

部指示为同一水质级别或相邻水质级别, 具有较好的可比性。同时, 生物学评价结果和水体主要污染物变动情况基本一致。因此, 用 Beck 生物指数、修正 Trent 生物指数和 Shannon 多样性指数综合评价沱江水质是适用的。

(二) 用底栖动物评价水质污染, 除合理布设采样站, 还应保持各站位底质、水深、流速及水温等条件尽量一致, 其结果才有可比性。本次调查中, 李家湾站的沙质底质与其它各站的砂石底质结构差别较大, 可能是导致该站生物指数值偏小, 评价结果水质偏劣的原因之一。

(三) 从沱江底栖动物种群结构与水质污染的关系来看, 毛翅目、蜉蝣目、非红色摇蚊幼虫多分布于轻污染江段, 可作为轻度污染的指示生物。颤蚓、软体动物、红色摇蚊幼虫、大蚊幼虫多分布在中污染江段, 可作为中度污染的指示生物。

(四) 沱江水质污染程度随水量变化差异很大, 因此, 分不同时期分别评价沱江水质更能反映出水质污染现状。

(五) 从评价结果可以看出, 沱江干流枯水期水质污染重于平水期。为保护沱江水资源, 尤其在枯水期应对排入沱江的污染物进行严格的总量控制, 以减轻沱江水质污染。

致谢: 四川省环保科研所陈达平同志参加该项工作; 承蒙中国科学院水生生物研究所王士达同志、南京师范大学尤大寿教授鉴定疑难标本, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 刘保元等, 环境污染与生态学文集, 194 页, 江苏科学技术出版社, 1981 年。
- [2] 颜京松, 环境污染与生态学文集, 42 页, 江苏科学技术出版社, 1981 年。
- [3] 刘保元等, 环境科学学报, 1(4), 338 页(1981)。
- [4] 黄玉瑞等, 环境污染与生态学文集, 141 页, 江苏科学技术出版社。

北京地区几种主要土壤的性质 和汞的临界含量的关系*

白 英 张 祖 锡

(北京农业大学)

土壤性质明显地影响土壤汞的临界含量, 土壤交换量、土壤质地即土壤细土粒含量与汞在土壤中的富集在多因素逐步回归分析中呈显著正相关, 与土壤汞的迁移量即麦粒汞含量呈显著负相关。土壤质地直接影响其汞的临界含量。北京地区砂壤、中壤和重壤等三种质地土壤中汞的富集量与迁移量之间呈曲线相关, 其相关模型为 $y = ax^b$ 和 $y = x/a + bx$, 并均呈极显著的正相关关系。土

壤中汞的临界含量分别为 0.083、0.359 和 0.433ppm。土壤中物理粘粒的成倍增多导致土壤汞临界含量提高 4—5 倍。

试验设计和方法

1982 年 3 月—1984 年 6 月连续以陶质盆装不同性质的土壤 5—6 种作汞的模拟盆

* 参加本项工作的同志还有郁明谦、孟筠、张小威、马兰等。

栽试验,分别按汞量为 0.0、0.5、1.0、1.25、1.50、1.75、2.0、3.0 和 10.0ppm 计算,以 HgCl₂ 投入土壤,各处理三个重复,采用高产小麦浇水施肥管理措施。

室内分析方法

1. 汞:土壤总汞用 F₇₃₂ 测汞仪注射法测定,作物总汞以 727 型原子光谱吸收仪测定。

2. 机械组成:吸管法。

3. 有机质:铬酸氧化还原滴定外热源法。

4. 交换量:草酸氨-氯化铵一次平衡法。

5. pH:29 型 pH 计测定。

研 究 结 果

一、土壤性质和土汞的富集

1983—1984 年我们用不同质地的几种不同性质的土壤做盆栽试验,供试土壤性质的分析数据和上述各处理小麦收获后分别测定的土壤残汞和籽实汞数据列于表 1。然后以表 1 中所列多项土壤性质(土壤环境因子)与相应的土壤含汞量(即土汞)之间进行逐步

表 1 土壤性质与土汞和籽实汞含量

取样时间	土 壤	土壤残汞 $y_1(\text{ppm})$	籽实汞 $y_2(\text{ppm})$	土 壤 条 件			
				交换量 (meq/100g)	有机质 (%)	<0.01 mm (%)	<0.001 mm (%)
				$\pm x_1$	x_2	x_3	x_4
1982 年 9 月 1983 年 6 月	农大砂壤土	0.90	0.95	7.1	0.40	17.1	13.4
	高碑店中壤土	1.50	0.76	14.6	1.00	36.0	21.4
	东北旺重壤土	1.70	0.90	14.4	1.02	49.8	28.4
	农大轻粘土	2.30	0.59	16.9	0.80	66.9	34.5
	四川中粘土	2.45	0.0001	19.8	1.50	80.0	36.4
	灵山山地草甸土	2.40	0.80	21.6	5.20	50.9	21.9
1984 年 3 月 1984 年 6 月	西芦轻壤土	0.6997	0.1875	4.33	0.361	22.67	16.77
	农大中壤土	1.065	0.1067	14.11	1.02	43.73	29.23
	东北旺重壤土	1.0753	0.0516	13.78	0.593	51.83	35.45
	灵山山地棕壤土	0.9498	0.0527	22.43	4.88	50.96	21.89
	西芦碱土	0.8620	0.1042	9.71	0.574	32.83	22.46

回归分析,分析结果列于表 2。

由表 2 看出,土壤中汞的富集直接与土壤交换量和土壤质地密切相关。1983 年试验结果的逐步回归分析表明,土壤汞的富集与交换量和物理粘粒含量的关系最密切,二者的复相关系数分别为 0.9852 和 0.9039。按偏相关系数分析,1983 年的土汞含量与土壤交换量、物理粘粒含量均有一定的相关关系。1984 年的试验也反映出土汞与土壤交换量、有机质、物理粘粒及胶粒含量均有一定的相关关系,其偏相关系数分别为 0.5892、0.6188、0.6108 和 0.9038。

从单因素两两之间的相关性来看,1982

—1983、1984—1985 两年的试验结果基本一致。如表 2 所示,土汞与土壤交换量、物理粘粒含量和胶粒含量间有较明显的正相关关系。两年试验的单因素相关分析均表明土汞富集量与土壤有机质含量间的关系不明显,如 1982—1983 年其 r 值为 0.545、而 1984—1985 年仅为 0.163,但在偏相关分析中如上所述,两次试验表明土壤有机质与土汞富集均有一定的相关关系,这可能是自然界土壤环境中多个因素互相作用的结果。为此土壤条件对汞在土壤中富集的影响不能只从单因素分析,根据多因素的影响,进行逐步回归分析和偏相关分析能更好的得到与实际相符的

表 2 土壤性质对汞富集的影响

试验时间		1982.9--1983.6 (施 1ppm)					1984.3--1984.6 (施 2ppm)				
相关因素	交换量 (meq/ 100g土)	有机质 (%)	物理粘粒 <0.01 mm(%)	胶粒 <0.001 mm(%)	土壤残汞	交换量 (meq/ 100g土)	有机质 (%)	物理粘粒 <0.01 mm(%)	胶粒 <0.001 mm(%)	土壤残汞	
			x_3	x_4	x_5 ($=y_1$) $^{\Delta}$			x_3	x_4	x_5 ($=y_1$) $^{\Delta}$	
相关系数分析		x_1	x_2	x_3	x_4	($=y_1$) $^{\Delta}$	x_1	x_2	x_3	x_4	($=y_1$) $^{\Delta}$
逐步回归分析		$y = +0.08x_1 + 0.01x_3 + 0.1062$ $F = 49.5301$ $R = 0.9852$					$y = +0.02x_4 + 0.4416$ $F = 13.3915$ $R = 0.9039$				
偏相关系数	R t	0.9126 2.8	0.497 0.72	0.8287 1.86	-0.241 -0.31		0.5892 4.05	0.6188 4.37	0.6108 4.28	0.9038 11.73	
单 相 关 系 数	x_1	1.000	0.696	0.790	0.623	0.951	1.000	0.712	0.970	0.551	0.758
	x_2	0.698	1.000	0.176	-0.078	0.545	0.712	1.000	0.532	-0.185	0.163
	x_3	0.790	0.176	1.000	0.957	0.907	0.970	0.532	1.000	0.732	0.886
	x_4	0.623	-0.078	0.957	1.000	0.777	0.551	-0.185	0.732	1.000	0.903
	x_5	0.951	0.545	0.907	0.777	1.000	0.758	0.163	0.886	0.903	1.000

△ 系表 1 中 y_1

结果。

二、土壤性质与籽实汞的富集

土壤汞通过植物根系向麦粒中转移，并在麦粒中富集的过程，实际是汞在土壤中的迁移过程。任何金属离子在土壤中的移动都必然受到土壤对其吸附力的控制，而土壤对金属离子的吸附力是直接制约于土壤胶体物

质的数量质量和环境反应条件。当土壤酸碱反应相同的条件下，土壤胶体物质的数量和质量就成为影响汞从土壤移向植物体，最后在籽实中富集的重要因素。因此我们利用表 1 材料在诸多土壤因素中仍以上述四种土壤因素；其中包括土壤交换量、有机质、物理粘粒和胶粒与投加汞浓度 0.5ppm 和 2.0ppm

表 3 土壤条件对汞在土壤-植物中的迁移富集的影响

试验时间		1982.9—1983.6 (施 2ppm)					1984.3—1984.6 (施 0.5ppm)				
相关因素	交换量 (meq/ 100g土)	有机质 (%)	物理粘粒	胶粒	籽实汞	交换量 (meq/ 100g土)	有机质 (%)	物理粘粒	胶粒	籽实汞	
			<0.01	<0.001				<0.01	<0.001		
			mm(%)	mm(%)	x_5			mm(%)	mm(%)	x_5	
相关系数分析		x_1	x_2	x_3	x_4	$(=y_2)^{\Delta}$	x_1	x_2	x_3	x_4	$(=y_2)^{\Delta}$
逐步回归分析		$y = -0.01x_3 + 1.3143$ $F = 8.2338$ $R = 0.8204$					$y = +0.004x_3 + 0.2695$ $F = 23.9999$ $R = 0.9428$				
偏相关系数	R t	0.276 0.73	0.2878 0.77	-0.8204 -3.67	0.1768 0.46		-0.2835 -4.62	-0.0805 -1.26	-0.9429 -44.18	0.1359 2.14	
单 相 关 系 数	x_1	1.000	0.698	0.790	0.623	-0.547	1.000	0.712	0.970	0.551	-0.938
	x_2	0.698	1.000	0.176	-0.078	0.024	0.712	1.000	0.532	-0.185	-0.524
	x_3	0.790	0.176	1.000	0.957	-0.820	0.970	0.532	1.000	0.732	-0.942
	x_4	0.623	-0.078	0.957	1.000	-0.756	0.551	-0.185	0.732	1.000	-0.659
	x_5	-0.547	0.024	-0.820	-0.756	1.000	-0.938	-0.524	-0.942	-0.659	1.000

△ 是表 1 中 y_2

两种试验处理所得的籽实汞进行逐步回归分析和偏相关分析及单因素相关分析,其分析结果列于表 3。

从表 3 看出两年连续试验结果完全一致,其土壤条件中各种土壤性质因素与籽实汞经过逐步回归筛选以后表明,籽实富集汞主要决定于物理粘粒,即 $<0.01\text{mm}$ 土粒的含量,当 $<0.01\text{mm}$ 土粒含量愈多时,汞进入麦粒的数量减少。但从逐步回归分析所显示出的籽实汞与土壤条件中各因素间的单相关分析表明,籽实汞量的多少与四个土壤因素均呈负相关,这与实际情况极为相符,也就是说当土壤交换量、有机质、物理粘粒和胶粒含量高时,土壤中汞的富集量也大,因此从土壤

转移到环境中的量必然相应减少。

三、不同质地土壤汞的临界含量

上述资料表明,土壤质地直接影响土壤汞的富集和迁移,从表 4 看出,北京平原地区轻壤、中壤和重壤三种质地土壤中汞的迁移与富集的相关模型均为曲线方程。经统计在种麦条件下,上述三种不同质地土壤汞的临界含量是随着物理粘粒含量的增多而明显地提高,也就是说质地愈粘重的土壤本身对汞吸附力愈强,因此汞从土壤中向外迁移,污染环境的量相应减少。土壤中物理粘粒 ($<0.01\text{mm}$ 土粒) 含量增多,土壤汞对环境污染能力明显下降,反之则明显增高。如轻壤所含物理粘粒数量是中壤的 51.84%,其对环境的污

表 4 不同质地土壤汞的富集和迁移

土壤类型	土壤质地	物理粘粒 $<0.01\text{mm}\%$		有机质%	相关模型	a 值	b 值	r 值	$y = 0.02$ 时 x 值	
		含量	比值						计算量 Δ	比值
西芦盐化草甸土	轻壤	22.67	1.0	0.361	$y = ax^b$	0.18625	0.80429	0.9428	0.0829	1
农大草甸化褐土	中壤	43.75	1.93	1.02	$y = ax^b$	0.08129	1.18072	0.9495	0.3594	4.34
东北旺粘质土	重壤	51.83	2.29	0.593	$y = x/(a+bx)$	27.5315	-13.5709	0.9992	0.4325	5.22

Δ 按粒汞 $\rightarrow$ 土汞顺序计算。

染能力提高 4 倍多。

四、结论

1. 土壤的交换量愈高,土壤质地越粘重,土壤中汞的富集量愈高,其间呈极显著的正相关关系。土壤有机质对汞在土壤中富集的影响仅在偏相关和单相关分析中有反应,但不明显。

2. 土壤质地直接影响土壤汞的临界含量,土壤质地愈粗土汞迁移量愈多,籽实汞富集量愈高,土汞临界含量愈低,重壤比轻壤汞的临界含量高 4—5 倍。

3. 研究土壤性质对土汞和籽实汞的影响时,必须考虑客观实际情况,是多个土壤因素

相互作用,与土汞间也是相互影响的关系,故不能仅以单因素分析,必须考虑复杂的条件,用逐步回归方法分析,才能更好地反映真实情况。

参 考 文 献

- [1] 戎捷等,环境质量, 1, 1(1980).
- [2] 肖蕴英,王宽孝,环境科学丛刊, 3, 40(1983).
- [3] 夏荣基,农业环境保护, 1, 5(1985).
- [4] 熊毅等,土壤胶体, 237—245 页,科学出版社, 1983 年.
- [5] И. Зырин, 土壤学进展, 3, 17(1983).
- [6] Bolt, G. H., Soil Chemistry, pp.227—230 Elsevier Scientific publishing company, 1978.