

生活垃圾渗滤液对堆填区周边土壤铵态氮吸附能力的影响

温小乐¹, 夏立江², 徐亚萍³, 李轶伦²

(1. 福州大学环境与资源学院, 福建 福州 350002; 2. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094; 3. 农业部环境保护科研监测所, 天津 300191)

摘要: 采用现场采样及室内试验方法, 研究了生活垃圾渗滤液对垃圾堆填区周边土壤铵态氮吸附能力的影响。结果表明, 垃圾渗滤液进入土壤后, 大量共存离子的竞争吸附减弱了土壤胶体对铵态氮的吸附能力, 而且高浓度铵态氮的存在抑制了土壤的硝化作用, 从而使大量的铵态氮未能被土壤胶体吸附转化就随渗滤液继续迁移地下水中, 最终导致地下水严重的铵态氮污染。

关键词: 垃圾渗滤液; 铵态氮; 吸附能力; 土壤; 地下水

中图分类号: X52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2043(2004)03-0503-05

Effects of Leachate on Ammonia-Nitrogen Adsorption Ability in Soil Nearby a Municipal Waste Landfill

WEN Xiao-le¹, XIA Li-jiang², XU Ya-ping³, LI Yi-lun²

(1. College of Environment and Resources, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China; 2. China Agricultural University, Beijing, 100094; 3. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture, Tianjin 300191, China)

Abstract: We studied the current state of nitrogen contamination in groundwater in a landfill site lied in western suburb of Beijing. The results showed that, there has been a large amount of ammonia-nitrogen in landfill leachate and the contamination of ammonia-nitrogen was the main form of pollution in groundwater of landfill. To further indicate the results, a set of experiments was conducted to study the effects of waste leachate on the ammonia-nitrogen adsorption ability in the soil nearby municipal waste landfill. The experiments involved in adsorption of ammonia-nitrogen of coexistent ions in leachate and different organic matter contents and different ammonia-nitrogen contents of soil. The results showed that when some metal ions and ammonia-nitrogen in the leachate moved into the soil along with leachate, soil colloids prone to adsorb coexistent ions such as Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Cd^{2+} rather than NH_4^+ . After adsorbing these ions, the ammonia-nitrogen adsorption ability of soil reduced. Moreover, the organic matter content in the soil around a landfill site was higher than unpolluted soil by leachate. A complex function of organic matter and soil minerals reduced the exchange sites for ammonia-nitrogen. Therefore when large amounts of organic matter and metal ions coexisted with ammonia-nitrogen in the soil, it could decrease the adsorption ability of soil to ammonia-nitrogen. In addition, the high concentration of ammonia-nitrogen in the landfill the soil could inhibit the nitrifying microorganisms in the soil and decreased the transformation speed from ammonia-nitrogen to nitrate, resulting in that the nitrification of soil has been restrained. Accordingly, a great deal of ammonia-nitrogen moved along with waste leachate into the groundwater before they had been adsorbed or converted, which resulted in the serious ammonia-nitrogen pollution in landfill groundwater.

Keywords: leachate; ammonia-nitrogen; landfill soil; landfill; groundwater

生活垃圾渗滤液是一种高浓度的复杂有机废水, 具有极强的环境危害性。含有高浓度的铵态氮是垃圾

渗滤液重要的水质特征。在大量无任何防渗措施的垃圾堆放场, 垃圾渗滤液主要通过降雨淋溶入渗使污染物迁移土壤直至最终进入地下含水层, 对土壤和地下水造成严重污染。在前期阶段, 曾对北京西郊某垃圾堆填区的周边土壤及地下水的污染状况进行了监测

收稿日期: 2003-11-14

基金项目: “十五”国家科技攻关计划重大课题(2002BA516A03)

作者简介: 温小乐(1976—), 女, 福州大学环境与资源学院助教。

联系人: 夏立江, xialj@cau.edu.cn

研究,结果表明,堆填区周边土壤^[1]及地下水^[3]已受到垃圾渗滤液的污染影响,但是地下水中并未出现硝酸盐的大量累积,而是铵态氮的含量持续升高,导致垃圾堆填区地下水出现以铵态氮污染为主的严重氮污染现象。为分析研究出现这一现象的原因,进行了下列试验。

1 材料与方法

1.1 供试垃圾渗滤液

取自北京西郊某垃圾填埋场,为生活垃圾渗滤

液,主要性质见表1。

表1 供试垃圾渗滤液的基本性质(mg·L⁻¹)

Table1 Basic characters of the leachate in the experimental(mg·L⁻¹)

色度	pH	悬浮物	COD _{Cr}	BOD ₅	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N
黑色	6.56	283	32 400	22 100	1 775	86

1.2 供试土壤

采自远离垃圾场1 km以外相同土质的对照区,石灰性土壤,基本性质见表2。

表2 供试土壤基本理化性质

Table2 Physical and chemic characters used in the experimental soil

采样深度	pH	全氮/%	全磷/%	速效钾/mg·kg ⁻¹	有机质/%	NH ₄ ⁺ -N/mg·kg ⁻¹	NO ₃ ⁻ -N/mg·kg ⁻¹
0~20 cm	8.09	0.091	0.038	78.8	1.49	8.4	19.3

1.3 试验设计

1.3.1 土壤对NH₄⁺-N的吸附特性

采用一次平衡法(25℃恒温振荡2 h,再恒温放置约20 h)进行土壤对垃圾渗滤液及标准液中NH₄⁺-N的吸附试验。

将高浓度的垃圾渗滤液原液分别稀释40, 20, 10, 6, 4, 3, 2, 1.5倍。准确称取供试土样10份各5.0 g于10个三角瓶中,加入稀释后浓度分别为0, 44.4, 88.8, 177.5, 295.8, 443.8, 591.7, 887.5, 1 183.3, 1 775 mg·L⁻¹的渗滤液50 mL。在25℃恒温振荡2 h,静置后离心过滤,取上清液测定。加入的NH₄⁺量和上清液中的NH₄⁺量之差为土壤对NH₄⁺的吸附量。

另分别称取9份供试土样各5.0 g于9个三角瓶中,分别加入0, 80, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1 000 mg·L⁻¹的NH₄Cl(以NH₄⁺计)标准系列液(试验室配置)50 mL,调节pH至7.0,在25℃恒温振荡2 h,静置后离心过滤,取上清液测定。加入的NH₄⁺量和上清液中NH₄⁺量之差为土壤对NH₄⁺的吸附量。

1.3.2 不同有机质水平对土壤吸附NH₄⁺-N的影响

称取7份供试土样各100 g,分别加入草炭土0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 g,并加入土重10%的水润湿混匀。置于室温条件下约培养3周后测定其有机质含量范围约为1%~8%;另将一份供试土壤用H₂O₂处理后测定其有机质为0.68%,此8份土样都用于NH₄⁺-N的吸附试验。将上述经不同处理后的土样分别称取5.0 g加入浓度为300 mg·L⁻¹的铵标准溶液50 mL,25℃振荡2 h,静置约20 h过滤后,取上清液测定NH₄⁺-N浓度。

1.3.3 不同氨氮浓度对土壤氮素转化的影响

本试验在供试土壤中施加不同浓度水平的NH₄⁺-N进行室内培养,每隔一段时间采集土壤样品测定其NH₄⁺-N和NO₃⁻-N含量,分析土壤中氮素的转化过程及不同NH₄⁺-N浓度对其转化的影响。试验共设3个处理,每个处理重复3次,如表3所示。

表3 土壤氮素转化的室内培养试验

Table3 Incubation experiment of soil nitrogen transformation

处理号	处理	
CK	土样1 000 g	外加NH ₄ ⁺ -N: 0 mg·kg ⁻¹
1	土样1 000 g	外加NH ₄ ⁺ -N(NH ₄ Cl): 300 mg·kg ⁻¹
2	土样1 000 g	外加NH ₄ ⁺ -N(NH ₄ Cl): 600 mg·kg ⁻¹

按表3称取样品置于圆柱形塑料桶中,充分混匀,加入土重10%的蒸馏水润湿。放置室温培养,隔日浇灌水一次。于处理后的第0, 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 75 d取样测定其NH₄⁺-N和NO₃⁻-N含量,每次称样10.0 g。

1.4 测定方法

NH₄⁺-N——靛酚蓝比色法(1 mol·L⁻¹ NaCl溶液按土液比1:5浸提,依次加入酚溶液和次氯酸钠溶液,721分光光度计测定)。

NO₃⁻-N——0.01 mol·L⁻¹ CaCl₂溶液浸提,振荡过滤于干净的胶卷盒中,置于冰箱低温保存。采用流动分析仪(Continuous Flow Application, Order no. 54502409)进行测定。

2 结果分析

2.1 土壤对垃圾渗滤液中的NH₄⁺-N的吸附特性

分别用垃圾渗滤液和试验室配制的铵标准溶液在 25 °C 下进行土壤对氨氮的吸附试验, 试验结果见表 4。

对试验数据进行线性回归分析, 分别用 Langmuir, Freundlich 方程拟合 25 °C 时土壤对标准液和垃圾渗滤液中铵态氮的吸附。方程拟合结果见表 5。

从拟合结果来看, 两种回归拟合中 Langmuir 方程拟合的 r^2 值最大, 回归拟合显著, 说明土壤对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的吸附符合 Langmuir 等温方程。土壤对标准液中铵氮的最大吸附容量为 $2\,500\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 对垃圾渗滤液铵态氮的最大吸附容量仅为 $1\,428\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 表明土壤对标准液有较大的铵态氮吸附容量, 反之, 对成分复杂的垃圾渗滤液的铵态氮吸附容量则较小。

2.2 垃圾渗滤液中共存离子对土壤吸附铵态氮的影响

图 1 所示为土壤分别吸附铵标准液和垃圾渗滤液中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的效果比较。从吸附曲线来看, 在相同外源铵态氮浓度下, 土壤对垃圾渗滤液铵态氮的吸附量较标准液相比要小得多, 吸附曲线更显平滑。在铵态氮浓度大约为 $300\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 土壤对标准液的铵态氮吸附量是对渗滤液铵态氮吸附量的 2.2 倍。在

表 4 土壤对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 吸附量的测定结果

Table 4 Soil adsorption of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ from a standard solution and leachate

渗滤液		标准液	
浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	吸附量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	吸附量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
0	0	0	0
44.4	174	80	285
88.8	216	100	401
177.5	427	200	804
295.8	516	300	1 138
443.8	895	400	1 335
591.7	1 012	500	1 664
887.5	1 211	600	1 755
1 183.3	1 081	800	1 820
1 775.0	1 287	1 000	2 014
		1 200	2 122

外源铵态氮浓度约为 $400\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 左右时, 土壤对渗滤液铵态氮的吸附基本达到饱和; 在外源铵态氮浓度约为 $600\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 左右时, 土壤对标准液铵态氮的吸附才基本饱和。这表明在外源铵态氮浓度相同的条件下, 土壤对垃圾渗滤液中铵态氮的吸附量较标准液小, 可见垃圾渗滤液中的其它物质参与了与土壤胶体的交换吸附。

表 5 方程拟合结果

Table 5 Result of equation simulation

吸附介质	标准溶液	垃圾渗滤液
Langmuir 方程 $C/S = 1/kb + C/b$	$C/S = 0.000\,4C + 0.098\,8\ r^2 = 0.997$	$C/S = 0.000\,7C + 0.166\,1\ r^2 = 0.993\,4$
Freundlich 方程 $\log S = 1/n \log C + \log k$	$\log S = 0.686 \log C + 1.3845\ r^2 = 0.8797$	$\log S = 0.4711 \log C + 1.698\,9\ r^2 = 0.768\,1$
根据 Langmuir 方程求得的最大吸附量/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	2 500	1 428

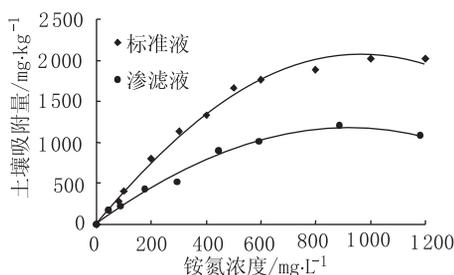


图 1 土壤对标准液与渗滤液中铵态氮的不同吸附效果

Figure 1 Adsorption of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ from standard solution and leachate

根据胶体吸附理论, 高价阳离子的交换吸附能力大于低价离子, 同价离子半径大的大于半径小的, 在多种阳离子共存时土壤胶体对常见阳离子的交换吸附顺序一般为: $\text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ 。因此在大量铜、锌、钙、镁、铵等阳离子共存的垃圾渗滤液中, 吸附能力大于 NH_4^+ 的大量阳离子都能被土壤胶体优先吸附, 使得土壤对

NH_4^+ 的吸附量减少。再则由于阳离子交换遵循等价离子交换的原则, 即 1 mol 的 Ca^{2+} 需有 2 mol 的 NH_4^+ 来交换, 因此土壤胶体对垃圾渗滤液中铜、锌、钙、镁等阳离子的吸附能使更多的已被吸附的 NH_4^+ 交换解吸下来, 转入土壤溶液中, 使土壤溶液中的 NH_4^+ 浓度增加。由此可见, 在实际垃圾场土壤环境中, 垃圾渗滤液的入渗会影响土壤对铵离子的吸附。渗滤液中大量共存重金属离子的竞争吸附会减少土壤对 NH_4^+ 的吸附量, 从而使高浓度的 NH_4^+ 随着渗滤液在土壤中继续迁移下渗, 直至最终进入地下水中。

2.3 不同有机质水平对土壤吸附氨氮的影响

土壤是有机无机复合胶体, 土壤胶体的有机无机复合作用会影响胶体对土壤离子的吸附特征。本试验以一系列不同有机质含量土壤对铵态氮的吸附效果来说明有机质对土壤胶体吸附 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的影响, 试验结果, 见图 2。

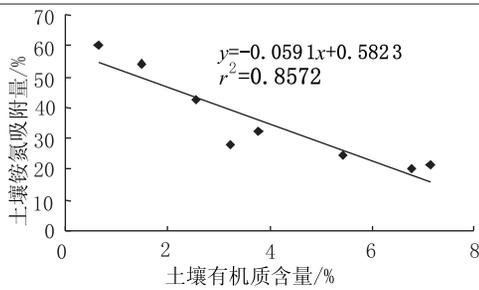


图2 不同有机质水平对土壤吸附 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的影响

Figure 2 Effect of soil organic matter content on $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ adsorption of soil colloids

图2所示,土壤有机质含量与土壤胶体的铵态氮吸附量之间具有较好的相关性。对此相关性进行回归分析得直线回归方程:

$$y = -0.0591x + 0.5823 \quad r^2 = 0.8572$$

式中: y 为土壤吸附铵态氮量; x 为土壤有机质量。

对回归方程进行显著性检验(F 检验): $F = 35.09 >$

$F_{0.01} = 13.74$,表示回归关系极显著。这表明土壤的有机质含量水平与土壤胶体对铵态氮的吸附量间具有极显著的直线负相关($P < 0.01$),即土壤胶体对铵态氮的吸附程度随土壤有机质水平的提高而显著降低。

试验结果表明,土壤有机质增加会降低土壤对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的吸附能力,吸附量与有机质的增加量呈较显著的反相关。这说明土壤有机质与粘粒矿物复合,降低了土壤胶体对 NH_4^+ 的结合能。分析原因:一方面带可变电荷的有机质与粘粒矿物复合时,可消耗掉一部分粘粒矿物外表面的负电荷,致使粘粒矿物表面上对 NH_4^+ 的吸附交换点减少;另一方面复合上去的有机质,虽可增加部分负电荷的吸附交换点,但其对 NH_4^+ 的亲合力却很小。因而,土壤中有有机质增加后,土壤胶体对 NH_4^+ 的吸附性降低,吸附量减少。

根据前期研究结果^[2],在垃圾堆放场,垃圾渗滤液对周边土壤最显著的影响之一就是垃圾渗滤液中的有机物质进入土壤,增加了土壤的有机质含量。因此,可以认为垃圾堆填区周边污染土壤与未污染土壤比较,其对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的吸附能力减弱,吸附量随之下降。

2.4 不同 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度对土壤氮素转化的影响

在供试土壤中施加不同浓度水平的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,在室内稳定的温度、水分条件下培养,分别在第3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 75 d采集土壤,对其 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的含量变化进行测定分析,结果如表6、图3所示。

试验结果表明,在75 d的培养时间里,各处理的铵态氮和硝态氮在不断地变化。在最初的几天里土壤

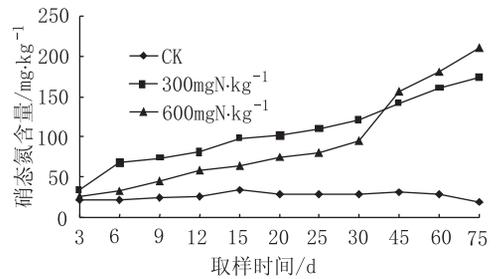


图3 不同铵态氮浓度对土壤氮素转化的影响

Figure 3 Effect of different ammonia-nitrogen concentrations on soil nitrogen transformation

吸附外源 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,使土壤铵态氮含量迅速上升,之后土壤铵态氮随时间的延长开始降低,硝态氮则随时间的延长而增加,这正是铵态氮在土壤环境中不断发生硝化作用的结果。从表6可以看出,各处理的铵态氮含量随时间延长而下降的幅度并不一样,在铵态氮投加量为 $300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的处理1土壤的培养过程中,施入土壤的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 在15 d内已经被土壤微生物转化了58%,而铵态氮投加量为 $600 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的处理2土壤其 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 在15 d内只转化了28%,直到第30 d $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 转化率才达到50%,可见处理2土壤中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的转化速度相对较慢。

另由图3同样可看出,在高浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 存在的处理2条件下,土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量增加缓慢,而且在前30 d的培养时间里,施加了大量 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的处理2土壤其 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量一直低于处理1土壤的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$,直至在培养45 d后,处理2土壤的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量才有大幅度上升,高于处理1土壤的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 量,并在此后一直保持增加趋势。分析原因是因为在培养前期处理2土壤的铵态氮浓度很高,高浓度的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 使土壤的pH升高,碱性增大,使土壤微生物的活性降低,从而使微生物的硝化过程受到一定程度的抑制,因此,在高浓度的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 下,土壤硝化作用减弱,铵态氮转化速度相对较慢,转化率低。大约经过30 d的培养后,处理2土壤中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度有所降低,土壤微生物开始恢复活性,土壤硝化作用增强,铵态氮转化速度加快,因而使土壤的硝态氮含量又明显上升。

试验结果表明,当土壤中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度较高时,高浓度的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 会使土壤微生物活性减弱,对土壤的硝化作用产生一定的抑制影响,使铵态氮向硝态氮转化的速度减慢。

3 讨论

前期研究的外场试验结果^[1, 2]表明,生活垃圾堆

表 6 室内培养条件下 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的动态变化 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)Table 6 Dynamic changes of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and $\text{NO}_3^- - \text{N}$ on indoor incubation condition ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

取样时间	对照(施 0 $\text{mg NH}_4^+ - \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土)		处理 1(施 300 $\text{mg NH}_4^+ - \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土)		处理 2(施 600 $\text{mg NH}_4^+ - \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土)	
	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-	NH_4^+	NO_3^-
第 3 d	6.2 ± 0.6	21.6 ± 1.7	210.0 ± 1.1	33.4 ± 0.7	334.4 ± 0.9	26.2 ± 1.4
第 6 d	5.7 ± 0.2	22.1 ± 0.3	170.2 ± 1.8	67.7 ± 1.2	323.1 ± 1.6	32.7 ± 0.4
第 9 d	4.9 ± 0.3	24.4 ± 1.0	113.8 ± 1.6	74.0 ± 1.4	309.2 ± 1.2	44.4 ± 0.6
第 12 d	4.2 ± 0.5	26.2 ± 1.1	96.1 ± 0.9	81.4 ± 1.1	271.6 ± 0.9	58.8 ± 1.1
第 15 d	3.6 ± 0.4	33.3 ± 2.1	88.2 ± 0.4	97.3 ± 0.8	244.3 ± 1.0	64.0 ± 1.8
第 20 d	2.2 ± 0.7	28.6 ± 1.4	74.0 ± 1.3	101.5 ± 0.6	222.5 ± 0.4	74.3 ± 1.3
第 25 d	1.8 ± 0.4	28.1 ± 1.7	66.4 ± 0.7	110.3 ± 1.5	192.1 ± 1.4	80.7 ± 0.6
第 30 d	1.3 ± 0.2	28.3 ± 1.7	48.7 ± 1.8	121.0 ± 1.1	161.6 ± 1.0	95.5 ± 0.4
第 45 d	0.7 ± 0.2	31.0 ± 1.8	33.6 ± 0.6	141.8 ± 1.4	86.3 ± 0.6	156.7 ± 0.4
第 60 d	0.2 ± 0.1	28.4 ± 0.7	12.7 ± 0.5	160.3 ± 1.6	52.6 ± 0.6	180.2 ± 0.6
第 75 d	—	19.6 ± 1.3	1.1 ± 0.3	173.3 ± 0.6	14.5 ± 1.0	211.0 ± 1.8

注:表中的值为平均值 ± 标准差, $n=3$ 。

填区地下水中会出现 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度较高而 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度相对较低的现象, 根据以上试验结果分析, 可以认为主要原因是由于垃圾堆填区土壤中大量铵态氮的淋溶损失造成了地下水的严重铵态氮污染。

首先, 土壤对渗滤液铵态氮的吸附试验表明, 一方面土壤对铵态氮的吸附不是无限的, 而是在某一铵态氮浓度时, 土壤吸附量达到饱和, 此后随铵态氮浓度增加, 土壤吸附量变化甚微。在实际垃圾堆放场环境中, 垃圾渗滤液的铵态氮浓度范围在 $600 \sim 1\ 200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间, 平均浓度大于土壤对铵态氮的饱和吸附浓度, 可见, 在大部分时间里, 垃圾场土壤对渗滤液铵态氮的吸附一直处于饱和状态, 所能吸附的铵态氮仅是渗滤液铵态氮总量的一小部分; 另一方面, 土壤对垃圾渗滤液中的其它阳离子如 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cd^{2+} 等的吸附能力要强于对 NH_4^+ 的吸附, 所以在优先吸附了这些阳离子后, 土壤对 NH_4^+ 的吸附能力就更弱, 吸附量就更小了。因此, 大部分未被土壤吸附的铵态氮则随大气降水、地表径流迁移外围土壤或堆填区深层土壤直至渗入地下水中。

其次, 垃圾场周边土壤受垃圾渗滤液的影响使有机质含量增高, 有机质与土壤粘粒矿物的复合作用使土壤粘粒上增加了有机质的吸附交换位, 而其对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 选择性很低, 从而使土壤胶体对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的吸附能力降低, 吸附量减少。

再则, 垃圾渗滤液中高浓度的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 对土壤氮素转化有抑制影响。垃圾中含氮有机物不断进行厌氧分解, 因而持续产生含高浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的渗滤液。当大量垃圾渗滤液持续下渗到土壤中后, 高浓度 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 会使土壤的硝化作用受到抑制, 使铵态氮的转化速

度降低, 从而使大量的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 未能及时转化就在排水作用下随渗滤液流入底层土壤直至渗入地下水中, 导致地下水中铵态氮含量增高。

4 结论

生活垃圾渗滤液中的铵态氮浓度普遍高于土壤对铵态氮的饱和吸附浓度, 垃圾渗滤液进入土壤后, 大量有机物质及金属离子与铵态氮共存, 减弱了土壤胶体对铵态氮的吸附能力, 而且高浓度铵态氮的存在抑制了土壤的硝化作用, 降低了铵态氮的转化速度, 从而使大量的铵态氮未能被及时吸附转化就随渗滤液向深层土壤直至地下水中迁移, 导致垃圾堆填区的地下水铵态氮污染较为严重。

参考文献:

- [1] 夏立江, 温小乐. 生活垃圾堆填区周边土壤的性状变化及其污染状况[J]. 土壤与环境, 2001, 10(1): 17-19.
- [2] 夏立江, 温小乐. 城市生活垃圾渗滤液引起地下水氮污染的研究[J]. 农业环境保护, 2001, (2): 108-110.
- [3] 朴河春, 刘广深, 袁兆云. 土-水系统中氮化作用和硝化作用的耦合关系[J]. 农村生态环境, 1995, 11(3): 19-22.
- [4] 姜必亮, 王伯荪. 不同质地土壤对填埋场渗滤液的吸收净化效能[J]. 环境科学, 2000, 21(5): 32-37.
- [5] hekl M and Mikac N. The impact of contamination from a municipal solid waste landfill on underlying soil[J]. *Wat Sci Tech*, 1998, 37(8): 203-210.
- [6] Kjeldson P and Bjerg PL. Characterization of an old municipal landfill as a groundwater pollution source: landfill hydrology and leachate migration[J]. *Waste Management and Research*, 1998, 16(1): 14-22.
- [7] Radenkova Yaneva M. Contaminant migration from sanitary landfill leachate through soil monoliths[J]. *Wat Sci Tech*, 1995, 32(7): 215-219.