

六、绿化屋面的经济性

在普通构造上加设泥层后,由于泥层本身的重量,结构处理费用增加。但据计算,在如图 1(b) 这样的构造上,覆盖 10cm 泥土若仅作为隔热层,而不考虑种花且无人员频繁走动,几乎不需要增加费用。尚若覆盖 20cm 泥层,且考虑种花及人员走动,对于普通住宅,二户合用一楼梯,经计算,约增加费用 10.3 元/m² 但必须看到,这样处理后,为建筑开辟了有效的利用面积,它不仅为顶层居民提供了较为舒适的室内气候,同时也起到了美化城市的作用,具有环境效益。

七、结语

根据上述粗略的分析,可以得出结论,绿化屋面对于改进建筑物的隔热性能及环境效

益都是有利的,同时其综合经济效益也是好的,它特别适用于夏季炎热地区的住宅密集区。

本文无论是数据还是分析都较粗略,只希望引起国内建筑界及环境保护部门对城市绿化的重视。

参 考 文 献

- [1] 潘瑞炽编,植物生理学(上册),人民教育出版社出版,1980年。
- [2] 杨善勤等,新型围护结构房屋的保温隔热,中国建筑工业出版社,1981年。
- [3] 傅肃科,华南土建,5(1979)。
- [4] 中国建科院物理所,建筑材料热物理性能,中国建筑工业出版社,1984年。
- [5] 俞昌铭,热传导及其数值分析,清华大学出版社,1982年。
- [6] 易大义等,数值分析,浙江科技出版社,1984年。
- [7] 林亚真等,城市环境与规划,中国建筑工业出版社,1981年3月。

砷在土壤中的蓄积与迁移特征

杨 居 荣*

(北京师范大学环科所)

砷是土壤中普遍存在的微量元素。过量的砷会阻滞植物的正常生长发育或使砷在可食部分累积^[1-3]。这种植物效应取决于砷在土壤中的蓄积量及其迁移、转化行为。由于砷易以砷酸根、亚砷酸根等阴离子态存在,其迁移行为与 Hg、Cd、Cu、Pb 等重金属元素有相似处,也有其独特性。因此研究砷在不同土壤环境条件下的分布与迁移规律,对于因地制宜地防治砷污染危害具有重要意义。本文通过对北京污灌区的调查和室内试验,分析了砷在褐土类土壤中的蓄积与迁移特征。

一、土壤环境条件及调查、试验方法

调查区土壤为典型褐土、草甸褐土及褐

化草甸土。呈弱碱性或碱性反应(pH 值 7.2—8.5)。全剖面或剖面中某些层次有石灰反应。碳酸钙含量可达 5—8%。有机质含量为 0.7—3.7%。阳离子代换总量为 10—35m.e/100g土。这些性质制约着砷在土壤中的活性及其对农作物的可给性。

调查样点设在永定河洪积、冲积平原的上、中、下部污灌区农田,采集 0—20cm 耕层土壤,并于东郊设 0—1m 土壤剖面样点,分别于 1981—1983 年测定了砷的含量。

盆栽试验**在直径为 1m,高 2m 的水泥

* 葛家瑞同志参加了部分试验工作。

** 盆栽试验的管理主要由植物所负责。

池中进行。将砷以污水和污泥两种形式投加于土壤中。总投加量均为 36ppm (按东南郊协作组暂订的土壤砷污染标准)。污水为人工配置的(投加砷酸氢二钠),分若干次灌入土壤。污泥取自高碑店污水厂,以 5000kg/667m² 的量施于 0—40cm 土层。污泥本身含砷量为 9.3ppm,砷量不足部分用砷酸氢二钠补足。种植小麦和水稻。待收获后测定砷在土壤中的残留动态。

模拟土柱试验在 5 × 50cm 的玻璃柱中进行。将土壤装入柱中,容重控制在 1.31g/cm³,高度为 20cm。用不同浓度含砷水溶液淋灌,浓度分别为 0、0.05、0.1、0.5、1.0、5.0、10.0ppm。总灌水量为 3500ml,相当于田间灌水量 700m³/667m²。调节土柱上部液层高度以控制淋溶速度,收集淋溶液,每 500ml 测定一次砷含量,以淋溶液中砷的减少量计算土壤的滞留量。

砷的测定采用硝酸、硫酸消化,Ag-DDC 盐比色法测定。

二、结果与讨论

1. 污灌区农田土壤中砷的蓄积与迁移

据大田调查结果,研究地区土壤中砷的含量范围在 5.9—13.4ppm,除少数样点属轻度污染外,一般未受污染。含量普遍偏低,因此其水平分布特征不十分清晰。但从其分布

表 1 污灌区土壤中砷的分布

采样地点	样点数	含量范围 (ppm)	平均值 (ppm)
近污染源区	22	8.85—12.34	9.66
远离污染源区	32	7.37—9.33	8.76
非污染区	31	6.55—8.80	7.44

趋势看(见表 1),与污灌年限及所处污灌渠道位置有关。通常在靠近污水源头及常年污灌的地区,耕层土壤中的砷有所累积,稍高于清灌区的含量。而远离污水源头的灌区,含量较低或大抵与清灌区的含量一致。

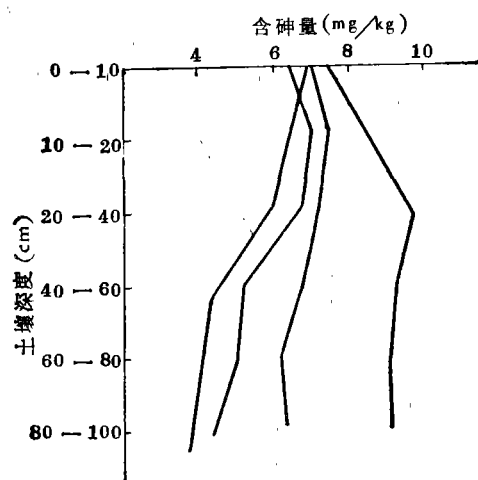


图 1 农田土壤中砷的纵向分布

根据常年污灌地区土壤剖面的调查(见图 1),砷的纵向分布与重金属元素的分布规律(集中于表层和亚表层,向下明显降低^[4])不同,在所取的几个剖面中呈现不规则的分布。通常在 20—40cm 土层的含量较高。有随水分下渗而迁移的现象。

本区施用污泥多集中在高碑店公社部分地区。污泥含砷量一般高于土壤背景含量,平均值在 9.18—11.14ppm 之间。在长年和集中施用区,土壤中砷的含量略高于未施用区。

2. 池栽试验土壤中砷的蓄积与迁移

在大田含量普遍偏低的情况下,采用池栽试验方法,调查了较高含量的外源砷进入土壤后的蓄积与迁移动态。图 2 所示为水稻和小麦池栽试验土壤中,砷的垂直分布状况,可以看出,砷在土壤表层的含量最高,随土层的加深而递减。以污水形式进入的砷主要集中分布在 0—20cm 土层,含量可达 40.00—49.68ppm。随污泥进入的砷则主要集中分布在 0—40cm 的施用层。说明外源砷进入土壤后在短时间(一年灌溉的结果)内可蓄积在土壤表层或亚表层。但从各层次的含量看,在 0—150cm 土层内,砷的含量均高于本底含量,两种投加方式均如此,砷有向下层土壤迁

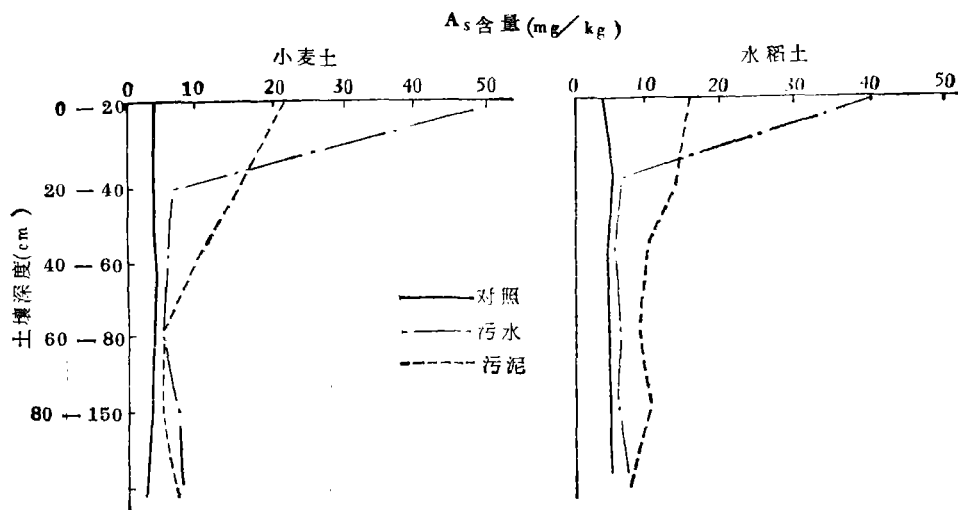


图2 池栽试验土壤中,砷的纵向分布

移的能力,这在水稻试验土壤中尤其显著.试验中曾收集了水稻池栽中 40、70 及 170cm 土层下的渗漏水,测定了砷的含量.结果均检出有砷,其含量分别为 0.140、0.074、0.075ppm,随土层深度增加,渗漏水含砷量递减,但已明显看出,砷有随水分下渗而迁移的现象.

3. 含砷水淋溶土柱中砷的蓄积与迁移

为进一步探讨土壤对砷的蓄积能力及其影响因素,取调查区内河流冲积平原的上部、

态见表 3.

结果表明:

(1) 灌水中砷明显被土柱所滞留.随灌水浓度的增高,滞留量增加.随灌水量的增加,单位土壤的滞留量逐渐减少,这在水中浓度较高 ($\geq 1\text{ppm}$) 时更明显.

(2) 不同性质土壤对水中砷的滞留能力有明显差别.四种土壤在灌水浓度为 10ppm,连续灌水量为 3500ml 时,土壤的累积滞留浓度分别为 89.352、61.303、69.114、41.622 ppm.其中 I、II、III 为轻壤土,IV 为砂土.看出砂土的滞留能力明显低于壤土.位于冲积平原不同部位的土壤,由于其矿质元素的组成,氧化还原状况等条件的不同,对砷的滞留量也有一定差别.位于冲积平原上部地区土壤的滞留量明显高于中、下部.

(3) 在所取浓度范围内,水中砷均不能全部被土壤滞留.即使在低浓度情况下也有部分砷随水分迁出,其迁出比例与灌水浓度和灌水量密切相关.若以淋出液中浓度/灌入液中浓度,作为迁出比率,计算结果如图 3 (以土壤 I、IV 为例).看出灌水浓度和持续灌水量对迁出比率有明显影响.在浓度较低

表2 试验土壤的主要理化性质

土壤编号	pH值	有机质 (%)	阳离子代换总量 (m.e./100g土)	<0.01mm 物理性粘粒含量 (%)	全盐量 (%)
土壤 I	7.75	2.99	6.96	20	0.120
土壤 II	7.95	3.12	11.71	22	0.080
土壤 III	7.70	2.83	10.83	24	0.043
土壤 IV	8.57	0.26	6.08	4	0.052

中部及下部代表样点土壤 (编号依次为土壤 I、II、III) 及机械组成较粗的砂土 (IV),进行了含砷水淋溶土柱试验.土壤的主要理化性质见表 2. 试验土壤对灌水中砷的滞留动

表 3 试验土壤在不同浓度及不同灌水量情况下对砷的滞留量

灌水浓度 (mg/l) 土壤滞留浓度 (mg/kg) 土壤灌水量 (ml) 号		0.05	0.1	0.5	1.0	5.0	10.0
土 壤 I	500	0.065	0.126	0.828	1.667	8.153	16.327
	1000	0.068	0.138	0.797	1.665	8.080	14.443
	1500	0.060	0.142	0.763	1.613	7.063	13.792
	2000	0.045	0.105	0.742	1.662	7.037	13.608
	2500	0.062	0.152	0.765	1.662	6.847	12.020
	3000	0.060	0.133	0.735	1.632	5.053	10.387
	3500	0.058	0.155	0.792	1.610	6.233	8.775
土 壤 II	500	0.072	0.149	0.813	1.640	8.315	15.643
	1000	0.075	0.148	0.780	1.596	8.093	11.976
	1500	0.072	0.108	0.768	1.600	6.300	14.793
	2000	0.068	0.117	0.768	1.485	4.235	6.410
	2500	0.065	0.092	0.827	1.220	3.043	4.552
	3000	0.070	0.098	0.561	1.016	2.844	3.927
	3500	0.057	0.095	0.525	0.813	2.543	4.002
土 壤 III	500	0.070	0.119	0.761	1.667	8.333	16.570
	1000	0.056	0.133	0.760	1.667	7.963	13.073
	1500	0.083	0.132	0.783	1.661	5.857	8.950
	2000	0.066	0.149	0.774	1.585	5.123	8.640
	2500	0.030	0.101	0.793	1.462	4.657	8.091
	3000	0.070	0.129	0.778	1.275	3.990	6.867
	3500	0.088	0.140	0.734	1.151	3.603	6.923
土 壤 IV	500	0.049	0.146	0.804	1.597	7.382	13.040
	1000	0.058	0.128	0.745	1.543	3.810	7.565
	1500	0.053	0.103	0.725	1.140	2.956	5.273
	2000	0.051	0.119	0.643	0.968	2.312	4.091
	2500	0.037	0.120	0.555	0.979	2.048	4.523
	3000	0.028	0.124	0.553	0.912	2.135	3.940
	3500	0.053	0.088	0.525	0.925	1.898	3.190

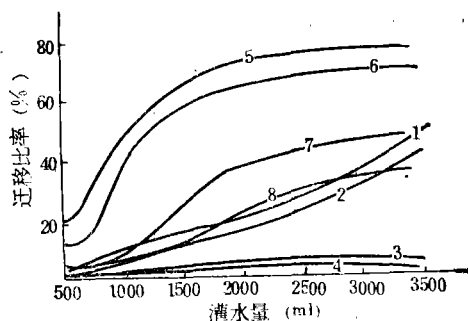


图3 含砷水淋灌后,土壤I、IV的迁出比率

1. 土壤 I—10.0ppm 2. 土壤 I—5.0ppm 3. 土壤 I—1.0ppm 4. 土壤 I—0.5ppm 5. 土壤 IV—10.0ppm 6. 土壤 IV—5.0ppm 7. 土壤 IV—1.0ppm 8. 土壤 IV—0.5ppm

时,迁出比率很小,随浓度的升高,迁出比率明显增大,而且随持续灌水量的增加,迁出比率也加大。从图3砷在砂土的迁出动态看出,当水中浓度高于1ppm时,水中砷的迁出量要比滞留量还多,说明砂土更易于砷的迁移。

上述试验土柱高度为20cm,仅相当于田间的耕层土壤。试验结果说明,在一定条件下,含砷水淋灌后将有部分砷迁移至耕层以下。用同样的试验方法调查了灌水浓度为0.5mg/l,灌水量相当于田间灌溉量600m³/667m²时,砷在50cm土柱中的分布。为与酸性土壤作对比,设江西红壤(pH 5.2)处理。表4为各层次土壤中砷的含量。结果表明:砷在各土壤中均以0—10cm的含量最

表4 土柱模拟试验中,砷在不同层次土壤中的分布 (mg/kg)

土层深度 (cm)	师大校园土	东郊高碑店土	江西红壤
本底	8.30	7.60	8.35
0—10	15.01	14.60	20.31
10—20	10.00	7.40	8.70
20—30	9.10	7.50	7.90
30—40	8.60	8.90	8.60
40—50	10.50	8.00	8.40

高,但红壤明显高于褐土。两个褐土土柱中,

50cm土层内的含砷量均高于本底含量,说明砷随水下移,而红壤柱中,砷集中在表层。从0—10cm的滞留量占投加总量的比例看,三个试验土壤分别为59.2%、47.6%和81.3%,红壤明显高于褐土,进一步说明本调查区土壤条件较易于砷的迁移。

4. 污染土壤中砷的淋失

滞留于土壤中的砷可否由于雨水(或灌溉)淋滤而迁出,这是关系到砷的二次污染问题。为对此进行调查,进行了含砷土壤的淋溶试验。土壤砷的含量水平为12.75ppm、18.00ppm、42.50ppm及63.00ppm(利用淋溶土柱试验中的含砷土壤)。将250g污染土壤装入5×50cm玻璃柱中,用2500ml蒸馏水淋洗,收集淋洗液,每500ml测定一次含砷量,其淋失动态如图4。

可以看出,不同污染水平土壤中的砷,均能随水分迁出。随着污染程度的加重,迁出量明显增高。当土壤含砷量为18ppm时,淋

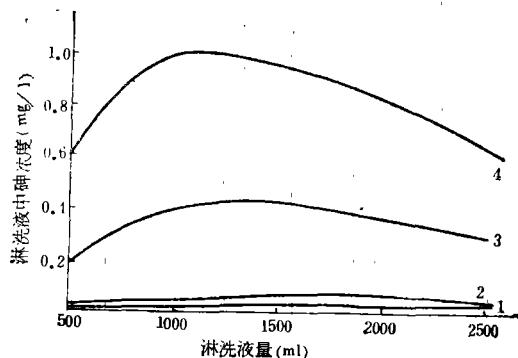


图4 污染土壤中砷的淋洗动态

1. 12.75ppm 2. 18.00ppm 3. 42.50ppm 4. 63.00ppm

洗液中的砷可超过农田灌溉水标准(0.05ppm)。同一土壤,随淋洗水量的变化,淋出砷量也有差别。在淋洗液为1000—1500ml时出现淋出高峰,说明淋出量还受淋溶水量(或强度)的影响,在一定条件下(一定量和一定强度时),淋出量最大。若以淋洗液携出总砷量/土壤总砷量计算迁出比例,四个土壤的

迁出比例分别为 2.10%、3.20%、8.29% 和 13.14%。

由于试验土壤为模拟砷污染土壤,砷污染时间较短(吸附砷后一年),砷在土壤中的存在形式与田间实际土壤有一定差别。土柱为人工装填,与自然土壤的结构特征也有较大差距,因此所得结果与实际情况会有一定距离,但从其趋势推断,调查区污染土壤中的砷在一定条件下,有随水分迁出的可能。

综上大田调查、盆栽及土柱淋溶试验结果表明,在本区褐土类土壤条件下,砷的蓄积与迁移与主要以阳离子态存在的重金属的迁移^[4,5]有相似处,但也有其特点。与阳离子态金属相似,土壤对砷有一定蓄积能力,长期用含砷污水灌溉,会使砷在土壤中累积。但在本区偏碱性及以 2:1 型粘土矿物为主的土壤环境中,砷具有一定程度的移动性,其被土壤滞留的数量比酸性土壤低。特别是在氧化还原电位 (Eh) 较低和 pH 值较高时,较多的砷被还原为亚砷酸,它不易被土壤吸附。同时,因为 pH 升高,土壤的正电荷减少,从而减少了对砷的吸附作用,在这种条件下,砷的活动性可能大于主要以阳离子态存在的重金属元素。砷的这种迁移特征,有可能引起地表水体以至地下水体的污染,对此应引起重视。

三、小 结

本区土壤对砷有明显的滞留作用,污水中的砷可被土壤蓄积,从而对砷的扩散起限制作用。

偏碱性的土壤条件,使砷具有一定程度的迁移能力,其迁移比率受灌水浓度和持续灌溉量的影响。同时,土壤理化性质的差异,也影响砷的蓄积与迁移。

受砷污染的土壤经雨水(或灌溉水)淋滤,砷可自土壤中迁出,其迁出量与土壤污染程度、淋溶水量和淋溶强度密切相关。

鉴于本区土壤中砷的迁移特性,在评价砷污染危害时,除注意其对农作物的损伤及可食部分累积量过高对人体的影响外,砷对地表水体(或地下水)污染的可能性应引起注意,并应加强有关方面的研究。

参 考 文 献

- [1] 小山雄生,日本土壤肥科学杂志,47,85—98 页(1976)。
- [2] 杨居荣,生态学学报,4(1),34—44(1984)。
- [3] 渋谷政夫,土壤污染の機構と解析,産業図書,38—70,1979。
- [4] 夏增禄,环境科学学报,5(1),105—112(1985)。
- [5] 陈静生,环境污染与保护简明原理,商务印书馆,266—276,1981。

长江口腐殖质对重金属的吸附作用

廖文卓 陈 松 潘皆再 庄国顺

(国家海洋局第三研究所)

一、引 言

河口区水体和沉积物中含有较丰富的有机质,而其中又以含有多种官能团,对多种金

属离子具有较强的络合交换和吸附作用的腐殖质为主。虽然腐殖质组成和结构较为复杂,其对金属的络合吸附和其他作用过程的机制尚不很清楚,然而它们对痕量金属在天然水