

Pollution Eco-chemistry

污染生态化学

周启星 罗义 主编



科学出版社

污染生态化学

周启星 罗 义 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书比较全面地论述了污染生态化学的基本概念、基础理论、研究方法以及相关应用,比较系统地阐明了污染生态化学的基本原理,并对污染生态化学研究的重要性和学科地位进行了阐述,对今后的研究方向和重点进行了展望。

本书可供环境科学、生态学、化学、地学和资源保护等领域的科技工作者与管理人员参考,也可供医学研究人员、卫生部门有关人员以及工农业生产决策者参考,并可作为大专院校环境科学、环境工程、生态学、资源科学、食品卫生、医学、化学、地学、生命科学和农学等专业高年级本科生、研究生的参考教材,以及环境保护、医护人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

污染生态化学/周启星,罗义主编. —北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-031467-3

I. ①污… II. ①周…②罗… III. ①化学污染-生物化学 IV. ①X502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 107651 号

责任编辑:朱 丽 唐保军 / 责任校对:刘小梅

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

随 主 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 6 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2011 年 6 月第一次印刷 印张:35

印数:1—2 500 字数:682 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

Pollution Eco-chemistry

by
Qixing ZHOU Yi LUO

Science Press
Beijing, China

《污染生态化学》编委会

主编 周启星 罗义

编委(以拼音字母为序)

安鑫龙 鲍艳宇 华 涛 金彩霞 金陶胜 李 威
罗 义 马小东 章 晏 唐景春 吴 琮 谢秀杰
张 丽 张彦峰 周启星

前 言

随着工农业生产的发展和城市化的加速,环境污染问题已经从点发展到面、从局部发展到区域甚至全球水平。相应地,对环境污染问题的研究,已经从关注环境介质污染发展到对生态系统污染胁迫的深层次探讨,已经从个体的分散调研发展到在种群、群落、景观甚至全球生态系统水平上来认识环境污染问题的演化与实质,这就需要从对环境污染化学的研究发展到对污染生态化学的探索。

污染生态化学是环境化学与污染生态学相互交叉、相互融合的产物,是一门处于形成之中、最近几年得到迅速发展的新兴交叉学科,主要阐述生物体与其污染环境相互作用的化学机理与化学过程及其生态调控化学原理。因此,污染生态化学不仅属于基础研究的范畴,需要研究者具备化学、生态学、生物学、毒理学和地学等方面的基础知识;同时,它还是一门离不开相关应用的科学,需要研究者在工程、医学和资源开发等方面有技术储备。污染生态化学虽然起步较晚,但在阐述生物体与其污染环境相互作用关系以及应用这种关系缓解、治理甚至解决环境污染问题方面起到了其他学科不可替代的作用,其重要性日益明显。

本书不仅阐述污染生态化学的基础理论、基本原理、研究方法以及调控手段,还特别注意吸收国际上近年来污染生态化学研究的成果与进展,并结合我国近几年在该方向的主要研究工作,是对国内外污染生态化学研究的一次较全面的总结。

本书共分十一章。第一章、第二章介绍了污染生态化学的基础知识、基本概念与研究方法,阐述了该分支学科的形成与发展、地位与作用、学科定义与基本内涵、研究对象、目标和主要研究内容以及污染生态化学研究的意义与重要性;第三章至第九章系统地论述了污染生态化学的基本原理,包括化学污染对土壤生态系统的影响及其机理、化学污染对水生生态系统的影响及其机理、化学污染对地下水和沉积物的生态影响及其动力学、大气化学污染对生态系统的影响及其机理、化学污染物的宏观生态化学过程与机理、化学污染的生态毒理过程与分子机理、复合污染生态化学及其机理;第十章、第十一章论述了污染生态化学调控原理,包括污染控制生态化学,处理、修复与控制的基本原理,化学品污染的生态风险评价。各章作者分别为:第一章,周启星;第二章,罗义、周启星;第三章,唐景春;第四章,罗义、安鑫龙;第五章,张丽;第六章,金陶胜;第七章,马小东;第八章,谢秀杰、周启星;第九章,金彩霞、鲍艳宇、覃晏;第十章,华涛、李威、吴琼、周启星;第十一章,张彦峰。

本书从写作到成稿,历经整整5年。成稿后,又花了整整1年时间反复修改和推敲,其中倾注了作者,特别是周启星教授、罗义博士的大量心血。本书的许多内

容体现了作者近年来在该研究方向的成果和进展。本书的出版,得到了国家自然科学基金委员会的大力支持,相关的研究课题包括国家自然科学基金重点基金项目(项目编号:21037002)、面上项目(项目编号:20777040 和 20777041)和国家杰出青年科学基金项目(项目编号:20225722),还得到了教育部高等学校科技创新工程重大项目培育资金项目(项目编号:707011)的支持,在此一并致谢。

我们殷切希望广大读者和有关专家对本书提出批评指正和进一步改进的建议,为继续深入进行污染生态化学的科学研究,进而为缓解、治理和解决环境污染问题而共同努力。

作 者

2011 年 2 月于天津

Preface

by

Qixing ZHOU and Yi LUO

With the development of industrial and agricultural production, and the acceleration of urbanization, environmental pollution as an important issue is being deteriorated from a point to an area and from the local area to the regional and the global level. Accordingly, the topic on study of environmental pollution has been developed from attention on environmental compartments pollution to the in-depth investigation on contaminant stressed ecosystems, and from individual scattered studies to recognizing the evolution and essence of environmental pollution based on population, community, landscape and global ecosystem levels. This needs the intensive exploration developed from environmental chemistry to pollution eco-chemistry.

Pollution eco-chemistry is the intersection and integration of environmental chemistry and polluted ecology which is fast developed and the emerging branch. It elucidates chemical mechanisms of interaction between living organisms and polluted environment, chemical processes, and chemical principles of ecological regulation and pollution control. Pollution eco-chemistry is not only belong to the category of basic research which needs the basic knowledge on chemistry, ecology, biology, toxicology and geoscience for researchers, but also an subject of applied research which also require techniques on engineering, medicine and exploitation of resources for researchers. Although the formation of pollution eco-chemistry as a new branch is coming late, and more recently, it plays an irreplaceable role to alleviate, treat and resolve environmental pollution.

Not only the basic principles, methods and means of regulation and pollution control are elucidated, the most updated international developments and achievements are particularly absorbed in this book, combining with more recent internal researches. This book is the comprehensive summary of studies on pollution eco-chemistry.

There are 11 chapters in this book. The basic knowledge, relevant theories and concepts of pollution eco-chemistry and its researching methods are intro-

duced in chapters 1 and 2, which elucidates the formation and development of the branch, the definition and basic connotation of this subject, researching objects, goals and main contents, position and roles in environmental chemistry, significance and perspective of pollution eco-chemistry. The basic principles of pollution eco-chemistry are emphasized in chapters 3-9, including effects of chemical pollutants on soil ecosystems, water ecosystems, groundwater/sediment and their mechanisms and kinetics, effects of chemical pollutants in atmosphere on ecosystems and their mechanisms, macroscopical eco-chemical processes and ecotoxicological processes and mechanisms influenced by chemical pollutants, and ecological chemistry of combined pollution, joint effects and mechanisms. The principles of ecological regulation and pollution control are also expatiated in chapters 10 and 11, including ecological chemistry of pollution control; basic principles on treatment, remediation, and control, and ecological risk assessment of chemicals. The authors who contributed to these work are: chapter 1 by Qixing Zhou; chapter 2 by Yi Luo and Qixing Zhou; chapter 3 by Jingchun Tang; chapter 4 by Yi Luo and Xinlong An; chapter 5 by Li Zhang; chapter 6 by Taosheng Jin; chapter 7 by Xiaodong Ma; chapter 8 by Xiujie Xie and Qixing Zhou; chapter 9 by Caixia Jin Yanyu Bao and Yan Tan; chapter 10 by Tao Hua, Wei Li, Qiong Wu and Qixing Zhou; Chapter 11 by Yanfeng Zhang.

Five years of time were used in writing and editing this book, and followed by many times of revisions and polishing works which used another year. Professor Qixing Zhou played a key role in the writing and publishing of this book, especially from basic thinking, drawing-up of the outline to final editing and works polishing. Many works and efforts were also contributed by Dr Yi Luo in the editing and relevant revisions. Many aspects of the contents within this book are the more recent achievements of the above authors. The publication of this book had been supported by the National Natural Science Foundation of China, including a key project (grant No. 21037002), general projects (grant Nos. 20777040 and 20777041), scientific funds for outstanding young scholars in China (grant No. 20225722), and a grand fostering project supported by the Ministry of Education, People's Republic of China (grant No. 707011).

We sincerely wish the comments and suggestions from the readers and experts so as to advance our work. We are sure to work together to help to go deep into the scientific research and investigations on pollution eco-chemistry, and to alleviate, treat and resolve the issue of environmental pollution.

目 录

前言

Preface

第一章 绪论	1
第一节 污染生态化学的学科形成与发展	1
一、化学学科的发展与环境化学分支学科的形成	1
二、生态学科的发展与污染生态学分支学科的形成	3
三、污染生态化学学科的形成与发展	6
第二节 在环境化学中的地位与作用	8
一、环境化学及其主要任务	8
二、环境化学学科体系及其战略地位	9
三、在环境科学中的地位	12
四、在解决国家需求中的作用	13
第三节 污染生态化学的学科定义与基本内涵	13
一、污染生态化学的学科定义	13
二、污染生态化学的基本内涵	14
第四节 污染生态化学的研究对象、目标和主要研究内容	19
一、污染生态化学的研究对象	19
二、污染生态化学的研究目标	21
三、主要研究内容	21
第五节 污染生态化学研究的重要性	23
一、污染的普遍性及其特点	23
二、新型污染物及其生态毒理效应	33
第六节 污染生态化学研究展望	35
一、土壤污染生态过程及其化学动力学	35
二、陆生生态毒理化学	36
三、复杂体系中复合污染生态化学问题	36
四、新型疾病起源的污染进化生态化学问题	37
五、环境污染对生态系统健康质量与食物安全的化学胁迫	37
六、根-土界面污染物的化学行为及根分泌物脱毒分子机理	38
七、生态系统化学污染阻控新方法与新技术	38
思考题	39

主要参考文献	39
第二章 污染生态化学的研究方法	42
第一节 污染物及其代谢产物的化学分析及仪器检测方法	42
一、概述	42
二、光谱分析方法	43
三、色谱分析方法	45
四、环境样品前处理方法	46
五、环境样品的定量分析方法	51
第二节 污染物的室内模拟与系统研究方法	52
一、污染物的室内模拟研究方法	52
二、微宇宙毒性试验	53
三、污水生物系统法	54
第三节 污染物的生态毒理诊断与生物标志物评价方法	55
一、化学污染物的生态毒理诊断研究方法	55
二、化学污染物的生物标志物评价方法	57
第四节 现代分子生物学技术在污染生态化学研究中的应用	65
第五节 几种主要生物标志物的检测方法	67
一、抗氧化防御系统	67
二、现代分子生物学技术	70
第六节 现场观测与典型案例研究方法	72
一、现场调查法	72
二、现场盆栽定点观测法	72
思考题	73
主要参考文献	73
第三章 土壤污染生态化学:化学污染对土壤生态系统的影响及其机理	79
第一节 概述	79
第二节 土壤污染生态化学过程及其动力学	80
一、土壤的构成、分类、特性及污染	80
二、重金属污染土壤的生态化学过程及其动力学	82
三、有机物污染土壤的生态化学过程及其动力学	92
第三节 化学污染对土壤动物的影响及其机理	95
一、土壤动物的环境污染指示作用	95
二、重金属污染对土壤动物的影响	98
三、有机污染对土壤动物的影响	102
第四节 化学污染对土壤微生物的作用及其相互关系	106
一、土壤中常见微生物及其表征	106

二、农药污染对土壤微生物的影响及相互作用	107
三、重金属污染对土壤微生物的影响	111
第五节 根-土界面化学污染物的生态行为及根分泌物的污染生态	
化学	114
一、根际污染行为与生态效应	115
二、根系污染行为与生态效应	117
三、有机污染物的根际作用	119
第六节 化学污染对土壤健康质量与农产品安全的化学胁迫	120
第七节 全球变化的土壤污染生态化学	126
思考题	131
主要参考文献	131
第四章 水污染生态化学:化学污染对水生生态系统的影响及其机理	137
第一节 典型化学污染物在水生态系统中的迁移转化与归宿	137
一、水污染来源	137
二、水生态系统中重金属污染物的分布和存在形态	138
三、污染物在水生态系统中的物理-化学迁移与转化	140
四、污染物在水生态系统中的生物迁移与转化	143
五、水生态系统中重金属的迁移与转化研究	148
六、水生态系统中有机污染物的迁移转化研究	148
第二节 典型化学污染物对水生生物的毒理作用机理	151
一、概述	151
二、污染物与毒物代谢酶作用原理	152
三、污染物胁迫下抗氧化防御系统的作用原理	154
四、污染物诱导生物体 DNA 损伤	156
五、污染物胁迫下生物体活性氧的研究	156
第三节 化学污染物对水生态系统的污染胁迫效应	159
一、水生态系统概念	159
二、污染物对水生态系统的胁迫	159
三、生物多样性的概念及内涵	160
四、化学污染胁迫下生态系统多样性丧失	162
五、化学污染物对河流生态系统的胁迫	163
六、湖泊水体的化学污染胁迫与生态效应	165
第四节 海洋环境的化学污染和生态退化	167
一、海洋环境化学污染	167
二、海洋生态退化	183
第五节 化学污染胁迫下生物体的抗性问题的	188

一、水生态系统中几种新型污染物	188
二、污染物胁迫下生物体抗性	190
三、植物抗性	190
四、微生物抗性	191
五、生物体抗性在环境污染治理中的应用	193
思考题	195
主要参考文献	195
第五章 化学污染对地下水和沉积物的生态影响及其动力学	200
第一节 化学污染对地下水的生态影响及其动力学	200
一、地下水的存在形式与埋藏条件	200
二、地下水的污染途径	201
三、地下水污染对生态环境的影响	202
四、微生物对地下水环境的影响	204
五、污染物在地下水中的迁移转化	205
六、地下水水质模型	209
七、基本模型的解析解	211
第二节 水-沉积物界面化学污染物的生态行为、迁移转化与归趋	216
一、水-沉积物界面的含义及研究意义	216
二、水-沉积物界面的结构	217
三、污染物在水-沉积物界面的传输过程	218
四、水-沉积物界面的物质交换模型	226
第三节 水体沉积物的化学污染与质量演变	229
一、沉积物污染状况	230
二、沉积物污染质量评价	233
思考题	235
主要参考文献	236
第六章 大气污染生态化学	238
第一节 化学污染物的土-气、水-气界面过程	238
一、大气中的化学污染物	238
二、土-气界面的污染物迁移转化	238
三、水-气界面的污染物迁移转化	240
第二节 大气化学污染对森林和农作物体系的生态影响	241
一、对植物和自然生态系统的影响	241
二、气态污染物对森林和农作物的影响	245
三、生态系统响应	247
第三节 城市生态系统中的大气化学污染及其生态响应	248

第四节 居室大气污染及其对人体健康的生态化学胁迫	252
一、概述	252
二、室内空气化学污染定义及特征	253
三、常见的室内空气化学污染物质与危害	255
思考题	261
主要参考文献	261
第七章 化学污染物的宏观生态化学过程与机理	264
第一节 化学污染物的多介质、多界面传输过程与机理	264
一、多介质环境	264
二、典型化学污染物的多介质、多界面迁移过程	266
三、数学模型	271
第二节 全球水平上化学污染物的迁移转化与全球变化	276
一、POP 的全球迁移与归趋	276
二、全球性大气污染	284
思考题	288
主要参考文献	288
第八章 化学污染的生态毒理过程与分子机理	291
第一节 化学污染物的生物有效性	291
一、生物有效性的概念	291
二、生物有效性的影响因素	292
三、生物有效性与生物毒性的关系	293
四、重金属的生物有效性	294
五、化学污染物生物有效性的研究进展	301
第二节 化学污染物对生态系统的急性暴露过程与微观反应机理	303
一、污染物的急性暴露过程	303
二、化学污染物的生物转运	304
三、化学污染物的生物转化	310
四、化学污染物毒性效应的微观反应机理	313
第三节 低剂量、长时间化学暴露的生态毒理效应及其分子机理	318
一、化学污染物的遗传毒性	318
二、化学污染物的生殖与发育毒性及分子机理	325
三、化学污染物对生物多样性的影响	331
第四节 污染胁迫下新型疾病的发生与分子毒理	332
一、环境污染与儿童肿瘤	333
二、我国恶性肿瘤高发原因	333
三、污染胁迫下肿瘤发生的分子机理	334

四、与环境污染直接相关的疾病·····	341
五、与环境污染间接相关的疾病——基因突变导致的新型疾病·····	344
思考题·····	351
主要参考文献·····	351
第九章 复合污染生态化学及其机理·····	354
第一节 复合污染概念的内涵与基本形式·····	354
一、复合污染概念的内涵·····	354
二、复合污染的基本形式·····	361
第二节 复合污染生态效应·····	364
一、复合污染生态效应类型及其影响因素·····	364
二、复合污染生态效应的机理·····	368
第三节 新概念:互作态·····	371
一、“互作态”概念·····	371
二、“互作态”的生态效应·····	373
第四节 复合污染生态效应的矢量特性与“协同/拮抗作用”的科学 定义·····	373
一、复合污染生态效应的矢量特性·····	373
二、“协同/拮抗作用”的科学定义·····	378
第五节 复合污染生态效应的“危害延时”与“危害增时”现象·····	380
一、“危害延时”·····	380
二、复合污染生态效应中的“危害延时”现象·····	381
三、“危害延时”与指示生物·····	383
四、“危害增时”现象·····	384
第六节 复合污染生态效应与污染物之间的复杂关系·····	384
一、浓度组合关系的支配作用·····	384
二、生物种类及生态系统类型的影响·····	390
三、生物作用部位的影响·····	393
思考题·····	396
主要参考文献·····	397
第十章 污染控制生态化学:处理、修复与控制·····	401
第一节 化学污染物的生物降解与解毒过程·····	401
一、自然界难降解物质的生物降解与解毒过程·····	401
二、烃类化合物的生物降解与解毒过程·····	402
三、合成有机化合物的生物降解与解毒过程·····	404
四、无机污染物的生物转化·····	408
第二节 水环境污染控制与生态修复·····	411

一、水体污染的控制与修复	411
二、废水生物控制技术	440
第三节 废气污染的生物控制	449
一、废气的处理方法	449
二、SO ₂ 的净化处理	450
三、NO _x 的净化处理	453
第四节 固体废弃物生物处理技术及其资源化	454
一、固体废弃物的来源及分类	454
二、固体废弃物的生物处理	455
三、固体废弃物的资源化	460
第五节 污染土壤的生态化学与生物修复	462
一、污染土壤的生态化学修复技术	463
二、污染土壤的生物修复技术	469
三、污染土壤生态化学修复案例研究	472
第六节 生态化学污染阻控新方法与新技术	481
一、转基因技术	481
二、矿物学修复技术	484
三、固定化技术	487
四、磷酸盐修复技术	490
思考题	491
主要参考文献	492
第十一章 化学品污染的生态风险评价	495
第一节 生态风险和生态风险评价	495
一、化学品污染	495
二、生态风险评价	496
三、生态风险评价的发展	498
第二节 生态风险评价的程序和内容	499
一、生态风险评价的程序	499
二、生态风险管理	501
第三节 问题描述	502
一、受体	502
二、终点	503
第四节 暴露分析	505
一、化学品的环境暴露	505
二、多介质环境污染	505
三、环境暴露模型	507

四、化学品的人体暴露	508
第五节 效应分析	509
一、效应分析的定义	509
二、生物效应	510
三、生态模型	515
四、毒性外推模型	517
第六节 风险表征	523
一、风险表征及其内容	523
二、风险表征方法	523
第七节 生物标志物	527
一、生物标志物的定义	527
二、生物标志物的种类	528
三、生物标志物在生态风险评价中的应用	531
四、低剂量刺激作用	532
第八节 环境基准	534
一、环境标准与环境基准	534
二、基于生态风险评价的土壤环境基准	535
三、“三合一”的土壤环境质量评价	535
四、工业企业土壤环境基准	536
五、污染土壤修复标准	537
思考题	539
主要参考文献	539