

水稻田铁锰对氮素转化影响的实验研究

陈建平^{1,2}, 李想¹, 王明玉², 庞连杰³

(1. 辽宁工程技术大学 环境科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000;

2. 中国科学院研究生院资源与环境学院, 北京 100049; 3. 辽河油田供水公司, 辽宁 盘锦 124000)

摘要:以江西千烟洲农业生态系统内水稻田为对象,通过对不同深度土壤中铁锰含量与三氮含量的相关分析,确定了包气带中影响三氮迁移转化的主要铁锰浓度场位。分析结果表明:120 cm 以下深度铁锰含量呈显著性正相关,铁锰的伴随关系良好;在120 cm 土层中三氮变化受铁锰浓度场的控制显著,其他土层并不明显;五个不同深度土层中铁锰与氨氮和硝酸盐氮的相关系数出现波浪形变化,并且在研究区域,铁锰均表现出对硝化反应的抑制作用。

关键词:铁锰;氮;迁移转化;相关分析

中图分类号:X523

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2012)01-0106-03

Experiment on effect of iron and manganese on nitrogen transformation in agri-ecosystem paddy field

CHEN Jianping^{1,2}, LI Xiang¹, WANG Mingyu², PANG Lianjie³

(1. College of Environmental Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Liaohe Oil Field Water Supply Company, Panjin 124000, China)

Abstract: Taking agri-ecosystems paddy field in Qianyanzhou, Jiangxi for example, the paper analyzed the relations between iron, manganese and nitrogen contents at different soil depths to determine the position where iron and manganese affected nitrogen transport and transformation in unsaturated zone. The results showed that the iron and manganese content had a significant positive relationship underneath 120cm. Nitrogen transport and transformation are affected obviously at the same depth, while not in other depths. The correlation coefficient between iron, manganese and nitrogen varies in wave among five different depths. Both iron and manganese have a negative effect on nitrification in the scope of the study.

Key words: iron and manganese; nitrogen; migrate and transform; correlation analysis

地下水氮污染是相当普遍的环境问题,已引起国内外诸多学者的高度重视,并先后对地下水环境中氮素污染及其控制进行了研究^[1]。农田包气带是氮素循环转化的重要场地,也是氮素污染进入地下水的主要途径。多年来化肥农药在农业上的大量施用,在降水和灌溉作用下,土壤水向下渗漏,可溶性高的硝态氮(NO_3^- -N)和少量的铵态氮(NH_4^+ -N)随水流渗至下部土层和浅层地下水中,一方面产生地下水硝酸盐的污染;另一方面地下水硝态氮污染往往通过对地表河流的排泄、补给,对地表水体的富营养化产生威胁^[2]。

郭毓,杨维等研究表明:水文地球化学环境密切相关的铁锰离子质量浓度场与地下氮污染物的转化互相影响^[3]。杨维,王恩德等研究表明:区域环境水文地球化学场与地下水中的氮转化关系密切,含水层的岩性组合和锰离子浓度场控制着地下水中氮的存

在形式^[4]。初元满,杨维等定性研究了不同浓度的铁离子对“三氮”的变化影响,证明了铁促进铵态氮的吸附、促进硝化反应的进行^[5]。已有研究虽然确定了铁锰对氮素转化的影响,但对于不同深度的地下水环境中铁锰和氮素的相关性分析还未见报道。

本文以中国科学院江西千烟洲农业生态试验站的水稻田为试验区,通过对水稻土包气带不同深度地下水进行采样,分析水中三氮、总铁、可溶态锰及pH值基本特征,比较三氮在包气带水环境中的分布特征及其铁锰浓度场的变化,探讨不同深度铁、锰浓度场与三氮含量的相关性,为进一步研究锰铁离子对氮素转化的定量影响和氮素污染地下水的预测提供科学依据。

1 自然状况及研究方法

1.1 自然状况

本文试验区为中国科学院千烟洲生态网络试验

收稿日期:2011-10-20

基金项目:973项目(2010CB428801);中国科学院百人计划项目(99T3005WA2)

作者简介:陈建平(1971-),男,山西保德人,博士,副教授,主要从事环境工程和地质工程等方面的教学和科研工作。

通讯作者:王明玉(1961-),男,山东人,教授,博导,主要从事水文地质和环境科学研究工作。

站水稻试验田,地处江西省吉泰盆地泰和县灌溪镇桃源村境内,地理位置为东经 115°04′13″,北纬 26°44′48″,属于典型的红壤丘陵地貌。此区属典型的亚热带季风气候,夏无酷热,冬无严寒,气候温和,降雨量季节分配不均,水热不完全同步。区内年日照时数 1 406 h,年日照百分率 43%,太阳年总辐射量 4 349 MJ/m²,无霜期 323 d。试区年均气温 16.5℃,年均地表温度 17.4℃,平均最高温度为 21.1℃,平均最低年均气温 16.5℃,年均相对湿度为 88.8%。年均降水量 1 570.4 mm,降雨量季节分配不均匀,多集中于 3-9 月;年均径流量 29.1 亿 m³,平均径流深 799.6 mm;历史多年平均蒸发量为 1 358.6 mm^[6-7]。

1.2 研究方法

1.2.1 样点布置 在农田试验区,采用圆形布点式,用直径为 4 cm 的土钻分别钻出深度为 40、80、120、160、200 cm 的垂直圆孔,并在不同的土层深度埋设直径 2.2 cm 陶土管土壤溶液采集器。

1.2.2 采样 每次采样前,将 1 000 mL 棕色采样瓶洗涤干净。用脚踏式真空压力泵将棕色瓶抽成负压 0.07 MPa,每次每土层采液 500~600 mL,每层做一次重复,采集频率一般为 4~6 d,经历两个种植期。采样完毕后将采样瓶及时盖紧,避免土壤水中的还原性物质被氧化、吸附和光解。采样后半小时送达实验室,进行化学分析。

1.2.3 测定方法 水质监测指标主要包括硝酸盐氮(NO₃⁻-N)、亚硝酸盐氮(NO₂⁻-N)、氨氮(NH₄⁺-N)、可滤态锰(Mn)、总铁(TFe)。测定方法如下:氨氮用纳氏试剂分光光度法测定;亚硝酸盐氮用盐酸萘乙二胺分光光度法测定;硝酸盐氮用酚二磺酸分光光度法测定;可滤态锰用高碘酸钾分光光度法测定;总铁用邻菲罗啉分光光度法测定。

2 结果与分析

对不同深度包气带土壤水中三氮与铁锰含量的相性进行了统计分析,并用 SPASS 软件进行了相关关第的定量分析,结果如表 1。在 40 cm 深度土层中,可滤态锰和亚硝酸盐氮、硝酸盐氮呈正相关,和氨氮呈显著的负相关,相关系数为-0.828。总铁和亚硝酸盐氮呈正相关,和硝酸盐氮呈负相关。虽然除可滤态锰和氨氮外其他相关性并不显著,但也可以在一定程度上反映出在 40 cm 深度土层中,锰促进了硝化反应的的进行,而铁抑制了这一过程。

在 80 cm 深度土层中,可滤态锰和总铁与“三氮”的相关性均不显著,40~80 cm 层段为土壤渗育层,铁

锰大部分被淋失,只有少量的铁锰“斑纹”在土壤中存在,所以该层段土壤溶液中铁锰的变化趋势不是很大,其对“三氮”之间的相互转化影响也相对较弱。

表 1 不同深度包气带土壤水中三氮与铁锰含量的相关关系

cm					
深度	氨氮	亚硝酸盐氮	硝酸盐氮	Mn	TFe
40 氨氮	1				
亚硝酸盐氮	0.152	1			
硝酸盐氮	-0.517	0.035	1		
Mn	-0.828 *	0.119	0.595	1	
TFe	0.152	0.724	-0.571	0.035	1
80 氨氮	1				
亚硝酸盐氮	-0.319	1			
硝酸盐氮	-0.841 *	0.214	1		
Mn	-0.142	0.414	-0.066	1	
TFe	0.035	0.010	0.023	0.412	1
120 氨氮	1				
亚硝酸盐氮	0.650	1			
硝酸盐氮	-0.894 **	-0.875 **	1		
Mn	0.857 *	0.945 **	-0.912 **	1	
TFe	0.833 *	0.746 *	-0.820 **	0.778 *	1
160 氨氮	1				
亚硝酸盐氮	0.322	1			
硝酸盐氮	-0.139	0.050	1		
Mn	0.228	0.118	-0.199	1	
TFe	0.256	0.254	-0.328	0.976 *	1
200 氨氮	1				
亚硝酸盐氮	-0.227	1			
硝酸盐氮	-0.8125 *	0.266	1		
Mn	0.366	0.623 *	-0.361	1	
TFe	0.275	0.350	-0.520	0.876 **	1

注:样本容量 16,**表示相关性极显著,*表示相关性显著。

在 120 cm 深度土层中,可滤态锰和氨氮呈显著正相关,和亚硝酸盐氮呈极显著正相关,和硝酸盐氮呈极显著负相关,相关系数分别为 0.857、0.945、-0.912;总铁和氨氮与亚硝酸盐氮呈显著正相关,和硝酸盐氮呈极显著正相关,相关系数分别为 0.833、0.746、-0.820。铁锰含量呈显著性正相关,相关系数为 0.778*,铁锰迁移具有高度的伴随性,说明铁锰以铁锰结核的形式存在。表 1 中可以看出 120 cm 层段三氮形态的转变受铁锰含量的影响非常之大。

在 160 cm 深度土层中,可滤态锰和总铁与“三氮”的相关性均不显著。铁锰含量呈极显著性正相关性,相关系数为 0.976,铁锰具有高度伴生性。80~160 cm 为淋溶层,土壤水溶液中铁锰含量逐渐升高,经历了 120 cm 土层的铁锰浓度后,铁锰对三氮转化的影响逐渐减弱。

在 200 cm 深度土层中,可滤态锰和亚硝酸盐氮呈显著正相关,相关系数为 0.623。铁锰含量仍呈极显著正相关性,相关系数 0.876。160 ~ 200 cm 为淀积层,铁锰以结核的方式沉淀于土壤中,迁移性较差,水溶液中含量逐渐降低。铁、锰两元素都是过渡型金属元素,具有相似的原子半径、离子半径及电负性,表现出地球化学性质的相似性,此包气带 120 ~ 200 cm 层位铁锰共生的地球化学特征证明了这一点。

3 结果讨论

通过对水稻试验田中不同深度的包气带土层水进行的铁锰与三氮转化的相关性分析得知:三氮在包气带中的存在形态与铁锰离子质量浓度场密切相关,并且铁锰对三氮转化的影响在不同深度的土层中也存在很大差异。这是因为包气带土壤作为氮素循环的中心,不同程度的硝化、反硝化作用会影响土壤中 DO 和 pH 值^[8]。在金属元素当中,铁锰为氧化还原极其敏感元素,DO 和 pH 值的变化会影响土壤中铁锰的存在形式,进而改变土壤溶液中铁锰的价态和含量;以吸附形式存在的可交换态铁锰,当水动力条件和理化因子发生改变时,就会解吸释放进入水体,与水环境中的无机离子发生反应;在缺氧条件下,具有氧化性的高价态铁锰离子可以与还原性氨氮、亚硝酸盐氮反应,使亚硝酸盐氮浓度降低,硝酸盐氮浓度升高,低价态铁锰离子可以还原硝酸盐氮,铁锰在价态变化过程中得失电子与无机氮盐直接进行作用,改变了氮的存在形态^[9]。

在 40 ~ 200 cm 五个不同深度土层中可滤态锰与氨氮的相关系数依次为: -0.857, -0.142, 0.857, 0.228, 0.366;可滤态锰与硝酸盐氮的相关系数依次为: 0.595, -0.066, -0.912, -0.199, -0.361。很明显两组相关系数均存在波浪形变化。锰是一种对水分和热量变化比较敏感的元素,在淹水环境中,土壤处于厌氧还原状态,土壤中的锰不断被还原并随水向下层迁移。研究区域锰含量特点为:随深度增加,可溶态锰含量先升高后降低,在犁底层达到最小值;而后随着淋溶的加剧,可溶态锰含量迅速增加,在淀积层含量逐渐下降。由此可见可滤态锰浓度的高低是左右其对三氮转化影响大小的重要因素,并且随深度增加,锰逐渐表现出对硝化反应的抑制作用。

总铁与氨氮的相关系数依次为: 0.152, 0.035, 0.833, 0.256, 0.275;总铁与硝酸盐氮的相关系数依次为: -0.571, 0.023, -0.820, -0.328, -0.520。两组相关系数也存在波浪形变化。研究区域铁含量特点

为: 40 ~ 80 cm 层段为土壤渗育层,该层段土壤溶液中铁的变化趋势不大且含量很小; 80 ~ 160 cm 层段随着土壤深度增加总铁含量逐渐增加, 160 ~ 200 cm 铁淀积,水溶液中总铁含量又逐渐下降;随着深度增加,总铁含量并不成递减趋势,而是增减交替出现;说明土壤层次中存在氧化还原的交替环境。总铁和可滤态锰一样在各个土层中表现出对硝化反应的抑制作用,体现了水稻田中土壤的偏厌氧还原状态。

其中层位 120 cm 深度段处于水稻种植期地下水位变化的波动带,是包气带与饱水带转换的空间,是菌群活化过渡的层位,此层段铁锰细菌开始聚集,三氮与铁锰变化表现出显著的相关性。120 cm 以下深度段,土体中高含量的原生铁形成的微耗氧铁细菌强化了包气带的还原环境,使得含氧量不足以促成氨态氮转化为硝酸盐氮的硝化作用发生,受控于反硝化菌的反硝化作用显著,表现为硝酸盐氮减少。在其他深度土层中,“三氮”与铁锰含量之间相关性并不明显,这可能跟铁锰含量的高低和微生物活动强度等因素有关。

综上所述,研究区水稻田中铁锰和氮素含量在不同深度土层的相关性不同,揭示出该区域铁锰和氮素的空间异质性。

参考文献:

- [1] 陈伟伟,李强坤,胡亚伟,等. 铜峡灌区水稻田三氮变化特征试验研究[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(4): 790 - 794.
- [2] 王伟宁,许光泉,何晓文. 淮北平原地下水三氮浓度分布规律及其影响因素分析[J]. 水资源保护, 2010, 26(2): 45 - 47.
- [3] 郭毓,杨维,刘文粟,等. 区域地球化学特征对氮在包气带转化的影响研究[J]. 工业安全与环保, 2008, 34(4): 42 - 44.
- [4] 杨维,王恩德,李勇,等. 浑河冲洪积扇中下游地下水中氮转化与水文地球化学特征的研究[J]. 水文地质工程地质, 2005, 32(2): 39 - 41.
- [5] 曹英兰,刘延锋,徐颖. 红壤对三氮吸附—解吸性能实验研究[J]. 集美大学学报, 2009, 14(3): 245 - 249.
- [6] 邓铁金,樊友安,周任发. 红壤性水稻土的形成过程特点及其肥力演变[J]. 土壤学报, 1985, 22(1): 1 - 12.
- [7] 张宏志,邹敬东,刘琪璟,等. 红壤丘陵区生态系统恢复土壤理化特征[J]. 江西科学, 2003, 21(3): 193 - 200.
- [8] 杨维,王泳,郭毓,等. 地下水中铁锰对氮转化影响的实验研究[J]. 沈阳建筑大学学报, 2008, 24(2): 286 - 290.
- [9] 徐建国,李生果,朱恒华,等. 南四湖流域平原区浅层地下水氮污染特征[J]. 工程勘察, 2010(5): 40 - 44.