

土壤对砷的缓冲性及平衡时间与污染次数的关系*

华 珞 韦东普 白玲玉 师俊奇

(中国农业科学院原子能利用研究所 北京 100094)

摘 要

本文研究了邯郸马头镇土壤对砷的缓冲性及其随平衡时间、污染次数的动态变化规律;土壤对砷的缓冲速率及吸附量与时间的关系,为正确评价、预报预测土壤砷的污染状况提供科学依据。

关键词 土壤砷;缓冲性;平衡时间

砷是毒性较强的污染元素之一,在自然界中它多以化合物形态存在于铅、铜、铂、铋等各种金属矿石中。随着有色金属矿石的开采、冶炼及大量矿质燃料的燃烧,使大量砷化合物进入环境(土壤及食物链),危害人、畜健康。土壤对污染物的缓冲性是指在外界水分、温度、时间的变化下,土壤抵御某组分及其相应外来物浓(活)度变化的能力^[1]。本文研究了土壤对砷的缓冲性随时间变化的规律。

1 材料和方法

1.1 供试土壤 采自邯郸市郊马头镇电厂及印染厂附近的由漳河冲积物发育的轻壤质草甸褐土,其基本理化性状列于表1。

表1 供试土壤理化性状(0-15cm)

pH	CEC (cmol/kg 土)	CaCO ₃ (g/kg)	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	速效 P (mg/kg)	全 K (g/kg)	速效 K (mg/kg)	全砷 (mg/kg)
8.0	35.03	77	35.2	1.21	1.64	29	18	173	9.6

1.2 测试方法

1.2.1 供试土样 风干后经研磨过 1mm 筛备用;

1.2.2 试剂 用优级纯 As₂O₃ 分别制成 10、50、100、500、1000mg/kg 的 As 标准液;

1.2.3 土壤对砷的缓冲性测定 (1) 称取 5.0g 土样若干份,置于 100ml 离心管中,分别加入 25ml 浓度为 10、50、100、500、1000mg/L 的 As 标准液,振荡 4 小时,静置于 25℃ 条件下(下同),分别于 1、3、5、7、10、15、20 天后离心,取上部清液,测定土壤剩余的 As 量;(2) 前处理同(1),静置 1 天后,分别加入与(1)浓度相同的 As 标准液 25ml,振荡 4

* 国家自然科学基金资助项目。

小时, 静置 1、3、5、7、10、15、20 天后离心, 取上清液测定其含 As 量; (3) 前处理同 (1), 静置, 以后每隔 3 天分别加入与 (1) 浓度相同的 25ml 的砷标准液, 共加 3 次后, 分别于 3、6、15 天时取样测定土壤中 As 的浓度。

1.2.4 砷的测定方法⁽²⁾ 采用 DDC-Ag(二乙基二硫代氨基甲酸银)比色法。

2 结果与讨论

2.1 平衡时间与外源砷对土壤砷缓冲性的影响

测定结果(表 2)表明:(1)在外源 As 含量相同时, 随平衡时间的延续, 土壤中 As 的浓度减少; (2)在相同平衡时间内, 土壤溶液中 As 的浓度随外源 As 量的增大而增高。

表 3 为不同平衡时间及外源 As 含量条件下, 土壤对砷的缓冲性的指标(即引起土壤溶液中单位浓度砷的变化所需要加入的外源 As 的量)。缓冲指标越高, 土壤对砷的缓冲性越强。

表 2 平衡时间与外源 As 对土壤 As 的影响(单位:mg/kg)

平衡时间 (天)	外源 As (mg/kg)				
	10	50	100	500	1000
1	9.80	48.5	77.4	484	990
3	2.60	32.0	70.0	428	920
5	2.45	31.5	68.0	420	890
7	2.30	30.5	66.0	405	880
10	2.30	21.0	62.0	390	870
15	1.70	9.0	33.5	384	855
20	1.40	8.5	30.5	377.5	850

表 3 平衡时间及外源 As 对土壤 As 的缓冲性的影响

平衡时间 (天)	外源 As (mg/kg)			
	10-50	50-100	100-500	500-1000
1	1.0336	0.7257	0.9838	0.9881
3	1.3605	1.3158	1.1173	1.0163
5	1.3769	1.3699	1.1364	1.0638
7	1.4184	1.4085	1.1799	1.0526
10	2.1390	1.2195	1.2195	1.0417
15	5.4795	2.0408	1.1412	1.0616
20	5.6338	2.2727	1.1529	1.0582

从表 3 可以看出:(1)在相同的平衡时间下, 大部分供试土壤对 As 的缓冲性指标随外源 As 量的增加而有所减少(但第 1 天缓冲性指标却随外源 As 浓度增加呈不规律的变化); (2)随平衡时间的延长, 大部分土壤的缓冲性增加。

2.2 土壤对 As 的缓冲速率与平衡时间的关系

土壤对 As 的缓冲速率可用下式表示:

$$\text{土壤对 As 的缓冲速率} = \frac{\text{上清液中砷的减少量}(mg)}{\text{土样质量}(kg) \times \text{缓冲时间}(天)}$$

从表 4 看出, 在外源 As 的影响下, 土壤对 As 的缓冲速率随平衡时间的延伸呈波浪式变化。华路、张国祥^①等在研究土壤对 As 的缓冲动力学时, 提出土壤对 As 的缓冲速率与时间的关系用阻尼式正弦振动方程迭加直线方程表示:

$$V = a \cdot \text{Exp}(h \cdot T) \sin(w \cdot T + q) + k \cdot T + b$$

式中:V 为缓冲速率; T 为时间(自变量), a 为振幅; h 为衰减指数; w 为频率; q 为初相; k 为斜率; b 为截距。其符合程度均高于 99.0%。

2.3 土壤对 As 的吸附量与平衡的时间关系

从表 5 可以看出, 在外源 As 为 10、50、100、500、1000mg/kg 时, 土壤对 As 的吸

^①华路、张国祥等, 土壤对无机外源砷的缓冲动力学研究, 土壤学报(待刊)。

附量在前3天较低,但在第7—15天时,吸附量急剧上升,说明这时土壤中As可能发生诸如沉淀反应等,使As浓度急剧减少,其后又趋于平衡。

表4 土壤对As的缓冲速率与平衡时间的关系(单位:mg/kg·天)

外源As (mg/kg)	平衡时间(天)						
	1	3	5	7	10	15	20
10	0.2	3.6	0.075	0.075	0	0.12	0.06
50	1.5	8.75	0.75	0.5	3.2	2.4	0.1
100	23.6	3.7	1.0	1.0	1.3	5.7	0.6
500	16	28	4	7.5	5	1.2	1.3
1000	10	35	15	5	3.3	3	1

表5 土壤对As的吸附量与平衡时间的关系(单位:mg/kg)

外源As (mg/kg)	平衡时间(天)						
	1	3	5	7	10	15	20
10	0.2	7.40	7.55	7.7	7.7	8.3	8.6
50	1.5	18.0	18.5	19.5	29.0	41.0	41.5
100	22.6	30.0	32.0	34.0	38.0	66.5	69.5
500	16	72	80	95	110	116	122.5
1000	10	80	110	120	130	145	150

2.4 供试土壤对As的平均缓冲性

测定结果(表6)表明:(1)随着平衡时间延长,大部分土样对As的平均缓冲性(以缓冲性指标/时间表示)减弱;(2)除第1天外,其余各平衡时间内,随外源As浓度增加,平均缓冲性减弱。随平衡时间延长,大多数土壤的平均缓冲性呈现规律性递减,但在10—50mg/kg外源As范围内,在1—7天内,随平衡时间增加,平均缓冲性减少,到第7天达到最低点,然后又逐渐增强。

表6 供试土壤对As的平均缓冲性(缓冲性指标/天)

平衡时间 (天)	外源As(mg/kg)			
	10—50	50—100	100—500	500—1000
1	1.0366	0.7257	0.9838	0.9881
3	0.4535	0.4386	0.3724	0.3388
5	0.2754	0.2740	0.2273	0.2128
7	0.2026	0.2012	0.1685	0.1504
10	0.2139	0.1220	0.1220	0.1042
15	0.3653	0.1361	0.0761	0.0708
20	0.2816	0.1136	0.0576	0.0529

表7 土壤连续2次As污染后对As的缓冲性的影响

平衡时间 (天)	外源As(mg/kg)			
	10—50	50—100	100—500	500—1000
1	1.0471	1.0121	1.0188	0.9960
3	1.1019	1.0638	1.0309	1.0417
5	1.1852	1.0417	1.0811	1.0869
7	1.2177	1.0309	1.0899	1.0989
10	1.4925	1.0989	1.0753	1.1111
15	1.8519	1.1574	1.1236	1.0753
20	2.0942	1.3193	1.1111	1.1111

2.5 土壤连续受As污染后对As的缓冲性的影响

表7表示土壤连续两次砷污染对砷缓冲性的影响。表明土壤受砷两次污染后,其缓冲性指标呈下降趋势。

参 考 文 献

- [1] 华璐、陈承慈,广义缓冲性研究,农业工程学报,1992,8(增刊):4—13.
- [2] 崔春国,环境化学,1984,3(6):101.