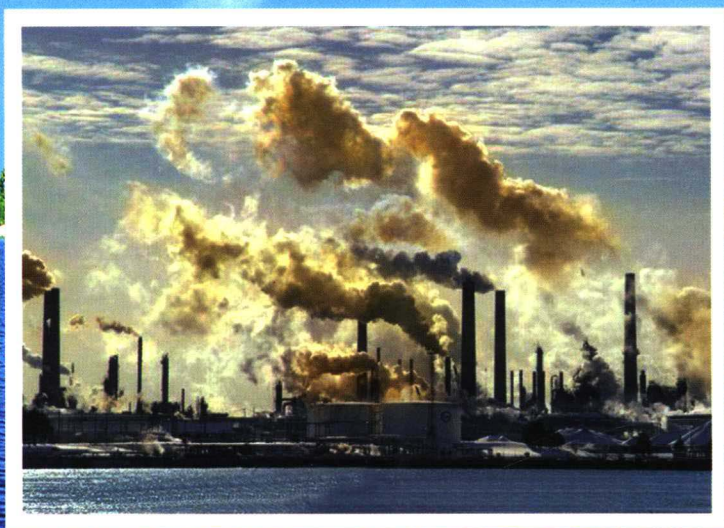


生态科学与环境问题研究丛书



污染生态学研究

王焕校 吴玉树 等著



 科学出版社
www.sciencep.com

生态科学与环境问题研究丛书

污染生态学研究

王焕校 吴玉树 等 著

科学出版社

北京

Pollution Ecology Research

by Wang Huanxiao, Wu Yushu et al.

Science Press

Beijing

内 容 简 介

本书收集了王焕校、吴玉树等 30 年来在国内外核心刊物所发表的有关污染生态学方面的论文 58 篇,反映了他们在污染生态学方面的学术成果。

本书以生物与污染环境之间的关系规律为研究内容,以污染物在生物体内的生物过程为主线,研究植物对污染物的吸收,污染物在植物体和生态系统中的迁移、富集规律,污染物对植物的毒害效应,植物解毒和抗性形成机制以及植物对污染环境的治理等方面。全书共分五篇,分别反映了上述内容,并基本按此内容及过程编排。

本书可供环境科学、生态学以及有关方面的科技工作者和高等院校有关专业的师生参考,也可作为《污染生态学》教材的补充参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

污染生态学研究/王焕校,吴玉树等著. —北京:科学出版社,2006
(生态科学与环境问题研究丛书)

ISBN 7-03-017235-3

I. 污… II. ①王… ②吴… III. 污染生态学-研究 IV. X171

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 048298 号

责任编辑:马学海 韩学哲 吴伶伶/责任校对:钟 洋
责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社编务公司排版制作
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年8月第一版 开本: B5 (720×1000)

2006年8月第一次印刷 印张: 33 1/2

印数: 1—2 500 字数: 650 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换(环伟))

《生态科学与环境问题研究丛书》
编辑委员会

顾 问 姜汉侨 朱维明 王焕校 金振洲 杨一光
吴玉树 党承林
主 编 段昌群
编 委 段昌群 何大明 杨树华 吴兆录 欧晓昆
陆树刚 苏文华
英文编辑 Cindy Q. Tang (唐勤)
编 务 刘嫦娥 常学秀 彭明春 闫海忠

丛书序

生态学研究生物与环境之间的相互关系，包括环境对生物的影响、生物对环境的适应及对环境的改造。生物与生物之间、生物与环境之间相互作用，协同发展，共同进化，形成包括人类在内的所有生命赖以生存和发展的支持系统，即生态系统。人作为生态系统中的一个重要组成部分，已经成为影响全球生态系统变化的重要力量，从生态系统中随意获取资源引起生态破坏，随意排放废弃物导致全面的环境污染，其后果已影响到所有生态系统乃至全球生物圈的稳定性和健康发展，退化的生态环境反过来又制约了包括人类在内的所有生命体系的生存和发展。如何应用和发展生态学的理论与方法，认识自然生态系统发展变化的规律，明确人类社会干扰自然生态过程的机制，探讨长久地维持自然界服务人类的资源支持能力和环境保障能力，是生态科学解决环境问题、服务可持续发展战略的重要突破口和着力点。

在人口众多、资源禀赋先天不足的我国，当前经济高速发展、社会全面进步，资源短缺、环境恶化的问题日益凸显。生态学及其相关学科，甚至整个社会都处在围绕资源与环境问题开展“生态环境救亡”的运动中，生态学面临机遇和挑战。全社会的普遍关注成为生态学发展的动力，而生态学工作者如何按照学科自身的特点开展深入的研究工作，为解决当前人类面临的资源与环境问题提供知识储备和思想智慧，并推进人类逐步形成生态思维、打造可持续发展的理论高地，就成为生态学工作者应尽的责任和义务。

生态学的研究对象具有很强的区域性，而发展生态学理论和方法也正需要从具有不同时空特点的生态现象和生态问题中着手。云南地处我国西南边疆，低纬度高海拔、连接青藏高原与中南半岛，特殊的地质、地形、地貌、气候条件使之成为我国生态环境最复杂、多样、敏感的区域，也是生物多样性十分丰富、生态功能极其重要的区域；同时，云南地处众多大江大河的上游，在维护我国生态安全、保护生物多样性等方面，承担着不可替代的责任。伴随西部大开发、国家能源基地、中国面向东南亚和南亚通道的建设，保护与发展之间的矛盾十分突出。云南的生态环境是中国乃至世界生态环境及其变化的一个缩影，既保存有各种各样最原始的自然-经济-社会形态，又因经济突飞猛进的发展，生态环境正发生着跃迁性的变更，未来的发展在保护与开发方面将面临艰难的选择，生态环境将面临众多的变数，这已引起国内外众多科研机构的高度关注，也成为世界性的生态学研究热点区域和重要疆场。目前已有 10 多项国家重要研究计划针对云南的资源与环境问题在进行研究，20 多个国际组织进入此地开展相关调研和分析。

为了结合国际生态学的学科前沿推进我国生态学的研究工作，解决云南经济社会发展中存在的资源与环境、保护与开发之间的矛盾，云南大学在生态学国家级重点学科建设的过程中，依托几代云南大学生态学者研究积累的基础数据和对云南复杂生态环境问题的认识与理解，进行初步归纳和整理，编写出版《生态科学与环境问题研究丛书》。这套丛书涉及的生态环境问题大多是国家和省级有关部门下达的科研课题所探讨的内容，这些成果可为国内相关研究提供基础资料，也为区域生态环境保护和可持续发展提供科学依据。组织编写这套丛书仅是我们促进相关研究工作的初步尝试，希望得到广大专家和学科同仁们的帮助和支持，并不吝提出宝贵意见。

云南大学生态学国家级重点学科建设委员会

2005年9月

前 言

20 世纪 70 年代，全球环境污染日趋严重，公害病频发，引起世界震惊，也激起了我们对环境问题的关注，并开始研究生态学与环境科学交叉的一门边缘学科——污染生态学。

我们的研究是从大气污染与植物的关系开始。20 世纪 70 年代末承担云南省科学技术委员会“造林绿化净化空气”的子课题——“氯气对植物的影响”的研究工作。主要研究氯气对植物形态、解剖和某些生理生化指标的影响。尽管在内容和方法上比较简单，但这是我们进入污染生态学领域的开端，代表作有《筛选抗氯、吸氯植物的研究》等几篇论文。

20 世纪 80 年代初，针对云南省铅、锌矿分布面积广，铅、镉污染严重，我们开始以会泽铅、锌矿和昆明冶金厂为基地，开展了铅、镉以及铅、镉、锌复合污染对植物影响的研究和模拟试验。初期，我们是从植物对污染物的吸收、迁移、毒害等基础工作开始的，代表作有《铅在生态系统中迁移积累规律的初步研究》等论文。其中，《镉、铅在玉米幼苗中的积累和迁移——X 射线显微分析》是超微结构研究中具有特色的成果。

在迁移、积累研究过程中，我们的研究重点逐步转移到对生理生化多项指标及对植物(作物)产品质量的影响方面，其中代表作有《水生维管束植物受镉污染后的生理变化及受害机制初探》、《绿藻的镉结合蛋白及其耐镉性初探》等。

在研究中又发现，试验植物在铅、镉、锌污染下，种群个体有发生变异和生态分化的现象，为此开展了植物种群个体分化与微进化关系的研究，如《铅污染对小麦生态型的影响》等。这方面研究的结果可能会开辟污染进化生态学研究的新领域。

在研究植物受害机制及抗性形成原因时，又涉及遗传问题，特别是基因问题。在这方面我们也已开展了研究，如《云南会泽铅锌矿污染导致小麦种子蛋白基因表达的变化》、《镉、铅对小麦醇脱氢酶基因表达影响的初步研究》、《六种重金属对大肠杆菌体内质粒 DNA 一级结构的影响》等。上述研究虽然还不够深入，仅仅是一个开端，但已迈出了污染分子生态学研究可喜的一步。

水生植物对水体污染物的反应、抗性和净化作用以及污染物在水生生态系统中的迁移和积累是另一个重要的研究方向。从 20 世纪 80 年代开始，我们在这方面开展了对不同水体污染物(氮、磷；重金属；酚、氰、油)的系列研究。代表作有《杞麓湖水生生态系统中重金属的迁移和积累》、《酚、氰在凤眼莲-水体系统中的迁移、积累及净化》、《水生维管束植物对水体铅污染的反应、抗性和净化

作用》等，具有重要的理论和实践意义，为污染水体的治理提供基础资料和科学依据，也为植物生态工程治理水体污染打下了基础。

我们也开展了在污染条件下植物根系分泌物在质和量上变化的研究，如《根分泌作用与植物对金属毒害的抗性》等，这是污染化学生态学研究的可喜尝试，将会有广阔的研究前景。

在污染环境生物监测的研究方面，如《重金属对蚕豆的细胞遗传学毒理作用和对蚕豆根尖微核技术的探讨》、《镉、铝作用下蚕豆 UDS 与微核相关性分析》等工作，对于利用微核监测环境污染有重要意义。

大气污染、水污染使呼吸道和肠胃疾病增加。中医在诊断疾病上常停留在经验和定性上。我们试图采用微生态理论，利用感染部位的微生物致病菌群和总菌群的变化规律结合生化的一些测试数据，定量判断发病类型、原因，可能为中医诊断疾病提供数量指标上的依据。

综上所述，说明了我们的工作特点是从生物和污染物的关系入手，研究生物对污染物的吸收，污染物在生物体内的迁移、富集和对生物的毒害以及生物的解毒作用和生物抗性机制。在整个生物过程中，我们研究形态解剖、生理生化、遗传发育以及分子水平研究受害和抗性机制。这是我们研究工作的主线。

回顾在污染生态学领域，我们已开展了三十年的研究，走过了一条艰辛的路程，奠定了污染生态学的基础。我们对污染生态学的研究工作，在国内不仅开展得早，而且工作比较系统，涉及的面较广，且有一定深度，在不同的时期我们的研究工作均具有自己的优势和特点。在研究过程中，我们也已开始探索污染生态学今后发展的若干分支学科，并为它们的发展打下了一定的基础。但这一切也仅仅是开始，今后的路还很长。可喜的是我们污染生态学团队后继有人，他们会更好地开展这方面的工作，把污染生态学的研究推进到更高的水平。

本书是我们三十年来在污染生态学领域研究的成果汇总，从本论文集集中可以看出我们的研究历程和研究思路。每篇论文我们都注明原发表杂志的名称、年份和卷、期、页，并基本按原发表论文的样式发表，有些内容未作修改(如保留原用 ppm 等)，在每一篇中则按发表的年份先后排列。

王焕校 吴玉树

2006年3月

目 录

丛书序
前言

第一篇 污染物的环境行为与在生物体中的富集、迁移及相关效应

筛选抗氯、吸氯植物的研究	3
植物的几项生理和形态解剖特征与抗氯性关系的初步探讨	9
铅在生态系统中迁移积累规律的初步研究	21
铅对几种农作物的影响及迁移积累规律初探	31
高等水生植物中镉的富集分配规律及危害	45
几种食用鱼对铅的吸收、富集的初步研究	56
铅在水稻中的迁移积累及其对水稻生长发育的影响	65
Research on the law of the migration and accumulation of lead pollution in the ecosystem	81
滇中高原三个湖泊(长湖、草甸海、杞麓湖)水、底泥、生物体中元素含量分析	82
镉、铅在玉米幼苗中的积累和迁移——X 射线显微分析	91
某些绿藻对镉的富集作用及毒性反应	99
The transfer and accumulation of heavy metals in the aquatic ecosystem of Qiluhu Lake	108

第二篇 污染物对生物的毒害效应

(一) 污染物对 DNA 及基因表达的影响

重金属对蚕豆(<i>Vicia faba</i> L.)根尖的核酸含量及核酸酶活性影响的研究	117
云南会泽铅锌矿污染导致小麦种子蛋白基因表达的变化	125
镉、铅对小麦醇脱氢酶(ADH)基因表达影响的初步研究	131
六种重金属对大肠杆菌体内质粒 DNA 一级结构的影响	136
Cd^{2+} 、 Al^{3+} 对蚕豆(<i>Vicia faba</i> L.)DNA 合成及修复的影响	141

(二) 污染物的细胞遗传毒理效应

镉、铅诱导的玉米(<i>Zea mays</i> L.)幼苗细胞超微结构的变化	148
--	-----

重金属对蚕豆的细胞遗传学毒理作用和对蚕豆根尖微核技术的探讨	155
Cd^{2+} 、 Al^{3+} 作用下蚕豆 UDS 与微核相关性分析及高等植物 UDS 技术初探	169
Changes of reliability and efficiency of micronucleus bioassay in <i>Vicia faba</i> L. experienced with metal contamination	175

(三) 污染物对植物的生理生化影响与生态响应

水生维管束植物受镉污染后的生理变化及受害机制初探	190
种子中镉的积累对蚕豆(<i>Vicia faba</i> L.)质量的影响	201
凤眼莲中锌对镉的拮抗作用	210
Pb、Cd、Zn 单元素及其不同组合污染对烟草品质的影响	217
镉、铁及其复合污染对烟草生理的影响	223
不同化合形态镉、锌及其复合污染对小麦生理的影响	233
Cd、Fe 及其复合污染对烟草叶片几项生理指标的影响	237
锌污染对蚕豆(<i>Vicia faba</i> L.)部分生理生化指标的影响	247
镉、锌及其复合污染对小麦种子根生长的影响	253
镉、铅单一和复合污染对小白菜抗坏血酸含量的影响	260
镉、铅及其相互作用对小白菜根系生理生态效应的研究	265
镉、铁及其复合污染对烟草叶片氨基酸含量的影响	274
Zn、Cd 及其复合对小麦幼苗吸收 Ca、Fe、Mn 的影响	285

第三篇 生物对污染物的抗性反应

绿藻的镉结合蛋白及其耐镉性初探	295
Study on the response of wheat to lead, cadmium and zinc	306
$CdCl_2$ 对质粒的生态效应及质粒在其宿主抗镉性中的作用	314
根分泌作用与植物对金属毒害的抗性	320
利用生物固定土壤重金属的机制及在农产品安全中的应用	331
镉处理下不同小麦品种几种解毒机制探讨	341

第四篇 长期污染条件下的种群响应及进化效应

铅污染对小麦生态型的影响	353
重金属复合污染对蚕豆性状影响的模糊聚类与性状代间分化的摄动分析	358
蚕豆在重金属污染条件下数量性状的分化研究	370
Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 对蚕豆(<i>Vicia faba</i> L.)乳酸脱氢酶的影响	385
环境污染的全球化与生物多样性的丧失	393

玉米(<i>Zea mays</i> L.)在重金属污染条件下的生态分化与品种退化	402
镉胁迫下玉米生理生态反应与抗性差异研究	413
模拟重金属污染下曼陀罗种群核酸代谢变化研究	424
对重金属污染的曼陀罗种群总蛋白质代谢动态变化的初步研究	433
重金属污染下曼陀罗种群分化的 RAPD 分析	439

第五篇 生物对环境污染的监测与治理

水生维管束植物对水体铅污染的反应、抗性和净化作用	453
酚、氰在凤眼莲-水体系统中的迁移、积累及净化	466
高等水生植物对污水的净化作用	478
水生维管束植物对滇池水体的净化效应	482
工业城市市郊的农业布局问题	491
根生沉水植物菹草(<i>Potamogeton crispus</i>)对滇池水体的净化作用	503
The purification of hydrophytes to the eutrophic and heavy metals polluted water in Dianchi Lake	510
中医邪正发病学说与免疫及微生态平衡相关性的研究思路与方法	513

Contents

Foreword of the Series

Preface

Part 1. The Environmental Behavior of the Pollutants and the Enrichment, Transfer in the Organism and the Pertinent Effects

Selecting plants with abilities of absorbing and resisting chlorine	3
The relationship between some physiological, morphological characteristics of the plants and their resistance to chlorine	9
A primary study on the migration and accumulation of lead in ecosystem	21
A study on the effects of lead on several kinds of crops and its translocation and accumulation therein	31
Uptake, distribution, accumulation and effect of cadmium on aquatic vascular plants	45
A primary study on absorption and accumulation of lead by some species of fish	56
The migration and accumulation of lead in rice and its influence on the growth and development of rice	65
Research on the law of the migration and accumulation of lead pollution in the ecosystem.	81
The analysis of the content of elements in the water, mud, organisms of the three lakes(Changhu Lake, Caodianhai Lake, Qiluhu Lake) in the plateau of the central part of Yunnan Province	82
Accumulation and transport of cadmium and lead in the seedlings of maize	91
The accumulation and toxic response to cadmium of some green algae	99
The transfer and accumulation of heavy metals in the aquatic ecosystem of Qiluhu Lake	108

Part 2. The Toxic Effects of the Pollutants on the Organisms

§ 1. The Effects of the Pollutants on DNA and Gene Expression

Studies on the effects of heavy metals on the contents of nucleic acids and activities of nucleases in the root tips of <i>Vicia faba</i> L.	117
--	-----

The alteration of gene expression of wheat seed proteins by mineral pollution of lead and zinc in Huize, Yunnan Province.....	125
Effects of cadmium and lead on ADH gene expression.....	131
Effects of six heavy metals on plasmid DNA sequence <i>in vivo</i> of <i>E. coli</i> HB101.....	136
Effects of Cd ²⁺ 、Al ³⁺ on the DNA synthesis and DNA repair in <i>Vicia faba</i> L.	141

§ 2. The Cytogenetic Toxic Effects of the Pollutants

Ultrastructural changes induced by cadmium and lead in corn seedlings cell.....	148
Cytogenetical toxic effects of heavy metals on <i>Vicia faba</i> L. and inquires into the <i>Vicia</i> -micronucleus bioassay.....	155
Correlation analysis between UDS and MCN in <i>Vicia faba</i> L. treated with Cd ²⁺ and Al ³⁺ and UDS technique in higher plants.	169
Changes of reliability and efficiency of micronucleus bioassay in <i>Vicia faba</i> L. experienced with metal contamination.....	175

§ 3. The Physiological and the Biochemical Effects and the Ecological Responses to Plants by Pollutants

Preliminary studies on physiological changes and injury mechanism in aquatic vascular plants treated with cadmium.....	190
Effect of cadmium accumulated in <i>Vicia faba</i> L. seeds on the quality of the seeds	201
Antagonistic effects of zinc on cadmium in waterhyacinth.....	210
Effects of pollution from lead, cadmium, zinc and their different combinations on the quality of tobacco.....	217
Effects of cadmium and iron on the physiology of tobacco.....	223
Effects of the different cadmium compounds and their interaction on the wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	233
Effects of cadmium and iron on the physiological indicators in leaves of tobacco	237
The effects of zinc pollution on some physiological and biochemical indexes of <i>Vicia faba</i> L.....	247
Effects of cadmium, zinc and their combined effect on the wheat(<i>Triticum aestivum</i> L.) root growth.....	253
Effects of cadmium, lead single and combination pollution on the contents of ascorbic acid in <i>Brassica chinensis</i> L.	260
Effect of cadmium, lead and their interactions on the physiological and ecological characteristics of root system of <i>Brassica chinensis</i> L.	265
Effects of cadmium and iron on amino acid content in tobacco leaves.....	274

Effect of Zn ²⁺ , Cd ²⁺ and their combination on Ca, Fe and Mn uptake by wheat seedlings	285
--	-----

Part 3. The Resistant Response of the Organism to the Pollutants

A preliminary study on cadmium-binding proteins of two green algae and their cadmium tolerance	295
Study on the responses of wheat to lead, cadmium and zinc	306
Ecological effect of CdCl ₂ on plasmid and role of plasmid in Cd-tolerance of its host	314
Root excretion and plant resistance to metal toxicity.....	320
Study on the mechanism of heavy metal bio-stabilization in the soil and its application to agricultural product security.....	331
Some detoxication mechanisms of different wheat varieties under cadmium treatment.....	341

Part 4. The Population Response and the Evolution Effect under Long-Termed Pollution

Effects of heavy metal contamination on ecotype differentiation of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	353
Fuzz clustering to the effects of heavy metals on the quantitative characters of broad bean in four generations and their perturbation analysis	358
Differentiation of quantitative characters of <i>Vicia faba</i> L. contaminated with heavy metals.....	370
The effects of lead, cadmium and mercury ions on LDH in <i>Vicia faba</i> L.	385
Globalized environmental pollution and the loss of biodiversity.....	393
Ecological differentiation and variety degeneration of maize (<i>Zea mays</i> L.) to heavy metal contamination	402
Eco-physiological responses and resistance to cadmium stress in three varieties of maize(<i>Zea mays</i> L.).....	413
Dynamic changes of nucleic acid metabolism of <i>Datura stramonium</i> L. under simulated heavy metal pollution	424
Dynamic changes of total proteins metabolism of <i>Datura stramonium</i> L. exposed different heavy-mental pollution durations.....	433
Differentiation in <i>Datura stramonium</i> L. populations exeperienced with heavy metal	

pollution of different durations: RAPD analysis..... 439

**Part 5. Biological Monitoring and Control
of Environmental Pollution**

On the response, resistance and purification of hydrophytes to Pb-pollution in water
..... 453

Studies on the transference, accumulation and purification of phenol, cyanogen
in the common waterhyacinth(*Eichhornia crasstples*)-water system 466

The purification of hydrophytes to polluted water 478

The purification efficiency of aquatic vascular plants to the polluted water
in Dianchi Lake, Kunming 482

A study on prediction and division of a polluted agricultural region in Yunnan..... 491

Purification of Dianchi Lake by radial submerged hydrophyte(*Potamageton crispus*)
..... 503

The purification of hydrophytes to the eutrophic and heavy metals polluted water
in Dianchi Lake 510

The research opinion and methods on the correlation between the balance
of microecology and immune in body and the pathogenitic theory on vital
energy against evils of TCM 513

第一篇 污染物的环境 行为与在生物体中的富 集、迁移及相关效应