

氮污染在地下水中迁移、转化规律的研究

Study on Transfer of Nitrogen Pollution in Groundwater

李 晶

(沈阳市环境监测中心站 沈阳 110016)

摘要 氮及其化合物是目前地表水和地下水的一个重要污染源。本文选取不同土质作为渗透介质,通过室内土柱实验,得出不同深度的土层对不同浓度的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率,及不同土层对同一浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率。同时得出,无论哪种地下土质对氨和硝酸盐的阻截能力都较弱,对突发污染恢复力也同样较弱。

关键词 污染河流 氮污染 地下水 渗透研究

Abstract Nitrogen and its compounds have become the major pollutants of surface water and groundwater. In this paper, using different soil as the infiltration medium, indoor experiments of different soil depth and different soil layer were done and the removal rate of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and $\text{NO}_3^- - \text{N}$ were got. The conclusion showed that no matter what kinds of soil, it has little ability to tackle the infiltration of ammonia and nitrate, and it can hardly reinstate from emergency pollution.

Key words Polluted River Nitrogen Pollution Groundwater Infiltration Study

随着工业的发展和人口的增加,河流污染日益严重,其中氮及其化合物的污染尤为普遍。进入水体的氮主要有无机氮和有机氮之分。无机氮包括氨态氮(简称氨氮)和硝态氮。氨氮包括游离氨态氮 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 和铵盐态氮 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 。硝态氮包括硝酸盐态的氮 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和亚硝酸盐态的氮 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 。亚硝态氮不稳定可以还原成氨氮,或氧化成硝态氮。有机氮有尿素、氨基酸、蛋白质、核酸、尿酸、脂肪胺、有机碱、氨基糖等含氮有机物。^[1,2]

“三氮”转化过程包括铵化作用、硝化作用、反硝化作用,其中主要是硝化作用过程,包括 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 转化为 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 、转化为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$,在“三氮”转化过程中,细菌起着重要的作用。^[4]土壤中的氮素除了发生上述转化作用之外,还会产生化学脱氮作用、铵态氮的矿化固定作用、有机质对亚硝态氮的化学固定作用和铵的同化作用等。^[3]

1 土样基本参数的测定

通过室内外模拟土柱实验,得出所选取土层

的含水率、孔隙率和渗透系数。所取土样的位置为沈阳浑南地区地铁3号线浑河站与距离浑河北桥约1km的浑河北岸边。地铁3号线浑河站取土深度为除表层植被外地下200cm、230cm、260cm和290cm 4个不同深度,浑河北岸边取土深度为距地面10cm、40cm、70cm和100cm 4个不同深度。由实验数据可得,浑南地铁站的地下各土层的渗透系数为 10^{-4} 左右,浑河北岸边地下的土层的渗透系数为 10^{-3} 。据常见土的渗透系数参考值可知,^[6]浑南地铁站的土主要以粉砂和粉土为主。浑河北岸边地下土的组成主要为细砂,土壤的渗透系数较地铁浑河站的土壤大。

2 氨氮的吸附实验

吸附是土壤中固、液相之间的物理化学作用的外在表现,它参与了溶质在土壤中运移过程,表现在对溶质运移起阻滞作用。吸附过程极其复杂,等温状态下,除了与浓度密切相关外,还与土壤颗粒性质、流体速度、离子种类以及水动力弥散

收稿日期:2009-08-07

作者简介:李晶(1971-)女,高级工程师。研究方向:环境监测实验室分析,重点无机分析。

等有关。由于土壤对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的吸附在较短的时间内即可达到相对平衡,所以讨论平衡状态下,土壤对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的吸附作用。^[2]

不同深度土壤对不同浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率,根据公式:

去除率 = (进水水样 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度 - 出水水样 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度) / 出水水样 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度

计算出不同深度土层对不同浓度的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率。

3 硝酸态氮的吸附实验

污染物在地下水系统中的迁移、转化过程是复杂的物理、化学及生物综合作用的结果。^[5]地表的污染物在进入含水层时,一般都要经过表土层及下包气带,而表土层和下包气带对污染物不仅有输送和储存功能,而且还有延续或衰减污染的效应^[6]。因此,有人称表土层和下包气带为天然的过滤层。实际上由于污染物经过表土层及下包气带时,产生了一系列的物理、化学和生物作用,使一些污染物降解为无毒无害的组分;一些污染物由于过滤吸附和沉淀而截留在土壤里;还有一些污染物被植物吸收或合成到微生物体内,结果使污染物浓度降低,这称为自净作用。

不同深度土壤对不同浓度 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率,根据公式:

去除率 = (进水水样 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度 - 出水水样 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度) / 出水水样 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度

计算出不同深度土层对不同浓度的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率。

4 实验结果与讨论

4.1 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的浓度与时间 t 的关系

4.1.1 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的浓度与 t 的关系 氮素与周围介质之间,始终伴随和发生着一系列的物理、化学和生物化学转化作用^[4]。吸附作用阶段,由于土壤对铵离子的吸附,使得大部分的可交换性铵得以保存在土壤中,但是当土壤对铵离子的吸附量达到最大值时,亦即土壤对铵离子的吸附达到饱和时, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 随水流出土柱。硝化作用阶段,硝化作用 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度较低时,硝化作用满足一级

化学动力学方程,当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度较高时,硝化作用过程满足零级化学动力学方程。因此当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度较小时,随着时间的增加 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度迅速降低;当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度较大时,土壤对其吸附量很快达到饱和,随着时间的增加变化减小。

4.1.2 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的浓度与 t 的关系 每一种介质都有一定的吸附容量,当达到吸附饱和时,吸附作用对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除就会很快失效。对于土壤反硝化作用的化学动力学模式,认为当土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的浓度大于 100mg/L 或更大时,土壤反硝化作用过程满足零级动力学反应方程,其反硝化作用的速率常数与 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的浓度无关,而当 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度小于 40mg/L 时,土壤中反硝化作用的动力学方程更趋向于一级反应。通过实验数据可以得出,当 $c(\text{NO}_3^- - \text{N}) \leq 20\text{mg/L}$ 时,浓度随时间增加而降低,且速度较快;而当浓度较大时,土壤很快达到饱和,随着时间的增加变化减小。

4.2 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率与土层深度的关系

4.2.1 不同浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率与土层深度的关系 不同深度土层对不同浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率见图 1。

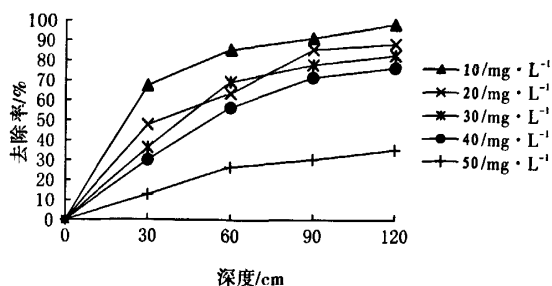


图1 不同深度土层对不同浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率曲线

由图 1 不同深度土层对不同浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率可知,不同深度的土层对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度为 10mg/L 和 20mg/L 的去除率较高,基本达到 50% 以上;但是不同深度的土层对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度为 50mg/L 的去除率较低,在 40% 以下。深度为地下 120cm 对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度为 10mg/L 的去除率达到 98.1%,对各个浓度的去除率均比较高。比较不同土层对同一浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率可以看出,

随着深度的加深去除率逐渐升高。

4.2.2 不同浓度 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率与土层深度的关系 地铁站地下各土层对不同浓度 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率见图 2。岸边地下各土层对不同浓度 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率见图 3。

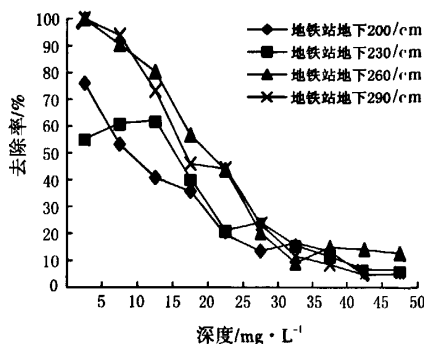


图2 地铁站地下各土层对不同浓度 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 去除率曲线

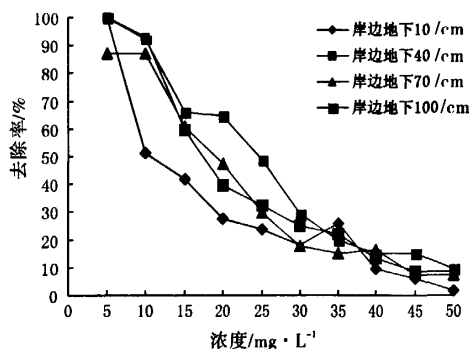


图3 岸边地下各土层对不同浓度 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 去除率曲线

由图2地铁不同深度土层对不同浓度 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率可知,不同深度的土层对浓度为 20mg/L 的去除率比较高,达到 50% 左右,但是不同深度的土层对浓度为 50mg/L 的去除率都很低。地铁站地下各土层对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 去除能力随 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度的升高而逐渐降低,当 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度达到 50mg/L 时,已基本没有去除能力。比较所取的4个土层,通过计算发现地铁站地下260深度的土层对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的净化能力都好于其他三个土层。而且对于 35mg/L 以上较高的浓度的去除率也好于其他三个土层。说明该层土对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 具有良好的净化效果。

地铁不同深度土层对不同浓度 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率可知,不同深度的土层对浓度为 15mg/L 的去除率比较高。不同深度土层对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的处理能力随 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度的增大而呈逐渐减小的趋势。比较而言,岸边地下 100cm 土壤对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的处理能力最好。对于 25mg/L 以上较高的浓度去除率都很低。

4.3 比较不同土质与去除率的关系

比较浑河地铁站与浑河北岸边的地下各土层土壤对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的净化效果,可以看出浑河北岸边的地下各土层土壤对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除效果略好于浑河地铁站各土层的土壤,在 25mg/L 以上高浓度 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的处理效果上浑河地铁站和浑河北岸边的净化效果基本一致,8个不同深度的土层对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率都在 50% 以下。8个不同深度的土层的对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 处理效果均呈下降趋势,但是浑河地铁站的土壤下降相对缓慢。

由此可以得出,浑河南岸的地下的土层的渗透系数为 10^{-4} 左右,范围渗透系数的土主要是以粉砂和粉土为主。浑河北岸边地下的土层的渗透系数为 10^{-3} ,组成主要为细砂。土壤的渗透系数南岸较北岸大。无论哪种地下土质对氨和硝酸盐的阻截能力都较弱,对突发污染恢复力也较弱。在浅层土层微生物对土层氨和硝酸盐污染有一定的净化作用,实验室土柱试验测定表明了这一结果。

参考文献

- 冯绍元等.试论水环境中的氮污染行为[J].灌溉排水,1997,16(2):34-36.
- 吴敦敦等.氮化物在土层中的迁移和转化的研究[J].上海环境科学,1992,11(2),11-13.
- 黄绍敏等.土壤中硝态氮含量的影响因素研究[J].农业环境保护,2001,20(5):351-354.
- 罗泽娇等.地下水三氮污染的研究进展[J].水文地质工程地质,2002,(4):65-69.
- 王黎等.地下水硝酸盐类氮污染的修复技术[J].生态学杂志,1999,12(4):52-56.
- 杨春平等.随机因素对河流水质模型参数最优估值影响[J].中国环境科学,1995,15(5):333-337.