

918504

污染生态学基础

王焕校 编著

云南大学出版社

污染生态学基础

王焕校 编著

云南大学出版社

特约编辑： 王元平

污 染 生 态 学 基 础

王 焕 校 编 著

*

云南大学出版社出版发行

(云南大学校内)

云南师范大学印刷厂印刷

*

开本：787×1092/32 印张：11.13 字数：192千字

1990年9月第1版 1990年9月 第1次印刷

印数：1—2500

ISBN 7-81025-017-5/*·0 定价：5.00元

前 言

自从1981年第一次开出污染生态学课以来，引起学生们很大兴趣，也得到他们的鼓励和支持，选修该课程的人数逐年增加，这就使我产生编写“污染生态学”教材的想法。1984年受中国环境科学学会的委托，在昆明举办全国污染生态培训班，由我讲授污染生态学，这就促使写出第一本《污染生态学基础》讲义。其后，通过不断教学实践，在1986年编出《污染生态学基础》初稿。经修改现由云南大学出版社出版。

全书共分八章。以生态系统理论为基础，遵循整体、系统的观点，力求理论联系实际。第一章介绍生物对污染物的吸收，污染物在生物体内的迁移；第二章介绍生物对污染物的富集；第三章介绍污染物对生物的毒害及机理；第四章介绍生物解毒及净化作用；第五章介绍抗性植物和生物监测；第六、七章分别介绍大气、水污染及生物防治；最后一章介绍环境评价中的某些生态问题。本书较多内容涉及重金属污染问题，是因为多年来我们一直从事这方面研究的缘故。

污染生态学不仅涉及生物学、生态学各领域，也涉及化学、物理、数学等方面，这就需要非常广泛、深厚的业务基础。因此，我确实很难胜任，因而在编写过程中肯定有错误和不当之处。更由于国内还没有一本这方面的教科书和专著，国外也没有相应的对口书籍，这给编写工作带来很大困难。

本书可作为环境科学系、生物系、农林院校有关专业污染生态学等课程的教科书和参考书，也可作为环保系统、农林系统的参考资料。

在编写过程得到历届研究生的帮助，特此致谢！

编者

1989—6—2

绪 论

随着工农业生产的发展，三废（废气、废水、废渣）的排放量和农药、化肥的施投量急剧增加。从本世纪四十年代开始，环境不断恶化，导致庄稼受害，家畜（禽）中毒，不断发生震惊世界的公害事件。例如，1930年12月比利时马斯河谷的二氧化硫等大气污染事件；1948年10月美国宾夕法尼亚州多诺拉镇发生的二氧化硫与金属元素的复合污染事件；40年代中期，美国洛杉矶市多次发生的以臭氧为主的光化学烟雾事件；1952年12月5～8日英国伦敦烟雾事件；1961年日本四日市的二氧化硫污染事件；1953～1956年日本熊本县水俣市食用汞污染的鱼引起的水俣病事件；1955～1972年日本富山县神通川流域居民镉中毒引起骨痛病事件；1968年3月日本九州市的米糠油事件。同时由于不少工业城市和工矿区大气污染日趋严重，江河湖泊的污染日趋扩大和加重；更由于作物被污染而导致动植物食品污染物含量成倍超标，直接威胁人的健康。上述的环境问题引起人们的震惊和不安，环境污染已达到非治理不可的时候了。为了治理污染，保证人类有一个安全的生存环境，必须研究生物受害原因以及与污染物的关系；研究污染物在环境以及在生态系统中迁移规律；研究污染物沿食物链进入人体的规律；研究生物受害机理、净化机制和生物防治污染的措施；研究如何防治污染、消除公害，保护环境。环境科学家、生物学家、生态学家在研究中特别注意系统的观点，整体的观点，

注意研究在生态系统中生物对污染物的吸收、富集、分解、转化、净化的规律及机制，研究在生态系统中污染物的流通和循环，生态系统整体的净化能力。在上述研究的基础上，逐步形成了一门新兴的分枝学科——污染生态学。

污染生态学是以生态系统理论为基础，用生物学、化学、数学分析等方法研究在污染条件下生物与环境之间的相互关系。即研究生物受污染后的生活状态、受害程度，以确定受害阈值及致死剂量；研究生物对污染物的吸收，污染物在生物体内转移、富集、降解规律，以采取生物净化的有效措施；研究污染物沿食物链（网）逐级富集的规律，以避免或尽量减少污染物通过食物链进入人体；研究生态系统接受污染物的负荷能力，以确定生态系统的容量，预测环境质量变化的趋势，提出综合防治措施和生物监测指标；研究在污染条件下，生态系统能流、物流的规律，以充分发挥生态系统总体净化环境的生态效益，达到保护环境，造福于人民的目的。

有人把污染生态学作为环境生物学的一个分枝学科。环境生物学（environmental biology）是研究生物与受人类干预的环境之间相互关系的学科（但也有人认为环境生物学就是生态学）。环境生物学所指的受人类干预的环境包括两方面的内容：其一是环境污染；其二是指人类对自然资源的不合理利用，如对森林的滥砍乱伐，对草原的滥垦和过度放牧，围湖造田等等造成对环境的破坏。因此，环境生物学包括污染生态学。但有人认为污染生态学是生态学的一个分枝学科，它是研究在异常环境条件下（即污染的条件下），生物与环境之间相互关系的规律。实际上，污染生态学是间于环境科学和生态学之间的一门新兴的边缘性学科。

污染生态学的研究方法是把生态系统作为一个整体来研究

生物与受污染环境之间的相互关系。通常采用野外实地调查、研究和各类规模的模拟试验相结合的研究方法。具体有；

1、用生物、化学等方法，研究污染物在生态系统中迁移、转化规律，以及在生态系统各单元之间的积累规律；

2、研究在生态系统中污染物迁移过程中生物的吸收、富集、降解规律，生物受害状况与机制以及利用生物净化环境的可行措施。

3、研究污染物对生态系统结构和功能的影响，建立生态模型，以阐明污染物对生态系统的稳定性和生物产量的影响，预测今后生态系统发展趋势以及采取相应的对策。

4、研究各类生态系统（森林、草原、农田、水域、工矿、城市）内部各组分之间和各类生态系统之间的物流、能流和污染物流通的关系，以及采取相应的对策。

5、根据各类模型，制定环境规划和区域整体净化措施。

污染生态学是一门非常年轻的学科，因此本身不够完整、不够系统，学科之间的界线也不很明确。但由于它具有很强的时代性和应用性，因此，具有很强的生命力。同时，它将随国民经济建设的发展而迅速发展，将为我国四化建设，保障人民健康创造必要的环境条件。

参 考 文 献

1、林昌善，吴聿明。环境生物学。中国环境科学出版社，1986。

2、李汉卿，谢文煊。环境污染与生物。黑龙江科技出版社，1985。

3、B.沃德，K.杜波斯著。只有一个地球。石油工业出版社。

4、费道洛夫。人与自然——生态危机与社会进步。中国环境科学出版社，1986。

5、E.戈德史密斯。生存的蓝图。中国环境科学出版社，1987。

6 吴学周等。中国大百科全书（环境科学部分）中国大百科全书出版社，1983。

7、Greenwood, N J and Edwards, J M B. Human Environment and Natural systems. (2nd edition) Duxburg Press. North Situate, Massachusetts 1979。

8、Ewing, G W. Environment Analysis. Academic Press. London. 1977.

目 录

前 言

绪 论

第一章 污染物在生物体内的迁移规律..... (1)

一、植物对污染物的吸收、迁移..... (4)

(一) 植物的粘附和吸收..... (4)

(二) 污染物在植物体内移动..... (12)

二、动物对污染物的吸收、转移..... (21)

三、影响植物吸收、迁移的因素..... (24)

(一) 不同种、不同生态型之间的差异..... (24)

(二) 污染物的种类及其形态差异..... (25)

(三) p H 值..... (26)

(四) 氧化还原电位..... (28)

(五) 土壤阳离子被交换量..... (30)

(六) 离子拮抗、协同作用..... (30)

(七) 土壤性质..... (34)

第二章 生物富集..... (43)

一、生物富集机制..... (43)

(一) 生物学特性..... (43)

(二) 污染物特性..... (56)

(三) 富集与食物链..... (63)

二、研究生物富集的方法..... (64)

第三章 污染物的毒害作用及机理	(71)
一、对植物的影响.....	(71)
(一) 对植物吸收的影响.....	(71)
(二) 对植物细胞超微结构的影响.....	(73)
(三) 对种子生活力的影响.....	(77)
(四) 对植物生长的影响.....	(80)
(五) 对植物发育的影响.....	(88)
(六) 对植物生理、生化的影响.....	(91)
二、对动物和人体健康的影响.....	(109)
三、受害机理.....	(125)
四、受害条件.....	(126)
(一) 毒物性质.....	(126)
(二) 外界条件.....	(129)
五、化学元素的拮抗、协同关系.....	(133)
第四章 生物的解毒作用及机理	(144)
一、结合、固定作用.....	(144)
二、代谢解毒作用.....	(150)
三、遗传解毒控制.....	(162)
四、排出体外.....	(163)
五、净化植物的筛选.....	(169)
六、净化植物的配置及净化效应.....	(170)
七、生物半衰期.....	(172)
第五章 植物的抗性与生物监测	(179)
一、抗性植物.....	(179)
(一) 植物的抗性指标.....	(180)
(二) 抗性植物的筛选.....	(194)
二、生物监测.....	(197)

- (一) 大气污染生物监测..... (198)
- (二) 水污染生物监测..... (204)

第六章 水污染及生物防治..... (225)

一、污水灌溉..... (227)

- (一) 污灌的概念..... (227)
- (二) 污灌好处..... (228)
- (三) 净化机理..... (230)
- (四) 存在问题..... (230)
- (五) 措施..... (231)
- (六) 开展污灌技术的研究..... (234)

二、富营养化..... (236)

- (一) 富营养化形成的条件..... (240)
- (二) 富营养化的指标..... (242)
- (三) 富营养化的危害..... (248)
- (四) 富营养化的生物治理..... (248)

三、氧化塘..... (253)

- (一) 我国氧化塘的主要特点..... (256)
- (二) 氧化塘结构及净化机理..... (257)
- (三) 氧化塘的效益..... (269)
- (四) 氧化塘系统的类型..... (271)
- (五) 氧化塘发展趋势..... (272)

四、污水土地处理系统..... (273)

- (一) 土地处理系统类型..... (274)
- (二) 土地处理的基本功能与处理机制..... (274)
- (三) 影响土地处理的条件..... (278)
- (四) 土地处理系统的效益分析..... (280)

第七章 大气污染与生物防治..... (287)

一、大气污染问题	(288)
二、温室效应	(300)
三、酸雨	(304)
(一) 酸雨的特点	(305)
(二) 酸雨形成机理	(308)
(三) 酸雨形成过程	(311)
(四) 影响酸雨形成的因素	(311)
(五) 酸雨对生态的影响	(313)
四、臭氧层的变化及其影响	(319)
第八章 环境质量评价中的污染生态问题	(323)
一、环境容量	(323)
(一) 绝对容量	(324)
(二) 年容量	(328)
(三) 控制容量	(328)
(四) 生态系统容量	(329)
二、环境分区	(331)
(一) 土壤污染分区	(331)
(二) 生物污染分区	(332)
三、注意污染物沿食物链进入人体	(335)
四、生态系统评价中的指标体系	(337)
(一) 城市子系统	(338)
(二) 农田子系统	(339)
(三) 山地子系统	(340)
(四) 水域子系统	(340)

第一章 污染在生物体内的迁移规律

生物是吸收、同化环境中非生物的物质而演化来的，因而，环境中的物质特点和各元素的组成能深刻地反映在生物体的组成成份中；同时，由于长期适应的结果，生物对环境各元素形成依赖和产生需要。因此，环境中化学元素及其比例和生物体内所含的元素及其比例有其相似性，如表1。生物体内元素有些是必需元素(essential elements)，如铁、锌、铜、碘、锰、铬、钼等等；另一些是属于非必需元素，甚至是有害元素。生物对元素的需要量是有一定限度的，即必须有一个量的概念。就是生物必需元素，当超过一定量后，生物也会受害，相反，某些有毒元素如果含量很低，也不会产生毒害，还会有有益的作用，

表 1—1 人体和环境所含元素比较

元素名称	体内(平均体重70公斤)		地壳内浓度 (mg/Kg)	海水浓度 (ppb)
	总量 (mg)	总平均浓度 (mg/Kg)		
铁(Fe)•	4100	57	50000	3.4
锌(Zn)•	2300	33	65	9~21
铷(Rb)	1200	17	120	120
铝(Al)	100	1.4	81000	3~2400

铜 (Cu) *	100	1.4	45	1~25
砷 (As)	100以下	1.4以下	2	1.6~5
锑 (Sb)	90以下	1.3以下	0.2	0.2
铅 (Pb)	80	1.1	15	4~5
碘 (I) *	30	0.43	0.3	50
锡 (Sn)	30	0.43	3	3
镉 (Cd)	30	0.43	0.2	0.23
钒 (V)	20	0.3	110	2.4~7
锰 (Mn) *	20	0.3	1000	0.7~1
钡 (Ba) *	16	0.23	400	6
钛 (Ti)	15以下	0.21以下	4400	1~9
镍 (Ni)	10以下	0.14以下	80	1.5~6
铬 (Cr) *	6以下	0.09以下	200	1~2.5
钼 (Mo) *	5	0.07以下	1	12~16
钴 (Co) *	3左右	0.04以下	23	0.1
金 (Au)	1以下	0.01以下	0.005	0.04
银 (Ag)	1以下	0.01以下	0.1	0.15
铀 (U)	0.02	0.0003	2	3.3
铯 (CS)	0.01以下	0.00014	1	2
汞 (Hg)	+	+	0.5	0.03
锂 (Li)	+	+	30	100
锶 (Sr) *	+	+	0.09	4
钍 (Th)	?	?	10	0.001
镭 (Ra)	10^{-10}	1.4×10^{-13}	1×10^{-11}	0.3×10^{-10}

注: *符号表示必需元素。(《环境的科学》, P.319)

G. A. Sacher (1977) 指出：“在生存率特性曲线上，低剂量刺激效应在质上不同于高剂量的效应”。“毒物的应激作用可使动物达到潜在的最高寿命……”。在这方面的例子很多：微弱的X射线能使水蚤的生命延长1~2倍；低剂量的DDT能延长雄性大鼠的生存生命；硒是阻氧化剂，铬能减缓动脉硬化过程，能协助胰岛素改善糖和脂肪的代谢。因此，各种元素包括各种污染物对生物的毒害作用有一个数量的概念。但生物必需元素特别是有毒元素对生物毒害浓度阈值要比必需元素低得多。在讨论生物吸收时，必须有污染物的数量概念。

生物与某种污染物长期接触，仍未发现受害症状，这种不会产生受害症状的浓度，称之为安全浓度 (Safe Concentration)。也有人采用污染物最高允许浓度 (maximum allow concentration) 这个名词。它实指生物在整个生长发育周期内，或者是对污染物最敏感的时期内，该污染物对生物的生命活动能力和生产力没有发生明显影响的浓度，称之为最高允许浓度。例如粮食中几种元素的最高允许浓度(食品卫生标准)为：砷0.2ppm，铅0.3ppm，汞0.02ppm，铬0.3ppm，镉0.4ppm。蔬菜最高允许浓度(食品卫生标准)：砷0.2ppm，铅0.3ppm，汞0.01ppm，铬0.3ppm，镉0.2ppm。饮用水重金属元素最高允许浓度(水质标准)：砷 $<0.04\text{mg/L}$ ，铅 $<0.1\text{mg/L}$ ，汞 $<0.001\text{mg/L}$ ，铬(六价) $<0.05\text{mg/L}$ ，镉 $<0.01\text{mg/L}$ 。居民区大气中有害物质最高允许浓度(日平均计，单位 $\text{mg}/\text{标准m}^3$)：砷0.003，汞0.0003，铅及其化合物0.0017， SO_2 0.05。超过上述浓度，生物开始出现受害症状。接触毒物时间愈长，受害愈重。这种使生物开始出现受害症状的浓度称为效应浓度 (effective concentration)。可以用 EC_{50} ， EC_{70} ， EC_{90} ，分别代表在该浓度下有50%、70%、90%的个体出现特殊效应。

出现受害症状。当污染物浓度继续上升到某一定浓度，生物开始死亡，这时的浓度为致死浓度 (Lethal Concentration)。致死浓度也有时间和数量概念。有人把致死浓度叫作致死阈值。也可以用LC50, LC70, LC90分别代表毒害致死 50%、70%、90%的个体的阈值。有人把一周内甲基汞的致死阈值定在 0.2 mg/人 (按 0.0033mg/kg 计)；总汞量周致死阈值是 0.3mg/人 (按 0.005mg/kg 计)；镉的周致死浓度是 0.4~0.5mg/人 (按 0.0067~0.0083mg/kg 计)；铅的周致死阈值是 3mg/人 (按 0.05mg/kg 计)。

了解上述污染物的最高允许浓度、效应浓度和致死浓度，就可以开始讨论生物对污染物的吸收、转移、富集等的作用。

一、植物对污染物的吸收、转移

污染物是通过生物体表面进入体内。

(一) 植物的粘附和吸收

1、植物体的粘附

植物体粘附污染物的数量，主要决定于植物体表面积的大小和粗糙程度等等。例如，云杉、侧柏、油松、马尾松等枝叶能分泌油脂、粘液；杨梅、榆、朴、木槿、草莓等叶表面粗糙、表面积大，具有很强的吸滞粉尘的能力；女贞、大叶黄杨等叶面硬挺，风吹不易抖动，也能吸附更多的尘埃；而加拿大杨等叶面比较光滑、叶片下倾，叶柄细长、风吹易抖动，滞尘能力较弱。

根据长沙磷肥厂营造的四条防护林带的调查，各种树木叶片单位的滞尘量如表 1—2；