

温度和水土比对红壤吸附低分子量有机酸的影响^①

喻艳红^{1,3}, 张桃林¹, 李清曼², 王兴祥^{1*}

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072;

3 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 通过一次平衡法考察了温度和水土比对红壤吸附草酸、柠檬酸、酒石酸和苹果酸的影响。结果表明, 有机酸的吸附量、最大吸附量 (S_m) 及吸附亲和力常数 (K) 均随温度的升高而增加, 随着水土比的增加而降低。温度和水土比变化对有机酸吸附的影响程度因有机酸种类而异, 影响程度大小与土壤对有机酸的吸附亲和力 (K) 大小顺序相反。45℃ 时, 土壤对草酸、柠檬酸、酒石酸和苹果酸的吸附量分别是 25℃ 时的 1.19、1.22、1.24 和 1.28 倍; 100:1 水土比条件下, 草酸、柠檬酸、酒石酸和苹果酸的吸附量分别较 10:1 水土比条件下减少了 48.3%、54.9%、63.5% 和 76.1%。

关键词: 红壤; 低分子量有机酸; 吸附; 温度; 水土比

中图分类号: S153

低分子量有机酸是一种含有一个或多个羧基的脂肪族或芳香族化合物^[1]。由于低分子量有机酸所携带 -COOH 的强络合作用, 所以其一旦进入土壤将很快被土壤吸附^[2]。而该吸附行为会影响土壤表面电荷性质和动电性质^[3-4], 进而影响低分子量有机酸在土壤中的作用, 如矿物溶解^[5-6]、根际养分的获取 (如 Fe 和 P)^[7-8]、金属毒害的缓解 (如 Al 和 Mn)^[9-10] 等。目前, 低分子量有机酸吸附的影响因素研究较多的是土壤类型、有机酸种类和浓度、溶液 pH、背景电解质种类及浓度等^[11-13], 而对于温度和水土比影响的研究则相对薄弱^[14]。温度是影响阴离子吸附的重要因素之一^[15], 随着土壤温度的变化, 有机酸在土壤中的吸附行为及去向也将发生变化。此外, 水土比也会影响阴离子的吸附^[16-17]。在阴离子的吸附研究中通常采用较大的水土比^[11,18], 而在田间实际状况下, 离子吸附往往在较低水土比条件下发生。因此, 本文通过一次平衡法考察了温度和水土比对红壤吸附低分子量有机酸的影响, 以期加深对低分子量有机酸在可变电荷土壤中吸附特征的认识。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤采自中国科学院红壤生态实验站 (28°13' N, 116°55' E) 的马尾松林地土壤 (5~20 cm)。所采

土样风干、磨细、过 0.25 mm 筛备用。此土壤为第四纪红黏土发育的典型红壤, 土壤质地为黏土 (<0.0002 mm 黏粒含量为 41.2%), pH 值为 4.49 (H₂O, v:w = 2.5:1), 有机质含量为 25.80 g/kg (重铬酸钾容量法), 游离氧化铁含量为 32.14 g/kg (DCB法), 游离氧化铝含量为 5.77 g/kg (DCB 法), 主要黏土矿物为高岭石和水云母。

本试验选取草酸、柠檬酸、酒石酸和苹果酸作为研究对象, 因为这 4 种低分子量有机酸均是土壤中自然存在的优势有机酸^[1]。供试有机酸均为分析纯试剂。

1.2 试验方法

1.2.1 温度对红壤吸附低分子量有机酸的影响

称取 0.500 g 土样于 100 ml 离心管中, 加 25 ml 柠檬酸 (1 mmol/L)、酒石酸 (1 mmol/L)、苹果酸 (1 mmol/L) 和草酸 (5 mmol/L) 溶液, 再加 2 滴甲苯, 混匀, 分别在 (25±1) °C、(35±1) °C 和 (45±1) °C 下恒温振荡 2 h, 相应温度下静置 22 h 后 3 000 r/min 离心 10 min, 上清液过 0.22 μm 滤膜后测定有机酸浓度。

为了进一步明确温度对有机酸吸附的影响, 以柠檬酸为例研究了温度对柠檬酸吸附等温曲线及吸附参数的影响。称取若干份 0.500 g 土样于离心管中, 分别加入 25 ml 的 1、3、5、10 和 20 mmol/L 的柠檬酸溶液, 加 2 滴甲苯, 然后如上所述进行摇匀、振荡、

①基金项目: 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX2-YW-438 和 KSCX1-YW-09) 资助。

* 通讯作者 (xxwang@issas.ac.cn)

作者简介: 喻艳红 (1979—), 女, 河南信阳人, 博士研究生, 主要从事土壤化学研究。E-mail: yhyu@issas.ac.cn

静置、离心、过滤和测定。

1.2.2 水土比对红壤吸附低分子量有机酸的影响

称取一定量的土样于离心管中, 然后按 10:1、25:1、50:1 和 100:1 的水土比分别加入柠檬酸 (1 mmol/L)、酒石酸 (1 mmol/L)、苹果酸 (1 mmol/L) 和草酸溶液 (5 mmol/L)。再加 2 滴甲苯, 摇匀、振荡、静置、离心, 过滤后测定上清液中的有机酸浓度和电导率 (上海雷磁精密科学仪器有限公司生产的 DDS-307 型电导率仪)。

为了进一步明确水土比对有机酸吸附的影响, 以柠檬酸为例研究了水土比对柠檬酸吸附等温曲线及吸附参数的影响。分别称取若干份一定量的土样于离心管中, 按 25:1、50:1 和 100:1 的水土比分别加入 1、3、5、10 和 20 mmol/L 的柠檬酸溶液, 再加 2 滴甲苯, 样品混匀后在 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下恒温振荡 2 h, 然后如上所述进行静置、离心、过滤和测定。

测定的有机酸浓度作为平衡溶液中的有机酸浓度。有机酸吸附量 (S_e , mmol/kg) 的计算公式为: $S_e = (C_0 - C_e)V/W$ 。式中, C_0 为有机酸初始浓度 (mmol/L); C_e 为平衡溶液中有有机酸浓度 (mmol/L); V 为溶液体积 (ml); W 为土壤质量 (g)。

1.3 低分子量有机酸的测定条件

低分子量有机酸采用高效毛细管电泳间接紫外检测法测定 (仪器为北京彩陆科学仪器有限公司生产的 CL1030 型高效毛细管电泳仪)。测定条件参考文献 [19], 进行了适当修改。具体测定条件如下: 毛细管总长度 58 cm, 有效分离长度 50 cm; 缓冲溶液为 pH 5.6 的 0.5 mmol/L 的十四烷基三甲基溴化铵和 15 mmol/L 的磷苯二甲酸氢钾混合溶液; 25°C 条件下恒温检测, 检测波长为 254 nm, 分离电压为 -15 kV, 虹吸进样 10 s。草酸、柠檬酸、酒石酸和苹果酸均能在 5 min 内得到很好的分离, 而且 4 种低分子量有机酸在 0.1 ~ 1 mmol/L 浓度范围内均呈很好的线性相关, 相关系数 $r > 0.999$, 迁移时间和峰值的相对标准偏差均小于 5%。

2 结果与讨论

2.1 温度对红壤吸附低分子量有机酸的影响

2.1.1 温度对有机酸吸附量的影响 升高温度明显有利于红壤对低分子量有机酸的吸附 (表 1)。如初始浓度为 5 mmol/L 的草酸, 35°C 和 45°C 时的吸附量分别较 25°C 时增加了 7.09% 和 19.48%。初始浓度为 1 mmol/L 的柠檬酸, 相对于 25°C 时的吸附量而言,

35°C 和 45°C 时的吸附量分别增加了 8.20% 和 21.66%, 酒石酸的吸附量分别增加了 9.22% 和 24.43%, 苹果酸的吸附量分别增加了 11.59% 和 28.23%。该结果与磷酸盐的吸附特征相似^[15,17], 这从侧面说明有机酸在红壤中的吸附以化学吸附为主。温度升高, 有机酸分子运动剧烈, 能量升高, 利于有机酸分子与红壤表面作用, 进而使有机酸的吸附量增加。

表 1 温度与有机酸吸附量的关系 (mmol/kg)

Table 1 Relationship between temperature and adsorption capacities of organic acids

有机酸	25°C	35°C	45°C
草酸	196.01 ± 1.01	209.90 ± 1.23	234.18 ± 1.41
柠檬酸	32.11 ± 0.55	34.75 ± 0.62	39.07 ± 0.31
酒石酸	25.90 ± 1.01	28.28 ± 0.18	32.22 ± 0.49
苹果酸	16.68 ± 1.01	18.62 ± 0.69	21.39 ± 0.35

同时, 温度变化对有机酸吸附的影响程度因有机酸种类而异。随着温度升高, 苹果酸吸附量的增加幅度 (增加百分数) 较大, 酒石酸和柠檬酸其次, 草酸吸附量的增加幅度最小 (表 1)。这主要与土壤吸附有机酸时所需要的能量大小 (与吸附结合能有关的参数 K 值, 即吸附亲和力常数 K 值) 有关。由于土壤对草酸的吸附亲和力常数 (K) 较大, 其次是柠檬酸和酒石酸, 而对苹果酸的吸附亲和力常数 (K) 较小 (25°C 时, 红壤对草酸、柠檬酸、酒石酸和苹果酸的吸附亲和力常数 K 值分别为 0.70、0.52、0.43 和 0.15^[20]), 即土壤吸附有机酸所需要的能量高低顺序为: 草酸 > 柠檬酸 > 酒石酸 > 苹果酸。所以升高温度对有机酸吸附影响的顺序与土壤对有机酸的吸附亲和力常数 (K) 顺序相反。

为了进一步说明温度与有机酸吸附的关系, 以柠檬酸为例研究了不同温度下柠檬酸的等温吸附特征 (图 1、表 2)。由图 1 可以看出, 随着温度升高, 柠檬酸的吸附量增加, 且温度从 35°C 升高到 45°C 时吸附量的增加量要较温度从 25°C 升高到 35°C 时吸附量的增加量大。温度改变以后柠檬酸的吸附数据仍可以很好地用 Langmuir 方程描述 ($r > 0.988$, $n = 5$) (表 2)。由 Langmuir 方程拟合参数可以看出, 温度升高增加了红壤对柠檬酸的最大吸附量 (S_m) 和吸附亲和力常数 (K)。这说明温度升高不但增加了红壤对有机酸的吸附容量, 还增加了红壤对有机酸的吸附强度, 使有机酸被土壤吸附得更加牢固, 更难解吸下来。

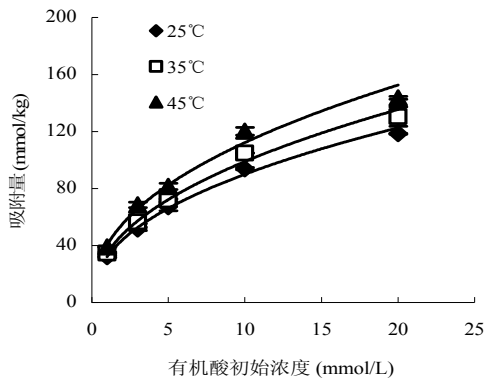


图 1 不同温度下柠檬酸的吸附等温线

Fig. 1 Sorption isotherms of citric acid at different temperatures

表 2 不同温度下红壤吸附柠檬酸的 Langmuir 拟合方程及拟合参数

Table 2 Fitting Langmuir equations and adsorption parameters for citric acid in red soil at different temperatures

温度	Langmuir 方程	r	S_m (mmol/kg)	K
25°C	$y = 0.0199 + 0.0075x$	0.989**	133.33	0.38
35°C	$y = 0.0175 + 0.0069x$	0.988**	144.93	0.39
45°C	$y = 0.0124 + 0.0064x$	0.991**	156.25	0.52

注: r 表示相关系数; **表示极显著水平 ($p < 0.01$); S_m 表示最大吸附量; K 是与吸附结合能有关的参数, 下同。

2.1.2 有机酸吸附的热力学特征 有机酸吸附的热力学特征可用标准自由能 (ΔG°) 和标准焓 (ΔH°) 两个热力学函数表征, 它们的计算公式如下^[21]:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_m = -RT \ln (K \times 31\,000) \quad (1)$$

$$\ln \frac{K_{mT_2}}{K_{mT_1}} = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2)$$

式中, ΔG° 为自由能变化值 (J/mol); R 为气体常数 (8.314 J/(mol·K)); T 为绝对温度 (K); K_m 为热力学平衡常数, 其值由 Langmuir 方程的拟合参数 K 值转化而来 ($K_m = K \times 31\,000$ ^[22])。

由式(1)计算可知, 柠檬酸在 25°C、35°C 和 45°C 时的 ΔG° 分别为 -23 226、-24 072 和 -25 614 J/mol。等温等压下, 自由能 (ΔG°) 的变化可以作为反应方向的判断依据。柠檬酸在 25°C、35°C 和 45°C 时的 ΔG° 均为负值, 说明在这 3 个温度下有机酸的吸附反应均能自动进行, 即土壤对有机酸的吸附过程中伴随着自

由能的降低。自由能的降幅越大, 越有利于吸附反应的进行。由计算可知, 温度由 25°C 升到 35°C 时, 自由能下降了 846 J/mol; 而温度由 35°C 升到 45°C 时, 自由能下降了 1 542 J/mol。即同样升高 10°C, 温度从 35°C 升高到 45°C 对有机酸吸附量的影响较温度从 25°C 升高到 35°C 对有机酸吸附量的影响大。

ΔH° 是等压下有机酸吸附反应的标准热效应。由式(2)计算可知温度从 25°C 升高到 35°C 及温度从 35°C 升高到 45°C 的焓变分别为 1 982 和 23 428 J/mol, ΔH° 均为正值, 表明有机酸的吸附为吸热反应, 在 25°C ~ 45°C 范围内有机酸吸附量随温度升高而增大。上述吸附反应特征也说明有机酸的吸附过程主要是化学吸附, 而不是单纯的物理吸附。

2.2 水土比对红壤吸附低分子量有机酸的影响

红壤对低分子量有机酸的吸附量随水土比增加而减少 (表 3)。初始浓度为 5 mmol/L 时, 草酸在 25:1、50:1 和 100:1 水土比条件下的吸附量分别比 10:1 水土比条件下减少了 1.04%、17.9% 和 48.3%。初始浓度为 1 mmol/L 时, 相对于 10:1 水土比条件下有机酸的吸附量而言, 25:1、50:1 和 100:1 水土比条件下, 柠檬酸的吸附量分别减少了 15.0%、33.8% 和 54.9%, 酒石酸的吸附量分别减少了 22.4%、43.9% 和 63.5%, 苹果酸的吸附量分别减少了 36.1%、58.6% 和 76.1%。此结果与以往的有关磷酸根的报道相似^[16-17]。一般来说, 水土比的增加有利于吸附剂的分散, 吸附剂表面的活性点位增加, 有利于有机酸的吸附; 高水土比条件下土壤中溶出的离子较多, 导致反应体系中的离子强度也较高 (表 4), 而高离子强度也有利于有机酸的吸附^[23]。但是此处的结果却是随着水土比的增加有机酸的吸附量减少, Zhou 等^[17]关于水稻土对 P 的吸附研究也发现水土比的增加不利于 P 的吸附, 具体原因还有待进一步的研究。

同时, 水土比变化对有机酸吸附的影响程度因有机酸种类而异。随着水土比的增加, 苹果酸吸附量的减小幅度 (减小百分数) 较大, 酒石酸和柠檬酸其次, 草酸吸附量的减小幅度最小 (表 3)。这主要与土壤对有机酸的吸附亲和力 (K) 有关。由于土壤对苹果酸的吸附亲和力 (K) 最小, 其次是酒石酸和柠檬酸, 对草酸的吸附亲和力 (K) 最大^[20]。而土壤对有机酸的吸附亲和力越小, 有机酸随着水土比的增加就越容易被解吸下来。所以水土比对有机酸吸附影响的顺序与土壤对有机酸的吸附亲和力常数 (K) 顺序相反。

表 3 水土比与有机酸吸附量之间的关系 (mmol/kg)

Table 3 Relationship between solution/soil ratio and adsorption capacities of organic acids

有机酸	10:1	25:1	50:1	100:1
草酸	238.66 ± 0.17	236.18 ± 0.08	196.01 ± 0.51	123.34 ± 4.62
柠檬酸	48.54 ± 0.16	41.25 ± 0.14	32.11 ± 0.55	21.90 ± 0.63
酒石酸	46.19 ± 0.06	35.83 ± 0.37	25.90 ± 1.01	16.86 ± 0.16
苹果酸	40.29 ± 0.16	25.73 ± 0.15	16.68 ± 0.57	9.62 ± 0.02

表 4 水土比对有机酸吸附平衡溶液电导率的影响 (μS/cm)

Table 4 Effects of solution/soil ratios on equilibrium solution conductivities of organic acid adsorptions

有机酸	10:1	25:1	50:1	100:1
草酸	251.0 ± 2.8	633.0 ± 7.1	1 108.5 ± 0.7	1 391.0 ± 2.8
柠檬酸	121.5 ± 0.7	132.0 ± 2.8	151.5 ± 2.1	176.5 ± 0.7
酒石酸	94.5 ± 0.7	122.5 ± 0.7	162.5 ± 2.1	194.0 ± 1.4
苹果酸	98.0 ± 2.8	106.0 ± 0.0	124.5 ± 0.7	143.0 ± 2.8

为了进一步说明水土比与有机酸吸附的关系，以柠檬酸为例研究了不同水土比条件下柠檬酸的等温吸附特征（图 2、表 5）。由图 2 可以看出，随着水土比的增加，柠檬酸的吸附量减少；且水土比越大，降幅越大，尤其在较高浓度时更为明显。因此，建议在研究有机酸的吸附时，应尽量采用小水土比 (<50:1)。水土比改变以后柠檬酸的吸附数据仍可以很好地用 Langmuir 方程描述 ($r > 0.989$, $n = 5$) (表 5)。由表 5 可以看出，水土比的增加减小了红壤对柠檬酸的最大吸附量 (S_m) 和吸附亲和力常数 (K)。这说明随着水土比的增加，红壤对柠檬酸的吸附容量减小，而且吸附的柠檬酸比较容易被解吸下来。由此可以推测在实际土壤中有有机酸的吸附容量应该更大，且更不易被解吸下来。

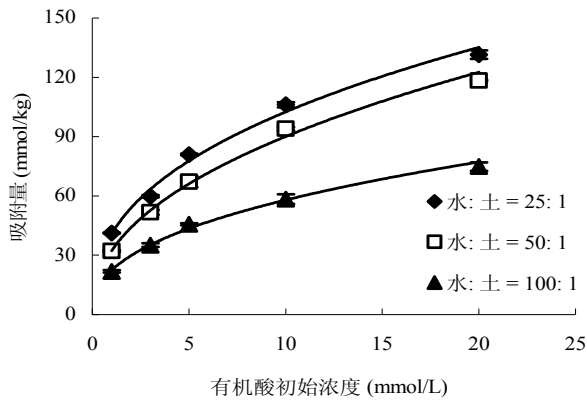


图 2 不同水土比对柠檬酸吸附等温线的影响

Fig. 2 Effects of different solution/soil ratios on sorption isotherms of citric acid

表 5 不同水土比条件下红壤吸附柠檬酸的 Langmuir 拟合方程及拟合参数

Table 5 Fitting Langmuir equations and adsorption parameters for citric acid in red soil at different solution/soil ratios

水土比	Langmuir 方程	r	S_m (mmol/kg)	K
25:1	$y = 0.0134 + 0.0070x$	0.990**	142.86	0.52
50:1	$y = 0.0199 + 0.0075x$	0.989**	133.33	0.38
100:1	$y = 0.0342 + 0.0119x$	0.992**	84.03	0.35

3 结论

红壤对低分子量有机酸的吸附量随温度升高而增加，温度升高增加了柠檬酸的最大吸附量 (S_m) 和吸附亲和力常数 (K)。温度变化对有机酸吸附的影响程度因有机酸种类而异。随着温度升高，苹果酸吸附量的增加幅度较大，酒石酸和柠檬酸其次，草酸吸附量的增加幅度最小。这主要与土壤吸附有机酸所需要的能量大小 (吸附亲和力常数 K 值) 有关。温度对有机酸吸附影响程度与土壤对有机酸的吸附亲和力常数 (K) 大小顺序相反。

红壤对低分子量有机酸的吸附量随水土比增加而减少，水土比的增加减小了红壤对柠檬酸的最大吸附量 (S_m) 和吸附亲和力常数 (K)。水土比变化对有机酸吸附的影响程度因有机酸种类而异。随着水土比的增加，苹果酸吸附量的减小幅度较大，酒石酸和柠檬酸其次，草酸吸附量的减小幅度最小。这主要与土壤对有机酸的吸附亲和力有关。水土比对有机酸吸附影响程度与土壤对有机酸的吸附亲和力常数 (K) 大小顺序相反。

参考文献:

- [1] Strobel BW. Influence of vegetation on low-molecular-weight carboxylic acids in soil solution – A review. *Geoderma*, 2001, 99(3/4): 169–198
- [2] Ström L, Owen AG, Godbold DL, Jones DL. Organic acid behaviour in a calcareous soil: Sorption reactions and biodegradation rates. *Soil Biology & Biochemistry*, 2001, 33(15): 2125–2133
- [3] Xu RK, Li CB, Ji GL. Effect of low-molecular-weight organic anions on electrokinetic properties of variable charge soils. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2004, 277(1): 243–247
- [4] 徐仁扣. 低分子量有机酸对可变电荷土壤和矿物表面化学性质的影响. *土壤*, 2006, 38(3): 233–241
- [5] Wang XX, Li QM, Hu HF, Zhang TL, Zhou YY. Dissolution of kaolinite induced by citric, oxalic, and malic acids. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2005, 290(2): 481–488
- [6] Cama J, Ganor J. The effects of organic acids on the dissolution of silicate minerals: A case study of oxalate catalysis of kaolinite dissolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2006, 70(9): 2191–2209
- [7] Ström L, Owen AG, Godbold DL, Jones DL. Organic acid mediated P mobilization in the rhizosphere and uptake by maize roots. *Soil Biology & Biochemistry*, 2002, 34(5): 703–710
- [8] Ström L, Owen AG, Godbold DL, Jones DL. Organic acid behaviour in a calcareous soil implications for rhizosphere nutrient cycling. *Soil Biology & Biochemistry*, 2005, 37(11): 2046–2054
- [9] Ma JF, Ryan PR, Delhaize E. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. *Trends in Plant Science*, 2001, 6(6): 273–278
- [10] Jones DL. Organic acids in the rhizosphere – A critical review. *Plant and Soil*, 1998, 205: 25–44
- [11] 徐仁扣, 钱薇, 李九玉. 砖红壤吸附低分子量有机酸的初步研究. *土壤*, 2004, 36(4): 446–448
- [12] Jones DL, Brassington DS. Sorption of organic acids in acid soils and its implications in the rhizosphere. *European Journal of Soil Science*, 1998, 49(3): 447–455
- [13] Filius JD, Hiemstra T, Van Riemsdijk WH. Adsorption of small weak organic acids on goethite: Modeling of mechanisms. *Journal of Colloid and Interface Science*, 1997, 195(2): 368–380
- [14] Jones DL, Dennis PG, Owen AG, Van Hees PAW. Organic acid behavior in soils – Misconceptions and knowledge gaps. *Plant and Soil*, 2003, 248(1): 31–41
- [15] Barrow NJ. Reaction of anions and cations with variable-charge soils. *Advances in Agronomy*, 1985, 38: 183–230
- [16] Hope GD, Syers JK. Effects of solution: Soil ratio on phosphate sorption by soils. *European Journal of Soil Science*, 1976, 27(3): 301–306
- [17] Zhou QX, Zhu YM. Potential pollution and recommended critical levels of phosphorus in paddy soils of the southern Lake Tai area, China. *Geoderma*, 2003, 115(1/2): 45–54
- [18] 王永, 徐仁扣. 可变电荷土壤对水体中磷酸根的吸附去除作用. *生态与农村环境学报*, 2008, 24(4): 63–67
- [19] Wang M, Qu F, Shan XQ, Lin JM. Development and optimization of a method for the analysis of low-molecular-mass organic acids in plants by capillary electrophoresis with indirect UV detection. *Journal of Chromatography A*, 2003, 989(2): 285–292
- [20] 喻艳红, 李清曼, 张桃林, 王兴祥. 红壤中低分子量有机酸的吸附特征. *土壤通报*, 2011, 42(1): 33–37
- [21] 杜建军, 张一平, 白锦麟, 尹志鹏. 陕西几种土壤磷吸附特征及温度效应的研究. *土壤通报*, 1993, 24(6): 241–243
- [22] 何振立, 朱祖祥, 袁可能, 黄昌勇. 土壤对磷的吸持特性及其与土壤供磷指标之间的关系. *土壤学报*, 1988, 25(4): 397–403
- [23] 喻艳红, 张桃林, 李清曼, 王兴祥. pH、离子强度和介电常数对低分子量有机酸在红壤中吸附行为的影响. *土壤*, 2010, 42(3): 479–484

Effects of Temperature and Solution/Soil Ratio on Adsorption of Low Molecular Weight Organic Acids in Red Soil

YU Yan-hong^{1,3}, ZHANG Tao-lin¹, LI Qing-man², WANG Xing-xiang¹

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*; 2 *Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China*; 3 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: This research investigated the effects of temperature and solution/soil ratio on the adsorption of oxalic, citric, tartaric and malic acids in red soil by a batch equilibrium method. The results indicated that the adsorption capacity, the maximum adsorption capacity (S_m) and adsorption affinity constant (K) all increased with the increase of temperature, but decreased with the increase of solution/soil ratio. The effects depended on the kinds of organic acids, and the influencing extent was negative to adsorption affinity constant (K). The adsorption capacities of oxalic, citric, tartaric and malic acids at 45°C was 1.19, 1.22, 1.24 and 1.28 times higher than those at 25°C, respectively. The adsorption capacities of oxalic, citric, tartaric and malic acids at 100:1 solution/soil reduced by 48.3%, 54.9%, 63.5% and 76.1% compared to those at 10:1 solution/soil, respectively.

Key words: Red soil, Low molecular weight organic acids, Adsorption, Temperature, Solution to soil ratio