

我国农业面源污染的本 本质与归宿

杨育红 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

我国农业面源污染的本 本质与归宿

杨育红 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书从污染全生命周期的整体观和生命共同体的大环境观论述我国农业面源污染产生的表象和根本原因；通过阐述热力学第一、第二定律和自然—社会系统中的生物地球化学循环理论，深刻理解农业面源污染的发生—发展—发生作用的常规路径；最后以保护和改善环境质量为目标导向，从全局角度和系统工程科学方向寻求农业绿色发展，实现我国面源污染的最佳归宿。

本书可供涉水、涉农相关专业的高校院所科研人员、本科生、研究生温习专业常识；帮助行业部门管理人员、环保企业技术人员，以及社会公众树立大保护的整体观和系统论，为普及科学思维、提高科学素养贡献微薄之力。

图书在版编目（CIP）数据

我国农业面源污染的本质与归宿 / 杨育红著. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2020. 12
ISBN 978-7-5170-9212-4

I. ①我… II. ①杨… III. ①农业污染源—面源污染—污染防治—研究—中国 IV. ①X501

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第241753号

书 名	我国农业面源污染的本质与归宿 WO GUO NONGYE MIANYUAN WURAN DE BENZHI YU GUI SU
作 者	杨育红 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	清淞永业(天津)印刷有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 17.25印张 273千字
版 次	2020年12月第1版 2020年12月第1次印刷
印 数	001—800册
定 价	98.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言



农业是立国之本，强国之基。我国农业发展正徘徊在是跟随欧美现代石油农业还是发扬中国朴素生态农业的十字路口。在经济高速发展转向高质量发展大背景下，在“创新、协调、绿色、开放、共享”新发展理念引导下，在统筹推进“五位一体”总体布局的战略高度下，为响应国家“粮食和食品安全”“水安全”“城市黑臭水体整治”“乡村振兴”“美丽中国”“美丽乡村”建设等重大需求，深化认识“绿水青山就是金山银山”的价值理念，践行新时期“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水兴水新思路，亟待解决农业生态环境突出问题，特别是要加大、加强农业面源污染治理。

当前，我国农业面源污染研究态势呈现出区域百花齐放、内容百家争鸣、专业背景复杂多样、学科多元交叉等特点，考虑到我国环境治理的攻坚战将在农村，水利工程、农业工程、环境工程必将交叉汇集到农村，广阔天地，大有作为。无视农业面源污染治理的重要性必然影响到我国

全面建成小康社会目标的实现。

本书是作者近 20 年从事农业面源污染防治相关专业学习、科学研究、教育教学工作实践和交叉融合的思考和探索。本书得到华北水利水电大学管理科学与工程学科资助出版。全书分为两部分共九章，第一章为自然规律，介绍了环境学原理、科学思考和系统思考方法；第二章介绍了环境伦理观念的确立和层次；第三章介绍了水文、营养物质循环和能量流；第四章介绍了水污染种类和我国农业发展现状以及农业生产中的面源污染；第五章研究了农业生产的外部效应演变；第六章总结了我国农业面源污染管控制度及环境政策；第七章梳理了面源污染负荷量化工具；第八章展示了我国农业面源污染控制技术；第九章探讨了农业绿色发展的内涵、技术导则和意义。

农业面源污染成因复杂，污染治理涉及环境科学、环境工程、土壤学、气象学、农田水利、哲学、社会学、系统论等学科、领域，作者对部分领域研究认识水平有限，书中不妥、不周、不到之处在所难免，敬请广大读者不吝指正。希望本书对所有致力于水环境污染防治、农业面源污染控制的人士有所裨益。

编者

2020 年 11 月

目录



前言

第一部分 理论篇

第一章 自然规律 // 3

- 第一节 环境学原理 // 4
 - 一、基本概念 // 4
 - 二、生态系统 // 9
 - 三、农业生态系统 // 10
 - 四、环境问题 // 16
- 第二节 科学思考 // 18
 - 一、科学素质 // 18
 - 二、科学方法 // 20
 - 三、科学的局限性 // 27
- 第三节 系统思考 // 28
- 参考文献 // 31
- 推荐阅读 // 32

第二章 环境伦理 // 35

- 第一节 环境伦理观念的确立 // 36
 - 一、自然观 // 36
 - 二、环境伦理学 // 37
- 第二节 环境态度 // 46
 - 一、发展伦理 // 46

二、保护伦理	// 47
三、保持或管理伦理	// 48
第三节 环境伦理层次	// 48
一、社会环境伦理	// 49
二、企业环境伦理	// 50
三、个人环境伦理	// 55
四、全球环境伦理	// 59
第四节 环境公平	// 61
一、环境公平的发展	// 61
二、环境公平及其执行	// 64
参考文献	// 65

第三章 物质和能量循环 // 67

第一节 水文循环	// 68
一、概念及过程	// 68
二、人类对水文循环的影响	// 69
三、水的利用种类	// 71
第二节 营养物质循环	// 74
一、碳循环	// 74
二、氮循环	// 76
三、磷循环	// 78
四、人类对营养物质循环的影响	// 79
第三节 能量流	// 80
一、食物链	// 81
二、能量及热力学定律	// 81
三、生态系统中的能量流	// 83
四、能量流的环境含义	// 84
参考文献	// 86

第四章 水体污染 // 87

第一节 水污染种类和水污染源	// 88
一、水资源	// 88
二、水体的概念	// 90

	三、天然水的物质组成	// 91
	四、水体的自净作用	// 92
	五、水质指标与水质标准	// 93
	六、水污染	// 98
第二节	我国农业发展现状	// 105
	一、粮食生产	// 105
	二、秸秆和畜禽养殖废弃物	// 107
	三、农业化学品施用	// 110
	四、过量施用的危害	// 115
第三节	农业生产中的面源污染	// 118
	一、土壤及土壤侵蚀	// 119
	二、农田灌溉及尾水排放	// 124
	参考文献	// 128

第五章 农业生产的外部效应演变 // 131

第一节	环境是一种经济资产	// 132
	一、从物质守恒的角度审视问题	// 132
	二、环境输出	// 134
第二节	外部效应理论	// 135
	一、产权	// 135
	二、公共物品	// 136
	三、公共财产资源	// 136
	四、外部效应	// 137
第三节	传统农业与现代农业	// 139
	一、传统农业的实施情况	// 139
	二、现代农业的主流做法	// 142
	三、有机农业的发展趋势	// 153
第四节	农业活动的负效应	// 156
	一、食品安全问题	// 156
	二、生态环境损失	// 158
	三、农业面源污染解析	// 160
	参考文献	// 162

第二部分 实践篇

第六章 农业面源污染管控制度 // 167

- 第一节 我国农业面源污染管理主体 // 168
 - 一、农业农村部 // 168
 - 二、生态环境部 // 171
 - 三、水利部 // 176
 - 四、住房和城乡建设部 // 179
- 第二节 农业面源污染防治制度保障 // 182
 - 一、我国应对农业面源污染的法律法规 // 183
 - 二、我国防治农业面源污染的文件及行动 // 189
 - 三、小结 // 196
- 参考文献 // 197

第七章 面源污染负荷量化 // 199

- 第一节 输出系数模型 // 200
 - 一、模型结构 // 200
 - 二、参数确定 // 202
- 第二节 实证模型 // 205
- 第三节 机理模型 // 206
- 参考文献 // 214

第八章 农业面源污染控制技术 // 217

- 第一节 节水灌溉技术 // 218
 - 一、工程节水灌溉技术 // 218
 - 二、农艺节水技术 // 219
 - 三、管理节水技术 // 220
- 第二节 化肥农药减量技术 // 222
 - 一、化肥使用零增长技术 // 223
 - 二、农药使用零增长技术 // 226
 - 三、成效 // 228
- 第三节 “三基本”综合利用技术 // 229

一、畜禽养殖废弃物资源化利用	// 229
二、农用地膜回收再利用	// 230
三、农作物秸秆资源化利用	// 231
第四节 农业退水及养殖废水处理	// 233
一、农田退水处理	// 234
二、养殖废水处理	// 235
三、氮磷污染防治	// 237
四、耕地重金属污染治理	// 238
参考文献	// 239

第九章 农业绿色发展 // 241

第一节 概述	// 242
一、绿色发展内涵	// 242
二、着力解决突出问题	// 243
三、农业绿色发展五大行动	// 245
第二节 绿色发展技术导则	// 247
一、发展目标	// 247
二、主要任务	// 248
第三节 绿色发展的意义	// 260
第四节 你我有责	// 263
参考文献	// 264

第一部分
理论篇



马克思主义哲学认为，懂得了客观世界的规律性并且能够解释世界不是十分重要的问题，重点在于用这种对客观规律性的认识去能动地改造世界。

污染是资源的时间、空间错位。20世纪60年代，蕾切尔·卡逊的《寂静的春天》犹如一声惊雷，唤醒了当代人的环境保护意识。环境污染以农药撒播这种典型的面源形式得到世人关注，而在与环境污染斗争的过程中，农业面源污染因其潜在性、隐蔽性、顽固性、艰巨性、综合性等特点，成为我国乃至世界环境污染治理领域的顽瘴痼疾。

农业面源污染的产生不是人们生产、生活行动的本意。人们的认识经历了“吃了祖宗饭，断了子孙路”而不自知的第一阶段；只考虑自己的小环境、小家园而不顾他人，以邻为壑，有的甚至将自己的经济利益建立在对他人环境的损害上的第二阶段；真正认识到没有地区性环保问题，认识到人类只有一个地球，地球是我们的共同家园，保护环境是全人类的共同责任，生态建设成为自觉行动的第三阶段。

处境决定立场，理论指导实践。第一部分理论篇共有五章，介绍了自然规律（包括必要的科学思考和系统思考）、环境伦理、物质和能量循环、水体污染、农业生产的外部效应演变，为实践篇的各章讨论奠定理论基础。

第一章 自然规律

“

你善待环境，环境是友好的；你污染环境，环境总有一天会翻脸，会毫不留情地报复你。这是自然界的客观规律，不以人的意志为转移。

——习近平





第一节 环境学原理

一、基本概念

自然是生命之母，人与自然是生命共同体。了解基本环境学概念，有助于理解环境问题的产生根源。

(一) 环境

环境是个非常广义的概念。在生物体的生命周期内，影响生物的任何事物总称为环境（environment）。反过来说，所有生物，包括人类，在其所存在的环境中，又会对其他许多组分产生影响。在生命周期内，动物（例如狗）可能与上百万的其他生物（细菌、食物有机体、寄生虫、配偶、掠夺者）发生相互作用，饮用大量的水，呼吸大量的空气，并对每天变化的温度和湿度作出反应。这仅仅列出了狗这种动物的生存环境中的各种成分。因为环境的复杂性，将环境的概念进一步分为非生物因子（abiotic factor）和生物因子（biotic factor）。

1. 非生物因子

非生物因子又可分为能量、非生物质以及涉及非生物质与能量之间相互作用的过程。所有生物都需要能源来维持生命。几乎所有生物的最终能源是太阳。对于植物，太阳直接供给它们维持生命所需的能量，动物通过食用植物或其他以植物为生的动物来获得能量。最终，一个区域能够存在的活的有机体的量，取决于该区域内植物、藻类和细菌所能捕获的太阳能的量。

所有形式的生命都需要碳、氮、磷等元素以及水等分子，以构建和维持自己的生命。生物不断地从它们所处的环境中获取这些物质。这些原子

在短期内就成为生物体结构的一部分，最终，它们都通过呼吸、分泌或死亡与分解回归到环境中去。

生物栖息空间的结构和位置，也是重要的非生物环境。有些生存在树根，有些则生存在更高的树干中；有的生存空间处处相同、一马平川，有的生存空间怪石林立、形态各异；有的靠近赤道，有的则在极地附近。

重要的生态过程都涉及物质和能量间的相互作用。一个地区的气候涉及太阳辐射能与构成地球的物质之间的相互作用。气候类型由多种不同的因素决定，包括太阳辐射的量、离赤道的远近、盛行风的特征以及离水体的远近。在一个地区，阳光的强度和持续时间是引起日温度变化和季节性温度变化的主要原因。同时，温差产生风，太阳辐射还会产生洋流，使水蒸气进入大气，随后形成降水，降水有雨、雪、冰雹和雾等形式。而且，降水具有季节性模式。土壤的形成过程受盛行的天气特征、当地的地形以及该区域的地质史等因素影响。这些因素相互作用，形成各种各样的土壤，如砂土、壤土、瘦土、沃土以及颗粒细微的湿土等。

2. 生物因子

生物生存环境的生物因子包括与之相互作用的所有的生命形式。广义的分类包括：进行光合作用的植物、以其他生物为食物的动物、引起腐烂的细菌和真菌、致病的细菌病毒和其他寄生生物以及其他相同物种的个体。

3. 立法需要的环境概念

为了适应立法时技术上的需要，世界各国的环境保护法规中，往往把环境要素或应保护的對象称为环境。《中华人民共和国环境保护法》^A“第二条 本法所称环境，是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、湿地、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景

A 1989年12月26日，由《中华人民共和国环境保护法》在第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过，于2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，自2015年1月1日起施行。



名胜区、城市和乡村等”，以法律的语言准确地规定了应予保护的环境要素和对象。

从哲学概念上讲，与某一中心事物有关的周围事物，就是该中心事物的环境。二者构成了矛盾的两个方面，二者之间经常进行着物质、能量和信息的交流。

（二）限制性因素

生物以多种方式与其外界环境相互作用，对某种生物的生存来说，其中某些因素是至关重要的。缺少这些因素将限制某些物种的生存，因此，这些因素称为限制性因素(limiting factor)。限制性因素既可以是非生物的，也可以是生物的，不同的物种相差很大。

许多植物受水分、阳光或某些特殊的土壤养分的限制。氮(N)、磷(P)作为植物体内重要的生命元素，可以限制生态系统的初级生产力，并在植物群落中起重要作用。由于自然界中氮和磷元素的供给往往受限，因而成为生态系统中两个关键的限制性因子。“最小因子定律”认为，氮和磷的含量低于特定的N:P时，植物受N限制；高于此N:P时，植物受P限制；当实际N:P等于此特定比值时，植物的生长受N和P的同时限制。

动物可能受气候或获取某种食物的难易度限制。例如，许多蛇和蜥蜴只能在较温暖的地区生活，因为它们很难在寒冷的环境中维持其体温，从而无法度过漫长的寒冷季节。例如，大熊猫受竹子、水源和地形的影响，主要分布在中国的四川和陕西两省。

许多鱼类的限制性因素是水中的溶解氧。湍急、树木成荫的山区河流中，溶解氧含量高，是鲑鱼生活的有利环境。随着河水顺山势流动，河床坡度变得平缓，拍打岩石而使水体充氧的湍流变少。另外，随着河流变宽，河流两岸树木稀少，更多的阳光直射河流，使水温上升，溶解氧含量降低。因此，与流速高、水温低的河流相比，流速低、水温高的河流的溶解氧含量低。黑鲈、大眼鲱鱼因为能够忍耐低的溶解氧和较高的水温，从而可以适应这种环境。在这种条件下，鲑鱼则不能生存。每种鱼类，对溶

解氧和水温都有其特定的耐受范围（range of tolerance）。因此，低含量的溶解氧和高的水温是鲑鱼分布的限制性因素。

其他因素，如淤泥的多少，也会影响某些鱼类的生存。因为淤泥降低了水体的能见度，使鱼类难以觅食，淤泥还覆盖了鱼类适宜产卵的砾石河床。进入水体中的阳光减少，也会减弱光合作用，这对水体中氧的含量则有重要影响。因为淤泥使水的颜色变深，而水中的颗粒物吸收阳光，使水温上升。在这些条件下，更能忍耐高水温和低溶解氧的鲑鱼、大头鱼和鲤鱼就取代黑鲈、大眼鲂鱼在淤泥含量高的水体中较好地生存下来。例如，黄河大鲤鱼在沙多的黄河水中得以生存，并成为与淞江鲈鱼、兴凯湖大白鱼和松花江鳊鱼齐名的我国四大名鱼之一。

（三）生境和小生境

环境影响生物，生物影响环境。生物的生境（habitat）是生物栖息的地方，生物生活在这个空间。我们在描述生物的生境时，倾向于强调它们生存环境中突出的自然或生物特征，如土壤类型，可利用的水、气候条件或该地区存在的主要的植物类型。例如，苔藓是一种小植物，必须被一层水膜覆盖后才能繁殖。此外，许多种苔藓，如果暴露于阳光、风的环境中及土壤干旱，将会脱水并死亡。因此，苔藓的典型生境可能是阴凉和潮湿的（图 1-1）。同样，水流湍急、阴凉和充氧好，并有许多底栖昆虫的溪流，是鲑鱼的理想生境。辽阔的稀疏大草原，则是野牛、野狗和许多种鹰和隼所偏爱的生境。榆树皮甲壳虫仅居住在有榆树的地方。一种生物的特定生物要求，决定了它可能的生境。

生物的小生境（niche），也称生态位，是指它在环境中的功能性作用。小生境的描述包括所有影响生物的途径，通过这些途径生物与自然环境如何相互作用，以及生物如何改变自然环境。另外，小生境的描述包括所有与生物相关的事件。

蒲公英是我们熟悉的植物，它通常侵入一些扰动的地区。另外，它是多种草食动物的食物，当其叶子被除去后，可迅速重新生长。