

不同施肥措施对稻田土壤氮矿化的影响^①

刘仁君^{1,2}, 曹彦圣^{1,2}, 田玉华¹, 尹斌^{1*}

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 采集田间通过不同施肥处理的水稻土为研究对象, 在室内采用淹水培养方法, 研究不同施肥措施对水稻土氮矿化的影响。结果表明: 与不施肥处理相比, 施加氮肥和饼肥能提高土壤的氮矿化能力; 与常规施氮处理相比, 采用新型施肥措施, 氮肥+木质素、一次施用的水稻缓释肥、氮肥+有机碳源均降低土壤的氮矿化作用, 其中氮肥+有机碳源处理与常规施氮处理相比, 土壤全氮增加了 16.7%, 但淹水培养期间土壤的氮矿化量却减少了 18.5%, 这一结果说明, 采用这些新型施肥措施有利于增加土壤对氮的固持, 降低氮素向环境损失的风险。

关键词: 水稻土; 氮矿化; 固定; 淹水培养

中图分类号: S147.2

土壤氮素是土壤肥力中最活跃的因素, 也是农业生产中最重要的限制因子之一^[1], 土壤氮 90% 以上是以有机氮的形态存在^[2], 土壤有机氮的矿化为作物提供了可利用的氮。因此, 研究土壤氮素的矿化可以帮助人们明确土壤的供氮能力, 确定作物的氮肥施用量与肥料运筹, 也为研究氮素在农田生态系统中的循环与有效利用提供科学依据。目前, 国内外关于土壤氮矿化的研究较多, 其中研究不同施肥措施对氮矿化的影响是研究方向之一, 以往研究集中于施用氮肥与有机肥对土壤氮矿化的影响^[3-7]。为了提高氮肥的利用率, 减少农田养分向环境损失的风险, 一些新的施肥措施在农田生产中逐步得到应用, 如一次施用的缓释肥, 施用木质素和氮肥、有机碳源与氮肥混施等。但是, 采用这些新型施肥措施后对土壤氮素的矿化有何影响却不是很清楚。淹水培养是研究土壤氮素矿化而广泛采用的方法, 很多研究者采用此试验方法证明了土壤氮素矿化在反应土壤供氮能力上的良好效果^[8-9]。本研究通过采集大田实验中经过传统施肥(施用氮肥、有机肥)及不同新型施肥措施处理后的土壤为研究对象, 采用淹水培养方法, 探讨不同施肥措施对水稻土氮素矿化作用的影响, 以期为合理施肥及水稻土的定向培育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤采自中科院常熟农业生态试验站, 站区位于苏南太湖地区, 属亚热带气候区, 土壤类型为乌栅土, 耕作制度为稻麦轮作。试验开始于 2009 年 6 月, 设 7 个施肥处理, 每种处理设 4 个重复小区: 不施氮肥 (CK)、低氮处理 (A)、常规施氮 (B)、常规施氮+饼肥 (C)、一次施用的缓释肥 (H)、常规施氮+木质素 (M)、常规施氮+有机碳源 (Y)。在水稻季, 低氮处理施氮量为 225 kg/hm², 常规施氮和缓释肥的施氮量均为 300 kg/hm², 缓释肥的种类为含有抑制剂的包膜缓释肥。饼肥含氮量为 50 g/kg, 施用量为 2250 kg/hm², 木质素和有机碳源含氮量可忽略不计, 施用量分别为 215 kg/hm²、70 kg/hm²; 在小麦季, 各施肥处理施氮水平为水稻季的 75%, 除了 C 区不施饼肥外, 其他施肥措施均保持不变。供试土壤在经过一个稻麦轮作后, 于 2010 年小麦收获后采集, 采样深度为 0~20 cm, 多点采样组成混合土样。试验前将采来的土样风干, 去除动、植物残体和石块等, 分别过 10 目、20 目、100 目筛, 用于培养试验和分析, 供试土壤的基本性质为 4 个重复小区土壤均匀混合后所测值, 见表 1。

①基金项目: 国家自然科学基金项目(41071197)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-440-1)、国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2006AA10Z418)资助。

* 通讯作者(byin@issas.ac.cn)

作者简介: 刘仁君(1986—), 男, 江苏常州人, 硕士研究生, 主要研究方向为土壤氮素转化与损失机理及其环境污染控制技术。E-mail: rjliu@issas.ac.cn

表 1 供试土壤基本理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of soils

处理编号	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	全磷 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
CK	28.96	1.91	115.17	0.601	12.04	100.54	7.68
A	30.20	2.06	115.95	0.609	18.98	85.32	7.36
B	28.91	2.04	114.80	0.616	27.55	77.58	7.53
C	30.62	2.15	114.23	0.699	16.06	81.44	7.26
H	30.43	2.18	151.30	0.626	14.99	96.94	7.30
M	37.24	2.21	123.02	0.886	27.30	115.22	7.16
Y	35.68	2.38	119.00	0.871	16.41	113.55	7.65

1.2 培养试验

采用室内密闭淹水培养法。将所采集 7 个施肥措施的 4 个重复小区土样混合均匀, 合并为一种土样。每种土样取风干土 20.00 g, 分别称 30 份, 置于 100 ml 的锥形瓶中, 加入 50 ml 蒸馏水使土壤处于饱和淹水状态, 用橡胶塞密封, 置于 30℃±1℃ 的培养箱中培养。于第 0、7、14、21、28、42、56、63、91、120 天后, 分别在每种土样中随机取出 3 份, 加入 4 mol/L 的 KCl 溶液 50 ml, 震荡 1 h 过滤, 测定提取液中 NH₄⁺-N, NO₃⁻-N。取出的土壤样品弃去, 不再继续培养。培养期间土壤水分损失可忽略不计。

1.3 项目分析及数据统计方法

有机质测定采用重铬酸钾容量法; 全氮测定采用开氏法; 碱解氮测定采用碱解扩散法; 全磷测定采用酸溶-钼锑抗比色法; 速效磷测定采用碳酸氢钠法 (Olsen 法); 速效钾采用乙酸铵提取法; pH 采用玻璃电极测定 (KCl 溶液提取, 土:液 = 1:2.5); NH₄⁺-N、NO₃⁻-N 用流动分析仪 (San system, Skalar, Netherlands) 测定。采用 Excel 2003 和 SPSS13.0 软件对数据进行分析, 使用 LSD 法分析平均值在 P<0.05 水平的显著性

差异。

2 结果与分析

2.1 常规施肥措施对水稻土氮素矿化的影响

由表 2 可知, 在淹水培养第 0 天常规施肥措施下水稻土矿质氮以 NO₃⁻-N 为主, 不施氮 (CK)、低氮 (A)、常规施氮 (B)、常规施氮+饼肥 (C) 处理 NO₃⁻-N 含量分别为 10.7、8.4、11.1、9.8 mg/kg, 培养 7 天后迅速下降至 1.5、0.8、0.6、1.1 mg/kg, 淹水培养期间水稻土矿质氮主要以 NH₄⁺-N 形式存在, 占矿质氮含量的 95%~100%, 水稻土土壤矿质氮含量与时间关系如图 1。方差分析表明, 在第 0 天, 第 7 天各处理土壤矿质氮含量差异未达 5% 显著水平; 在第 14 天后不施氮肥处理土壤矿质氮含量显著低于各施氮处理, 常规施氮处理显著高于低氮处理土壤矿质氮, 差异均达 1% 的显著水平; 在 0~28 天培养期间里常规施氮处理和常规施氮+饼肥处理间差异不明显。在第 42 天后各处理间土壤矿质氮含量出现分化, 其中常规施氮+饼肥处理最高, 矿质氮含量为 94.7 mg/kg, 常规施氮处理次之为 89.5 mg/kg, 其次为低氮处理和未施氮处理, 分

表 2 淹水培养期间不同施肥处理土壤的 NH₄⁺-N、NO₃⁻-N 含量 (mg/kg)

Table 2 Ammonium and nitrate nitrogen contents of soils under different fertilization treatments during the incubation

培养时间 (d)	CK		A		B		C	
	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N
0	1.9	10.7	3.6	8.4	1.7	11.1	3.5	9.8
7	33.6	1.5	32.0	0.8	32.7	0.6	31.8	1.1
14	38.5	1.5	45.6	2.2	55.4	0.4	52.5	0.8
28	52.5	0.7	63.9	0.4	73.5	1.0	73.7	0
42	67.6	0.6	79.7	0.7	88.7	0.8	93.5	1.2
63	17.5	0.4	67.7	0.8	77.5	0.0	86.6	0.8
91	2.1	0	18.3	0.8	33.2	0.6	53.5	1.6
120	2.2	0.1	16.8	0.2	22.8	0.4	33.8	0.2

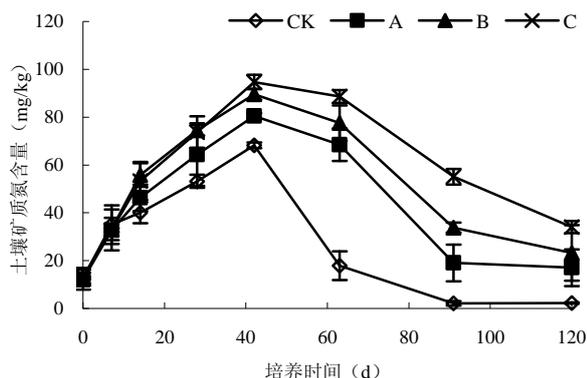


图1 常规施肥措施下土壤矿质氮含量变化

Fig. 1 Changes of soil mineral nitrogen contents under normal fertilization treatments

别为 80.4 mg/kg、66.2 mg/kg。与第 42 天相比, 培养第 63 天, 各处理土壤矿质氮含量均出现下降, 不施氮处理下降最大, 达到了 72.9%。在培养 63 天到 120 天期间各处理矿质氮含量在不断地下降, 至 91 天不施肥处理矿质氮含量接近 0。

淹水培养第 14 天不施氮处理土壤含氮量显著低于低氮处理, 常规施氮处理土壤矿质氮含量高于低氮处理, 说明土壤施用氮肥提高了土壤的有效氮, 这部分氮在淹水培养 14 天后逐渐矿化出来, 这一结论与前人研究认为施用氮肥能够促进土壤氮素矿化的结果相一致^[3-5], 在淹水培养 0~28 天时, 常规施氮、常规施氮+饼肥处理并无显著的差异, 在培养 42 天后, 常规施氮+饼肥处理的土壤矿质氮含量显著高于常规施氮处理, 且随着培养时间的延长, 两处理间的矿质氮含量间差距在增大, 在培养第 42、63、91、120 天常规施氮+饼肥处理比常规施氮处理矿质氮含量分别多出 5.2、11.1、21.2、10.8 mg/kg。这说明施用饼肥可增加土壤的可矿化氮, 但这部分氮性质不同于单施氮肥所增加的土壤活性氮, 其释过程相对比较缓慢而持久, 在水稻的生长发育过程中能够不断地补充氮素, 这与很多国内学者的研究结果类似^[4,7]。

在培养 42 天后各处理矿质氮含量均出现下降这一现象与一些学者观测到水稻土在淹水培养 56 天及旱地土壤在淹水培养 32 天后矿质氮出现明显的下降相类似^[10-11], 原因之一可能在于矿化出来的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 达到一定浓度后会抑制氨化微生物的活动, 非氨化微生物以未矿化的有机物为碳源, 矿化出来的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 为氮源, 大量繁殖, 导致了矿化出来的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 下降^[11],

另外也可能是淹水培养并非完全的厌氧环境, 如表 2 所示培养期间仍能检测出少量的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$, 土壤矿质氮可能通过硝化-反硝化途径以气体的形态损失了。

2.2 新型施肥措施对水稻土氮素矿化的影响

淹水培养期间不同新型施肥措施土壤矿质氮形态组成与表 2 具有类似的规律, 在培养第 0 天土壤矿质氮以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 为主, 常规施氮 (B)、常规施氮+木质素 (M)、常规施氮+有机碳源 (Y)、水稻缓释肥处理 (H) $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量分别为 11.1、9.9、6.2、10.1 mg/kg, 培养 7 天后迅速下降至 0.6、0.8、0、0.8 mg/kg, 淹水培养期间水稻土矿质氮主要以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 形式存在, 占矿质氮含量的 95% 以上, 水稻土壤矿质氮含量与时间关系如图 2。培养期间土壤矿质氮含量随时间延长先增加后减少, 常规施氮、常规施氮+木质素和常规施氮+有机碳源处理土壤矿质氮峰值出现在第 42 天, 而施水稻缓释肥处理的矿质氮在第 63 天达到峰值。方差分析表明, 整个淹水培养期间常规施氮+有机碳源处理的矿质氮含量显著低于其他处理; 在淹水培养 0~42 天常规施氮处理土壤矿质氮含量始终高于其他处理。在第 42 天各处理间土壤矿质氮含量出现明显的差异, 其大小顺序为常规施氮>常规施氮+木质素>水稻缓释肥>常规施氮+有机碳源, 分别为 89.5、83.4、74.9、70.1 mg/kg。与第 42 天相比, 第 63 天施缓释肥处理土壤矿质氮含量分别增加了 6.5 mg/kg, 其他处理都出现了下降, 以常规施氮+有机碳源处理下降最多, 矿质氮含量下降了 61.4%; 在培养第 91 天土壤矿质氮含量水稻缓释肥处理最大, 其次为常规施氮处理, 常规施氮+木质素处理, 常规施氮+有机碳源处理最小; 培养至第 120 天常规施氮和施水稻缓释肥处理矿质氮含量无显著差异, 而施木质素和有机碳源处理土壤矿质氮接近 0。

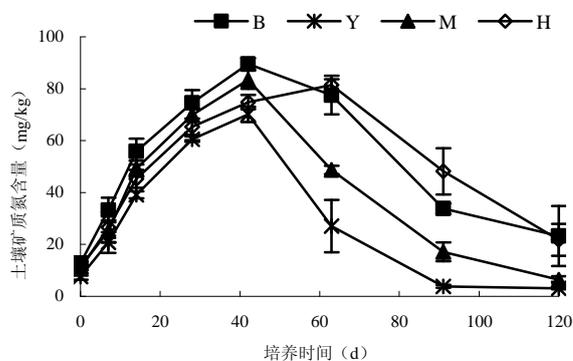


图2 新型施肥措施下土壤矿质氮含量变化

Fig. 2 Changes of soil mineral nitrogen contents under new-type fertilization treatments

在整个淹水培养期间常规施氮+木质素处理的矿质氮含量始终小于常规施氮处理,其原因一方面在于木质素对土壤酶具有抑制作用^[12-13],因而对土壤有机氮矿化具有一定的抑制作用;另一方面是加木质素处理具有较高的 C/N^[14],施入土壤后给土壤土著微生物提供了大量的碳源,激发了土壤微生物的活动,造成土壤微生物对无机氮的固定。

在整个淹水培养期间常规施氮+有机碳源处理土壤矿质氮含量始终小于常规施氮处理,这一现象与一些学者发现红壤性水稻土在淹水培养期间添加葡萄糖降低土壤氮矿化量结果相一致^[15-16]。本实验所施用的有机碳源,是自主配制的产品,碳源分子量大小不一,加入有机碳源提高了土壤的 C/N 比值,与木质素不同的是,有机碳源中的碳大多数更容易被微生物所利用,微生物在大量利用有机碳源的同时,势必加速土壤无机氮的转化,因而在整个培养期间常规施氮+有机碳源处理的土壤矿质氮含量显著小于常规施氮+木质素和常规施氮处理。

在淹水培养 0 ~ 42 天内,缓释肥处理的土壤矿质

氮含量小于常规施肥处理,其矿质氮峰值在第 63 天出现,相对其他处理峰值出现时间有所推迟,分析原因可能为本实验采用的缓释肥含有微生物抑制剂,杀死了土壤中部分微生物,减慢了土壤氮矿化的速率,同时在土壤中未分解的缓释肥在淹水培养后期逐步地释放养分,因而在培养第 63、91 天水稻缓释肥处理的土壤矿质氮含量最高,这一结果说明施用缓释肥对于土壤在水稻后期氮的供应上较其他 3 个处理更有保障。

2.3 不同施肥措施对土壤各供氮指标的影响

由表 3 可知,与不施氮处理(CK)相比,各常规施肥处理显著提高土壤全氮含量,常规施氮+饼肥处理(C)土壤全氮含量最高,对比不施氮处理土壤全氮分别提高了 10.5%。各常规施肥处理间碱解氮、初始矿质氮含量没有显著的差异。淹水培养期间土壤氮矿化量在这 4 个指标中对施肥反应最为敏感,低氮处理(A)、常规施氮(B)、常规施氮+饼肥(C)处理比不施肥处理氮矿化量分别增加了 23.0%, 37.9% 和 45.5%。

表 3 常规施肥措施下土壤的供氮指标

Table 3 Soil nitrogen indexes under normal fertilization treatments

处理	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	初始矿质氮 (mg/kg)	氮矿化量 (mg/kg)
CK	1.91 ± 0.07 c	115.17 ± 5.12 a	12.6 ± 1.0 a	55.6 ± 3.3 d
A	2.06 ± 0.04 b	115.95 ± 5.87 a	12.0 ± 2.1 a	68.4 ± 4.2 c
B	2.04 ± 0.10 b	113.80 ± 6.45 a	12.8 ± 0.6 a	76.7 ± 2.6 b
C	2.15 ± 0.04 a	116.23 ± 3.68 a	13.3 ± 1.2 a	80.9 ± 4.8 a

注: 同列中不同字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$), 氮矿化量 = 培养期间土壤矿质氮最大值 - 土壤起始矿质氮, 下同。

由表 4 可知,在 4 个新型施肥措施处理中常规施氮处理(B)全氮含量最低,在常规施氮处理的基础上增施木质素(M)、有机碳源(Y)或单独施用缓释肥(H),都能增加土壤全氮含量,其中常规处理+有机碳源处理全氮含量最高为 2.38 g/kg,比常规施氮含量增加了 16.7%。施用水稻缓释肥处理碱解氮含量最高为 151.30 mg/kg,其次为常规施氮+木质素处理,常规

施氮和常规施氮+有机碳源处理无显著的差异。常规施氮处理初始矿质氮含量最高为 12.8 mg/kg,常规施氮+有机碳源处理初始矿质氮含量最低为 7.6 mg/kg,缓释肥与常规施氮+木质素处理间无明显差异。常规施氮处理土壤氮矿化量最高,增加有机碳源、木质素或施用缓释肥均降低了土壤氮矿化量,其中常规施氮+有机碳源处理比常规施氮处理氮矿化量减少了 18.5%。

表 4 新型施肥措施下土壤供氮的指标

Table 4 Soil nitrogen indexes under new-type fertilization treatments

处理	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	初始矿质氮 (mg/kg)	氮矿化量 (mg/kg)
B	2.04 ± 0.10 c	114.80 ± 6.45 c	12.8 ± 0.6 a	76.7 ± 2.6 a
H	2.18 ± 0.05 b	151.30 ± 4.53 a	10.7 ± 1.3 b	70.7 ± 2.8 b
M	2.21 ± 0.06 b	123.02 ± 2.76 b	10.4 ± 1.6 b	71.5 ± 3.2 b
Y	2.38 ± 0.17 a	116.00 ± 6.18 c	7.6 ± 1.2 c	62.5 ± 5.2 c

3 讨论

从表3和表4可看出,施肥均能提高土壤全氮,而单施氮肥对于增加土壤氮库的作用相对不明显,原因在于氮肥施入后在土壤中保持较高的活性氮浓度,导致肥料氮的利用率和土壤的残留率较低^[17]。在常规施氮的基础上施加饼肥、木质素、有机碳源均显著提高了土壤的全氮含量。饼肥本身含有一定量的氮,且分解相对缓慢,因而增施饼肥能够提高土壤全氮,而木质素和有机碳源不含氮,常规施氮+木质素和常规施氮+有机碳源处理后的土壤全氮显著高于常规施氮+饼肥处理,说明增施木质素和有机碳源增加了活性氮在土壤中的固定,降低了氮向环境中损失的风险。施用化肥和饼肥对土壤初始矿质氮影响不大,常规施氮+木质素、常规施氮+有机碳源处理初始矿质氮显著低于常规施氮处理也证明了木质素和有机碳源对土壤矿质氮的固定作用。其中施用有机碳源的固氮效果最为明显,其初始矿质氮含量最低,比常规施氮处理低40.6%,而全氮含量最高,比常规施氮处理高16.7%。施用水稻缓释肥的土壤初始矿质氮显著小于常规施氮,而全氮显著高于常规施氮处理,其原因在于缓释肥相比普通氮肥,矿质氮的释放过程相对缓慢,活性氮在土壤中的含量相对较低,有利于降低土壤中活性氮向环境中损失的风险。

淹水培养期间水稻土氮矿化量对不同施肥措施反应最为敏感,不同处理间表现出显著差异。与不施氮处理相比,施用氮肥促进了土壤氮素的矿化,一些学者也观测到施氮后对矿化的激发效应^[19]。在常规施氮基础上施用饼肥能够提高土壤后期的供氮能力,原因在于饼肥中含有一定量的有机氮,其分解速度缓慢而持久,在淹水培养后期逐步被微生物矿化出来。在常规施氮的基础上增施木质素、有机碳源都抑制了水稻土氮矿化,其原因在于施用木质素能降低土壤酶的活性,此外木质素和有机碳源具有较大的C/N,微生物在利用碳源的同时,增加了对土壤无机氮的固持,而饼肥C/N低,因而在施用氮肥的基础上增施饼肥对土壤氮矿化具有促进作用。淹水培养期间缓释肥处理的土壤氮矿化量低于常规施肥处理,表明了该缓释肥对土壤氮矿化的抑制作用,原因在于本实验采用的缓释肥为含有抑制剂的缓释肥,其能杀死土壤中的部分微生物,抑制了土壤氮矿化的进行,淹水培养前期缓释肥处理土壤矿质氮含量低于常规施氮处理,培养后期矿质氮含量高于常规施氮,说明施缓释肥对于水稻在生育期后期的氮素补给,以提高水稻的产量可能起到

一定的作用。实际生产过程中采用的缓释肥种类较多和控释性也有所不同,本实验采用的缓释肥可能与其他种类的缓释肥对于土壤氮矿化的影响也可能有所不同。

土壤氮素的矿化与固持是相反的两个过程。从植物营养角度出发,土壤中的氮素需不断矿化以保证植物的生长发育,而从提高土壤肥力和生态环境保护方面来看,有必要增加土壤对氮的固持。施用氮肥、饼肥促进了土壤氮矿化,常规施氮基础上增施有机碳源与木质素或单独施用水稻缓释肥有利于土壤对氮的固定,增加了土壤氮库,但这部分增加的氮并未在室内淹水培养期间矿化出来,那么这部分氮能否在田间状态下释放出来供给作物利用,且能够释放出来比例有多少等还有待进一步的探讨。

4 结论

(1) 与不施氮处理相比,施用氮肥提高了土壤的全氮;与单施氮肥处理相比,采用新型施肥措施,木质素+氮肥、一次施用的缓释肥、有机碳源+氮肥等措施均能显著提高土壤全氮,其中增施有机碳源对提高土壤全氮效果最为明显。

(2) 与不施氮处理相比,施用氮肥、饼肥均促进了土壤氮矿化;在常规施氮基础上增施木质素和有机碳源或单独施用缓释肥降低了土壤的氮矿化作用,施用饼肥和缓释肥有利于提高土壤后期的供氮能力。

致谢: 本研究所用的木质素和一次施用的缓释肥分别由本所林先贵研究员和中国科学院沈阳应用生态研究所陈利军研究员提供,在此特表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 叶优良,张福锁,李生秀.土壤供氮能力指标研究.土壤通报,2001,32(6):273-276
- [2] Haynes RJ. The Decomposition Process: Mineralization, Immobilization, Biomass Formation and Degradation. Oxford, USA: Academic Press,1986: 52-126
- [3] 马力,杨林章,颜廷梅,王建国,李斗争,殷士学.长期施肥水稻土氮素剖面分布及温度对土壤氮素矿化特性的影响.土壤学报,2010,47(2):286-294
- [4] 周卫军,王凯荣,刘鑫.有机物循环对红壤稻田土N矿化的影响.生态学杂志,2004,23(1):39-43
- [5] 高亚军,黄东迈,朱培立,王志明.稻麦轮作条件下长期不同土壤管理对氮素肥力的影响.土壤学报,2004,37(4):456-463
- [6] 范晓晖,林德喜,沈敏,钦绳武.长期试验地潮土的矿化与硝

- 化作用特征. 土壤学报, 2005, 42(2): 340-343
- [7] 张玉玲, 张玉龙, 虞娜, 姬景红. 长期不同施肥对水稻土有机氮素矿化特性影响的研究. 植物营养与肥料学报 2008, 14(2): 272-276
- [8] Keeney DR, Bremner JM. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an index of soil nitrogen availability. *Agron. J.*, 1966, 58(5): 498-503
- [9] Sims JL, Wells JP, Tackett DL. Predicting nitrogen availability to rice: I Comparison of methods for determining available nitrogen to rice from field and reservoir soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1967, 31(5): 672-675
- [10] 闫德智, 王德建. 稻麦轮作条件下施用氮肥对土壤供氮能力的影响. 土壤通报, 2005, 36(2): 190-193
- [11] 李生秀, 艾绍英, 荷华. 连续淹水培养条件下土壤氮素的矿化过程. 西北农林大学学报, 1999, 27(1): 1-5
- [12] 朱启红. 木质素复混肥对土壤脲酶活性的影响. 农机化研究, 2007(5): 151-152
- [13] 陈倩, 穆环珍, 黄衍初. 木质素复合肥的研制及其对肥料氮磷有效性的影响. 农业环境科学学报, 2003, 22(1): 41-43
- [14] 朱兆华, 王德汉, 廖宗文, 游植粼. 改性造纸黑液木质素-氨氧化木质素(AOL)作为缓释氮肥的肥效研究. 农业环境保护, 2001, 20(2): 98-100, 119
- [15] 李辉信, 胡锋, 郭和生, 蔡贵信, 范晓晖. 添加碳源、磷和石灰对红壤氮素矿化和硝化作用的影响. 土壤, 2001, 32(3): 135-137
- [16] 俊仙, 李忠佩, 车玉萍. 添加葡萄糖对不同肥力红壤性水稻土氮素转化的影响. 中国农业科学, 2010, 43(8): 1 617-1 624
- [17] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策. 土壤与环境, 2000, 9(1): 1-6
- [18] 李世清, 李生秀. 淹水培养条件下铵态氮肥对土壤氮素的激发效应. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(4): 361-367

Effects of Different Fertilization Practices on Nitrogen Mineralization of Paddy Soils

LIU Ren-jun^{1,2}, CAO Yan-sheng^{1,2}, TIAN Yu-hua¹, YIN Bin¹

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China;

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Paddy soils from different fertilization treatments in the field experiment were collected to study the effects of different fertilization practices on soil nitrogen mineralization by using water-logged incubation method. The results showed that compared with control (no chemical nitrogen application), soil nitrogen mineralization capacity was promoted by either application of chemical nitrogen fertilizer or organic fertilizer. New fertilization practices which included applying the mixture of lignin and nitrogen fertilizer, slow-release fertilizer specific for rice, the mixture of organic carbon compounds and nitrogen fertilizer decreased the capacity of soil nitrogen mineralization. The application of the mixture of organic carbon compounds and nitrogen fertilizer reduced the amount of mineralized nitrogen by 18.5% during the water-logged incubation, while the total nitrogen of soil was increased by 16.7% compared with the treatment of local nitrogen application. These results suggest that the new fertilization practices are beneficial to increase nitrogen immobilization in the paddy soils thus can reduce the risk of nitrogen loss to the environment.

Key words: Paddy soil, Nitrogen mineralization, Immobilization, Water-logged incubation