 太湖地区氮磷肥施用对稻田氮挥发的影响[J]. 土壤学报, 2007, 44(5): 893-900
- [7] Buresh RJ, De Datta SK. Denitrification losses from puddle rice soils in the tropics[J]. Biology and Fertility of Soils, 1990, 9: 1-13
- [8] 徐明岗,李菊梅,李冬初,丛日环,秦道珠,申华平. 控释氮肥对双季水稻生长及氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1 010-1 015
- [9] 王伟妮,鲁剑巍,鲁明星,李小坤,李云春,李慧. 湖北省早、中、晚稻施氮增产效应及氮肥利用率研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 545-553
- [10] 胡建利,王德建,王灿,孙瑞娟. 不同施肥方式对水稻产量构成及其稳定性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(1): 48-53
- [11] 阮新民,施伏芝,倪金龙,罗志祥. 肥料配施对杂交中稻氮素积累与分配及氮肥利用率的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(1): 163-166

- [12] Yang YC, Zhang M, Zheng L, Cheng DD, Liu M, Geng YQ, Chen JQ. Controlled-release urea for rice production and its environmental implications[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2013, 36: 781–794
- [13] 鲍士旦. 土壤农业化学分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [14] 王伟妮, 李小坤, 鲁剑巍, 李慧, 鲁明星, 戴志刚. 氮磷钾配合施用对水稻养分吸收、积累与分配的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2010, 29(6): 710–714
- [15] 李方敏, 樊小林, 陈文东. 控释肥对水稻产量和氮肥利用效率的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(4): 494–500
- [16] 李敏, 郭熙盛, 叶舒娅, 刘枫, 袁嫚嫚, 黄义德. 硫膜和树脂膜控释尿素对水稻产量、光合特性及氮肥利用率的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19(4): 809–816
- [17] 符建荣. 控释氮肥对水稻的增产效应及提高肥料利用率的研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 2001, 7(2): 145–152
- [18] 谢春生, 唐拴虎, 徐培智, 张发宝, 陈建生. 一次性施用控释肥对水稻植株生长及产量的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(2): 177–182
- [19] 王玉军, 邹应斌, 张夫道. 掺混型缓/控释肥对杂交晚稻产量的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2009(5): 28–33
- [20] 苏祖芳, 周培南, 许乃霞, 张亚洁. 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(4): 281–286
- [21] 晏娟, 尹斌, 张绍林, 沈其荣, 朱兆良. 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
- [22] 潘圣刚, 黄胜奇, 翟晶, 蔡明历, 曹凑贵, 展茗, 唐湘如. 氮肥用量与运筹对水稻氮素吸收转运及产量的影响[J]. *土壤*, 2012, 44(1): 23–29
- [23] Jiang LG, Dong DF, Gan XQ, Wei SQ. Photosynthetic efficiency and nitrogen distribution under different nitrogen management and relationship with physiological N-use efficiency in three rice genotypes[J]. *Plant and soil*, 2005, 271(1–2): 321–328
- [24] Peng SB, Buresh RJ, Huang JL, Yang JC, Zou YB, Zhong XH, Wang GH, Zhang FS. Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice systems in China[J]. *Field Crops Research*, 2006, 96(1): 37–47
- [25] 刘立军, 王志琴, 桑大志, 杨建昌. 氮肥运筹对水稻产量及稻米品质的影响[J]. *扬州大学学报: 农业与生命科学版*, 2002, 23(3): 46–50
- [26] Artacho P, Bonomelli C, Meza F. Nitrogen application in irrigated rice grown in Mediterranean conditions: Effects on grain yield, dry matter production, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2009, 32: 1 574–1 593

Effects of Different Nitrogen Fertilization Treatments on Yield, Nitrogen Uptake and Use Efficiency of Rice

GUO Chen¹, XU Zheng-wei¹, LI Xiao-kun^{1*}, REN Tao¹, WU Li-shu¹,
ZOU Jia-long², LI Bin², LU Jian-wei¹

(1 College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Key Laboratory of Arable Land Conservation (Middle and Lower Reaches of Yangtze River), Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China; 2 Soil and Fertilizer Station of Jingzhou City, Jingzhou, Hubei 434020, China)

Abstract: A field experiment was carried out to study the influences of different fertilization treatments on yield, nitrogen uptake and use efficiency of rice in order to provide basis for the applying fertilizer rational. The results showed that, compared with no fertilization (CK), all the fertilizer treatments enhanced significantly rice grain yields, the yield increased by 28.5% – 40.0%, there was no obvious difference in different fertilization treatments. Nitrogen fertilizer increased productive panicle and grains per panicle by 5.5% – 26.1% and 25.2% – 57.0%, respectively. The results of nutrient uptake indicated that the nitrogen fertilization treatments enhanced significantly nitrogen absorption of rice which mainly distributed in rice grain, accounting for 71.3% – 79.0%. The grain yields did not decrease under N application amounts with a reduction by 21.6% (optimized fertilization (T2), controlled release urea (T3), controlled release urea + urea (T4)) compared with conventional fertilization (T1), while the N agronomic efficiency, partial factor productivity of applied nitrogen, nitrogen physiological efficiency and nitrogen harvest index were increased by 3.2 – 6.9 kg/kg, 11.7 – 15.4 kg/kg, 7.0 – 30.6 kg/kg, 0.04 – 0.08, respectively, and all those results showed that the treatment of controlled release urea (T3) was the highest. It demonstrates that appropriate fertilization and scientific application methods can improve nutrient use efficiency.

Key words: Fertilize, Controlled release urea, Rice, Utilization rate of fertilizer, Yield