

粉砂壤土对铵离子的吸附特性^①

冯绍元^②

张瑜芳

(水利与土木工程系) (武汉水利电力大学)

摘要 平衡状态下粉砂壤土吸附铵离子的实验结果表明,土壤溶液中 NH_4^+ 的质量浓度 $\rho(\text{NH}_4^+)$ 影响土壤对 NH_4^+ 的吸附模式。当 $\rho(\text{NH}_4^+)$ 低于某一数值 $\rho_k(\text{NH}_4^+)$ 时土壤中的 NH_4^+ 将被溶解到土壤溶液中;当 $\rho(\text{NH}_4^+)$ 较大时土壤对 NH_4^+ 的吸附作用可用 Langmir 吸附模式描述;当 $\rho(\text{NH}_4^+)$ 较小(但大于 $\rho_k(\text{NH}_4^+)$) 时,土壤对 NH_4^+ 的吸附作用可用线性等温的 Frundlich 吸附公式描述。

关键词 铵离子; 吸附作用; 饱和土壤

中图分类号 S143.1

Study on Effect of Adsorbing Ammonium Ion by Sandy Loam Soil

Feng Shaoyuan

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU)

Zhang Yufang

(Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering)

Abstract The results of experiments under equilibrium conditions show that the adsorbed mode of ammonium ion by the soil will be affected by the concentration of soil solution in which the ammonium ion is contained. If the concentrations of NH_4^+ in soil solution (denoted as $\rho(\text{NH}_4^+)$) is lower than $\rho_k(\text{NH}_4^+)$, the adsorbed phase- NH_4^+ can be dissolved into the soil solution; If $\rho(\text{NH}_4^+)$ is higher than $\rho_k(\text{NH}_4^+)$, the process of soil adsorbing NH_4^+ can be expressed by the Langmir formula; If $\rho(\text{NH}_4^+)$ is lower, but higher than $\rho_k(\text{NH}_4^+)$, the Frundlich model can be used to describe the process.

Key words ammonium ion; adsorption; saturated soils

土壤对铵离子 NH_4^+ 的吸附作用影响氮素在土壤中的运移与转化过程,主要表现在:1)使 NH_4^+ 在土壤中的运移速度减慢;2)吸附于土壤颗粒表面的铵离子,在氧化条件下进一步转化为硝态氮(NO_3^- -N),当其他条件相同时,硝态氮比铵态氮(NH_4^+ -N)在土壤中的运移速度要快

收稿日期:1996-06-17

①国家自然科学基金资助项目

②冯绍元,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)104信箱,100083

得多^[1]。大量的理论分析和实验结果表明^[2,3],土壤对铵离子的吸附作用一方面与土壤颗粒组成及其表面性质有关,另一方面还决定于铵离子在土壤中的固、液浓度。由于在较短的时间内土壤对铵离子的吸附即可达到相对平衡状态^[4],故本文中着重探讨平衡状态下饱和粉砂壤土对铵离子的吸附特性。

1 材料与方方法

实验用土样为河南新乡粉砂壤土,其理化分析结果分别见表1和表2。

表1 供试土样的机械分析结果

粒径/mm	<0.002	0.002~0.02	0.02~0.2	0.2~2
含量/%	12.75	85.08	2.17	0

表2 供试土样的化学分析结果

碱解氮含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	全氮的质量分数/%	有机质的质量分数/%	pH值	CEC/ $\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$
11.59	0.033	0.589	7.92	68.4
扩散吸收法	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-H}_2\text{SO}_4$ 消化法	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7\text{-H}_2\text{SO}_4$ 消化法	土水体积比为 1:5	NH_4OAC 法

实验过程中将供试土样按 $1.4\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 的密度均匀装入三角瓶中。用自来水作溶剂, NH_4Cl (分析纯)作溶质,配制出不同质量浓度($\rho_0(\text{NH}_4^+) = 0.5\sim 500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 溶液。量取一定量的溶液倒入土样中,加入少量硝化抑制剂,将三角瓶口用橡皮塞塞紧,密封。用小瓷头抽取土壤溶液,利用纳氏试剂比色法分析其中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的含量,由下式计算土壤对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的吸附量:

$$S = V(\rho_0(\text{NH}_4^+) - \rho(\text{NH}_4^+)) / m \quad (1)$$

式中: S 为土壤对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的吸附量, $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; V 为倒入土样的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 溶液量,mL; $\rho_0(\text{NH}_4^+)$ 为倒入土样的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 溶液中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的质量浓度, $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; $\rho(\text{NH}_4^+)$ 为土壤溶液中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的平衡质量浓度, $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; m 为土样质量,g。实验分为3种处理,2组重复。由于2组平行实验的结果一致性较好,故取二者的算术平均值为综合实验结果。

2 结果与分析

处理一 将自来水倒入供试土样中,密封1d后取样分析溶液的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度,结果见表3(自来水中 NH_4^+ 的质量浓度的本底值为 $0.52\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)。可以看出,当用自来水浸泡含有 NH_4^+ 的土样时,土壤中的 NH_4^+ 被溶解到土壤溶液中,进行的是 NH_4^+ 的解吸过程,由式(1)计算的 S 值即为解吸出的 NH_4^+ 量(为负值)。

处理二 将 NH_4^+ 溶液配制成 $\rho_0(\text{NH}_4^+) = 0.5, 1.0, 5.0, 10.0$ 和 $20.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的低浓度系列,结果见图1(a)。可以看出,虽然 S 与 $\rho(\text{NH}_4^+)$ 的线性关系较好,但根据实验结果拟合的直线方程为 $S = -11.64 + 4.56\rho$

表3 处理一的实验结果

样号	$\rho(\text{NH}_4^+)/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$S/\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
1	1.70	-0.42
2	1.75	-0.44
3	1.73	-0.43
4	1.74	-0.43
平均	1.73	-0.43

(NH_4^+)的直线并不通过坐标原点,即当溶液中 NH_4^+ 的质量浓度 $\rho(\text{NH}_4^+) < \rho_k(\text{NH}_4^+) = 2.55 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,进行的是 NH_4^+ 的解吸过程;只有当 $\rho(\text{NH}_4^+) > 2.55 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,进行的才是土壤对 NH_4^+ 的吸附过程,此时 NH_4^+ 的固、液相分配系数 $K_D = 4.56 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ 。

处理三 将 NH_4^+ 溶液配制成 $\rho_0(\text{NH}_4^+) = 60, 80, 100, 300$ 和 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的高浓度系列,其结果见图1(b)。从图1(b)中可以看出,如果用直线去拟合观测数据(图中虚线),其效果远不如用Langmir吸附模式 $\rho(\text{NH}_4^+)/S = \rho(\text{NH}_4^+)/S_m + K/S_m$ 拟合的效果好(图中实线)。对于本实验, $S_m = 476.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $K = 76.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

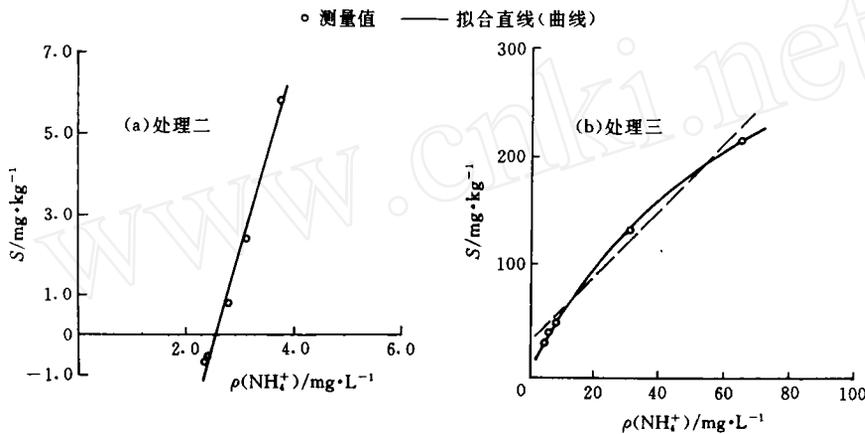


图1 处理二和处理三的实验结果

3 结 论

1)当溶液中 NH_4^+ 的浓度高于某一数值(本实验中 $\rho_k(\text{NH}_4^+) = 2.55 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)时,土壤才吸附溶液中的 NH_4^+ ;否则,土壤中的 NH_4^+ 将被溶解到溶液中,进行的是 NH_4^+ 的解吸过程。

2)当溶液中 NH_4^+ 的浓度较高时,用Langmir吸附模式描述土壤对 NH_4^+ 的吸附作用要优于线性等温的Frundlich吸附公式。

3)当溶液中 NH_4^+ 的浓度较低(但高于 $\rho_k(\text{NH}_4^+)$)时,土壤对 NH_4^+ 的吸附作用服从线性等温的Frundlich吸附公式。

参 考 文 献

- 1 史蒂文森 F J,等著. 农业土壤中的氮. 闵九康,等译. 北京:科学出版社,1986
- 2 陈家坊,蒋佩弦. 几种水稻土对铵离子的吸附特性. 土壤学报,1963(2):171~183
- 3 谢 鹏,蒋剑敏,熊 毅. 我国几种主要土壤胶体的 NH_4^+ 吸附特性. 土壤学报,1988(2):175~184
- 4 王红旗. 饱和-非饱和土层氮转化迁移动态模拟研究:[学位论文]. 武汉:中国地质大学,1992