

HE JISHU
ZAINONGXUE HE
HUANBAOZHONG
YINGYONGLUNWENJI

核技术 在农学和环保中 应用论文集

陈传群 等著



原子能出版社

核技术在农学和环保 中应用论文集

陈传群 等著

原子能出版社

1988

核技术在农学和环保中应用论文集

陈传群 等著

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

原子能出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092_{1/32}·印张4.25·字数91千字

1988年12月北京第一版·1988年12月北京第一次印刷

印数 1—1000

ISBN7-5022-0152-1

TL·62 定价：1.60元

内 容 简 介

本书系核技术在农业及环保中应用的论文集，共收集论文15篇。本书介绍的方法主要是同位素示踪法、中子活化分析法和放射免疫分析法。所研究的对象主要是农作物、经济作物、牲畜、土壤和灌溉水等。

本书为核农学科研、工作人员提供了宝贵的资料，是该领域很有参考价值的书。

目 录

灌溉水中铬的若干环境学性质及含铬污水在农业上安全利用的研究.....	1
小白菜、苋菜对土壤中 ^{51}Cr 的吸收和运转及铬对其生长发育影响的研究.....	12
水稻、小麦对灌溉水中铬的吸收、运转和铬在土壤中移动、积累的研究.....	16
利用放射性核素研究污水管道厌氧消化装置中水滞留的动态.....	24
^{14}C -TNT在水相模拟生态系中分布和富集的研究.....	33
农产品中农药残留物排除的研究.....	39
利用中子活化分析研究土壤中铬背景值.....	47
利用中子活化分析法研究土壤中钒的背景值.....	57
利用快中子活化分析研究水稻、土壤中硅含量与稻瘟病的关系.....	65
^{14}C 乙烯利在茶树上吸收、运转及其与落花的关系.....	71
水仙等对 ^{137}Cs 的吸收、运转和对P、K吸收的影响.....	81
稀土元素铈在橡胶苗体内的分布及其存在形态的初步研究.....	94
牛奶中孕酮放射免疫测定方法的研究.....	102
应用放射免疫分析法进行奶牛早期妊娠诊断的研究.....	112
桑蚕尿素添食对产丝的效应及其机理的研究.....	121

灌溉水中铬的若干环境学性质 及含铬污水在农业上安全利用 的研究*

陈传群 徐寅良 叶兆杰 徐步进

(浙江农业大学)

电镀、皮革、冶金和化工等工矿企业广泛使用各种铬化合物，在其排出的“三废”中不同程度地含有铬的化合物。含铬污水直接排入地面水体，会造成农业用水的污染。据报道日本在1975年曾发生“铬公害事件”，从而引起广泛的关注。另有报道职业病鼻中膈穿孔和肺癌也与这类工矿排出的铬有关^[9~12]。水稻在5ppmCr⁶⁺水培下，就出现生长发育阻碍，浓度再高时，甚至会枯死^[12]。

由于某些含铬污水中同时含有氮、磷等元素，所以有的地区利用含铬污水灌溉农田和作肥料施用，有一定的增产效果。关于污水中铬在农作物和土壤中的转移、分布、积累以及污染状况，虽有一些报道^[16~18]，但尚未见铬的环境学性质及其对农业环境影响的较系统的报道。为了防止含铬污水的污染，并为制订农田灌溉水质标准、水产水质标准和含铬污水排放标准提供依据，我们在1975~1979年应用核素铬-51

* 丁锡祥、苏宏洲、吴坚士同志参加部分试验工作。

示踪和中子活化分析技术进行了含铬污水中铬在大田作物（水稻和小麦）、蔬菜（苋菜和普通白菜）、水生生物（水浮莲、白鲢鱼）和土壤中环境学性质（生物吸收、运转、分配、生物浓缩和在土壤中吸附、转移、积累等）及其对环境影响的模拟研究。

一、 水稻、小麦对铬的吸收、运转 和铬在其植株中的分布

（一）水稻、小麦对铬的吸收和运转

供试早稻为“原丰早”，栽培在盆钵中。分别于分蘖期、孕穗期和抽穗期，将植株从土培盆钵中移栽到盛有1000毫升培养液的培养钵中，5天后，每个培养钵中加入六价铬（简称为 Cr^{6+} ，即 $\text{K}_2^{51}\text{CrO}_4$ ） $1.036 \times 10^6 \text{Bq}^*$ （即培养液中 ^{51}Cr 含量为 $1.036 \times 10^3 \text{Bq/ml}$ ）。培养3天后，从培养钵中取出稻株，洗去根部表面吸附的 ^{51}Cr 。干燥后压制成放射性自显影样品，经“曝光”，冲洗。从所得水稻植株中 ^{51}Cr 的自显影片^[1]看到：培养液中铬可为水稻根部所吸收，并可运转到植株的茎、叶及穗部。这与应用 ^{51}Cr 进行水稻土培试验的结果相一致^[2]。

（二）铬在水稻植株各部位的分布和积累

供试水稻为盆钵栽培，用含 ^{51}Cr （ Cr^{3+} 和 Cr^{6+} ）水灌溉。铬浓度分0.1，10和25ppm三种，对应三个处理。整个生育期灌溉10次。另以铬浓度为10ppm的灌溉水，分不同生育期灌溉。至成熟时收获，分部位测量 ^{51}Cr 的分布。结果如下。

* 这里用活度来反映放射性核素的量，下同。

(1) 灌溉水中铬浓度与稻株中铬含量的关系。各处理水稻植株样品中 ^{51}Cr 测量的结果表明^[1]：铬在植株各部位的积累是有差异的，以茎叶为最多，谷壳次之，糙米中最少。稻草中铬的积累量比糙米高几十倍。各处理中 ^{51}Cr 在糙米中的积累量均不超过0.5ppm。植株中铬的含量随着灌溉水中铬浓度的提高而增加，但并不按比例上升。这与1976年采用可活化示踪结果^[2]（表1）相一致。

表1 铬在水稻植株地上部各部位的分布

灌溉水中铬浓度, mg/L		水稻各部位铬含量, ppm		
		糙米	谷壳	茎叶
Cr^{3+}	0.5	0.125	0.600	2.250
	10	0.150	0.520	4.450
	25	0.190	2.400	10.400
	50	0.220	2.400	19.700
对照（未加铬）		0.140	0.660	2.000
Cr^{6+}	0.1	0.155	0.760	2.600
	10	0.220	0.810	5.100
	25	0.375	1.350	7.500
	50	0.930	2.500	26.600

由上表说明，水稻植株中铬含量随灌溉水中铬浓度的增高而增加。稻草中铬含量特别高，它虽非人食用部分，但可能通过作为饲料→家畜→农产品而进入人体。因此，高浓度含铬污水不能用于农田灌溉和作肥料施用。

(2) 不同生育期灌溉与稻株铬含量的关系。用 ^{51}Cr 示

踪试验结果^[1] (图 1, 2) 表明: 在水稻不同生育期灌溉含铬废水, 稻株中铬的积累是不同的。以全生育期灌溉的含铬量最多, 孕穗期次之, 分蘖期再次之, 抽穗期最低。因全生育期灌溉量为其它处理量的三倍, 势必水稻吸收和积累量最多。在分蘖、孕穗和抽穗三期灌溉的植株含铬量的差异, 是由于各生育期土壤表层根系数量和活力差异, 而使根系对铬吸收及其在各部位积累量不同。

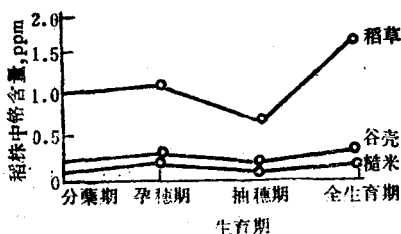


图 1 不同生育期灌溉 ($K_2^{51}CrO_4$) 与稻株中铬含量的关系

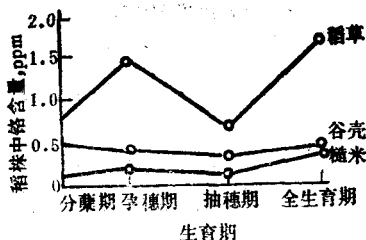


图 2 不同生育期灌溉 ($^{51}Cr(OH)SO_4$) 与稻株中铬含量的关系

(三) 稻株中来自土壤与灌溉水中铬的比例

由图 3 看到, 稻株各部位来自土壤和灌溉水中铬的比例,

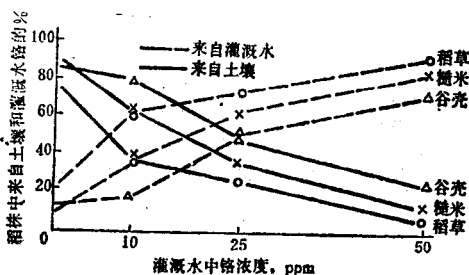


图8 稻株中来自土壤与灌溉水中铬的比例

与灌溉水中铬浓度密切相关。稻草、谷壳和糙米中铬来自灌溉水的比例随灌溉水中铬浓度的提高而增加，反之，来自土壤中铬的比例随着灌溉水中铬浓度的增加而减少。说明水稻对灌溉水中铬的吸收率高于对土壤中铬的吸收率。这是由于土壤中的铬多属于不溶性氧化物，其可给性较低^[4]，而灌溉水中的铬具有较高可给性所致。

(四) 铬在小麦植株各部位的分布

试验结果^[3]表明：小麦可从灌溉水中吸收铬，而它在植株各部位的分布是不一样的，以茎叶最多，而运转到面粉中的量却很少。各部位含量顺序为茎叶>麦麸>稃>面粉。茎叶和麸皮中铬含量随灌溉水中铬浓度的增加而增加，而在面粉中看不到这个趋势，灌溉水中铬浓度为50ppm时反而降低。这可能是由于小麦生育受到灌溉水中高浓度铬的抑制，从而使其铬的吸收和运转受到影响所致。

二、灌溉水中铬在土壤中分布与积累

可活化示踪试验分析结果(表2)表明^[5]：灌溉水中

表2 铬在土壤中的分布和积累* (ppm)

土壤层次	灌溉水中铬浓度							
	0.1 (ppm)	0.5 (ppm)	10 (ppm)		25 (ppm)		50 (ppm)	
	Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Cr ³⁺	Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Cr ⁶⁺
上层 (0~5cm)	59	60	75	77	87	115	182	206
下层 (5cm以下)	58	61.5	59	61	57	60	57	57

* 土壤中铬背景值为57~60ppm。

铬仅0.16~15%为水稻所吸收并运转到地上部,而有85~99%残留积累于根系和土壤中。从灌溉水中铬在各层土壤中的分布来看,几乎全部积累于0~5厘米的表层土壤中,5厘米以下的下层土壤中,看不到铬含量有所增加,这与⁵¹Cr示踪试验结果^[1]是一致的。

从各处理来看,灌溉水中Cr⁶⁺浓度为0.1ppm及Cr³⁺浓度为0.5ppm时,未发现土壤中铬含量的增加,而其余各处理的土壤中,铬含量则随着灌溉水中铬浓度的增加而增加。从图4看出,10, 25和50ppm处理的,其土层土壤中铬

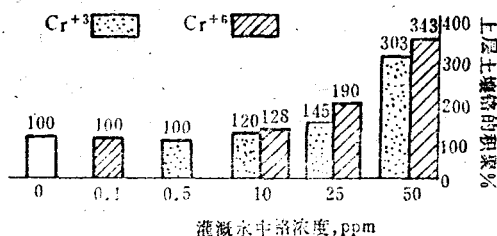


图4 不同处理时铬在上层土壤中的积累

含量分别增加 20~243%，这说明铬浓度在 10 ppm 以上的工业废水用于农田灌溉，会很快引起土壤耕作层中铬含量的上升。因此，上述高浓度含铬污水不能用于农田灌溉，否则会造成对农田土壤的污染。

三、普通白菜、苋菜对土壤中 ^{51}Cr 的吸收和铬对其生长发育的影响

应用放射性 ^{51}Cr 研究普通白菜、苋菜对添加于土壤中的 ^{51}Cr 的吸收和运转，并观察添加于土壤中的铬对其生长发育的影响。试验结果^[7]如下：

1. 铬对普通白菜、苋菜生长发育的影响：试验结果表明，添加于土壤中 Cr^{3+} 的 0.5, 10 和 25 ppm 三个处理对普通白菜、苋菜的生长没有产生不良的影响，而 Cr^{6+} 的 10 和 25 ppm 二个处理对普通白菜和苋菜的生长有明显的抑制作用。

2. 普通白菜、苋菜对 ^{51}Cr 的吸收和运转：结果表明，除 $^{51}\text{Cr}^{3+}$ 0.5 ppm 处理未检出外，其余各处理均可检出。说明普通白菜和苋菜，从根部吸收 $^{51}\text{Cr}^{3+}$ 和 $^{51}\text{Cr}^{6+}$ ，并转移到地上部。这和水稻、小麦等作物的试验结果是一致的。

3. 菜株中铬含量与加于土壤中铬的量和形态的关系：同一处理的普通白菜和苋菜地上部 ^{51}Cr 的含量是不一样的，普通白菜比苋菜高。两种菜的地上部中铬含量均随着添加到土壤中 ^{51}Cr 浓度增高而增高。鲜样中铬含量为 0.03~0.33 ppm，干样中为 0.2~3.0 ppm。

从加于土壤中铬的形态 ($^{51}\text{Cr}^{3+}$ 和 $^{51}\text{Cr}^{6+}$) 与蔬菜中铬

含量的关系来看，普通白菜中 Cr^{6+} 比 Cr^{3+} 高30%左右，而苋菜在添加25ppm处理中， Cr^{6+} 反比 Cr^{3+} 低。前面已经谈到土壤中添加25ppm时，明显地看到苋菜的生长发育受到阻碍（ Cr^{3+} 却看不到这种阻碍），这可能是由于根系的吸收和运转受到阻碍，导致地上部 $^{51}Cr^{6+}$ 降低，这与前述小麦结果^[8]相一致。

以上结果说明：普通白菜和苋菜均可从根部吸收添加于土壤的铬，并转移到人们食用的地上部。因此，蔬菜产区对含铬污水用于灌溉更要严加控制。

四、水浮莲对水体中铬的吸收和浓缩

为了探讨水生植物对水体中铬的吸收及其在体内的分布和积累，利用放射性同位素 ^{51}Cr 初步观察水浮莲（*Pistia stratiotes* Linn）对水体中 ^{51}Cr 的吸收和浓缩作用。

将供试的水浮莲分别放养于盛有 $^{51}Cr^{3+}$ （ $^{51}Cr(OH)SO_4$ ）和 $^{51}Cr^{6+}$ （ $K_2^{51}CrO_4$ ）水体的大型饲养缸中，经1，3，6，9，12，15，20和25天后分别采样，测定水浮莲中 ^{51}Cr 的含量，所得结果^[9]表明：

1. 水浮莲能从水体中吸收 ^{51}Cr ，并从根部转移到叶部，不论 Cr^{3+} ，还是 Cr^{6+} ，根部的积累量比叶部约多20倍。
2. 水浮莲中铬的吸收和积累，随着时间的延长而增加，叶部在试验20天后仍在继续增加，而根部在12天后则没有明显的有规律的增加。
3. 水浮莲对 Cr^{3+} 和 Cr^{6+} 的吸收积累量有差异， Cr^{6+} 比 Cr^{3+} 的吸收积累量多5~8倍。这是由于 Cr^{3+} 在中性水体中

转化成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 形式形成絮凝状沉淀^[8]，致使上层水体中铬浓度下降，而造成吸收量减少。

4. 从水体中不同铬浓度处理和水浮莲对铬的吸收积累量关系来看，试验的前半期1 ppm的比0.5 ppm处理为高，而后半期则各处理看不到明显的差异，这尚待进一步观察。

5. 水浮莲对水体中的铬有较大的浓缩作用，放养后25天， Cr^{3+} 浓缩率达10~200倍，而 Cr^{6+} 比 Cr^{3+} 更高，达100~1000多倍。浓缩系数(Concentration factor)按下式^[14]求得：

$$\text{浓缩系数} = \frac{C_b (\text{生物样品中铬浓度})}{C_w (\text{水体中铬浓度})}$$

如果继续延长放养时间能提高浓缩系数，在水体中铬浓度比上述更高情况下，也能达到同样的浓缩系数，则有可能利用水浮莲来净化铬污染的水体，但这是尚待进一步研究而很有意义的问题。另一方面，如果放养水浮莲的水体受到铬污染，就会使作为家畜饲料的水浮莲中铬含量很快增加，从而有可能导致畜产品的污染，因此必须防止含铬污水排入水体。

五、白鲢鱼对水体中铬的吸收及其在各器官的分布和积累

铬对动物和植物具有不同毒性，水产水质中的铬对水生生物和鱼类有直接和间接的影响。D. A. Benoit 报道指出： Cr^{6+} 可以对溪鱒鱼和虹鱒有毒害影响。本试验利用放射性同位素 ^{51}Cr 就白鲢鱼对水体中铬的吸收、运转和积累作了初步

观察。

试验是将供试白鲢鱼分别放养于大型饲养缸中, 水体中含不同浓度(0.5和1.0ppm)的 Cr^{3+} ($^{51}\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$) 和 Cr^{6+} ($\text{K}_2^{51}\text{CrO}_4$)。饲养后1, 3, 7, 14和21天, 分别采样, 测定鱼体各器官中 ^{51}Cr 的含量。所得结果^[5]如下:

1. 白鲢鱼 (*Hypophthalmichthys moditrix cuy. eta*) 对铬的吸收和铬在各器官的分布: 结果表明饲养后一天, 在鱼体各部位出现 ^{51}Cr , 其趋势是鳃>鳞>肠>肝、脾>骨>肉>心, 脑部未检出。

2. 各部位的铬含量随着时间的延长而增高。饲养后21天, 鳃、鳞和肠中铬含量都在1ppm以上, 高的达10ppm, 肝次之, 肉、心和骨在1ppm以下, 脑最高也只有0.1ppm左右。

3. 水体中不同形态的铬(Cr^{3+} 和 Cr^{6+}) 在鱼体内的积累量: 结果看到水体中 Cr^{6+} 和 Cr^{3+} 在白鲢鱼体内的积累量是不一致的。 Cr^{6+} 比 Cr^{3+} 积累得多。 Cr^{3+} 处理后21天, 在肉、心和骨样品中未检出。如前所述, 这是由于 Cr^{3+} 在中性水体中逐渐形成 $^{51}\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀, 不能为低等水生生物所浓缩, 而中断了食物链所致。

参 考 文 献

- [1] 陈传群、徐寅良, 核技术, 3, 68~72, 1979.
- [2] 陈传群、徐寅良、叶兆杰等, 环境科学, 1, 13~16, 1978.
- [3] 陈传群、丁锡祥等, 浙江农业科学论文集, 浙江科技出版社, 248~253, 1980.
- [4] 熊毅, 土壤农化参考资料, 1975, 2, 15.
- [5] 陈传群、徐寅良、叶兆杰、徐步进等, 农业环境保护资料选编.

- 36~38, 1978.
- [6] 陈传群、徐寅良等, 农业环境保护资料选编, 39~40, 1978.
- [7] 陈传群、徐寅良、叶兆杰、徐步进等, 环境污染与防治, 4, 21~22, 1980.
- [8] 浙江农业大学等, 环境污染与防治, 4, 27~28, 1979.
- [9] 森启次郎, 科学朝日, 11, 48, 1975.
- [10] 秋山豪辉, ppm, 6 (10), 1, 1975.
- [11] 增田善郎, ppm, 6 (12), 2~6, 1975.
- [12] 山口武则等, 日本土壤肥科学杂志, 48 (1), 466~467, 1977.
- [13] 日本环境厅水质保全局土壤农药课, 土壤污染, 白亚书房, 227~229, 1973.
- [14] 早津彦哉生体浓缩, 讲谈社サイエンティファイ, 11~14, 1976.
- [15] Huffman, E. D. W. et al., J. Agric. Food Chem., 21, 98, 1973.
- [16] Shewry, P. R. Exp. Bot., 25, 285, 1974.
- [17] Cary, E. E. J. Agric. Food Chem., 25, 2, 1977.
- [18] Myttenare, C. et al. Plant and Soil, 41, 65, 1974.

小白菜、苋菜对土壤中 ^{51}Cr 的 吸收和运转及铬对其 生长发育影响的研究

陈传群 徐寅良 叶兆杰 徐步进 吴坚士

关于水稻、玉米、马铃薯、西红柿等对铬的吸收、运转已有报道，而小白菜、苋菜对铬的吸收、运转尚未见报道。本文应用放射性 ^{51}Cr 研究小白菜、苋菜对添加于土壤中 ^{51}Cr 的吸收和运转，并观察添加于土壤中的铬对其生长发育的影响。

一、 试验材料和方法

^{51}Cr 的添加和装土：取3千克风干小粉土，加入1克硫酸铵，1克过磷酸钙和0.5克硫酸钾，拌匀。然后分别吸取按表1计算所需的 ^{51}Cr 溶液量，加水至50毫升，倒入土壤中，拌匀后装入盆钵。小白菜、苋菜籽先播于陶钵苗床中，待有2片真叶时移栽于上述装好土的盆钵中，置于有防雨棚的网室中栽培，过一个月进行取样。

样品收集和制备：用不锈钢剪刀将盆中蔬菜的地上部分剪下，用自来水自上而下冲洗，冲去表面粘附的 ^{51}Cr ，剪碎后置于烘箱中（100℃），烘48小时，后磨碎。称取400毫克样