

猪粪替代氮肥对稻麦轮作条件下土壤有机氮组分的影响^①

李 萌¹, 王昌全^{1*}, 李 冰¹, 杨 娟¹, 李喜喜¹, 游来勇^{1,2}, 李一丁¹

(1 四川农业大学资源学院, 成都 611130; 2 自贡市国土资源局, 四川自贡 643000)

摘 要:合理的有机肥投入水平对于保障土壤肥力和粮食生产有重要的意义。因此,本试验以猪粪作为试验材料,采用田间小区定位试验,通过设置对照(T0)、不施氮(T1)、100%化肥氮(T2)、25%猪粪氮+75%化肥氮(T3)、50%猪粪氮+50%化肥氮(T4)、100%猪粪氮(T5)6个不同施肥处理,探讨稻麦轮作体系下不同猪粪氮替代氮肥对土壤有机氮组分的影响。结果表明:猪粪替代氮肥可以提高稻麦轮作体系下土壤酸解性总氮、非酸解性总氮和酸解性氮各个组分的含量,在水稻季,T4处理的土壤酸解性总氮、氨基酸态氮和酸解未知氮的含量相较T0处理提高了17%、8%、133%;在小麦季,T3处理的土壤酸解性总氮、氨基酸态氮和酸解未知氮的含量相较T0处理分别增加了11%、8%、127%;各个猪粪替代氮水平对稻麦两季的土壤氨态氮和氨基糖态氮含量的影响均不显著。总体而言,水稻季50%猪粪替代氮肥和小麦季25%猪粪替代氮肥可以提高稻麦轮作条件下土壤酸解性总氮、氨基酸态氮和酸解未知氮的含量,进而增加土壤供氮潜力。

关键词:猪粪;稻麦轮作;土壤有机氮;氮组分

中图分类号:S153.6

氮是作物生长必须营养元素之一,且吸收的氮素大部分来自于土壤,而表土层中的氮素92%~98%以有机氮形态存在^[1-2]。土壤有机氮包括有机残体中的氮和土壤有机质或腐殖质中的氮^[3],其化学形态及其存在状况是影响土壤氮素有效性的重要因子^[4],也是矿质态氮的源和库^[5]。有机氮在土壤中的过度积累有可能带来环境污染等一系列负面效应^[6],但由于土壤有机氮在氮素的循环、土壤肥力和环境保护中具有重要的意义和地位,所以得到了广泛关注^[7-8]。1964—1965年,Keeney和Bremner先后提出了采用酸解法将土壤有机氮分组,对土壤有机氮组分的研究有极大的促进作用^[9-10]。巨晓棠等^[5]的研究表明,长期施用化肥和有机肥对土壤全氮和有机氮组成具有显著的影响。张玉树等^[11]的研究表明,长期施用不同肥料均提高了耕层土壤全氮和有机氮的含量。王晋等^[12]研究发现,水田种植较早地种植更有利于土壤中氮素的保存及利用。由此可以看出,土壤有机氮组分及其有效性的研究是土壤氮素肥力研究的重点。

随着畜禽养殖业的迅猛发展,规模不断扩大,畜禽数量猛增,进而带来的是养殖废弃物的增加和污

染。因此,养殖废弃物的合理利用引起了广泛的关注。宗海英等^[13]的研究表明,有机氮无机氮配施对土壤有机氮的影响显著,有利于氮素的积累。而过多的投入则不利于作物产量的提高,会降低品质,增加土壤的碳氮排放,以及养分流失而引发的农业面源污染^[14-16]。本实验通过开展田间定位试验,探讨猪粪氮替代氮肥对土壤有机氮及其形态变化的影响,以为实现猪粪合理施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验地点位于都江堰天马镇(30°57'40.99"N, 103°44'3.69"E,海拔648.04 m),地处成都平原的西北边缘,属四川盆地中亚热带湿润季风气候区,年均气温15.2℃,年均降水量近1200 mm,年均无霜期280天,历年平均日照时数1016.9 h。供试地块土壤为灰色冲积物发育的淹育水稻土,土壤肥力均匀,灌排方便。0~20 cm土层土壤基本化学性质为:pH 6.98,有机质28.40 g/kg,全氮1.87 g/kg,全磷0.86 g/kg,全钾32.2 g/kg,碱解氮176 mg/kg,有效磷11.6 mg/kg,

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD14B18)和四川省科技支撑计划项目(2012JZ0003, 2013NZ0028)资助。

* 通讯作者(w.changquan@163.com)

作者简介:李萌(1990—),男,陕西汉中,人,硕士研究生,主要从事土壤质量与环境可持续研究。E-mail:374112517@qq.com

速效钾 58.2 mg/kg。供试猪粪由都江堰德宏农业公司提供(水稻季:含 N 17.5 g/kg、P₂O₅ 68.7 g/kg、K₂O 15.6 g/kg,小麦季:含 N 16.0 g/kg、P₂O₅ 59.5 g/kg、K₂O 14.4 g/kg);无机肥料分别为市售尿素(含 N 464 g/kg),过磷酸钙(含 P₂O₅ 120 g/kg),氯化钾(含 K₂O 600 g/kg);水稻品种为 F 优 498。

1.2 试验设计

本试验为田间定位试验,从 2013 年 5 月开始,为冬小麦-水稻轮作体系,水稻季与小麦季所有处理均一致。试验共设对照(T0)、不施氮(T1)、常规 100%

化肥氮(T2)、75%化肥氮+25%猪粪氮(T3)、50%化肥氮+50%猪粪氮(T4)、50%猪粪氮(T5)6 个处理,3 次重复,小区面积 20.0 m²,各区组随机排列。小区间田埂用塑料薄膜覆盖,以防肥、水相互渗透,四周设保护行,每个小区均设进、排水口。水稻在 2013 年 5 月 30 日移栽,株行距分别为 13 cm 和 28.5 cm,每穴定植 2 株;小麦在 2013 年 10 月 28 日播种,各区组所用小麦品种和用量统一,由工人均匀撒施播种。所有肥料均作为基肥一次性施入,猪粪施用量按照常规化肥施氮量折算,不足养分用化肥补充。具体的施肥处理见表 1。

表 1 试验施肥情况(kg/hm²)
Table 1 Fertilization treatments in experiment

处理	水稻季				小麦季			
	化肥			猪粪	化肥			猪粪
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
对照,不施任何肥料(T0)	-	-	-	-	-	-	-	-
不施氮(T1)	-	75	75	-	-	90	90	-
常规 100%化肥氮(T2)	180	75	75	-	180	90	90	-
75%化肥氮和 25%猪粪氮(T3)	135	-	35	2 570	135	-	49.5	2 817
50%化肥氮和 50%猪粪氮(T4)	90	-	-	5 140	90	-	9	5 633
100%猪粪氮(T5)	-	-	-	10 279	-	-	-	11 267

注:“-”代表没有施用肥料。

1.3 采样及测定

本试验分别采集小麦和水稻成熟期土壤的表层土样(0~20 cm),用 5 点法分别在每个小区内采集土壤样品,分别混合后带回室内风干,经晾干后磨细过筛,测定土壤全氮、水解氮、有机氮。其中全氮采用凯氏定氮法;有机氮组分采用 Bremner 法^[17],即将待测土样用 6 mol/L HCl 于 120℃水解 12 h,然后分别测出水解液中氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮及未知态氮。

1.4 数据处理

本实验数据统计分析利用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS19.0 软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 土壤全氮、酸解性总氮和非酸解性总氮

2.1.1 水稻季 从表 2 可以看出,水稻季,土壤中酸解性总氮是全氮的主体,在不同的施肥处理下酸解氮的变幅为 867~1 024 mg/kg,占全氮的 56.8%~61.4%;非酸解性总氮的变幅范围为 560~760 mg/kg,占全氮的 36.1%~43.3%。其中在 T1 处理下酸解总氮占全氮的比例最小,而在 T4 处理下酸解性总氮占全氮的比例最高,为 61.4%,T4

表 2 猪粪替代氮肥对水稻收获期土壤全氮、酸解性总氮和非酸解性总氮的影响

Table 2 Effects of pig manure replacing nitrogen fertilizer on soil total nitrogen, total hydrolysable nitrogen and non-hydrolysable nitrogen in rice harvest stage

处理	酸解性总氮 (mg/kg)	非酸解性总氮 (mg/kg)	全氮 (mg/kg)
T0	874 ± 25 ab	564 ± 50 a	1 438 ± 25 a
T1	867 ± 47 b	660 ± 149 a	1 527 ± 194 a
T2	990 ± 76 ab	560 ± 105 a	1 550 ± 159 a
T3	944 ± 55 ab	647 ± 127 a	1 591 ± 120 a
T4	1 024 ± 38 a	644 ± 102 a	1 668 ± 117 a
T5	997 ± 76 ab	760 ± 44 a	1 757 ± 42 a

注:同列不同小写字母代表处理间差异显著(P<0.05);下同。

处理酸解性总氮含量较 T1 处理显著提高,T3 和 T4 处理能有效地提高酸解性总氮占全氮的比例;当单施猪粪时,酸解性总氮占全氮的比例反而降低,这可能是由于施用猪粪替代氮肥促进了酸解性氮矿化作用^[18]。T3、T4 和 T5 处理较 T2 处理全氮含量分别增加了 2.6%、7.6%、13.4%,说明较施用化肥,猪粪替代氮肥可以提高土壤全氮的含量;T1、T2、T3、T4 和 T5 处理较 T0 处理均提高了土壤全氮的含量,但是各施肥处理均不显著;与 T2 处理比较,T3 处理减少了酸解氮的含量,而 T4 和 T5 均增加了土壤酸

解性总氮的含量，分别增加了 3.4% 和 0.7%，T3、T4 和 T5 处理较 T2 处理均增加了非酸解性总氮的含量。因此，施用猪粪可以有效地增加酸解性总氮、非酸解性总氮和土壤总氮的含量，但各个施氮处理结果并不显著；T4 处理酸解性总氮含量达到最大；T5 处理土壤总氮和非酸解性总氮含量均有所增加，其酸解性总氮较 T4 处理降低了 2.6%。表明水稻季土壤酸解性总氮、非酸解性总氮和土壤全氮含量主要受猪粪替代水平的影响。

2.1.2 小麦季 由表 3 可见，小麦季，酸解性总氮是土壤全氮的主体。T2、T3、T4 和 T5 处理均增加了土壤酸解性总氮、非酸解性总氮和全氮的含量，T2、T3、T4 和 T5 处理酸解性总氮含量较 T0 处理分别增加了 24.9%、11.3%、5.8%、0%，非酸解氮含量较 T0 处理分别增加了 9%、18%、2.2%、17.5%，全氮含量较 T0 处理分别增加了 11.3%、6.8%、-2.1%、0.2%。各施肥处理土壤酸解性总氮、非酸解性总氮和全氮含量的差异不显著；随着猪粪替代氮肥量的增加，酸解性氮和全氮含量较 T2 处理有所降低，可能是由于猪粪替代氮肥增加了土壤酸解氮的矿化能力，

表 3 猪粪替代氮肥对小麦收获期土壤全氮、酸解性总氮和非酸解性总氮的影响

Table 3 Effects of pig manure replacing nitrogen fertilizer on soil total nitrogen, total hydrolysable nitrogen and non-hydrolysable nitrogen in wheat harvest stage

处理	酸解性总氮 (mg/kg)	非酸解性总氮 (mg/kg)	全氮 (mg/kg)
T0	910 ± 34 a	587 ± 70 a	1 497 ± 81 a
T1	906 ± 70 a	687 ± 81 a	1 593 ± 75 a
T2	1 137 ± 145 a	640 ± 106 a	1 777 ± 210 a
T3	1 013 ± 49 a	693 ± 129 a	1 706 ± 81 a
T4	963 ± 131 a	602 ± 30 a	1 565 ± 127 a
T5	910 ± 105 a	690 ± 53 a	1 600 ± 129 a

使得随着猪粪替代氮肥量的增加酸解性总氮出现降低趋势。各施肥处理下酸解氮含量的变幅范围为 906 ~ 1 137 mg/kg，占全氮的 56.9% ~ 64.0%；非酸解氮含量的变幅范围为 587 ~ 693 mg/kg，占全氮的 36% ~ 43.1%；T2、T3、T4 和 T5 处理下，土壤酸解性总氮占全氮的比例分别为 64%、59.4%、61.5%、56.9%。可以发现，在小麦季施用猪粪替代化肥效果并不好，这可能是由于在旱作条件相对较稳定，使得施用猪粪后土壤的氮素动态效果没有表现出来。

2.2 土壤有机氮组分

2.2.1 水稻季 土壤有机氮组分可以分为酸解氮和非酸解氮，其中酸解氮包括了氨基酸态氮、氨态氮、氨基糖态氮和酸解未知氮^[19]。从表 4 可以看出，在水稻季，单施化肥、猪粪和化肥配施和单施猪粪均可以提高土壤有机氮组分氨基酸态氮、氨态氮、氨基糖态氮和酸解未知氮的含量，但从各个处理来看，氨基酸态氮、氨态氮和氨基糖态氮差异均没有达到显著水平。氨基酸态氮是酸解性氮中主要的可鉴别的含氮有机化合物，所有处理的氨基酸态氮含量在 428 ~ 511 mg/kg，占全氮的 25.8% ~ 33%。不施氮处理 T1 较 T0 处理氨基酸态氮含量有所降低，单施化肥处理 T2、猪粪和化肥配施处理 T3 和 T4 及单施猪粪处理 T5 均使氨基酸态氮有所提高，但效果不显著。氨态氮占全氮的范围为 19.8% ~ 23.5%，氨态氮含量的范围为 314 ~ 367 mg/kg，可以看出猪粪与化肥配施可以增加有机氮组分中氨态氮的含量。从各有机氮组分所占全氮的比例可以看出，猪粪氮代替化肥降低了稻季土壤氨基酸态氮、氨态氮占全氮的百分比，增加了酸解未知氮占全氮的百分比，T3、T4 处理增加了氨基糖态氮占全氮的百分比。从猪粪的施用量考虑，水稻季施用 50% 的猪粪替代氮肥对土壤有机氮组分的影响效果最佳。

表 4 猪粪替代氮肥后水稻成熟期土壤有机氮组分的含量以及分布

Table 4 Contents and fractions of soil organic nitrogen after pig manure replacing nitrogen fertilizer in rice harvest stage

处理	酸溶性总氮								非酸解氮	
	氨基酸态氮		氨态氮		氨基糖态氮		酸解未知氮		含量 (mg/kg)	占全氮 (%)
	含量 (mg/kg)	占全氮 (%)	含量 (mg/kg)	占全氮 (%)	含量 (mg/kg)	占全氮 (%)	含量 (mg/kg)	占全氮 (%)		
T0	429 a	29.9	337 a	23.5	48 a	3.4	60 c	4.2	564 a	39.3
T1	428 a	28.0	327 a	21.4	60 a	4.1	52 c	3.4	660 a	43.3
T2	511 a	33.0	340 a	22.0	52 a	3.4	83 bc	5.7	560 a	36.2
T3	448 a	27.2	314 a	19.8	56 a	3.6	126 ab	8.0	647 a	41.7
T4	464 a	27.9	357 a	21.4	58 a	3.5	140 a	8.8	644 a	38.6
T5	453 a	25.8	367 a	20.9	48 a	2.8	129 ab	7.4	760 a	43.3

2.2.2 小麦季 由表 5 可得，小麦季氨基酸态氮的含量为 417 ~ 594 mg/kg，占全氮的 25% ~ 33.4%；单

施化肥氨基酸态氮的含量达最大，当猪粪替代氮肥直至单施猪粪时，氨基酸态氮的含量呈现下降的趋势。

表 5 猪粪替代氮肥后小麦成熟期土壤有机氮组分的含量以及分布
Table 5 Contents and fractions of soil organic nitrogen after pig manure replacing nitrogen fertilizer in wheat harvest stage

处理	酸溶性总氮								非酸解氮	
	氨基酸态氮		氨态氮		氨基糖态氮		酸解未知氮		含量 (mg/kg)	占全氮 (%)
	含量 (mg/kg)	占全氮 (%)	含量 (mg/kg)	占全氮 (%)	含量 (mg/kg)	占全氮 (%)	含量 (mg/kg)	占全氮 (%)		
T0	444 ab	29.7	350 a	23.4	46 a	3.2	60 b	4.1	587 a	39.2
T1	450 ab	28.2	344 a	21.6	67 a	4.2	55 b	3.4	687 a	43.1
T2	594 a	33.4	390 a	22.0	57 a	3.2	100 ab	5.7	640 a	36.1
T3	480 ab	28.2	337 a	19.8	60 a	3.6	136 a	9.1	693 a	39.7
T4	437 ab	28.0	340 a	21.8	54 a	3.7	135 a	8.8	602 a	40.4
T5	417 b	26.0	331 a	20.8	42 a	2.7	120 ab	7.5	690 a	43.0

在 T2 处理下, 氨态氮含量增量最大, 当猪粪替代氮肥时其含量呈下降趋势。氨基糖态氮含量在各个施肥处理下有增有降, 单施猪粪时较 T0 处理有所降低, 其他处理均增加。从试验结果来看, T1 处理降低了酸解未知氮的含量, 而 T2、T3、T4 和 T5 处理均增加了酸解未知氮的含量, 且 T3 和 T4 处理分别与 T0 处理在 $P < 0.05$ 水平下差异显著。猪粪替代氮肥, 当猪粪替代氮肥为 25% 时, 氨基酸态氮和酸解未知氮占全氮的百分比最大; 当猪粪替代氮肥超过 25% 时, 氨基酸态氮和酸解未知氮含量及其占全氮的百分比出现了降低趋势; 在 T3、T4 和 T5 处理下土壤非酸解氮、酸解未知氮的含量仍处于增加。从猪粪的施用量考虑, 小麦季施用 25% 的猪粪替代氮肥对土壤有机氮组分的影响效果最佳。

3 讨论

3.1 土壤全氮、酸解性总氮和非酸解性总氮

本试验研究猪粪替代氮肥对稻麦轮作条件下土壤有机氮组分的影响, 与不施肥处理比较, 单施化肥、猪粪与化肥配施和单施猪粪均增加了稻麦轮作条件下土壤酸解性总氮、非酸解性总氮和全氮的含量, 这与王克鹏等^[20]的研究结果一致。丛耀辉等^[21]的研究表明, 土壤酸解氮含量大于非酸解氮, 与本研究结果一致。水稻季, 随着使用猪粪替代氮肥含量的增加土壤全氮的含量大幅增加, 这可能是由于施用一定量的猪粪有利于土壤有机氮的积累; 小麦季, 随着猪粪替代氮肥施用量的增加, 土壤酸解性氮、非酸解氮和全氮均出现了降低趋势, 并且酸解氮的含量逐渐趋近于不施肥处理时酸解氮的含量。研究发现, 施用猪粪替代氮肥水稻季和小麦季土壤酸解性总氮、非酸解性总氮和全氮的影响是不同的, 可能是因为旱地土壤比水旱交替土壤更加稳定造成的^[22]。从各个施肥处理的结果来看, 猪粪替代氮肥对土壤酸解性氮、非酸解氮

和全氮的影响差异并不显著, 这可能是由于稻麦轮作周期比较短, 实验效果并不显著。

3.2 土壤有机氮组分

王媛等^[9]研究表明, 化肥配施有机肥或秸秆是提高土壤供氮潜力的有效手段, 氨基酸态氮是土壤可矿化态氮的主要贡献者。Li 等^[23]研究发现, 土壤有机氮组分中氨基酸态氮的含量最大, 其次是非水解氮、水解氮, 酸解未知态氮、氨基糖态氮。姜慧敏等^[24]和李树山等^[25]的研究表明, 有机肥可以明显增加土壤中氨基酸态氮的含量。张永全等^[26]的研究表明, 施用有机肥对有机氮各组分均有极显著影响, 从潮土中有机氮组分上来看, 酸解未知氮 > 基酸氮 > 酸解氨态氮 > 氨基糖态氮, 与本研究结果有所不同。李强等^[4]的研究表明, 水稻土中全氮及有机氮各组分含量无明显规律, 这可能与区域性的施肥等管理措施和气候因素综合作用相关。党亚爱等^[27]的研究表明, 黄土高原从北到南典型土壤全氮与微生物生物量氮、固定态铵及酸解有机氮各组分含量之间的相关性均达到极显著水平。本研究发现, 在水稻季, 单施化肥、猪粪和化肥配施和单施猪粪均可以提高土壤有机氮组分中氨基酸态氮、氨态氮、氨基糖态氮和酸解未知氮的含量, 施用猪粪替代氮肥对氨基酸态氮、酸解未知氮和非酸解氮的影响较大; 在小麦季, 施用猪粪替代氮肥对酸解未知氮的影响比较大, 对氨基酸态氮、氨态氮、氨基糖态氮和非酸解氮均无明显的影响。各个施肥处理下差异不显著, 主要原因是土壤在稻麦轮作下所处的环境不同, 且稻麦轮作周期较短。

4 结论

1) 水稻季, 当猪粪替代氮肥量占 50% 时为最佳猪粪替代量, 土壤酸解性总氮和全氮含量增加到最大, 氨基酸态氮和酸解未知氮增量达最大, 但是猪粪替代氮肥对氨态氮和氨基糖态氮影响不显著。

2) 小麦季,当猪粪施用量占25%时为最佳施用量,土壤全氮、氨基酸态氮和酸解未知氮含量较高,猪粪替代氮肥对氨态氮、氨基糖态氮的影响不显著。

3) 土壤氮素中有机氮占主体,施用猪粪对稻麦轮作表层土壤(0~20 cm)酸解性总氮、非酸解性总氮、全氮和酸解性总氮各组分的含量均有不同程度的增加,而差异不显著;不同量猪粪替代氮肥处理土壤有机氮组分的含量占全氮的比例具体表现为:非酸解性总氮>氨基酸态氮>氨态氮>酸解未知氮>氨基糖态氮。

参考文献:

- [1] Stevenson F J. Organic forms of soil nitrogen[J]. Aronomy. A Series of Monographs. American Society of Agronomy, 1982, 22: 67-122
- [2] Kielland K, McFarland J W, Ruess R W, Olson K. Rapid cycling of organic nitrogen in Taiga forest ecosystems. Ecosystems, 2007, 10(3): 360-368
- [3] 李强,王晋,庄舜尧. 我国南方不同地带性水稻土有机氮组分变化[J]. 土壤, 2015, 47(5): 940-946
- [4] Bremner J M. Organic forms of nitrogen[C]// Black C A. Methods of Soil Analysis. Agronomy 9. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy Incorporation, 1965: 1148-1178
- [5] 巨晓棠,刘学军,张福锁. 长期施肥对土壤有机氮组成的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(1): 87-91
- [6] 肖巧琳,罗建新,杨琼. 烟稻轮作中稻草还田对土壤有机氮各组分的影响[J]. 土壤, 2011, 43(2): 167-173
- [7] 彭银燕,黄运湘,孙梅. 长期施肥条件下水稻土有机氮组分及矿化特性研究[J]. 水土保持学报, 2012, 26(5): 173-176
- [8] 张玉玲,陈温福,虞娜,等. 长期不同土地利用方式对潮棕壤有机氮组分及剖面分布的影响[J]. 土壤学报, 2012, 49(4): 740-747
- [9] 王媛,周建斌,杨学云. 长期不同培肥处理对土壤有机氮组分及氮素矿化特性的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(6): 1173-1180
- [10] Keeney D R, Bremner J M. Effect of cultivation on the nitrogen distribution in soils [J]. Soil Science Society of America Proceeding, 1964, 28: 653-661
- [11] 张玉树,丁洪,王飞,等. 长期施用不同肥料的土壤有机氮组分变化特征[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(10): 1981-1986
- [12] 王晋,庄舜尧,朱兆良. 不同种植年限水田与旱地土壤有机氮组分变化[J]. 土壤学报, 2014, 2(2): 286-294
- [13] 宗海英,王凯荣,谢小立. 长期施肥对红壤性水稻土有机氮组分的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(8): 1721-1726
- [14] 常维娜,周慧平,高燕. 种养平衡—农业污染减排模式探讨[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(11): 2118-2124
- [15] 翁伯琦,雷锦桂,江枝和,等. 集约化畜牧业污染现状分析及资源化循环利用对策思考[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(1): 294-299
- [16] 王敬,张金波,蔡祖聪. 太湖地区稻麦轮作农田改葡萄园对土壤氮转化过程的影响[J]. 土壤学报, 2016, 53(1): 166-176
- [17] 鲁如坤. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业科技出版社, 2000
- [18] 肖伟伟,范晓晖,杨林章,等. 长期定位施肥对潮土有机氮组分和有机碳的影响[J]. 土壤学报, 2009, 46(2): 274-280
- [19] 姬景红,张玉龙,张玉玲,等. 灌溉方法对保护地土壤有机氮矿化特性的影响[J]. 土壤学报, 2009, 46(5): 869-877
- [20] 王克鹏,张仁陟,索东让. 长期施肥对河西灌漠土有机氮组分及剖面分布的影响[J]. 土壤通报, 2009(5): 1092-1097
- [21] 丛耀辉,张玉玲,张玉龙,等. 黑土区水稻土有机氮组分及其对可矿化氮的贡献[J]. 土壤学报, 2016, 53(2): 457-467
- [22] 肖巧琳,罗建新,杨琼. 烟稻轮作中稻草还田对土壤有机氮各组分的影响 [J]. 土壤, 2011, 43(2): 167-173
- [23] Li S X, Wang Z H, Miao Y F, et al. Soil organic nitrogen and its contribution to crop production[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2014, 13(10): 2061-2080
- [24] 姜慧敏,李树山,张建峰,等. 外源化肥氮素在土壤有机氮库中的转化及关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(6): 1421-1430
- [25] 李树山,杨俊诚,姜慧敏,等. 有机无机肥氮素对冬小麦季潮土氮库的影响及残留形态分布[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(6): 1185-1193
- [26] 张永全,寇长林,马政华,等. 长期有机肥与氮肥配施对潮土有机碳和有机氮组分的影响[J]. 土壤通报, 2015(3): 584-589
- [27] 党亚爱,王立青,张敏. 黄土高原南北主要类型土壤氮组分相关关系研究[J]. 土壤, 2015, 47(3): 490-495

Effects of Pig Manure Replacing Nitrogen Fertilizer on Soil Organic Nitrogen Components Under Rice-Wheat Rotation

LI Meng¹, WANG Changquan^{1*}, LI Bing¹, YANG Juan¹, LI Xixi¹, YOU Laiyong^{1,2}, LI Yiding¹

(1 College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2 Zigong Land Resources Bureau, Zigong, Sichuan 643000, China)

Abstract: The reasonable level of organic fertilizer is important for the protection of soil fertility and grain production. Therefore, a field experiment was conducted to study the effects of pig manure replacing nitrogen fertilizer on soil organic nitrogen components under rice-wheat rotation, six treatments were designed which included no fertilization (T0), no nitrogen (T1), single application of chemical fertilizer (T2), 25% pig manure nitrogen and 75% chemical fertilizer nitrogen (T3), 50% pig manure nitrogen and 50% chemical fertilizer nitrogen (T4), 100% pig manure nitrogen (T5). The results showed that pig manure replacing nitrogen fertilizer increased total hydrolysable nitrogen, non-hydrolysable nitrogen and acid solution nitrogen of each component content. Compared with T0, in rice season, the contents of soil total hydrolysable nitrogen, amino acid nitrogen and hydrolysable unidentified nitrogen under T4 treatment increased by 17%, 8% and 133%, respectively; in wheat season, the contents of soil total hydrolysable nitrogen, amino acid nitrogen and hydrolysable unidentified nitrogen under T3 treatment increased by 11%, 8% and 127%, respectively, compared with T0 treatment; however, the effects of each treatment were not significant on the contents of ammonia nitrogen and amino sugar nitrogen both in rice season and wheat season. In general, in rice season 50% pig manure replacing nitrogen fertilizer and in wheat season 25% pig manure replacing nitrogen fertilizer can increase the contents of soil total hydrolysable nitrogen, amino acid nitrogen and hydrolysable unidentified nitrogen, thereby can increase soil nitrogen supplying capacity.

Key words: Pig manure; Rice-wheat rotation; Soil organic nitrogen; Nitrogen component