

2,4-D对铜在乌栅土胶体和红壤胶体上吸附的影响^①

英德安^{1,2}, 王玉军², 周东美^{2*}, 王慎强², 王全英², 朱浩文², 陈金林¹

(1 南京林业大学森林资源与环境学院, 南京 210037;

2 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

摘要: 应用批平衡法研究了农药 2,4-D 对 Cu 在乌栅土胶体和红壤胶体上吸附的影响。结果表明, Cu 在两种土壤胶体上的吸附等温线均符合 Langmuir 方程, Cu 在乌栅土胶体上的吸附量较其在红壤胶体上的吸附量要高; 在 pH 3.0~6.7 范围内, 两种土壤胶体对 Cu 的吸附量均随溶液 pH 的升高而升高。2,4-D 增加了 Cu 在土壤胶体上的吸附, 2,4-D 的浓度越高, Cu 的吸附量越大, 这主要是由于 2,4-D 的存在显著增加了平衡液的 pH, 从而增加了土壤胶体表面所带负电荷量。

关键词: 土壤胶体; 2,4-D; 铜; 吸附; 复合污染

中图分类号: S153.4

带格式的... [1]

删除的内容: ... [2]

带格式的: 制表位: 409.5 磅, 左对齐

带格式的: 列数: 2

带格式的: 行距: 固定值 15.45 磅

删除的内容:

删除的内容:

带格式的: 行距: 固定值 7 磅

删除的内容:

带格式的: 行距: 固定值 17 磅

带格式的: 行距: 固定值 7 磅

删除的内容:

带格式的: 行距: 固定值 14 磅

带格式表格

带格式的: 缩进: 左侧: -2.85 磅, 右侧: -2.85 磅, 行距: 固定值 14 磅

删除的内容:

删除的内容:

带格式的... [3]

删除的内容: ... [4]

删除的内容:

带格式的... [5]

带格式的... [6]

删除的内容: <sp>

带格式的: 列数: 2

删除的内容: ①

删除的内容:

带格式的... [7]

删除的内容: 1.1.2 供试药品 由于 2,4-D 酸的形式通常并不是其产品最终使用的形式, 在商业上通常使用的形式, 在商业上通常使用的

带格式的: 分散对齐

删除的内容: ... [9]

带格式的... [10]

带格式的... [11]

重金属在土壤中的吸附-解吸行为显著影响其在土壤固相和液相之间的分配, 显著影响其向地表水和地下水的迁移以及生物有效性。化学农药也是土壤中的一类常见污染物质, 它们不可避免地要与土壤中的重金属发生交互作用^[1-2]。目前已有的少量关于有机污染物-重金属复合污染的研究报道也表明, 一些有机污染物显著改变了重金属在土壤和矿物上的吸附-解吸行为^[3-7]。Cu 是一种较为普遍的重金属, 而苯氧基除草剂 2,4-二氯苯氧乙酸(简称 2,4-D)则是世界上最广泛应用的除草剂之一。当 Cu 和 2,4-D 共存时, 2,4-D 改变了 Cu 在蒙脱石上的吸附行为^[7], 但国内外关于 2,4-D 对 Cu 在土壤上吸附行为的影响研究尚未见报道。本文研究了 2,4-D 对 Cu 在红壤和乌栅土胶体上吸附的影响, 并对其作用机理做了初步探讨, 以期认识它们在土壤中的环境行为。

1 材料与方法

表 1 供试土壤胶体和黏土矿物的理化性质

Table 1 Physicochemical characteristics of the soil colloids

胶体	pH	有机质 (g/kg)	CEC (cmol/kg)	Fe ₂ O ₃ (g/kg)	Al ₂ O ₃ (g/kg)	游离 Fe ₂ O ₃ (g/kg)	游离 Al ₂ O ₃ (g/kg)	Cu (mg/kg)
乌栅土	4.04	54.4	54.6	72.0	103.3	19.4	9.2	24.6
红壤	4.64	8.21	18.7	84.6	164.3	53.7	21.6	27.5

1.2 2,4-D 对 Cu 在土壤胶体上吸附等温线的影响

分别称取 0.100 g 土壤胶体于 50 ml 塑料离心管中, 并加入 20.0 ml 含不同浓度 Cu(NO₃)₂ 的 0.01

1.1 实验材料

1.1.1 供试土壤 乌栅土采自中国科学院常熟农业生态站耕层下层 (20~60 cm); 红壤采自江西鹰潭, 为荒地土壤 (20~80 cm)。所有样品经风干磨碎后提取 <2 μm 的黏粒, 并电析成 H-Al 质胶体^[8], 然后烘干磨碎过 60 目筛备用。土壤胶体样品理化性质的测定参照《土壤农业化学常规分析方法》^[9]。供试土壤胶体的基本理化性质见表 1。

1.1.2 供试药品 由于 2,4-D 酸的形式通常并不是其产品最终使用的形式, 在商业上通常使用的是 2,4-D 的钠盐、铵盐或酯类形式。因此, 本次试验选用的为 2,4-D 二甲铵盐 (>96%), 由南京宝丰农药厂提供。其它试剂均为分析纯。

^①基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-YW-404)、国家自然科学基金

* 通讯作者 (dmzhou@issas.ac.cn)

作者简介: 英德安 (1983—), 男, 安徽巢湖人, 硕士研究生, 主要从事土壤复合污染修复研究。E-mail: yingdean@issas.ac.cn
mol/L NaNO₃ 溶液, 再加入 5.0 ml 含不同浓度 2,4-D 的 0.01 mol/L NaNO₃ 溶液。Cu 的最终浓度分别为 0、5、10、25、50、75 和 100 mg/L, 2,4-D 最终浓度分

别为 0、0.5、1.0 和 2.0 mmol/L。离心管于 25℃ ± 1℃ 恒温下振荡 24 h, 8700×g 离心 10 min 后过滤, 采用 Hitachi 180-80 原子吸收光谱仪, 同时用 pH 计测定平衡液的 pH 值。Cu 在胶体上的吸附量根据平衡前后 Cu 浓度差计算。

1.3 2,4-D 在土壤胶体上的吸附等温线

分别称取 0.100 g 土壤胶体于 50 ml 塑料离心管中, 并加入 25.0 ml 含不同浓度 2,4-D 的 0.01 mol/L NaNO₃ 溶液, 2,4-D 最终浓度分别为 0、0.05、0.1、0.25、0.50、0.75 和 1.00 mmol/L。离心管于 25℃ ± 1℃ 恒温下振荡 24 h, 8700×g 离心 10 min 后过 0.45 μm 滤膜。2,4-D 的测定采用 Agilent 1100 型高效液相色谱, 配可变波长检测器和 HP 化学工作站。色谱操作条件: C18 Zorbax ODS 色谱柱, 4.6 mm i.d.×150 mm, 流动相, 乙腈:水 = 80:20, 流速 1.0 ml/min, 检测波长为 234 nm。

1.4 不同 pH 下 2,4-D 对土壤胶体吸附 Cu 的影响

分别称取 0.100 g 土壤胶体于 50 ml 离心管中, 加入 10.0 ml 的 0.01 mol/L NaNO₃ 溶液, 再分别加入

5.0 ml 用 0.01 mol/L NaNO₃ 配制的 1.0 mmol/L Cu(NO₃)₂ 溶液和 5.0 mmol/L 2,4-D 溶液, 用 0.01 mol/L NaOH 和 HCl 调节溶液 pH 使其 pH 分布在 2~7 之间, 再用 0.01 mol/L NaNO₃ 溶液补充到 25.0 ml。于 25℃ ± 1℃ 恒温下振荡 24 h, 8700×g 离心 10 min, 过滤, 测定平衡液 pH 及其 Cu 浓度。

2 结果与讨论

2.1 2,4-D 对 Cu 在土壤胶体上吸附的影响

图 1 描述了外源 Cu 在红壤胶体和乌栅土胶体上的吸附等温线。由图 1 可知, Cu 在两种土壤胶体上的吸附量随外源 Cu 浓度的增加而增加, 而且 Cu 在乌栅土胶体上的吸附量明显高于红壤胶体。Cu 在土壤上的吸附通常受多种因素的制约, 如土壤酸度、有机质含量以及阳离子交换量等因素的影响^[2,10]。与红壤胶体相比, 乌栅土胶体具有较高的阳离子交换量和有机质含量 (表 1), 这正是实验结果中观察到乌栅土胶体较红壤胶体对 Cu 有较大吸附量的原因。

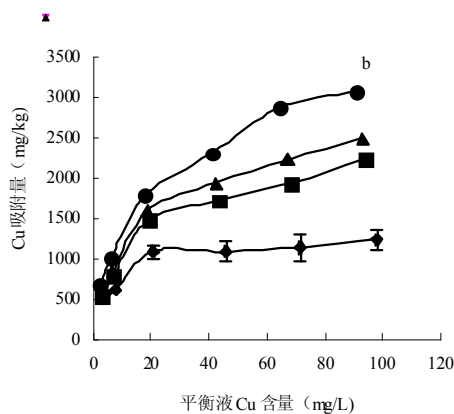
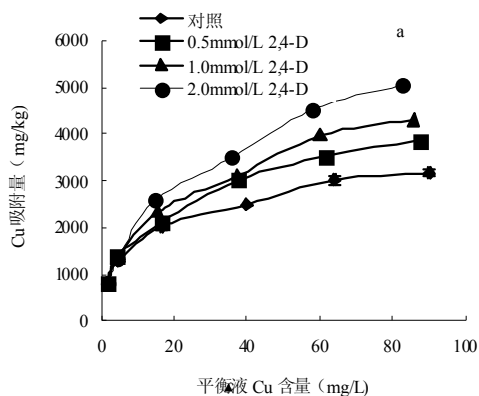


Fig. 1 Effects of 2,4-D on adsorption isotherms of Cu on Wushan (a) and Red soil (b) colloids

图 2 描述了 2,4-D 在两种土壤上的吸附情况。由图 2 可知, 2,4-D 在两种土壤上的吸附量非常小, 这主要是由于 2,4-D 在溶液里会解离成带负电荷的离子, 因而不利于在带负电荷的土壤表面吸附^[11]。但农药 2,4-D 的存在显著影响 Cu 在两种土壤胶体上的吸附, 2,4-D 的存在增加了土壤胶体对 Cu 的吸附量, 而且随着 2,4-D 浓度的增加, 这种增加趋势更为明显。但倪

利晓等^[7]在研究 2,4-D 对 Cu 在蒙脱石上的吸附影响时发现: 在 Cu 和 2,4-D 共存条件下, 2,4-D 降低了 Cu 在蒙脱石上的吸附, 并认为由于其所使用的为 2,4-D 酸, 2,4-D 的存在降低了平衡液的 pH 值, 因而不利于 Cu 在蒙脱石上的吸附。而本研究使用的 2,4-D 为其二甲铵盐形式, 呈碱性, 因而 2,4-D 的存在增加了平衡液的 pH 值 (表 2), 增加了土壤胶体表面所带负电荷,

带格式的: 缩进: 首行缩进: 0 字符

删除的内容: 、

带格式的: 行距: 固定值 8 磅

带格式的: 行距: 固定值 7 磅

带格式的: 加宽量 0.2 磅

带格式的: 两端对齐, 缩进: 首行缩进: 2 字符

删除的内容: ,

删除的内容: ,

删除的内容: ,

删除的内容: 、

带格式的: 加宽量 0.2 磅

删除的内容: 、

带格式的: 行距: 固定值 8 磅

带格式的: 字体: 8 磅

带格式的: 行距: 固定值 17 磅

带格式的:

删除的内容: :

删除的内容:

带格式的: 缩进: 首行缩进: 0 字符

有利于带正电荷 Cu^{2+} 的吸附。采用 Langmuir 方程描述了 Cu 在两种土壤胶体上的吸附等温线特征。从表 3 拟合结果看出,有无 2,4-D 存在时 Cu 离子在土壤胶体上的吸附均符合这个模型,由模型参数 q_m 的变化可以

定量看出 2,4-D 的存在显著增加了 Cu 在土壤胶体上的吸附,2.0 mmol/L 2,4-D 的存在使乌栅土和红壤胶体对 Cu 的最大吸附量较没有 2,4-D 时分别增加了 82% 和 174%。

2.2 不同 pH 下 2,4-D 对土壤胶体吸附 Cu 的影响

为了进一步研究 2,4-D 对 Cu 在土壤胶体上吸附的影响,我们研究了不同平衡溶液 pH 下 2,4-D 存在时 Cu 在土壤胶体上的吸附 (图 3)。结果表明,土壤胶体对 Cu 离子的吸附受溶液酸度的影响非常明显。在 pH 3.0~6.7 范围内,土壤胶体对 Cu 离子的吸附量随溶液 pH 的增加而明显增加,这主要是由于随溶液 pH 的增加,土壤表面所带负电荷增加,从而为 Cu 提供的吸附位点增多。2,4-D 的存在对 Cu 在两种土壤胶体上吸附的影响不明显,2,4-D 对 Cu 在两种土壤胶体上吸附等温线的影响主要是由于 2,4-D 的存在增加了平衡液的 pH。Morillo 等^[12]和 Zhou 等^[13]在研究农药草甘膦对重金属 Cu 和 Cd 在不同土壤上吸附时也发现,草甘膦的存在对平衡液酸度的影响是草甘膦对重金属吸附行为影响的一个重要机制。

带格式的: 字体: 六号

带格式的: 居中, 行距: 固定值 15 磅

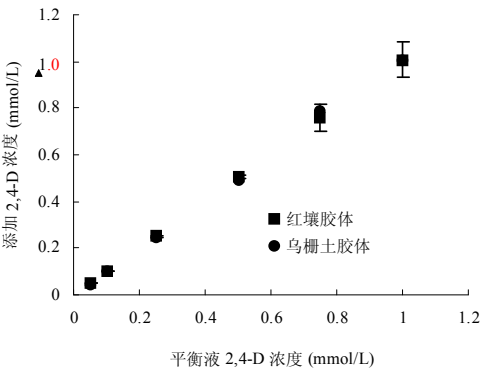


图 2 2,4-D 在乌栅土胶体和红壤胶体上的吸附
Fig. 2 Adsorption of 2,4-D on Wushan and Red soil colloids

表 2 2,4-D 影响下土壤胶体平衡液 pH 变化

Table 2 pH values of equilibrated-solutions of Wushan and Red soil colloids under 2,4-D treatments

Cu (mg/L)	不同浓度 2,4-D 影响下的乌栅土胶体平衡液 pH				不同浓度 2,4-D 影响下的红壤胶体平衡液 pH			
	0 mmol/L	0.5 mmol/L	1.0 mmol/L	2.0 mmol/L	0 mmol/L	0.5 mmol/L	1.0 mmol/L	2.0 mmol/L
0	4.04	4.05	4.09	4.14	4.63	4.65	4.67	4.72
5	3.92	3.96	3.99	4.06	4.50	4.54	4.56	4.61
10	3.86	3.90	3.94	4.02	4.45	4.47	4.51	4.55
25	3.78	3.83	3.87	3.95	4.38	4.40	4.42	4.48
50	3.71	3.76	3.80	3.89	4.32	4.34	4.36	4.40
75	3.67	3.72	3.77	3.85	4.28	4.30	4.33	4.35
100	3.64	3.69	3.74	3.83	4.25	4.27	4.30	4.33

表 3 Cu 在乌栅土胶体和红壤胶体上吸附的 Langmuir 常数和相关系数

Table 3 Langmuir constants and their correlation coefficients for Cu adsorption on Wushan and Red soil colloids

土壤胶体	2,4-D 浓度 (mmol/L)	Langmuir 模型拟合结果		
		q_m	b	R^2
乌栅土胶体	0	3272	0.124	0.960
	0.5	4159	0.085	0.958
	1.0	4812	0.068	0.968
	2.0	5976	0.052	0.977
红壤胶体	0	1265	0.176	0.932
	0.5	2369	0.079	0.974
	1.0	2731	0.071	0.984
	2.0	3468	0.064	0.975

带格式的: 节的起始位置: 连续

删除的内容: <sp>

<sp>

带格式的: 字体: 黑体, 8 磅

带格式的: 字体: 8 磅, (国际) 黑体

带格式的: 字体: 黑体, 8 磅

带格式的: 字体: 8 磅

带格式的: 字体: 黑体, 8 磅

带格式的: 字体: 8 磅

带格式的: 字体: 黑体, 8 磅

带格式的: 字体: 黑体, 8 磅

删除的内容: 乌栅土胶体上

删除的内容: 红壤胶体上

带格式表格

3 结论

Cu 离子在两种土壤胶体上的吸附均符合 Langmuir 等温吸附方程; Cu 在乌栅土胶体上的吸附量较其在红

壤胶体上的要高; 2,4-D 的存在增加了 Cu 在土壤胶体上的吸附。

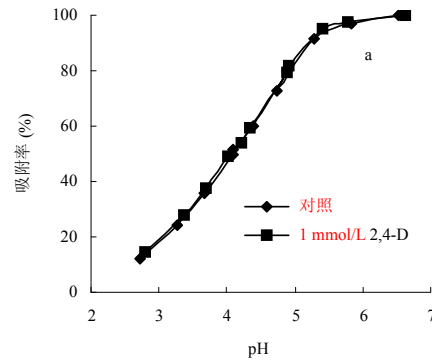


图 3 平衡溶液 pH 对 Cu (0.2 mmol/L) 在乌栅土胶体 (a) 和红壤胶体 (b) 上吸附的影响

Fig. 3 Effect of pH on Cu adsorption on Wushan (a) and Red soil (b) colloids

参考文献:

- [1] 周东美, 王慎强, 陈怀满. 土壤中有机污染物-重金属复合污染的交互作用. 土壤与环境, 2000, 9(2): 143-145
- [2] 陈怀满, 等. 土壤-植物系统中的重金属污染. 北京: 科学出版社, 1996
- [3] 王果, Bourgeois S, Bermond A. 三种农药对铜在蒙脱石和 Al_2O_3 上吸附的影响. 土壤学报, 1996, 33(4): 344-350
- [4] 王慎强, 周东美, 王玉军, 陈怀满. 两种土壤中邻苯二甲酸对铜离子吸附-解吸平衡影响的研究. 农业环境保护, 2002, 21(5): 421-423, 427
- [5] 王慎强, 王玉军, 周东美, 陈怀满, 郑春荣. 邻苯二甲酸对外源铜在红壤中形态影响的研究. 农业环境科学学报, 2003, 22(1): 9-12
- [6] 司友斌, 岳永德, 曹德菊, 陈怀满, 周东美. 苯噻磺隆对 Cu^{2+} 在粘土矿物上吸附-脱附的影响. 环境科学学报, 2001, 21(5): 587-591
- [7] 倪利晓, 郑正, 李时银. 2,4-D 对铜在蒙脱石上吸附与释放的影

响. 环境化学, 2003, 22(4): 345-349

- [8] 熊毅, 等. 土壤胶体. 北京: 科学出版社, 1991
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999
- [10] 王胜利, 张俊华, 刘金鹏, 南忠仁. 土壤吸附铜离子的研究进展. 土壤, 2007, 39(2): 209-215
- [11] Boivin A, Cherrier R, Schiavon M. A comparison of five pesticides adsorption and desorption processes in thirteen contrasting field soils. Chemosphere, 2005, 61: 668-676
- [12] Morillo E, Undabeytia T, Maqueda C, Ramos A. The effect of dissolved glyphosate upon the sorption of copper by three selected soils. Chemosphere, 2002, 47: 747-752
- [13] Zhou DM, Wang YJ, Cang L, Hao XZ, Luo XS. Adsorption and cosorption of cadmium and glyphosate on two soils with different characteristics. Chemosphere, 2004, 57: 1237-1244

Adsorption of Cu on Wushan and Red Soil Colloid as Affected by 2,4-D

JIA De-an^{1,2}, WANG Yu-jun², ZHOU Dong-mei², WANG Shen-qiang², WANG Quan-ying², ZHU Hao-wen², CHEN Jin-lin¹

(1 College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;

2 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China)

Abstract: Adsorptions of Cu on a Wushan soil colloid (WS) and a Red soil colloid (RS) with and without 2,4-D were studied by batch equilibrium experiments. The results indicated that Cu adsorption isotherms fit Langmuir equations well, with high correlation coefficient ($R^2 = 0.93 \sim 0.98$). The WS had higher adsorption capacity for Cu than the RS. Cu adsorption quantities on the two soil colloids increased with the increase of

删除的内容: 857

带格式的: 列数: 2

带格式的: 段落间距段前:

6 磅

带格式的: 行距: 固定值

10 磅

带格式的: 紧缩量 0.1 磅

带格式的: 缩进: 首行缩

进: 2 字符

带格式的: ... [12]

删除的内容: 2.2 不同 pH 下

2,4-D 对土壤胶体吸附 Cu 的

影响。

为了进一步研究 2,4-D 对 Cu

在土壤胶体上吸附的影响,

我们研究了不同平衡溶液

pH 下 2,4-D 存在时 Cu 在土

壤胶体上的吸附 (图 3)。结

果表明, 土壤胶体对 Cu 离子

的吸附受溶液酸度的影响非

常显著。...

带格式的: ... [14]

带格式的: ... [15]

带格式的: ... [16]

带格式的: ... [17]

带格式的: ... [18]

删除的内容: ... [19]

带格式的: 列数: 2

删除的内容: ... [20]

带格式的: ... [21]

带格式的: ... [22]

删除的内容: [12]

带格式的: 项目符号和编号

删除的内容: ... [13]

带格式的: 字体: 8 磅

删除的内容: [13]

带格式的: 字体: 8 磅

删除的内容: 一

带格式的: 字体: 宋体

带格式的: ... [23]

带格式的: ... [24]

带格式的: ... [25]

带格式的: 字体: 非倾斜

删除的内容: .

solution pH values within the range from 3.0 to 6.7. The presence of 2,4-D increased Cu adsorption quantity on both of the soil colloids. The higher the solution 2,4-D concentration, the more Cu adsorbed on the soil colloids. It can be attributed to pH-increase induced by 2,4-D which resulted in the increase of the negative surface charges of soil colloids.

Key words: Soil colloids, 2,4-D, Cu, Adsorption, Combined pollution

页 857: [1] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:06:00
-----------------	----------	---------------------

字体: (默认) 仿宋, (中文) 仿宋

页 857: [1] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:06:00
-----------------	----------	---------------------

字体: (默认) 仿宋, (中文) 仿宋

页 857: [1] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:06:00
-----------------	----------	---------------------

字体: (默认) 仿宋, (中文) 仿宋

页 857: [1] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-30 14:27:00
-----------------	----------	---------------------

字体: (默认) 仿宋, (中文) 仿宋, 上标

页 857: [1] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:06:00
-----------------	----------	---------------------

字体: (默认) 仿宋, (中文) 仿宋

页 857: [1] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:06:00
-----------------	----------	---------------------

字体: (默认) 仿宋, (中文) 仿宋

页 857: [1] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:06:00
-----------------	----------	---------------------

字体: (默认) 仿宋, (中文) 仿宋

页 857: [1] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:06:00
-----------------	----------	---------------------

字体: (默认) 仿宋, (中文) 仿宋

页 857: [1] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:06:00
-----------------	----------	---------------------

字体: (默认) 仿宋, (中文) 仿宋

页 857: [2] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-30 14:27:00
------------------	----------	---------------------

:

页 857: [2] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-30 14:27:00
------------------	----------	---------------------

页 857: [2] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-30 14:27:00
------------------	----------	---------------------

Cu

页 857: [3] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 20:32:00
-----------------	----------	---------------------

行距: 固定值 14 磅

页 857: [4] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-08 21:03:00
------------------	----------	---------------------

页 857: [4] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-08 21:03:00
------------------	----------	---------------------

页 857: [5] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 20:32:00
-----------------	----------	---------------------

行距: 固定值 14 磅

页 857: [5] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:03:00
-----------------	----------	---------------------

缩进: 左侧: -2.85 磅, 右侧: -2.85 磅, 行距: 固定值 14 磅

页 857: [5] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 20:32:00
-----------------	----------	---------------------

行距: 固定值 14 磅

页 857: [6] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 20:32:00
-----------------	----------	---------------------

行距: 固定值 14 磅

页 857: [6] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:03:00
-----------------	----------	---------------------

缩进: 左侧: -2.85 磅, 右侧: -2.85 磅, 行距: 固定值 14 磅

页 857: [6] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 20:32:00
-----------------	----------	---------------------

行距: 固定值 14 磅

页 857: [7] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:08:00
-----------------	----------	---------------------

行距: 固定值 13 磅

页 857: [7] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 20:34:00
-----------------	----------	---------------------

行距: 固定值 14 磅

页 857: [8] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-08 21:00:00
------------------	----------	---------------------

1.1.2 供试药品 由于 2,4-D 酸的形式通常并不是其产品最终使用的形式, 在商业上通常使用的是 2,4-D 的钠盐、铵盐或酯类形式。因此, 本次试验选用的为 2,4-D 二甲铵盐 (>96%), 由南京宝丰农药厂提供。其它试剂均为分析纯。

分页符

页 857: [9] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-30 14:28:00
------------------	----------	---------------------

页 857: [9] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-30 14:28:00
------------------	----------	---------------------

页 857: [10] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:07:00
------------------	----------	---------------------

分散对齐, 缩进: 首行缩进: 0 字符

页 857: [11] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:06:00
------------------	----------	---------------------

缩进: 首行缩进: 0 字符

页 947: [12] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 20:59:00
------------------	----------	---------------------

节的起始位置: 连续

页 947: [13] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-08 21:11:00
-------------------	----------	---------------------

2.2 不同 pH 下 2,4-D 对土壤胶体吸附 Cu 的影响

为了进一步研究 2,4-D 对 Cu 在土壤胶体上吸附的影响, 我们研究了不同平衡溶液 pH 下 2,4-D 存在时 Cu 在土壤胶体上的吸附 (图 3)。结果表明, 土壤胶体对 Cu 离子的吸附受溶液酸度的影响非常明显。在 pH 3.0~6.7 范围内, 土壤胶体对 Cu 离子的吸附量随溶液 pH 的增加而明显增加, 这主要是由于随溶液 pH 的增加, 土壤表面所带负电荷增加, 从而为 Cu 提供的吸附位点增多。2,4-D 的存在对 Cu 在两种土壤胶体上吸附的影响不明显, 2,4-D 对 Cu 在两种土壤胶体上吸附等温线的影响主要是由于 2,4-D 的存在增加了平衡液的 pH。Morillo 等^[12]和 Zhou 等^[13]在研究农药草甘膦对重金属 Cu 和 Cd 在不同土壤上吸附时也发现, 草甘膦的存在对平衡液酸度的影响是草甘膦对重金属吸附行为影响的一个重要机制。

页 947: [14] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-30 14:48:00
------------------	----------	---------------------

两端对齐, 缩进: 左侧: 2.85 磅, 行距: 固定值 14 磅

页 947: [15] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-30 14:48:00
------------------	----------	---------------------

两端对齐, 缩进: 左侧: 2.85 磅, 行距: 固定值 13 磅

页 947: [16] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-30 14:48:00
------------------	----------	---------------------

两端对齐, 缩进: 左侧: 2.85 磅, 行距: 固定值 14 磅

页 947: [17] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-30 14:48:00
------------------	----------	---------------------

两端对齐, 缩进: 左侧: 2.85 磅, 行距: 固定值 15 磅

页 947: [18] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-30 14:51:00
------------------	----------	---------------------

行距: 固定值 13 磅

页 947: [19] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-08 21:14:00
-------------------	----------	---------------------

页 947: [20] 删除的内容	xuxiaoyu	2008-11-08 21:13:00
-------------------	----------	---------------------

3 结论

Cu 离子在两种土壤胶体上的吸附均符合 Langmuir 等温吸附方程；Cu 在乌栅土胶体上的吸附量较其在红壤胶体上的要高；2,4-D 的存在增加了 Cu 在土壤胶体上的吸附。

页 947: [21] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:16:00
------------------	----------	---------------------

段落间距段后: 6 磅, 行距: 固定值 12 磅

页 947: [22] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:16:00
------------------	----------	---------------------

行距: 固定值 15 磅

页 947: [23] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 20:59:00
------------------	----------	---------------------

节的起始位置: 连续

页 947: [24] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:15:00
------------------	----------	---------------------

行距: 固定值 12 磅

页 947: [25] 带格式的	xuxiaoyu	2008-11-08 21:15:00
------------------	----------	---------------------

行距: 固定值 15 磅