

陕西省几种代表性土壤 NH_4^+ 吸附、 解吸动力学特征研究

薛泉宏 尉庆丰 高彦石 辉曲东

(西北农业大学, 712100)

摘 要

采用连续液流法测定了五种土壤吸附、解吸 NH_4^+ 的动力学性质。研究表明: (1) NH_4^+ 吸附、解吸平衡时间及反应速率, 平衡时的吸附、解吸量及吸附平衡常数均随土壤粘粒和 CEC 不同而变化; (2) 不同动力学模型及同一模型对不同土壤的拟合性不同。 NH_4^+ 吸附、解吸反应的最佳模型分别为一级反应方程及 Elovich 方程; (3) NH_4^+ 穿过水膜的扩散速度控制 NH_4^+ 的吸附-解吸速率; (4) 升高温度 NH_4^+ 解吸明显加快。

关键词 土壤化学动力学, NH_4^+ 吸附动力学, NH_4^+ 解吸动力学, NH_4^+ 吸附, NH_4^+ 解吸

NH_4^+ 是土壤有效氮的重要组分。土壤中 NH_4^+ 的吸附、解吸过程十分活跃, 调节着土壤溶液的 NH_4^+ 水平, 且受土壤胶体表面性质制约。研究土壤中 NH_4^+ 交换动力学性质, 对于了解交换性离子在土壤固相表面的作用机制, 评价土壤对氮素的保蓄和供应能力均有重要意义。

土壤 NH_4^+ -N 研究近年多集中在固定态铵的数量、剖面分布、有效性^[1,3]及 NH_4^+ 等温吸附^[2]等方面, 而对 NH_4^+ 的交换动力学性质研究很少。本文研究目的在于: (1) 供试土壤 NH_4^+ 交换的速率特征; (2) NH_4^+ 交换的动力学模型; (3) 影响 NH_4^+ 交换速率的因素; (4) NH_4^+ 在土壤固相表面的作用机制。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试土壤为陕西省五种代表性土类, 其基本性质(表 1)用常规法测定^[4,5]。

钙、铵饱和土样制备: 称过 1mm 筛风干土约 100g, 加 1mol/L CaCl_2 200ml, 搅拌、静置, 澄清后弃去上清液, 反复操作至溶液中无 K^+ 检出(四苯硼钠法检验), 风干磨碎过 1mm 筛即为钙饱和土样。用 1mol/L NH_4Cl 代替 1mol/L CaCl_2 按上法处理制得铵饱和土样。

1.2 方 法

表 1 供试土壤理化性质

Table 1 physical and chemical properties of the soils studied

采样点 Site	土壤 Soils	母质 Parent material	层次 Horizon	深度 (cm) Depth (cm)	编号 No.	pH (水) pH (H ₂ O)	q ₀ ²⁾ cmol(+) / kg	CEC cmol(+) / kg	粘粒 (<0.005 有机质 mm) O.M. Clay (g/kg)		CaCO ₃ (g/kg)
陕西杨陵	塋土	黄土	A _p	0—20	1	8.05	8.67	12.9	334.0	12.1	52.4
			B _t	80—100	2	8.04	10.54	16.9	510.0	9.3	2.0
陕西洛川	黑土	黄土	A _p	0—20	3	8.05	7.68	10.5	402.0	16.3	53.8
			A ¹⁾	50—70	4	8.09	8.12	11.8	430.0	14.9	48.6
陕西米脂	黄绵土	黄土	A _p	0—20	5	8.45	3.66	4.5	175.0	5.5	81.2
陕西北	黄褐土	黄土状土	A _p	0—20	6	6.70	9.44	16.7	503.0	6.2	0
陕西榆林	砂黑垆土	风成砂	A ₁	0—20	7	—	5.40	7.4	251.0	8.5	8.7

1) 黑垆土埋藏腐殖质层。 2) 铵饱和土样交换性 NH₄⁺ 含量。

NH₄⁺ 吸附、解吸动力学测定用连续液流法, 装置见图 1。

交换柱填充: 在长 70mm、内径 20mm 的有机玻璃柱内装酸洗无 NH₄⁺ 石英砂至柱高 1/3, 再装 2.0g 土样与 4.0g 石英砂的混合物, 其上装石英砂近满, 再放三层慢速滤纸, 加螺口盖旋紧密封。

NH₄⁺ 吸附测定: 称钙饱和土样 2.0g 装柱并按图 1 连接, 交换柱在恒温水浴中预热 30 分钟后开启蠕动泵, 使 0.05mol/L NH₄Cl (pH=6) 以 1ml/分钟 的恒定流速通过交换柱。待第一滴滤液流出输出导管时准确计时, 1—10、11—13 号滤液的收集时间分别为 4 分、10 分。滤液含 NH₄⁺ 量用 NH₃ 电极法测定^[4]。土壤吸附 NH₄⁺ 量由输入、输出端 NH₄⁺ 浓度差计算。将土壤各时段时间的吸 NH₄⁺ 量按时间顺序累加, 即得土壤在第 4、8、12、16、20、24、28、32、36、40、50、60 分钟时的吸 NH₄⁺ 量。

NH₄⁺ 解吸测定: 用 NH₄⁺ 饱和土样装柱, 解吸交换液为 0.04mol/L CaCl₂ (pH=6), 步骤同吸附测定。吸附、解吸测定均重复两次。

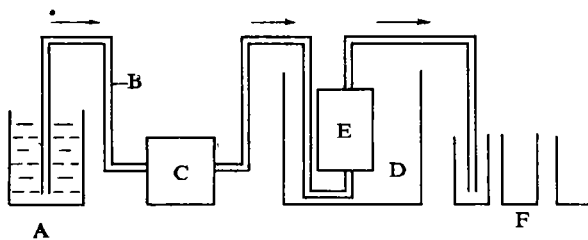


图 1 连续液流法测定装置示意图

A. 交换液; B. 乳胶管; C. 蠕动泵; D. 恒温水浴; E. 交换柱; F. 滤出液承接管

Fig.1 continuous fluid flow apparatus for kinetics measurement

2 结果与讨论

2.1 NH₄⁺ 吸附、解吸动力学性质

2.1.1 平衡时间与吸附、解吸量 从图 2 看出,不同土壤达到吸附、解吸平衡需要的时间及平衡时的吸附、解吸量不同。在 25℃ 时,吸附平衡时间(分)及平衡吸附量 (cmol/kg)分别按 4 号(40) > 6 号(36) > 2 号、7 号(32) > 1 号、3 号(28) > 5 号(20) 及 2 号(18.4) > 4 号(11.9) > 6 号(11.8) > 1 号(10.8) > 3 号(10.4) > 7 号(8.5) > 5 号(2.5) 排列。25℃ 时解吸平衡时间(分)及平衡解吸量 (cmol/kg) 分别按 6 号(70) > 2 号、4 号(60) > 1 号、3 号(50) > 7 号(20) > 5 号(12) 及 1 号、6 号(6.8) > 2 号(6.3) > 4 号(4.0) > 3 号(3.6) > 7 号(3.2) > 5 号(1.6) 排列。上述排序与表 1 中粘粒及 CEC 的大小顺序近似,即粘粒含量较高且 CEC 较大的土壤达到吸附、解吸平衡需要较长的时间,平衡时的吸附、解吸量也较大。少数土样在平衡时间及平衡吸附、解吸量序列中的位置与在粘粒、CEC 序列中的位置不尽一致,说明除了粘粒及 CEC 外还有其它因素影响 NH₄⁺ 吸附、解吸平衡时间与平衡时的吸附、解吸量。45℃ 时的平衡时间及吸附、解吸量排序与 25℃ 时类似。

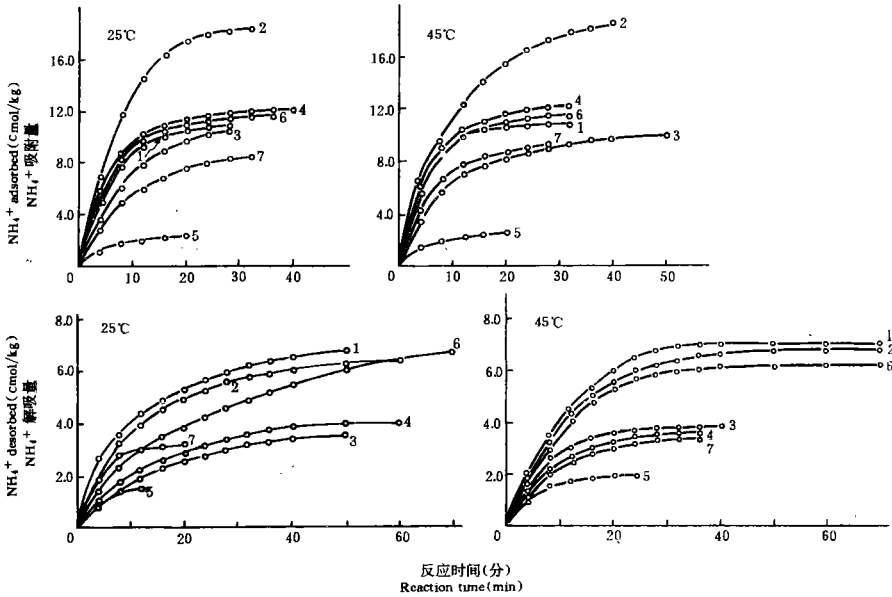


图 2 NH₄⁺ 吸附、解吸动力学曲线

Fig.2 curves of NH₄⁺ adsorption and desorption kinetics

2.1.2 吸附、解吸速度 NH₄⁺ 吸附、解吸速度 (V) 指单位时间内 (t)、单位质量土壤吸附、解吸的 NH₄⁺ 量 (q), 即

$$V(\text{cmol/kg} \cdot \text{min}) = q(\text{cmol/kg}) / t(\text{min})$$

实验表明,在 NH₄⁺ 与土壤反应的不同阶段, NH₄⁺ 吸附、解吸速度不同,呈现出随时间延长和平衡状态接近反应速度逐渐减小的趋势。不同反应阶段吸附、解吸速度 (V) 与时

间(t)的关系可用 Elovich 方程($V=a+b\ln t$)描述(表 2)。式中 a, b 为常数,其中方程斜率 b 是反应速度随时间延长下降快慢的量度(下降率), b 愈小,反应速度下降愈快。由表 2 可知, NH_4^+ 吸附、解吸速度与 $\ln t$ 间存在良好的线性关系;不同土壤吸附、解吸速度的下降率不同,表现出粘粒较高土壤吸附速度下降较快,解吸速度下降较慢的趋势。25℃时,粘粒含量与吸附、解吸速度下降率 b 的相关性分别达到显著($r=-0.850^*$, $p<0.05$)及相关($r=0.741^\#$, $p<0.10$)水平,表明粘粒含量是影响反应速度下降快慢的因素之一。不同粘粒含量土壤吸附速度随反应时间延长的下降趋势见图 3。

表 2 NH_4^+ 吸附、解吸速度与 Elovich 方程中 $\ln t$ 的相关系数¹⁾(r)及吸附、解吸速度的下降率(b)

Table 2 Correlation coefficients(r) between NH_4^+ adsorbing-desorbing speed and the $\ln t$ of Elovich equation and the decline rate of NH_4^+ adsorbing-desorbing speed(b)

项目 Item	土壤编号 Soil No.							
	1	2	3	4	5	6	7	
吸 25℃	r	-0.984***	-0.991***	-0.998***	-0.939***	-0.981***	-0.953***	-0.991***
	b	6.61	8.65	4.79	5.60	1.71	5.99	3.39
附 45℃	r	-0.967***	-0.981***	-0.961***	-0.971***	-0.957*	-0.971***	-0.974***
	b	8.67	5.51	3.32	7.47	1.95	7.21	5.43
解 25℃	r	-0.959***	-0.962***	-0.989***	-0.989***	-0.980	-0.933***	-0.943*
	b	2.07	1.77	0.84	0.94	2.52	1.08	3.23
吸 45℃	r	-0.999***	-0.958***	-0.992***	-0.973***	-0.977	-0.960***	-0.933
	b	2.23	2.13	2.06	1.60	2.53	2.48	4.34

1) *** 指 $p<0.001$ 。

2.2 四种动力学模型及不同土样的拟合性

2.2.1 动力学模型的拟合性 拟合性指动力学模型对实验资料的符合程度。模型拟合性常用相关系数(r)和标准误差(Se)判定

$$r = \sqrt{1 - \frac{\sum(q_t - \hat{q}_t)^2}{\sum(q_t - \bar{q}_t)^2}}$$

$$Se = \sqrt{\frac{\sum(q_t - \hat{q}_t)^2}{n - 2}}$$

式中 q_t 、 \hat{q}_t 及 n 分别为吸附(或解吸)量的测定值、计算值及测定次数。 r 愈大, Se 愈小, 拟合愈好。

Havlin (1985) 等人用 Elovich 方程、双常数方程、扩散方程及一级反应方程描述石灰性土壤中 K^+ 的释过程, 拟合较好^[6]。这

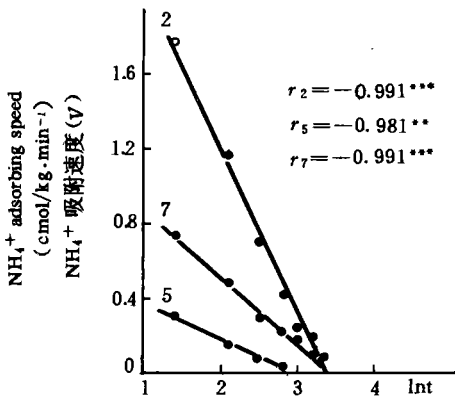


图 3 NH_4^+ 吸附速度(V)与 $\ln t$ 的关系

Fig.3 Relation between NH_4^+ adsorbing speed (V) and $\ln t$ for three typical soils

些模型对 NH_4^+ 的吸附、解吸过程也具有较好的拟合性(表 3)。

从表 3 中 r 和 Se 的均值看出, 吸附反应中 r 值按一级方程(0.993) > Elovich 方程(0.979) > 双常数方程(0.949) > 扩散方程(0.938) 排列, Se 排序与之相同, 表明一级方程对 NH_4^+ 吸附反应拟合最优, Elovich 方程次之, 其余两种模型的拟合性略差。解吸反应中 r 按 Elovich 方程(0.981) > 双常数方程(0.958) > 扩散方程(0.942) > 一级方程(0.911) 排列, Se 以 Elovich 方程最小, 其余三种模型差异不大。说明 Elovich 及一级反应方程分别为解吸反应的最优、最差模型, 其它两种模型介于其间。一级反应方程及 Elovich 方程对代表性土样的 NH_4^+ 吸附、解吸反应的拟合情况见图 4。

表 3 四种模型¹⁾的相关系数(r)和标准误差(Se)25℃

Table 3 Correlation coefficients(r)and standard error (Se)of four kinetic models 25℃

项 目 编 号 Item No.	一级反应方程 ²⁾ First-order equation $\log\left(1 - \frac{q_t}{q_\infty}\right) = -k'_a t$		Elovich 方程 Elovich equation $q_t = a + b \ln t$		双常数方程 TWO-constant rate equation $q_t = at^b$		扩散方程 Parabolic diffusion equation $q_t = a + b\sqrt{t}$		
	r	Se	r	Se	r	Se	r	Se	
NH ₄ ⁺ 吸附	1	0.996	2.64	0.974	5.22	0.944	8.03	0.933	8.33
	2	0.997	4.02	0.972	9.40	0.933	15.49	0.921	15.59
	3	0.987	3.18	0.995	2.67	0.961	7.83	0.974	6.08
	4	0.997	1.74	0.974	4.82	0.946	7.27	0.924	8.11
	5	0.999	0.23	0.989	0.76	0.969	1.33	0.956	1.52
	6	0.992	2.49	0.958	5.96	0.922	8.49	0.890	9.45
	7	0.986	4.46	0.993	2.39	0.968	5.53	0.966	5.30
平均	0.993	2.68	0.979	4.46	0.949	7.71	0.938	7.77	
NH ₄ ⁺ 解吸	1	0.934	3.96	0.989	2.16	0.955	4.77	0.940	5.01
	2	0.918	4.47	0.992	1.75	0.957	4.49	0.948	4.46
	3	0.910	2.90	0.991	1.21	0.955	2.99	0.952	2.75
	4	0.929	3.07	0.993	1.13	0.962	3.00	0.961	2.71
	5	0.835	0.86	0.946	0.63	0.930	0.71	0.889	0.28
	6	0.993	1.83	0.990	2.29	0.997	1.28	0.997	1.32
	7	0.861	1.62	0.967	1.06	0.949	1.35	0.907	1.75
平均	0.911	2.67	0.981	1.46	0.958	2.66	0.942	2.61	

1) 四种模型中的 q_t 及 t 分别为 t 时刻的吸附(或解吸)量及反应时间, a, b 为常数。

2) 一级方程中的 q_∞ 及 k'_a 分别为平衡吸附量及表观吸附速率常数。在解吸反应中, 一级方程为 $\ln(q_t/q_0) = -k'_d t$, 式中 q_0 为解吸开始时的吸附量, k'_d 为表观解吸速率常数。

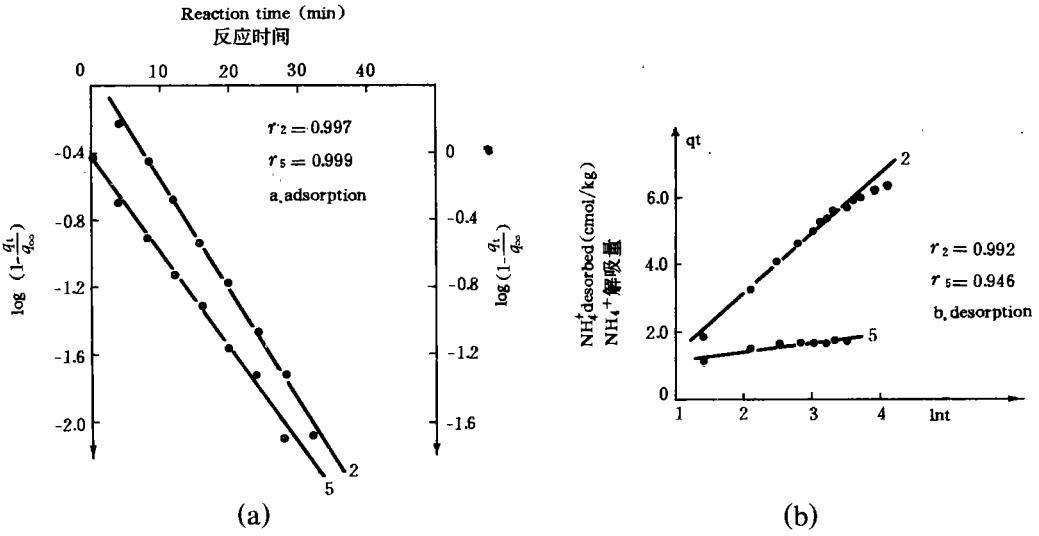


图 4 NH₄⁺ 吸附一级反应方程图 (a) 和解吸 Elovich 方程图 (b), 25℃

Fig.4 First-order equation (a) and Elovich equation (b) for NH₄⁺ adsorption and desorption, respectively, in two typical soils, 25℃

2.2.2 不同土壤的拟合性 从表 3 看出,同一模型对不同土壤的拟合性不同,特别是 Se 差别很大。如吸附反应中,最佳模型一级反应方程的相关系数 *r* 及标准误差 *Se* 分别为 0.986—0.999 及 0.23—4.46,其中 5 号土拟合最佳,其 *r* 及 *Se* 分别为 0.999 及 0.23,3 号、7 号土拟合较差,其 *r* 及 *Se* 分别为 0.987、0.986 及 3.18、4.46。在拟合最差的扩散方程中,土样间的拟合结果差异更大,其 *r* 及 *Se* 值分别为 0.890—0.974 及 1.52—15.59。解吸反应的拟合结果与吸附类似。由此可知,动力学模型对 NH₄⁺ 吸附、解吸反应的拟合性随模型种类、反应类型(吸附或解吸)及土壤性质而变化。

2.3 影响 NH₄⁺ 吸附、解吸反应的因素

2.3.1 土壤粘粒含量及 CEC NH₄⁺ 在土壤固相表面吸附是表面负电荷静电引力所致。与表面电荷数量密切相关的粘粒含量及 CEC 对 NH₄⁺ 吸附、解吸速率常数(表 4),反应平衡时间(表 5),平衡时的吸附、解吸量(表 6)及吸附平衡常数(表 7)有显著影响。

表 4 NH₄⁺ 吸附、解吸速率常数 (*k_a*, *β*)¹⁾ 与土壤粘粒及 CEC 的相关系数 (*r*)²⁾

Table 4 Correlation coefficients (*r*) between adsorbing-desorbing rate constant (*k_a*, *β*) on the one hand and soil clay and CEC on the other

项目 Item	<i>k_a</i> (吸附速率常数)		<i>β</i> (解吸速率常数)	
	<i>k_a</i> (adsorbing rate constant)		<i>β</i> (desorbing rate constant)	
	25℃	45℃	25℃	45℃
CEC	-0.813*	-0.757*	-0.877**	-0.919**
粘粒含量	-0.845*	-0.780*	-0.854*	-0.861*
<i>q₀</i>	—	—	-0.920**	-0.963**

1) *k_a*, *β* 分别为一级动力学方程及 Elovich 方程的速率常数。2) * 及 ** 分别指 *p* < 0.05 及 0.01。

Elovich 方程 *q_t* = *a* + *b*ln*t* 中, *b* = 1 / *β*, 故 *β* 与解吸速率呈反相关。表 4 表明,粘粒含

量愈高, CEC 愈大, NH_4^+ 吸附愈慢, 解吸愈快; 反应开始时土壤吸附的交换性 NH_4^+ (q_0) 愈多, 解吸愈快。两种温度下的解吸平衡时间与粘粒含量及 CEC 的显著正相关 ($p < 0.05$ 、0.01 及 0.001) 以及粘粒含量与 25℃ 时吸附平衡时间的相关 ($p < 0.10$) 表明, 粘粒较多且 CEC 较大的土壤达到解吸平衡需要较长的时间, 吸附平衡时间与粘粒间虽有类似关系, 但相关性较差 (表 5)。 NH_4^+ 吸附平衡常数 (k_{eq}) 反映 NH_4^+ 吸附的难易程度, k_{eq} 愈大, 吸附愈容易。土壤 CEC 愈大, 粘粒愈多, 土壤吸 NH_4^+ 愈难以进行 (表 7)。 CEC 愈大且粘粒较多的土壤, 在反应平衡时吸附、解吸的 NH_4^+ 较多 (表 6)。表 4、5、7 及表 6 说明土壤 CEC 及粘粒含量决定着土壤吸附、解吸 NH_4^+ 的速率、难易程度及吸附、解吸量。

表 5 吸附、解吸平衡时间与土壤粘粒含量及 CEC 的相关系数 (r)¹⁾

Table 5 Correlation coefficients (r) between adsorbing-desorbing equilibrium time on the one hand and soil clay and CEC on the other

项目 Item	吸附 Adsorption		解吸 Desorption	
	25℃	45℃	25℃	45℃
粘粒	0.698 [#]	0.631	0.955 ^{***}	0.794 [*]
CEC	0.602	0.489	0.926 ^{**}	0.925 ^{**}

1) *, **, *** 及 # 分别指 $p < 0.05$ 、0.01、0.001 及 0.10。

表 6 NH_4^+ 吸附、解吸量与土壤 CEC 及粘粒含量的相关系数 (r)¹⁾

Table 6 Correlation coefficients (r) between NH_4^+ adsor bed and desorbed on the one hand and soil CEC and clay content on the other

项目 Item	NH_4^+ 吸附量 NH_4^+ adsorbed		NH_4^+ 解吸量 NH_4^+ desorbed	
	25℃	45℃	25℃	45℃
CEC	0.874 ^{**}	0.866 [*]	0.910 ^{**}	0.881 ^{**}
粘粒	0.883 ^{**}	0.865 [*]	0.713 [#]	0.680 [#]

1) *, **, *** 及 # 分别指 $p < 0.05$ 、0.01、0.001 及 0.10。

表 7 NH_4^+ 吸附平衡常数 (k_{eq})¹⁾ 与土壤 CEC 及粘粒含量的相关系数 (r)²⁾

Table 7 Correlation coefficients (r) between NH_4^+ adsorbing equilibrium constant (k_{eq}) on the one hand and soil CEC and clay content on the other

项目 Item	25℃	45℃
CEC	-0.759 [*]	-0.774 [*]
粘粒	-0.637	-0.770 [*]

1) $k_{\text{eq}} = k_a / k_d$, k_a , k_d 分别为一级动力学方程的吸附、解吸速率常数。2) * 指 $p < 0.05$ 。

2.3.2 温度 NH_4^+ 解吸一级反应方程为:

$$\ln\left(\frac{q_t}{q_0}\right) = -k'_d t,$$

式中 q_t 、 q_0 分别为 t 时刻及 $t=0$ 时土壤胶体交换位上的 NH_4^+ 吸附量, t 为反应时间, k'_a 为表观速率常数。由表 8 看出, 随着温度升高 k'_a 增大 ($p < 0.01$), NH_4^+ 解吸加快。

表 8 不同温度下 NH_4^+ 解吸表观速率常数 (k'_a), $k'_a \times 10^{-2} \text{min}$

Table 8 Apparent NH_4^+ desorbing rate constant (k'_a), at different temperatures

项 目 Item	土壤编号 Soil No.						
	1	2	3	4	5	6	7
45℃	0.86	0.61	0.63	0.54	0.66	0.84	0.54
25℃	0.81	0.52	0.30	0.41	0.31	0.70	0.42
$\Delta k'_a$	+0.05	+0.09	+0.33	+0.13	+0.35	+0.14	+0.12
t 检验	$t = 3.871^{**} > t_{0.01}(3.707)$						

2.4 NH_4^+ 吸附、解吸机理的推论

2.4.1 水膜厚度影响 NH_4^+ 吸附速率 土壤颗粒表面带有负电荷, 在颗粒周围形成一个带正电的反离子层和一定厚度的水膜。水膜厚度与颗粒大小呈反相关, 颗粒愈细, 水膜愈厚。土壤吸 NH_4^+ 时, 自由液相中的 NH_4^+ 在膜内外浓度梯度作用下通过膜扩散取代反离子层的 Ca^{2+} 。 NH_4^+ 的扩散阻力取决于水膜厚度。水膜愈厚, 阻力愈大, 表现为粘粒含量与吸附速率常数、吸附平衡常数的显著负相关 ($p < 0.05$) 及吸附平衡时间的正相关 ($p < 0.10$)。

2.4.2 膜内外浓度梯度影响 NH_4^+ 解吸速率 NH_4^+ 解吸时自由液相的 Ca^{2+} 进入反离子层及层中 NH_4^+ 与 Ca^{2+} 交换后进入自由液相均须通过膜扩散完成, 水膜厚度理应仍是控制解吸速率之因素。但 CEC 及粘粒含量与 β 的显著负相关(表 4)表明, 水膜厚度并不是 NH_4^+ 解吸速率的决定因素。 q_0 与 β 的显著负相关 ($p < 0.01$) 表明, NH_4^+ 解吸速率的控制因子是解吸开始时土壤胶体上交换位点的 NH_4^+ 吸附量 (q_0)。 q_0 大的土壤, 反离子层与自由液相 NH_4^+ 的浓度梯度大, NH_4^+ 向外扩散快, 并有利于膜外 Ca^{2+} 向膜内反离子层扩散, 以达到电性平衡。扩散速率决定着解吸速率。至于 CEC 及粘粒含量与 β 的显著负相关, 实质是 q_0 与 β 关系的反映。 CEC 与 q_0 ($r = 0.976^{***}$, $p < 0.001$) 及粘粒与 q_0 ($r = 0.937^{**}$, $p < 0.01$) 的高度相关证明了这一点。由此可知膜内外 NH_4^+ 浓度梯度是控制解吸速率的因素。

综上所述, NH_4^+ 的吸附、解吸反应是扩散控制过程。水膜厚度、膜内外浓度梯度均影响 NH_4^+ 的扩散速度, 进而影响 NH_4^+ 的吸附、解吸速率。

3 结论

1. NH_4^+ 吸附、解吸平衡时间及反应速率, 平衡时的吸附、解吸量及吸附平衡常数均受土壤粘粒含量和 CEC 制约, NH_4^+ 进出水膜的扩散速度决定着反应速率。

2. 不同模型及同一模型对不同土壤的拟合性不同。一级反应方程及 Elovich 方程分别为 NH_4^+ 吸附、解吸反应的最优模型。

3. 温度对 NH_4^+ 解吸速率有明显影响。

参 考 文 献

1. 文启孝、张晓华、杜丽娟、吴顺龄, 1988: 太湖地区主要土壤中的固定态 NH_4^+ 及其有效性. 土壤学报, 第25卷1期, 22—30页。
2. 谢鹏、蒋剑敏、熊毅, 1988: 我国几种主要土壤胶体的 NH_4^+ 吸附特征. 土壤学报, 第25卷2期, 175—183页。
3. 樊小林、李昌纬、K. Mengel, 1990: 瘠土中非代换铵(固定态)的有效性. 土壤学报, 第27卷3期, 301—307页。
4. 南京农业大学主编, 1980: 土壤农化分析. 54—55页, 农业出版社。
5. 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析. 132—481页, 上海科学技术出版社。
6. Havlin, J. L. and Westfall, D. G. 1985: Potassium release kinetics and plant response in calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 365—370.

KINETIC CHARACTERISTICS OF NH_4^+ ADSORPTION-DESORPTION FOR FIVE MAJOR SOILS IN SHAANXI PROVINCE

Xue Quanhong Wei Qingfeng Gao Yan Shi Hui and Qu Dong

(Northwest Agricultural University. 712100)

Summary

The kinetic characteristics of NH_4^+ adsorption-desorption for five major soils in shaanxi province were studied by using the continuous fluid flow method. NH_4^+ adsorbing-desorbing equilibrium time and reaction rate, equilibrium adsorbing-desorbing capacity and adsorbing equilibrium constants changed with the soil clay content and CEC. Different kinetic models showed different fitting results to the data of experiment. First-order equation and Elovich equation were the best models for fitting to the data of NH_4^+ adsorbing and desorbing reactions respectively. NH_4^+ diffusion speed was the factor controlling the NH_4^+ adsorbing and desorbing rates. NH_4^+ desorbing rate increased significantly with raising temperature.

Key words Soil chemical kinetics, NH_4^+ adsorbing kinetics, NH_4^+ desorbing kinetics, NH_4^+ adsorption, NH_4^+ desorption