

文章编号:1671-6833(2007)01-0110-04

影响河流渗滤系统中有机氮矿化作用的因素研究

李金荣¹, 崔燕平¹, 邱 成², 杨振放¹

(1. 郑州大学 环境与水利学院, 河南 郑州 450001; 2. 黄河河务局 惠金河务局, 河南 郑州 450045)

摘 要: 河流沉积层中有机氮的矿化对地下水环境的影响很大, 影响矿化的因素很多, 主要包括环境条件、黏土含量等, 通过室内设计的几套土柱实验, 详细进行影响矿化作用的因素分析. 结果表明: 渗滤系统中有机质含量越丰富, 系统中有机氮矿化出来的氮量越多.

关键词: 河流渗滤系统; 有机质; 矿化作用; 氮氮

中图分类号: P 641.3 文献标识码: A

0 引言

土壤供氮能力是指在作物生长期土壤能为作物提供可利用的有效氮量. 沉积物中氮素绝大部分以有机态存在. 有机态氮一般不能被植物吸收利用, 只有在适宜的条件下, 经微生物或细菌分解, 转化成能被植物吸收利用的矿物氮, 这一过程称为氮素的矿化作用. 土壤氮素矿化是反映土壤供氮能力的重要因素之一, 也是目前国内外土壤生态研究的热点之一^[1].

近几年来在渭河两岸的地下水中发现 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量较高, 那么河流沉积物中有机氮的矿化对它是否有影响? 渭河沉积物中有机氮的矿化能力又如何? 为了弄清楚渭河沉积物中有机氮矿化能力及其影响因素, 很有必要开展渭河渗滤系统^[2]有机氮矿化行为的实验研究.

1 矿化实验介绍

在咸阳东渭河大桥附近采集河流细粒沉积层

淤泥, 用塑料袋包装, 运回实验室, 在室温下风干, 剔除较大颗粒的石块和植物根系, 余供实验用. 采集建筑用的砂子(用作配制渭河含水层介质).

设计的室内渗滤实验系统由三部分构成. 输入系统: 该系统负责把配制好的输入液以定水头方式源源不断地供给模拟的“渭河渗滤系统”. 模拟的“渭河渗滤系统”: 把取自渭河的细粒沉积层装填入有机玻璃柱中, 制成模拟的“渭河渗滤系统”, 入口连通“输入系统”, 出口连通“渗滤水输出采集系统”. 渗滤水输出采集系统: 负责采集渗滤液并测量其流量, 同时还检测渗滤液中其它成分的浓度^[3-5], 其实验装置见图 1.

根据影响有机氮矿化行为的主要因素^[6]: 厌氧和好氧环境, 沉积层厚度, 以及有机质的含量, 本次渗滤实验共设计 4 个方案, 见表 1.

表 1 有机氮矿化实验的 4 个方案

Tab. 1 Four experiment configuration in ammonification of orginal nitrogen

方案	1	2	3	4
$\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	自来水	20	20-40-80-160-200	20-30-40
渗滤环境	厌氧	好氧	厌氧	好氧
沉积层厚度/cm	5	5	20	20
是否含有有机质	有	有	有	无
沉积层粒度	黏土	黏土	黏土	砂粒

收稿日期:2006-09-26;修订日期:2006-12-06
基金项目:中国地质调查局资助重大项目(1212010331302).
作者简介:李金荣(1973-),女,河南鹤壁人,郑州大学副教授,博士,主要从事环境工程与水文水资源方面的研究.

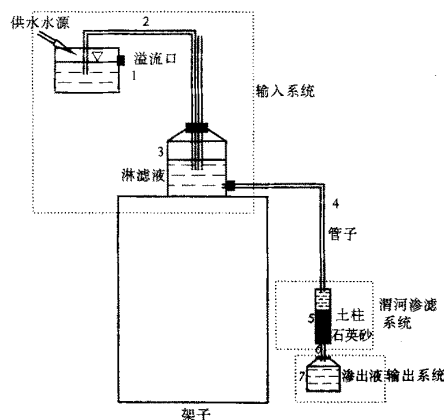


图1 有机氮矿化实验装置示意图

Fig.1 The sketch map of original nitrogen ammonification experiment

1-水源箱;2-胶管;3-供水瓶;4-胶管;
5-有机玻璃柱;6-胶管;7-量瓶

2 实验结果分析与讨论

对不同实验方案的实验结果综合分析,可以得出下面的分析结果:

2.1 自来水矿化培养的结果

即方案1实验结果.从渗出液 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度历时曲线(图2)看,随着矿化培养时间的延长,矿化出来的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 量越来越低,与影响矿化作用的因素相对应,并从渗出液溶解氧浓度历时曲线(图5)得知,培养实验刚开始渗滤系统环境为厌氧条件,培养实验后期为好氧环境,这与渗出液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度变化也互相一致.开始渗出液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度最大,与渗滤系统的厌氧条件是紧密相关的,随着培养时间的延长,环境从厌氧向好氧条件转变,使渗出液 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度由大变小,正好符合了厌氧环境矿化出来的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 量大于好氧条件的.从渗出液 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度历时曲线(图3)看,矿化培养期间, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度变化不大,这与渗滤系统本身的环境有关,虽然矿化实验开始渗滤系统是厌氧环境,但是厌氧时间达不到反硝化菌培养时间,所以不能形成反硝化作用,矿化培养后期,系统是好氧环境, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 更是呈现惰性,故整个实验期间 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度变化不大.

从渗出液 pH 历时曲线(图4)看,虽然 pH 变化不大,但开始培养时(0~30 d)渗出液的 pH 还是稍微下降了,这正好验证了厌氧环境下渗出液呈现弱酸性.培养后期(30 d 以后),pH 稍微上升,与渗滤系统是好氧环境有关,这也符合矿化作

用的影响因素分析.

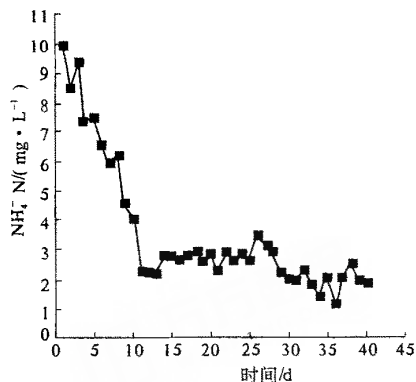
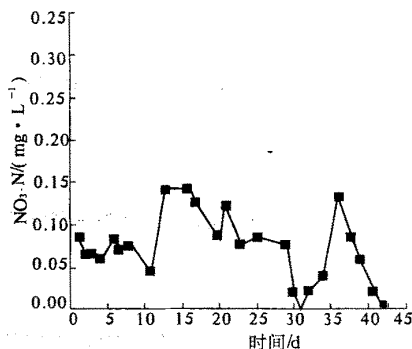
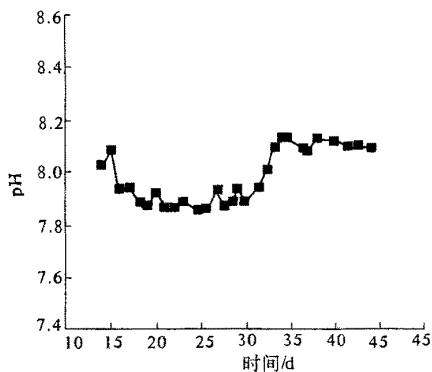
图2 方案1 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度历时曲线Fig.2 The variances of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ concentration (configuration one)图3 方案2 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度历时曲线Fig.3 The variances of $\text{NO}_3^- - \text{N}$ concentration (configuration two)

图4 方案1 pH 历时曲线

Fig.4 The variances of PH (configuration one)

2.2 加入硝酸根后矿化培养的结果

方案3 渗出液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度历时曲线如图6(其中直线1~4分别是 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度加大时间),渗出液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度在 15.91~31.89 mg/L 之间,培养0~58 d,输入液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的浓度为 20 mg/L,渗出液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 最高达31.89 mg/L.

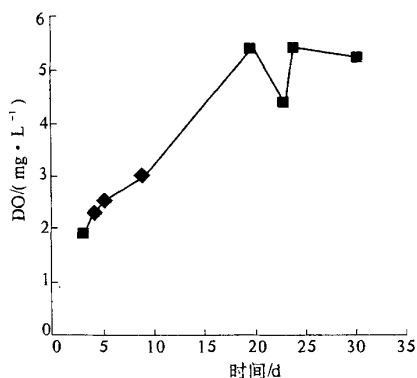
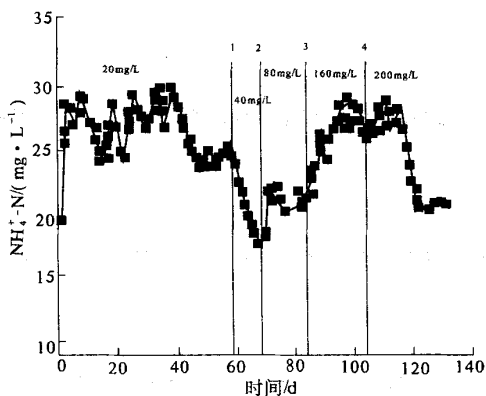


图5 方案1 溶解氧浓度历时曲线

Fig.5 The variances of DO concentration
(configuration one)图6 方案3 土柱渗出液 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度历时曲线Fig.6 The variances of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ concentration in soil
pillar (configuration three)

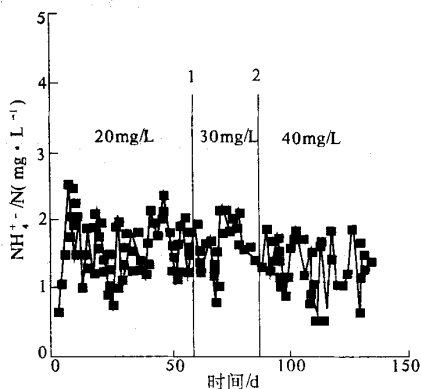
第58 d 加大输入液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度至 40 mg/L 时, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度曲线呈下降趋势, 因为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度增大, 使系统内部分矿化微生物死亡, 造成有机氮矿化量下降. 系统中矿化微生物重新繁殖后, 有机氮在新生成的微生物作用下, 继续进行矿化作用, 使后来矿化的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 量又开始升高, 尤其是将输入液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度加大为 200 mg/L 的情况, 系统中有机氮的矿化量几乎不受微生物影响, 有机氮矿化能力很高, 说明厌氧环境下在土柱渗滤系统中添加无机氮后可增强沉积层有机氮的矿化能力, 这与学者张璐的研究结果稍有不同^[7].

同时从土柱渗滤系统中细粒沉积物的颜色看, 随着厌氧条件下矿化实验的进行, 细粒沉积层颜色由顶部向下部, 颜色由原来灰黑色逐渐变成土黄色, 特别是在增大输入液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度的情况下, 沉积层颜色向下扩展很快, 直到最后沉积层有机氮全部矿化成 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$. 在矿化实验中还

发现, 在土柱背光一面的底部, 有很小一块沉积层颜色还是灰黑色, 这与实验期间自然光和灯光的照射有关, 可以证明有机氮的矿化还与光照有关, 光照有利于矿化.

2.3 渗滤介质中有机质对矿化作用的影响分析

方案4 渗出液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度历时曲线如图7. 比较图6和图7可以看出, 有机质含量较多的土柱渗滤系统和有机质含量很少的粗颗粒砂柱渗滤系统它们的矿化能力显著不同. 土柱渗滤系统矿化的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度值高达 31.89 mg/L , 但是砂柱渗滤系统渗出液 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度值在 1.5 mg/L 左右, 它比土柱系统渗出液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度小一个数量级, 说明不含有有机质的粗粒渗滤系统根本谈不上发生矿化作用. 本次实验证明了有机质的存在对矿化行为的影响. 有机质含量越高其矿化出来的氮量越高.

图7 方案4 砂柱渗出液 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度历时曲线Fig.7 The variances of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ concentration in sand
pillar (configuration four)

2.4 渗滤介质中细粒沉积层厚度对矿化作用的影响分析

即方案1、方案2和方案3的比较. 将自来水矿化培养的实验结果同好氧、厌氧条件下用 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 培养实验结果比较可以得出, 土柱渗滤系统中细粒沉积物厚度 (20 cm) 比自来水培养实验中沉积层厚度 (5 cm) 大得多, 相对应系统中有机氮绝对含量也高得多, 结果有机质矿化出来的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 量也就多的多, 这可以从图2和图6相比较得出, 细粒沉积物厚度越厚, 渗出液中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度也越高. 这只对有机氮矿化的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 绝对含量而言是正确的, 对于相同成分的细粒沉积物而言, 在相同的培养条件下, 它们单位质量的有机氮矿化出来的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 量是相同的.

3 结论

通过几个方案的矿化实验结果分析讨论,得到下面一些重要的结论.

(1)矿化实验证明了河流两侧地下水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度的升高是渭河细粒沉积层中有机氮矿化的结果.

(2)系统中有机质含量越丰富,则矿化出来的氮量越高;细粒沉积物厚度越厚,则矿化出来的氮量越大;另外矿化还与光照有关,光照也有利于矿化作用.

(3)矿化实验的结果说明了如果河流沉积层中含有丰富的有机氮,在矿化作用下易造成地下水 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度升高,治理这类河流时,采取清除部分河流底部的淤泥,消除河流有机氮的矿化作用对地下水环境造成的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 污染.

参考文献:

[1] 杜建军,李生秀,李世清,等.不同肥水条件对旱地

土壤供氮能力的影响[J].西北农业大学学报,1998,26(6):1-5.

[2] 李金荣,杨振放.河流渗滤系统对地表污水的净化作用综述[J].水文地质工程地质,2006,33(3):41-44.

[3] 李金荣,杨振放,李云峰.氨氮污水在河流渗滤系统中的环境效应研究[J].工程勘察,2006(3):19-23.

[4] 李金荣,杨振放,吴耀国.硝态氮在河流渗滤系统中的环境效应[J].郑州大学学报(工学版),2006,27(1):117-120.

[5] 李金荣,杨振放.苯胺在河流渗滤系统中环境行为的数学模拟[J].水资源保护,2006,22(5):36-40.

[6] NAVE S D, HOFMAN G. Modeling N mineralization of vegetable crop residues during laboratory incubations [J]. Soil Biol. Biochem, 1996, 28(10): 1451-1457.

[7] 张璐,沈善敏,廉鸿志,等.有机物料中有机碳、氮矿化进程及土壤供氮力研究[J].土壤通报,1997,28(2):71-73.

Factors Research on Ammonification of Organic Nitrogen in Wei River Filtration System

LI Jin-rong¹, CUI Yan-ping¹, QIU Cheng², YANG Zhen-fang¹

(1. School of Environment and Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Management Bureau of Huijin Yellow River, Zhengzhou 450045, China)

Abstract: Ammonification of organic nitrogen in river sediment has great effect on groundwater environment. There are many factors influencing ammonification, which include environmental condition, organic content, thickness of sediments, temperature and so on. With several self-designed indoor soil column experiments, the factors influencing the mineralization are analyzed in detail. It can be concluded that the more the organic content is, the more nitrogen of mineralization is. It provide theory element for understanding high concentration ammonium nitrogen of groundwater environment.

Key words: river filtration system; organic matter; mineralization; ammonium - nitrogen