

土壤环境容量研究

夏增禄 主编

气象出版社

土壤环境容量研究

夏增禄 主编

气象出版社

1986

内 容 简 介

本书通过论文方式论述了土壤环境容量研究的内容和方法,介绍了土壤污染物的作物效应、微生物和酶效应,土壤污染物对地表水和地下水的影响,土壤—植物—微生物—水等多指标体系确定土壤临界含量的方法,土壤污染物的区域平衡,土壤环境容量数学模型以及土壤环境容量的应用等。

本书可供环境、土壤、农业、林业、生物、地学等有关科技工作者、技术和管理人员以及大专院校有关专业的师生参考。

土壤环境容量研究

夏增禄 主编

责任编辑 王平

* * *

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

华勘517印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

* * *

开本: 787×1092 14印张 字数: 315千字

1986年8月 第一版 1986年8月 第一次印刷

印数: 1—2000 统一书号: 13194·0362

定价: 3.10元

前 言

土壤环境容量是指一定环境单元，一定时限内遵循环境质量标准，既保证农产品产量和生物学质量，同时也不使环境污染时，土壤所能容纳污染物的最大负荷量。

环境容量这一概念，大约始于六十年代末。当时，由于环境污染主要是通过制定的一些环境标准来控制，对环境的治理未考虑生态循环和区域平衡、缺乏环境容量的设想和防止污染的总体对策，因此，相继提出了环境容量和总量控制的设想。

在环境容量研究中，水体环境容量和大气环境容量研究较多，土壤环境容量研究较少，但有关土壤环境容量研究的各单项内容，土壤环境工作者已进行了许多工作。在污染物的生态效应、环境效应方面曾有过较多报道。不少国家，如联邦德国、日本、苏联、澳大利亚等国已制定了某些污染物的土壤环境标准。有关污染物的净化、循环与平衡方面也获得较多的结果。这一些都为土壤环境容量的研究创造了良好的条件。目前，我国对土壤环境容量的研究虽曾有一些报道，但仍处于探索的阶段。土壤环境容量不仅有利于进行区域污染物总量控制、区域环境问题的全面安排和综合治理，能提出较为准确的土壤环境标准，农田灌溉水质标准、污泥农田施用标准而具有重要的生产意义，而且因其定量、动态的研究土壤环境中污染物的生态效应、环境效应，污染物的净化、循环与平衡而在发展土壤环境学上具有重要意义。近年来，我国重点的组织了土壤环境容量方面的研究。本书主要反映这一时期在我国亚热带红黄壤、暖温带半湿润区褐色土、暖温带湿润区草甸棕壤主要污染土壤区进行的有关这方面的工作，主要介绍了污染物的作物效应、土壤微生物效应和酶效应；土壤污染物对地表水和地下水的影响；土壤—植物、土壤—微生物、土壤—水等多种指标体系确定的土壤临界含量；污染物的净化与平衡；土壤环境容量数学模型；土壤环境容量的应用等。出版此书的目的在于回顾以往的工作，征求同行意见，以便在今后把土壤环境容量工作做得更好。

参加本书编写的有中国科学院的地理研究所，林业土壤所、南京土壤所，北京师范大学地理系，湖南省环境保护所，江西赣地区地区环境保护局等单位从事土壤环境容量工作的部分同志。

夏增禄

1985年10月于北京

目 录

前言

草甸褐土的土壤环境容量研究·····	夏增禄等 (1)
草甸棕壤砷环境容量研究·····	熊先哲等 (6)
辽河下游草甸棕壤矿物油环境容量研究·····	刘钧祐等 (22)
土壤中锌当量的研究·····	张学询等 (36)
Cd—115+115m示踪法对污灌稻田土镉总容量的研究·····	李书鼎等 (43)
红壤类土壤含镉量对水稻生态的影响及其临界含量的研究 ·····	孙汉中等 (47)
在土壤渍水培育过程中砷对水稻的影响·····	李勋光等 (59)
土壤砷污染的植物效应·····	杨居荣等 (65)
不同砷化物对水稻生长与砷吸收的影响·····	李勋光等 (75)
红壤性水稻土铅的临界含量研究·····	旭 军等 (84)
红壤性水稻土铅污染的水稻生态效应及其临界含量的模拟研究 ·····	顾淑华等 (94)
红壤性水稻土添加铅、磷、石灰、紫云英对水稻吸收铅的综合效应 ·····	顾淑华等 (109)
北京草甸褐土可提取镉的研究·····	夏增禄等 (117)
盆栽试验中红壤性水稻土植物有效镉的研究·····	赵家骅等 (123)
红壤性水稻土有效态铅的探讨·····	焦利珍等 (129)
土壤中镉、砷、铅的微生物效应及其临界含量·····	顾宗濂等 (133)
高剂量Cr、As、Hg对草甸棕壤中微生物和生化活性的影响 ·····	王淑芳等 (140)
重金属镉、铅对土壤微生物的影响·····	杨桂芬等 (148)
土壤中的镉、铅、油对微生物和土壤酶的生态效应·····	杨桂芬等 (157)
砷、镉、铅对土壤酶的影响·····	谢思琴等 (165)
影响红壤(或胶体)吸附和解析的某些因素的研究·····	陈怀满 (170)
污染农田径流中重金属迁移的研究·····	穆从如等 (176)
桃矿污灌区水稻土铅的小区平衡探讨·····	朱忠精等 (181)
北京土壤中汞、镉、砷、铅、铬、镍、铜、锌的背景值·····	李森照 (189)
土壤环境质量标准的制定·····	熊先哲 (195)
土壤环境容量研究·····	土壤环境容量研究组 (202)

Study of Soil Environmental Capacity

CONTENTS

Study on soil environmental capacity of Cadmium.....	
.....Xia Zenglu et al	(1)
Study on soil environmental capacity of Arsenic and their mathematical model	Xiong Xianzhe et al (6)
Study on environmental capacity of mineral oil in meadow buro- zem in lower reaches of Liaobe river.....	Liu Jun-hu et al (22)
Study on zince equivalent in carbonated meadol soil in Tianjin	Zhong Xuexun et al (36)
Study on soil environmental capacity of Cadmium with $cd^{115+115}m$ labelled method.....	Li Shuding et al (43)
The effect of Cadmium in red soil area on rice ecology and their critical concentration.....	Sun Hanzhong et al (47)
The effect of Arsenic on rice under basin irrigation.....	
..... Li Xunguang et al	(59)
The effects of Arsenic pollution on plants.....	
.....Yang Jurong et al	(65)
The effects of various Arsenic in chemical forms on growth and absorb of rice.....	Li Xunguang et al (75)
Study on critcal concentration of Leads in rice soil in red soil area	Xu Jun et al (84)
The effects of Lead on rice and their critical concentration in rice soil in red soil area.....	Gu Shuhua et al (94)
The effects of Lend, phosphous Lime, Chinese milk vetch in rice soil in red soil area on absorb of rice on lead.....	
.....Gu Shuhua et al	(109)
Study on sextractable Cadmium in meadow dark soil in Beijing	Xia Zenglu et al (117)
Study on active Cadmium to plant in rice soil in red soil area	Zhao Jiahua et al (123)
Study on active Lead in rice soil in red soil area.....	
.....Jiao Lizhen et al	(129)
The effects of Cadmium, Arsenic, Lead on microorganism and their critical concentration.....	Gu Zonglian et al (133)

The effects of Chromium, Arsenic, Mercury on microorganism and biological activity in meadowburozem.....	Wang Shufang et al (140)
The effects of heavy metal Cadmium, Lead on soil microorganism	Yang Guifen et al (148)
The effects of lead, Cadmium, Mineral oil in soil on soil microorganism and soil enzyme.....	Yang Guifen et al (157)
The effect of Arsenic, Cadmium, Lead on soil enzyme.....	Xie Siqin et al (165)
Some factors effecting adsorption and desorption in red soil.....	Chen Huaiman (170)
The removal of heavy metal in field runoff.....	Mu Congru et al (176)
The study on balance of lead in a little area in Tuo mine.....	Zhu Zhongjing et al (181)
Background values of Hg, Cd, As, Pb, Cr, Ni, Cu, Zn in soil in Beijing area.....	Li Senzhao (189)
Formulation of soil environmental quality standards.....	Xiong Xianzhe (195)
Study on soil environmental capacity.....	Soil environmental capacity cooperative group (202)

草甸褐土镉的土壤环境容量研究

夏增禄 穆从如 郑颖吾 孟维奇

李森照 沈瑞珍 何瑞珍

(中国科学院地理研究所)

土壤环境容量是指一定环境单元,一定时限土壤容纳某污染物的能力。目前还仅有少数文献探讨过这一问题〔1, 2, 3, 4〕。污染物进入土壤后,首先对土壤的生理、生化性能,土壤的理化性质发生影响,从而影响土壤的生产性能,或者污染物直接对土壤上生长的植物产生毒害影响,或者在植物体内造成不可容忍的残留累积。污染物进入土壤后,通过地下渗漏还可能污染地下水,通过地表径流也可能污染地表水。因此,我们必需研究污染物进入土壤后的各种生态效应和环境效应,并从而找出这些效应的临界含量。由于污染物进入土壤后会随植物的摄取,地表径流的侵蚀,大风的吹蚀,向下层渗漏等途径而消失。因此,污染物在土壤中是处于一个动态平衡中,我们需要掌握污染物进入土壤环境后这种动态平衡的规律,方能获得动态的土壤容纳能力。为此,我们需要研究污染物在土壤环境中的净化规律,并建立土壤环境容量的计算模型。本文主要通过系统的研究结果,十分简要的论述镉的土壤环境容量。

研究区的自然条件、处理和方法

1. 自然条件 试验区位于北京东郊永定河冲积扇中下部,属暖温带半湿润季风气候,年平均降水量630毫米左右。冬季干旱多风,蒸发量大。夏季高温多雨,雨量集中。在用水季节,由于雨水不均,大部地区引用污水灌溉,土壤受到重金属污染。

土壤多为潮土,高处发育有潮褐土, pH在7.0—8.5之间,含碳酸盐5—7%, 代换性盐基总量为10—30毫克当量/100克土,有机质在0.8—3.7%之间。作物以小麦、玉米、水稻、蔬菜为主。

2. 作物盆栽试验 试验在露天网室中进行。盆栽用土为轻壤质潮褐土。试验盆为内径20厘米、高25厘米的圆形白釉瓷盆。试验用的化合物为 CdCl_2 ,以纯Cd计,各处理均设3个重复。

3. 进行了野外田间土壤和作物污染状况调查,对作物的籽粒、茎叶和根分别进行化验分析。

土壤样品以王水—高氯酸消化,以甲基异丁酮萃取后再测定。植物样品用硝酸—高氯酸消化,以日本岛津640—13型无火焰原子吸收分光光度法测定。

结果与讨论

一、区域土壤背景值的确定

关于北京市土壤中Cd的背景值已有多次报道(表1)。这些数值虽然都是北京市的,但有的数值仅是由山区台地和丘陵、的数值组成〔5〕,不能代表平原地区的土壤。而全市性调查的数值〔6〕又受各种区域性因素的影响,对我们这一特定的试验区会带来一些差异。因此,我们引用了土壤质地系数的方法,求得本区壤质土Cd的背景值为0.12ppm。

表1, 北京市土壤背景值ppm

土壤	背景值
北京市土壤	0.150〔5〕
北京市农业土壤	0.132〔6〕
北京褐土	0.134〔5〕
北京潮土	0.130〔5〕

二、土壤中镉的临含界量的确定

我国还没有制定出土壤中镉的环境标准。因此,我们研究了区域的土壤中镉的临界含量。

土壤临界含量应该反映土壤的生态效应指标,环境效应指标,农产品卫生质量指标。在此基础上进行全面分析。其中特别要注重野外田间调查的资料,经过实地验证确定。

表2 土壤临界含量

依据类别	项目	指标	临界值(PPm)	
			室内	田间
微生物效应	土壤固氮酶	抑制率>25%计	3—5	
作物效应	水稻	减产10%计	150	
	小麦		15	
农产品卫生质量	水稻	卫生质量标	52	
	小麦	准以0.4Ppm计	1.82	2.84
环境效应	对地下水影响			3PPm时
	对地表水影响			不影响

从表2中可看出,农产品卫生质量指标是主要的限制因素,其中又以小麦籽粒的质量为主。但考虑到在盆栽条件下的结果与野外田间的相比,由于盆栽的镉为氯化镉,溶性镉较多,毒性较大,作物吸收较多,因此选择野外田间条件下获得的数值,将本区土壤镉的临界含量订为2.8ppm。

三、污染物在土壤中的循环与平衡

下式为区域输入、输出构成的平衡模式。

$$S = Q_0 + W + S + R + F - P - O - C \dots \dots \dots (1)$$

其中：\$Q_0\$为土壤起始值；\$W\$为污水灌溉输入量；\$S\$为污泥施用输入量；\$R\$为降水输入量；\$F\$为降尘输入量；\$P\$为农作物收获输出量；\$O\$为迳流输出量；\$C\$为淋溶输出量；\$S\$为土壤含量。

根据(1)式的要求，对各输入，输出参数进行了观察研究。

四、土壤环境容量的确定

土壤环境容量是指一定环境单元、一定时限土壤容纳污染物的能力。

1. 土壤静容量的确定

土壤静容量是以静止的观点来度量土壤的容纳能力。它可用下式表达。

$$C_{sp} = M(C_i - C_{bi})$$

式中\$M\$为耕层土壤重量(Kg)；\$C_i\$为\$i\$元素的土壤临界含量(ppm)；\$C_{bi}\$为元素的土壤背景值(ppm)。

这时的现存容量为

$$C_{sp} = M(C_i - C_{bi} - C_p) \dots \dots \dots (3)$$

\$C_p\$为土壤中人为污染而增加的\$i\$污染物浓度(ppm)。

本区土壤Cd背景值为0.12ppm。土壤Cd含量为0.799ppm。代入(2)、(3)式分别求得本区土壤的静容量为402g/亩，现存容量为225.075g/亩。

2. 土壤动容量的确定。

一个区域中，元素的循环与平衡实际上存在三种状态，由三种量值组成。一是土壤背景值。这一量值是土壤成土过程中自然形成的。它虽寓于人为的元素循环与平衡中，但它具有自然的，相对稳定的特征。第二种是土壤已被污染而增加的量值。第三种是在人为进行污水灌溉或施用污泥或大气降尘、降水等情况下，受新的输入因素影响下的量值。这三种量值就重金属而言，将受到几种输出因素的影响。作物因其吸收而要带走一部分土壤中的元素。淋溶会将元素迁移到下层土壤。地表径流也会输出部分元素。这些输出部分影响了土壤元素的存在量。但这些输出部分也受土壤存在量的制约。它们之间常具有函数或线性关系。根据输入和输出这种关系，对(1)式进行逐年推导，可得(4)式求得土壤中某年累积的量

$$C_s^T = Q_b(1-B-D-F)^T + Q_0(1-B-D-F)^T + Q(1-B-D-F) \frac{1-(1-B-D-F)^T}{1-(1-B-D-F)} - (A+C+E) \left[\frac{(1-B-D-F) - (1-B-D-F)^T}{1-(1-B-D-F)} \right] \dots \dots \dots (4)$$

其中\$Q_b\$为土壤背景值(g/亩)；

\$Q_0\$为土壤起始值与土壤背景值之差(g/亩)；

\$Q\$为大气降水、降尘、施用污水和施用污泥等输入的量(g/亩.年)；

\$A\$、\$C\$、\$E\$分别为作物吸收，迳流输出，淋溶输出常数。

\$B\$、\$D\$、\$F\$分别为作物吸收，迳流输出，淋溶输出系数。

若设\$(1-B-D-F)=K\$，\$A+C+E=a\$，则(4)式可变为

$$C_s^T = Q_b K^T + Q_0 K^T + QK \frac{1-K^T}{1-K} - a \frac{K-K^T}{1-K} \dots\dots\dots (5)$$

(5)式可变为:

$$Q = \frac{(C_s - Q_b K^T - Q_0 K^T)(1-K) + a(K-K^T)}{K(1-K^T)} \dots\dots\dots (6)$$

应(6)式中 C_s 等于土壤临界含量时, Q 为一定年限内土壤允许每年输入的量。当式中 $Q_0 = 0$ 时, $Q = \bar{Q}$ 。 $\bar{Q}$ 为一定年限内土壤能够允许每年输入的最大量。在一定年限内土壤允许输入的总量为

$$C_{sc} = \bar{Q}T \dots\dots\dots (7)$$

(7)式即为土壤的变动容量。这一量值考虑了土壤的净化因素, 它将因区域自然条件的变异而变化。

3. 土壤Cd容量的计算

根据区域调查、区域土壤Cd的循环与平衡观察和土壤Cd净化的规律可获得上述方程中的各项参数、将各参数代入(6)式可获得表3数值。

表3 土壤环境容量和容许年输入量

年 数	Q (g/亩·年)	Q_0 (g/亩·年)	$\bar{Q}$ (g/亩·年)	C_{sc} (g/亩)
15	21.842	26.800	28.379	425.685
25	11.842	16.080	17.650	441.325
50	7.825	8.040	9.653	481.150
70	5.834	5.360	6.959	521.925
100	4.846	4.020	5.637	563.700

表3中可得出不同年限下土壤的变动容量 C_{sc} 。它们的数值都比土壤静容量 C_{sc} 的402g/亩大。表中还可看出土壤的容许变动年输入量 Q 比相应年限土壤容许的静态年输入量 Q_0 都大。 Q 为本区目前情况下不同年限下的容许变动年输入量。

4. 区域土壤Cd污染预测

(4)和(5)式可作为土壤污染的预测模式。将已知参数代入可得表4中的数值。从中可看出, 本区土壤至公元2000年(见15年一栏)仅发展到221.073克/亩, 达轻度污染水平。若以不同污染程度时的土壤进行预测, 非污染土壤到50年后已将达到重污染, 至70年后已达严重度污染(此处以超过临界含量402g/亩为重度污染); 轻污染土壤约30年后可达重度污染; 中污染的土地约在20多年后可达重度污染。由此可见, 本区非污染土壤在目前年输入量下能耐污染, 保持土壤生态平衡和不致引起环境次生污染的最大年限为52年左右。

若以容许变动年输入量计, 从表3中 Q 一栏中可看出, 50年和100年的数值分别为9,623

表4 区域土壤污染预测 (g/亩)

年 数	现 状 下	非污染下	轻污染下	中污染下
5	154.455	54.953	229.503	272.847
15	221.073	126.245	292.595	333.903
30	315.177	226.952	381.719	420.151
50	403.537	350.406	490.974	525.880
75	559.969	488.920	613.557	644.507
100	674.732	611.736	722.246	749.489

和5.637克/亩。若每年每亩灌水量以1000方/亩计,则折算的灌水浓度为0.0096和0.0056ppm。从这一计算可看出,若以100年限计,现时我国暂订的Cd的农田灌溉水质标准0.005ppm是适宜的,但若以50年限计,则标准订得过严。

参考文献

- [1] 夏增禄, 中国环境科学, 2, 46 (1981)。
- [2] 吴燕玉等, 生态学报, 1 (3), 275 (1981)。
- [3] 杨居荣等, 环境科学学报, 4, 142 (1984)。
- [4] 车宇翔等, 环境科学学报, 4, 132 (1984)。
- [5] 中国科学院土壤背景值协作组, 土壤学报, 4, 315 (1979)。
- [6] 北京市主要农业土壤和粮食作物中元素背景值研究协作组, 环境科学学报, 1, 113 (1985)。

草甸棕壤砷环境容量研究

熊先哲 张学询 李培军 王裕顺 任 华
王连平 宋胜焕

(中国科学院林业土壤研究所)

环境容量这一概念,于六十年代末,在日本提出来的,首先在大气与水体方面进行了一系列研究工作,对污染物的排放,在过去单一浓度限制基础上,又提出了总量控制。

国外自七十年代以来,在土壤容量范畴的研究方面,大体可以归纳为两类。一类是联邦德国、苏联等国,陆续提出了土壤重金属的纯容量(purifying capacity)、渗透容量(filtering capacity)、化学贮备容量(Chemical storage capacity)、缓冲容量(buffering capacity)以及固定容量(fixing capacity)[1][2]。主要是研究土壤和污染物之间的相互作用、渗透和滞留的规律。

另一类是某些国家,随着污水土地处理的发展,开展了土壤容量的实际应用研究,如澳大利亚根据土地处理系统对污水的净化能力,计算了某一时间单元处理区的水力负荷。美国提出了磷和氮的土壤容量及其数学模型[3]。在污泥的施用中,Leeper等,根据污泥中Zn、Cu、Ni的毒害指标,以Zn为基准,提出了土壤安全的锌当量[4]。

近年来我国在开展区域性环境质量评价工作的基础上,随之提出了环境容量问题。目前对于土壤环境容量这一概念的理解,是指某一环境单元对污染物的最大允许负荷,在此允许限度之内,土壤生态系统的结构和功能处于正常状态,保持良好的生产能力,能够永续性地提供符合食品卫生标准的农畜产品,并且不导致对地下水、地表水等环境的次生污染。

总的看来我国对于土壤容量的研究,赋予了更为广泛的概念,尤其突出应用性。本研究在污染物的总量控制,在土地的环境规划和管理中,都有着实际意义[5][6][7]。

本文以类金属砷为重点,研究在辽河下游地区,草甸棕壤砷的环境容量。

一、实验目的和设计

由于我国尚未制定和颁发污染物的土壤环境质量标准,砷亦如此。因此土壤环境容量研究,首先要在污染物的土壤质量基准方面做大量基础研究,籍此确定临界含量。其次要研究建立结构合理的土壤容量数学模型。第三提供模型所需的各种参数,计算土壤容量。为此实验设计如下:

1. 作物盆栽等级试验

试验作物水稻和大豆，投加试剂是砷酸钙处理，等级按土壤砷含量 (ppm) 共有：9.6 (对照)、15、20、25、30、40、65、120 等八个级别。每个处理四次重复 (1983)，次年后效试验是三次重复 (1984)，每只盆钵装土 5 kg，供试土壤为辽河下游草甸棕壤，基本理化性质，如表 1。

表 1 供试土壤的基本理化性状

有 机 质 %	盐基代换量 me/100g土	PH	机 械 组 成 %						土 壤 质 地
			粗中砂	细 砂	粗粉砂	中粉砂	细粉砂	粘 粒	
2.03	19.18	6.4	6.1	19.9	32	10	12	20	中 壤

2. “微缩型”土柱试验

研究砷对土壤氮素转化和呼吸强度的影响。采用聚乙烯塑料桶， $\phi = 5\text{ cm}$ ， $h = 20\text{ cm}$ ，内装风干土 250g/桶，每桶加入蛋白胨 1g、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 100mg、水适量，试验处理如表 2。

表 2 土柱试验砷处理情况

处理等级 Ppm	所 用 砷 试 剂	砷的类型及价态
对照 10.39	未 投 加	
40	$\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$	$\text{Ca}-\text{As}^{\pm 5}$
70		
40	NaAsO_2	$\text{Na}-\text{As}^{\pm 3}$
70		
40	$\text{NaHAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}-\text{As}^{\pm 5}$
70		

三次重复，置于 SS-400A 生物人工气候箱内培养一个月后，测定土壤中三氮含量和呼吸强度。

3. 田间砷污染地区的调查

1983 年分别在沈阳张土灌区、柴河铅锌矿区、青城子铅矿区，同步采集土壤和作物样品，分析土壤和作物中的砷含量。

4. 临界含量的区域验证试验

在基本掌握砷临界含量范围的基础上, 选同属草甸棕壤但成土母质不同的五个地区 (见表3), 进行田间试验, 以验证临界含量的可靠程度和稳定性。选用大型塑料桶 $\phi=28\text{cm}$, $h=24\text{cm}$, 桶底钻孔, 盛土15kg成行埋入田间, 桶口与田间表土在同一平面上, 砷处理投加量为30ppm, 种植水稻, 按当地习惯管理, 试剂为砷酸钙。

表3 几种草甸棕壤的主要性质

地 区	土 壤 名 称	PH	有 机 质 %	CEC me/100g土	土壤质地	
					<0.01 mm %	名 称
铁 岭	山前冲积洪积物上发育的草甸棕壤	6.5	1.76	18.84	44	中 壤
沈 阳	浑河冲积物上发育的草甸棕壤	6.2	2.19	28.46	52	重 壤
辽 阳	太子河冲积物上发育的草甸棕壤	6.2	1.51	23.65	44	中 壤
海 城	海城河冲积物上发育的草甸棕壤	6.4	1.74	22.69	42	中 壤
营 口	海城阶地上发育的草甸棕壤	6.8	1.65	21.58	42	中 壤

5. 田间平衡场试验

研究砷在土壤中的输入和输出参数以及淋溶对地下水的影响。在田间取2m²水稻田, 深度1m, 土层不予扰动, 土体四个侧面用多层塑料布围起, 构成独立的微型小区。。小区与外界不发生横向的物质交换和水分流动。在1m深处安装收集器定时采集淋溶液, 以分析砷和硝态氮含量。处理小区砷投加量30ppm, 表土均匀拌入, 试剂砷酸钙。

6. 测试方法

土壤、水、作物中砷的测定用氢化物-原子吸收分光光度法。有效态砷用1NHCl提取, 水土比5:1, 温度25℃, 振荡一小时, 用氢化物-原子吸收分光光度法测定。土壤全氮用凯氏法。氨氮用纳氏试剂比色法。硝酸态氮用酚二磺酸比色法。水中硝酸态氮用紫外分光光度法。土壤呼吸强度用碱吸收滴定法。

7. 试验的年度安排: 见表4。

二、实验结果和分析

1. 砷对盆栽作物生物量的影响

土壤中投加微量砷, 对水稻有一定刺激作用(1983), 但随着土壤砷浓度的增高,

则造成水稻和大豆的减产，如表 5 和表 6。

表 4 各项试验年度次序

序 号	试 验 内 容	1983	1984	1985
1	作物盆栽等级试验	e•	e	
2	“微缩型”土柱试验	e	e	
3	田间砷污染地区调查	e	e	
4	临界含量的区域验证试验		e	e
5	田间平衡场试验		e	e

• e代表进行试验

表 5 盆栽土壤添加砷对水稻生长影响

处理等级 ppm	株 高 cm	分 蘖 数		地上干重 g/盆	粒 重 g/盆	千 粒 重 g	增 减 产 %
		有 效	无 效				
对照9.60	84.0	26.7	3.7	73.7	31.2	22.4	0
15	85.0	29.8	2.3	79.5	33.2	22.8	6.41
20	84.5	27.0	2.0	70.7	31.7	22.1	3.25
25	86.0	26.8	0.5	70.7	30.7	20.8	-1.60
30	87.5	27.0	0.3	65.7	28.0	21.5	-10.25
40	81.8	26.0	1	67.0	26.3	21.9	-15.71
60	78.0	26.8	1	62.8	25.9	21.8	-16.99
120	72.5	21.5	1	41.3	16.8	19.4	-46.15

水稻盆栽1984年的后效试验，砷处理仍然造成减产，如表 7。

从表 5 中，以造成减产的砷浓度（30ppm处理为例）与对照相比较，发现造成减产的因素并非株高、有效分蘖数的显著变化，而是由于小穗数的减少和千粒重的降低。这种营养生理的受阻，起因于砷对作物的毒害，首先发生在根部，进而使整株水稻正常的代谢功能受到强烈抑制。砷是毒害元素。

根据表 5 和表 6 可以求得土壤砷浓度和作物籽实产量之间的相关方程，表 8。

表6 盆栽土壤添加砷对大豆生长影响

处理等级 ppm	株 高 cm	茎 粗 cm	茎 数 个	地上干重 g/盆	粒 重 g/盆	增 减 产 %
对照10	46	0.58	19.3	12.1	4.70	0
20	54	0.70	20.0	11.7	4.70	0
30	54.3	0.72	19.0	10.9	4.66	-0.80
40	56.2	0.63	21.2	9.5	4.20	-10.60
50	43.8	0.60	16.8	9.3	4.18	-11.06
70	40.8	0.53	14.5	7.9	3.50	-25.53
110	25	0.42	3.8	1.5	0.85	-81.90
210	0	0	0	0	0	-100.00

表7 盆栽土壤添加砷对水稻生长影响(1984年后效试验)

处理等级PPm	对照9.60	15	20	25	30	40	60	120
增 减 产 %	0	-2.35	-2.02	0	-14.96	-14.79	-15.29	-25.88

表8 土壤砷浓度与作物籽实产量关系

作 物	回 归 方 程	相关系数r	显著水平
大 豆	$y = 22.31 - 1.67x$	-0.9493	0.01
水 稻	$y = 12.59 - 2.30x$	-0.9823	0.01

xy.....土壤浓度 x...增减产

小结：按大豆和水稻产量降低10%计，由表8所列的相关方程，推算出土壤砷浓度分别为38.01ppm(大豆)和35.59ppm(水稻)。

2. 土壤砷对作物砷含量的影响

土壤不同等级砷处理，糙米、稻壳、茎叶、稻根的砷含量，随着土壤砷浓度的增高而增加，表(9)。水稻植株各部位砷含量的次序为：根>茎叶>稻壳>糙米。

水稻植株各部位砷含量和土壤砷浓度之间，进行非线性回归，得出负指数方程，如图1至图4，而且获得了非常显著的相关系数。