

最适比例对调节污灌负荷, 加速石油降解有一定意义。

结 论

1. 通过石油污灌区的微生物类群和数量分析表明污灌区的土质对微生物不产生巨大影响。石油污水的水质浓度是影响微生物类群和数量的主要因素, 因此重污染区对微生物的数量和类群均多于其他污染区。优势菌属有假单胞杆菌属, 无色细菌属, 不动细菌属, 芽胞杆菌属, 醋酸细菌属, 分枝杆菌属等。真菌以青霉菌为优势类群。水样中的菌数反映一定的污染程度和污染范围, 类群反映石油污染区的微生物生态特征和生态组成。

2. 油污染区的微生物多数具有解脂酶的活性, 有的强, 有的弱。轻污染区活性较弱, 但仍能降解石油。

3. 混浊度是检验油降解的简易指标。

4. 从油污染区分离出的细菌、真菌、微嗜氮菌多能利用石油形成细胞体, 但是利用油量和形成细胞量还决定于碳源和氮源的数量。油作为基质少了不能形成细胞, 多了细胞受到抑制。根据油的多少, 增加氮源就可以起到加速油的降解, 反之根据土壤养分, 施肥多少, 就可提出降解油的负荷, 控制最适的碳(油)、氮比, 可获得较大的油降解率, 调节污

灌负荷对油的净化将收到实际效益。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院林业土壤研究所污水组, 沈阳石油工业污灌区环境质量的调查报告, 科研报道, 第二期(环境生物专集), 第96页, 1977年。
- [2] A. Nelson-Smith, *Oil Pollution and Marine Ecology*, pp. 204—210, 1972.
- [3] A. Jobson, *Applied Microbiol.*, 27(1), 166 (1974).
- [4] A. Reisfeld, E. Rosenberg and D. Gutnick, *Appl. Microbiol.*, 24(3), 363—368 (1972).
- [5] A. L. Mills, C. Bredil and R. R. Colwell, *Canadian J. of Microbiology*, 24(5), 552—557 (1978).
- [6] B. Austin, J. J. Calomiris, J. D. Walker, *Appl. & Environ. Microb.*, pp. 60—68, July, 1977.
- [7] C. B. Kincannon, *Proceedings of Open Forum on Management of Petroleum Refinery Wastewater*, p. 257, 1977.
- [8] David T. Gibson, *Proceedings of The 3rd International Biodegradation Symposium*, pp. 57—66, 1975.
- [9] D. E. Hughes and P. McKenzie, *Proceedings of the Royal Society of London Series B Biological Sciences* 189: No. 1096. pp. 375—390 (1975).
- [10] Gonzalo Sierra, *J. Microb. and Serology*, 23 (1), 15—22 (1975).
- [11] R. L. Raymond, J. O. Hudson, V. W. Jamson, *Appl. & Environ. Microb.*, 31(4), 522 (1976).
- [12] Stanley W. Watson, *Appl. Microb.* 33(4), 940 (1977).
- [13] J. D. Walker and R. R. Colwell, *Appl. Microb.*, 27, 1053—1060 (1974).
- [14] J. D. Walker and R. R. Colwell, *Appl. Environ. Microb.* 31(2), 189—197 (1976).

农作物对镉的吸收累积规律

董克虞 陈家梅 邓小莹

(北京市农业科学院农业环境保护、气象研究所)

从食用含镉大米引起骨痛病以来, 世界各国对镉污染环境的问题极为重视, 有关环境中镉的研究也日益增多。镉来自地壳矿藏中, 由于人类的各种活动, 使它通过种种途径

进入土壤, 尔后又被植物吸收, 再随食物进入人体和动物体, 最后还会回到地壳中去。研究作物吸收和累积镉的规律, 对调整这一循环过程保护人类免受危害, 以及对作物污染

状况的预测预报都具有重要的意义。

世界各国学者^[1-6],对水稻、蔬菜、牧草中镉的吸收累积规律有了不少的研究。我们通过对十二种农作物投加不同浓度和种类镉化合物的大量盆栽实验研究了农作物对镉的吸收累积规律。

材 料 和 方 法

一、各种含镉化合物的盆栽投加实验

此项实验进行了三年。供试作物及处理

见表 1 与表 2。试验采用 $\phi 27 \times 27$ 和 $\phi 30 \times 30$ (厘米) 带釉盆钵, 各装土 12 和 20 公斤。土壤来自本院及北京东郊双桥公社农田。土质为石灰性粉质沙壤土, pH 7.8-8.2, 肥力中等, 含镉量 0.04—0.06 ppm。各处理组内装土量, 施肥及田间管理都相同。

二、分析测定

在作物可食部位成熟时采集土壤和植物样品, 分析测定含镉量。土壤用硝酸-王水湿法消化, 1N 和 0.1 N 盐酸浸提; 植物样品地

表 1 盆栽作物品种及种植天数

供 试 作 物	品 种	种植方式	种植天数
水稻 (Oryza sativa L.)	京系 15	插 秧	120
小麦 (Triticum vulgare Host)	农大 139	种子直播	260
玉米 (Zea mays L.)	京早 7 号	种子直播	95
花生 (Arachis hypogaea L.)		种子直播	140
甘薯 (Ipomoea batatas (L.) poir)		插 秧	160
马铃薯 (Solanum tuberosum L.)	红玉 5 号	块茎直播	80
萝卜 (Raphanus Sativus L.)	(1) 花叶心里美 (2) 小水萝卜	种子直播	100 55
大白菜 (Brassia Pekinensis Rupr)	小青口	幼苗移栽	100

表 2 盆栽实验处理设计

编组	供试作物	投加化合物种类	投加浓度 (ppm 以 Cd ⁺⁺ 计)	处理数	重复盆数	种植盆数
1	水稻	CdS CdI ₂	0—10	10×2	3	60
2	小麦	CdS CdI ₂	0—10	10×2	3	60
3	水稻	CdS CdSO ₄	0—200	7×2	3	42
4	小麦	CdS CdSO ₄	0—200	7×2	3	42
5	玉米	CdS CdI ₂	0—10	4×2	3	24
6	花生	CdSO ₄	0—10	4	3	12
7	甘薯	CdSO ₄	0—10	4	3	12
8	马铃薯	CdSO ₄	0—10	4	3	12
9	水萝卜	CdS CdI ₂	0—10	10×2	3	60
10	心里美萝卜	CdS CdI ₂	0—10	4×2	3	24
11	大白菜	CdSO ₄	0—10	4	3	12
12	水萝卜	CdI ₂ 水溶液	0—50ppm 每盆一升, 一次浇入	8	4	32

用硝酸-王水湿法消化。日产岛津 AA-610S 型原子吸收分光光度计(配 GFA-2 型石墨炉原子化器)测定。

结 果 和 讨 论

一、镉对农作物生长发育的影响

盆栽表明, 禾本科作物对镉的忍耐能力

较强, 各种镉化物在 10ppm 以下对小麦、水稻、玉米三种禾本科作物生长发育无不良影响。20—50ppm 对小麦有不同程度的危害, 减产 20% 以上。但投加量达 200ppm 时, 水稻生长正常。投加低浓度 CdI₂ 对萝卜(心里美萝卜、水萝卜)、白菜、马铃薯生长发育有刺激作用。但投加浓度达到 8—10ppm 后明显

抑制了四种蔬菜作物生长。我们研究镉的吸收累积规律主要是在作物生长基本上不受影响的浓度下进行的。

二、作物体内含镉量与投加量呈正相关

表 3 为实验中部分作物投加可溶性镉化物后土壤投加量与作物含镉量(以风干重计, 以下同)的相关系数。从表 3 可见, 相关系数都大于 0.7, 其中水稻、小麦、萝卜、茄子、番茄等作物相关系数达到显著(大于 5% 水平)以上水准。如果以投加量(x)为横座标, 各部位含镉量(y)为纵座标作相关图(如图 1、2、3、4), 可见二者的相关变化为直线。直线回归可用方程式 $y = a + bx$ 表达。我们称常数“b”为农作物对镉的累积系数。表 3 列出

了部份作物的吸收累积系数, 它的数值为投加 1ppm 镉后, 作物各部位含镉量的平均增加量。

三、作物各部位吸收累积镉的能力不同, 贮藏器官含镉量最低

从表 3 可见, 在土壤和投加镉化合物都相同的各组实验中, 同一作物不同部位累积系数是不同的。水稻、小麦、玉米等禾本科单子叶植物根 > 茎叶 > 籽粒。这与陈铨荣等用 ^{115m}Cd 对水稻研究的结果相似。双子叶作物不完全依照这一规律, 但生命活动旺盛部位(绿叶和吸收根)含量较高, 营养物质的贮藏器官(块根、果实、叶球等)含量最低(见表 3、表 4、表 5)。把十二种作物各部位含镉量

表 3 盆栽土壤中镉的投加量与作物含镉量的相关性和累积系数

作物	投加化合物种类及投加量 (ppm)	作物部位	相关性 相关系数 (r) 显著水准	累积系数 (回归系数)
水 稻	CdSO ₄ n = 5 0, 10, 20, 50, 100, 200	糙米	0.980 极显著	0.0030
		茎叶	0.982 极显著	0.0655
		根	0.999 极显著	1.065
小 麦	CdCl ₂ n = 6 0, 5, 10, 100, 300, 500, 700	糙米	0.981 极显著	0.0062
		茎叶	0.910 显著	0.0550
		根	0.756 相关	1.830
茄 子	CdI ₂ n = 7 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10	籽粒	0.908 极显著	0.2680
		茎叶	0.782 显著	0.3628
		根	0.996 极显著	3.4767
番 茄	CdCl ₂ n = 6 0, 5, 10, 15, 25, 35, 50	果实	0.902 显著	0.4390
		茎叶	0.990 极显著	3.872
		根	0.967 极显著	1.830
大 红 袍 萝 卜	CdCl ₂ n = 6 0, 5, 10, 15, 25, 35, 50	果实	0.950 极显著	0.1680
		茎叶	0.833 相关	0.2390
		根	0.905 显著	1.1817
心 里 美 萝 卜	CdCl ₂ n = 6 0, 5, 10, 15, 25, 35, 50	块根	0.950 极显著	0.1247
		叶	0.966 极显著	0.5544
心 里 美 萝 卜	CdI ₂ n = 7 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10	块根	0.968 极显著	0.3169
		叶	0.997 极显著	1.4949

CdCl₂ 数据根据“北京市东南郊环境污染调查和防治途径”协作组资料计算。

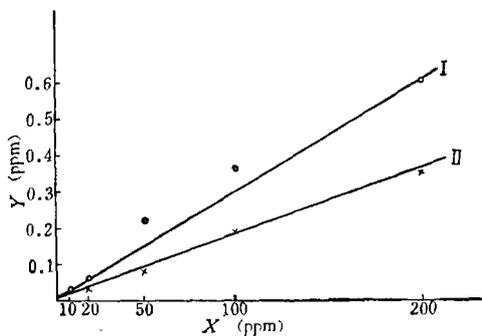


图 1 土壤投加量(x)与糙米含镉量(y)相关曲线

I. 投加 $CdSO_4$ $r = 0.980$ $y = 0.003 + 0.0030x$
 II. 投加 CdS $r = 0.999$ $y = 0.003 + 0.0018x$

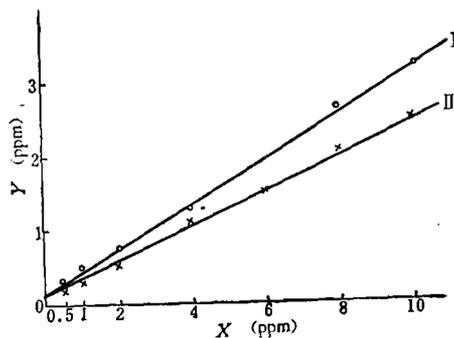


图 2 土壤投加量(x)与心里美萝卜肉质块根含镉量(y)相关曲线

I. 投加 CdI_2 $r = 0.968$ $y = 0.06 + 0.32x$
 II. 投加 CdS $r = 0.994$ $y = 0.06 + 0.25x$

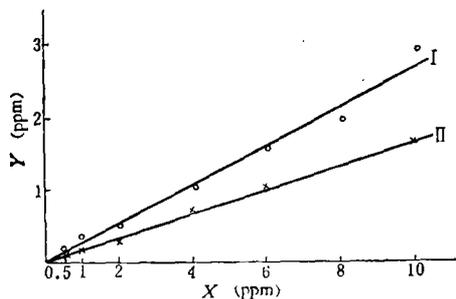


图 3 土壤投加量(x)与麦粒含镉量(y)相关曲线

I. 投加 CdI $r = 0.908$ $y = 0.003 + 0.27x$
 II. 投加 CdS $r = 0.988$ $y = 0.003 + 0.17x$

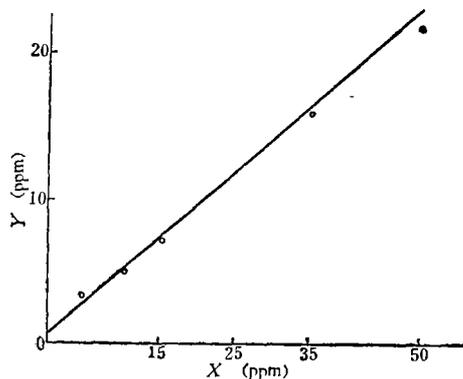


图 4 土壤投加量(x)与茄子果实含镉量相关曲线

投加 $CdCl_2$ $r = 0.902$ $y = 0.9 + 0.44x$

表 4 几种蔬菜作物各部位含镉量 (ppm)

土壤投加量 (ppm)	心里美萝卜			小水萝卜			大白菜		
	根	叶	块根	根	叶	块根	根	绿叶	心叶
对 照	0.26	0.18	0.06	0.18	0.60	0.15	0.29	0.17	0.20
CdS 10	5.4	10.0	2.4	7.3	8.6	3.6			
CdI_2 10	4.0	15.0	3.3	9.5	12.1	6.0			
$CdSO_4$ 10							29.0	8.4	7.5

表 5 马铃薯、花生、甘薯各部位含镉量 (ppm)

土壤投加量 (ppm)	马铃薯			甘 薯			花 生			
	根	茎叶	块茎	根	茎叶	块根	根	茎叶	果壳	果仁
$CdSO_4$ 0	0.8	0.2	未检出	0.1	0.06	0.07	0.17	0.08	0.11	0.12
1	6.5	6.9	1.1	2.0	0.4	0.09	3.7	1.81	0.46	0.38
10	29.2	27.8	4.2	22.6	1.4	0.31	27.4	10.5	3.2	1.06

按次序排列汇总于表 6, 从表 6 可见, 它们存在一个共同规律: 即营养物质的贮藏器官含镉量最低。这些器官可以是种子(花生和禾木科作物籽粒)和果实(茄子和番茄肉质浆果), 也可以是叶(大白菜叶球)、茎(马铃薯块茎)和根(甘薯与萝卜肉质块根)。它们都是该作物光合作用产物(碳水化合物、脂肪、蛋白质等)的贮藏场所是作物中经济价值最高的部位。

表 6 投加 1ppm 镉化物后十二种作物不同部位平均含镉量的排列次序

作物	各部位含镉量的排列次序
水稻	根 > 茎叶 > 稻壳 > 糙米
小麦	根 > 茎叶 > 颖壳 > 籽粒
玉米	根 > 茎叶 > 苞叶 > 籽粒
甘薯	根 > 茎叶 > 块根
马铃薯	根 > 茎叶 > 块茎
花生	根 > 茎叶 > 果壳 > 果仁
心里美萝卜	叶 > 块根
水萝卜	叶 > 块根
大红袍萝卜	叶 > 块根
大白菜	根 > 绿叶 > 心叶
番茄	根 > 茎叶 > 果实
茄子	茎叶 > 根 > 果实

存在这一规律的原因还有待进一步研究。伊藤秀文认为水稻各器官的浓缩系数按根 > 茎叶 > 糙米顺序递减是由于各器官的

过滤作用向糙米迁移少。我们认为这种迁移不只是简单的过滤作用, 因镉易随水和无机盐进入根和叶, 而在作物内部随有机营养物质转移可能较为困难。例如萝卜块根贮藏营养物质髓部含镉量较运输营养物质的皮部要低(见表 7)。

表 7 心里美萝卜块根内各部位含镉量

土壤投加量 (ppm)	各部位含镉量 (ppm)	
	皮 部	髓 部
6	2.8	1.6
8	3.0	1.8
10	4.2	2.0

四、不同作物可食部位含镉量各异

由于可食部位经济价值最高, 以下仅讨论该部位的累积规律。表 8 表明: 投加 1ppm 的 CdS、CdSO₄、CdI₂、CdCl₂ 后, 作物可食部位平均累积量的排列顺序为: 水萝卜 > 心里美萝卜 > 小麦 >> 水稻 > 玉米; 马铃薯 > 白菜 > 花生 > 甘薯 >> 水稻; 茄子 > 番茄 > 大红袍萝卜 >> 水稻。投加 CdS、CdSO₄、CdI₂、CdCl₂, 糙米平均累积量之比为 1:1.9:3.7:3.9。蔬菜作物种类繁多, 可食部位各异, 但对镉的吸收累积量差异不大, 累积系数在 0.1—0.8 之间。大田作物可食部位累积量差

表 8 投加 1ppm 镉化物后作物可食部位的平均累积量

作物及其部位			平均累积量 (ppm)			
			CdS	CdSO ₄	CdI ₂	CdCl ₂
大田作物	花生	果仁		0.682		
	小麦	籽粒	0.168		0.27	
	水稻	糙米	0.0018	0.0030	0.0059	0.0062
	玉米	籽粒	<0.0038		<0.0015	
	甘薯	块根		0.140		
蔬菜作物	心里美萝卜	块根	0.250		0.290	
	水萝卜	块根	0.351		0.621	
	大红袍萝卜	块根				0.125
	大白菜	叶球		0.710		
	马铃薯	块茎		0.750		
	茄子	果实				0.440
	番茄	果实				0.170

异极大,累积系数在 0.0008—0.628 之间。麦粒和糙米的累积量在水稻淹水栽培条件下相差 37 (CdI₂)—98(CdS) 倍。实验表明,在不保持水层(落干)的栽培条件下,糙米含镉量较淹水栽培的高 8—12 倍。如考虑落干与淹水的影响,可以认为麦粒含镉量比糙米大 5—100 倍左右。

五、作物不同生育期单位干物质内含镉量变化不大,吸收总量随干物质的累积而增加

在盆栽萝卜投加 CdI₂ 的八个处理中,于

表 9 盆栽心里美萝卜不同生育期各部位含镉量 (ppm)

土壤投加量	各部位不同生育期含镉量			
	部位	30 天	60 天	90 天
CdI ₂ 0—10ppm	叶	$b = 1.3$		$b = 1.4$
CdI ₂ 2ppm	叶	2.9	2.6	3.0
	块根		1.0	0.82
	根		1.9	1.3
CdI ₂ 6ppm	叶	7.4	6.5	7.1
	块根		1.7	1.7
	根		2.7	2.6

播后 30 天和 90 天取样测定并计算萝卜叶子(30 天时块根还未形成)的累积系数(b)分别为 1.3 与 1.4 (见表 9),二者几乎相等。但由于叶子干重增加了 100 倍,其吸收总量也增加了约 100 倍。播后 60 天,植株进入了干物质累积最迅速的时期,此时各部位含镉量与营养生长停止时期(播后 90 天)几乎相同(见表 9)说明萝卜各部位含镉量(y)在不同的生育期中基本上保持不变,主要是靠增加干物质的累积量来增加对镉的吸收。伊藤秀文^[1]发现在水稻中也存在类似的规律。

参 考 文 献

- [1] 伊藤秀文等,日本土肥科学杂志, 47(10), 482—487(1976).
- [2] Reddy, C. N. et al., *Journal of Environmental Quality*, 6(3), 259—262 (1977).
- [3] Bingham, F. T. et al., *Journal of Environmental Quality*, 5(1), 57—60 (1976).
- [4] 陈铨荣等,环境科学, 3, 4—7(1978).
- [5] 陈涛等,环境科学, 1(5), 7(1980).
- [6] John, M. K., *Environmental Pollution*, 4(1), 7—16 (1973).
- [7] 辽宁林业土壤研究所,环境污染与生物净化, 70—76, 科学出版社, 1976 年.
- [8] 吴燕玉等,土壤通报, 1, (1980).

我国第一辆电镀废水处理车在无锡鉴定

——无锡市开始试行电镀废水社会化流动处理

我国第一辆电镀废水处理车,由无锡市环境保护办公室和六机部九院共同研制成功,并在无锡市进行我国首次电镀废水社会化流动处理。于 1981 年 3 月 20 日至 22 日,在无锡市召开了电镀废水处理车技术鉴定会,会议同时开展了有关电镀废水社会化流动处理的学术讨论会。来自全国主要省市环保部门、设计科研单位、以及有关工厂的专家、工程技术人员共 100 多名代表参加了会议。与会代表一致肯定了流动处理车是一种新颖而有效的治理方法,方向是对头的,并为电镀废水社会化处理提供了新的手段。

从无锡市初步试点表明:开展社会化流动处理可用较少的资金解决较多工厂的废水治理,使处理专业化,保证处理效果。经试点工厂运行,实测出水水质良好,含镍浓度达到 0.03—0.21 毫克/升,低于国家规定的地面水最高允许浓度 0.5 毫克/升。同时能减少二次污染,逐步做到统一的集中再生回收及提高回收质量,真正做到节约能源和资源。目前,试制单位抓紧镀铬废水流动车样车的调试工作,并摸索社会化流动处理的组织管理经验。

(吴熊勋 供稿)