主　编　林成谷（山西农业大学）
副主编　王广寿（华南农业大学）
编　者　吴启堂（华南农业大学）
　　王志亚（山西农业大学）
　　杨振强（天津农学院）
主审人　颜方乔（天津农业环保监测科学研究所）
审稿人　赵景逵（山西农业大学）

全国高等农业院校教材

土壤污染与防治

林成谷　主编

作物　农经　环保　土化　气象　畜牧等专业用

中国农业出版社

前　言

由于工矿业三废的超标排放，农药化肥用量剧增，乡镇企业排放量的增加，污灌面积的扩大，土壤污染日益严重，不仅影响到农作物的生长发育，也影响林草植物的正常生长，特别是在粮食、果蔬、畜产品中农药和重金属的超标含量影响到人类的健康，成为生物环境恶化的重要威胁。目前对环境污染的注意和防治主要集中在大气和水体，而对土壤污染的隐蔽性、持久性、稳定性和危害性还认识不够。土壤遭受污染既恶化农业环境，又破坏土壤资源，降低土壤肥力，是影响人类生存和子孙后代的公害。为了引起社会对土壤污染的重视积极采取相应的防治措施，同时也为土壤科学工作者和有关的科技人员提供关于土壤污染的来源，防治的理论和措施，改善农业环境的知识和技能，拓宽农业院校学生的知识面，更有效地为农业现代化作贡献，经1988年12月全国高等农业院校教材指导委员会第一次全体会议审批，决定由山西农业大学林成谷主编《土壤污染与防治》教材，纳入农科本科“八五”教材计划。

参加编写人员有华南农业大学王广寿教授、吴启堂副教授、天津农学院杨振强讲师、山西农业大学林成谷教授、王志亚副教授。

本书除绪言外分为七章，绪言中简要阐述土壤是自然环境的重要组成部分，由于土壤资源和能源的不合理开发利用以及工业三废的超标排放导致土壤的污染和恶化，同时介绍环境科学的概念和农业环境保护的政策和任务，防治土壤污染、保护土壤资源是当前不可忽视的环境问题。第一章扼要介绍环境科学的基础理论，环境科学是建立在研究环境与生物的关系及其生态学基础而发展起来的，环境与生物共同构成生态系统，通过生态系统中生产、消费和分解使物质和能量不断循环保持生态系统的平衡关系，为生物的生存发展创造出良好的生态环境。当环境污染超过生物的自净能力，以及生态平衡遭受破坏，特别是土壤受到污染以后，无论对农作物的产量、品质从而对人畜的健康和生命均将受到影响和威胁。生态学为保持和恢复生态平衡，创建适合生物生存发展的良好环境提供了理论基础。第二章介绍环境污染所发生的各种危害，简要介绍当今世界和我国环境污染的现状，污染物在人体中毒害的机制、转化和受害的各种症状。同时简要介绍主要污染物对农作物、畜牧业、水产及果林的危害情况。明确不保持良好的环境，不重视污染的防治将对人类带来无穷的后果。第三章主要介绍污染土壤的污染源、污染物及污染源对土壤污染的评价。扼要介绍主要污染物及其来源的工业污染源、农业污染源和交通运输，在工业污染源排放的污染物中重金属污染土壤所带来的危害最为严重，农业污染源主要介绍了化肥、农药、塑膜及污水灌溉，并对污灌进行了评价。为了掌握不同污染源对环境的危害程度，明确防治重点，有目的地分清缓急进行监测和治理，对污染源进行必要的评价。第四章系统介绍土壤的理化生物性状与污染物吸收、转化等的关系，重点介绍了主要重金属化合物、农药、化肥、除草剂及塑料制品在土壤中的转化和残留，为治理土壤污染提供理论及实践依据。第

五章主要论述土壤资源的保护，土壤资源是人类赖以生存和发展的生产资料，保护土壤资源不受破坏是十分紧迫的问题，本章着重论述了土壤资源遭受破坏的现状，包括耕地减少，植被破坏，水土流失，草原退化，沙化严重，盐渍化有待控制，特别是污染面积日益扩大等都是使土壤资源遭受破坏有待积极治理的严重问题，合理利用保护土壤资源，珍惜每寸国土是当务之急。第六章重点介绍防治土壤污染的途径和措施，首先是控制三废的超标排放，积极进行污水处理，加强污灌的监测和管理，其次是控制和合理使用化肥农药，清除农用塑膜的残留，特别是要充分发挥土壤本身的净化作用，通过施用化学物质，施用有机肥，调整耕作制和耕作措施使污染物毒害得以减轻和消除。最后一章主要介绍土壤环境质量评价，扼要阐明环境质量的定量指标，污染物确定，污染等级划分及防治土壤污染、发展生产的意见。

根据我国当前土壤污染的现状和前景，本书内容及所涉范围可以基本上满足高等农业院校各类专业扩大知识面增加专业技能的要求，还可作中等农校、有关生产单位和科研单位的参考用书。本书尽量争取做到能反映当前土壤污染的实际，但土壤污染涉及范围极为广泛，它不仅与农、林、牧、园艺、水产关系密切，而且是保健、卫生、医疗、食品、加工等部门极为关注的问题，有关研究工作正在大力开展，在收集和编写中肯定存在疏漏和错误，热忱希望读者及时指出，以便在教学实践中加以纠正。

本书在编写过程中得到有关院校党政领导的关怀和支持，并得到有关专家的帮助，使本书得以完成，特此表示谢意。

林成谷

1994 年 7 月

目　录

前言
绪言 …… 1
一、土壤是自然环境的重要组成部分 …… 1
二、环境科学的概念和环境保护的任务 …… 4
第一章　生物之间及其与非生物环境之间的相互关系——生态学基本知识 …… 9
一、生态学的基本知识 …… 9
二、生态平衡 …… 13
三、生态学与环境保护 …… 21
第二章　环境污染与危害 …… 24
一、世界及我国环境污染现状 …… 24
二、污染物对人体的危害 …… 29
三、主要污染物对农业生产的危害 …… 34
第三章　土壤污染源 …… 44
一、污染源及其主要污染物 …… 44
二、土壤污染源评价 …… 53
三、污染源调查评价在环境管理中的作用 …… 57
第四章　土壤理化生物性状与污染物的转化 …… 59
一、土壤性状与土壤污染的关系（机制） …… 59
二、主要重金属在土壤中的形态和转化 …… 65
三、主要农药在土壤中的转化和残留 …… 80
四、主要化肥在土壤中的转化和固定 …… 87
五、塑料制品在土壤中的转化与残留 …… 92
第五章　土壤资源的保护 …… 94
一、我国土壤资源的特点 …… 94
二、我国土壤资源利用中存在的问题 …… 95
三、合理利用保护土壤资源，珍惜每寸国土是当务之急 …… 99
第六章　土壤污染的防治 …… 103
一、控制工业和城市三废的排放 …… 103
二、合理使用农药、化肥、薄膜等农用物资 …… 113
三、污染土壤的治理利用 …… 118
第七章　土壤环境质量评价 …… 127
一、环境质量评价及其意义 …… 127

二、土壤环境质量定量指标 …… 129
三、主要污染和污染物的确定 …… 131
四、环境质量现状评价和污染等级划分 …… 132
五、环境质量影响评价和发展生产的意见 …… 136
附录 …… 142

绪　言

一、土壤是自然环境的重要组成部分

自然环境是指人类和一切生物所接触的一切外界环境条件，它是人类和一切生物赖以生存的自然生存条件，任何生物不可能脱离环境而单独生存。环境是一切生物外界条件，因此它是多方面的。中华人民共和国环境保护法规定：环境是指大气、水体、土地（土壤的整体）、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景旅游区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等15个方面，此外还有人类基本不能控制的太阳幅射、地磁、星际空间、宇宙物质等。人类和一切生物就是在这些外界环境条件下生存和发展，其中任何一种条件的变化都会对人类和一切生物的生存、发展、社会经济的发展产生直接和间接的影响。人类和一切生物的生存、生活、社会的发展需要一个适宜和优良的环境，为了保护和创造一个适宜和优良的环境，近几十年逐步形成了一门学科，即环境科学或环境保护学。土壤是环境中重要组成部分，它是植物生产不可分离的环境，又是人类和畜禽赖以生存的能源基地。土壤条件是否适宜于植物的生长发育，能否满足植物生活所需的一切条件，关键决定于土壤自然肥力和人类生产活动对土壤的影响。由于人类的生产活动存在不合理的方面，如破坏植被加剧水土流失和沙漠化的发展，不合理灌溉使次生盐渍化不断扩大，特别是工业生产中三废的超标排放导致土壤的污染，使土壤肥力下降，增加了土壤有害物质的含量，恶化了植物生长发育的外界环境条件，它不仅降低了植物生产的量和质，而且严重影响人类和畜禽的健康，因此，土壤污染成为一项公害。在环境科学中，土壤污染的防治已日益为人类所重视，土壤污染与防治已逐步形成一门单独学科，它是土壤学与环境科学交叉的学科，它研究土壤污染的起源和近况，变化过程和规律，污染物对土壤性质的影响，污染物在土壤中的迁移转化，污染物对人类和畜禽健康的影响，防止和治理土壤污染的理论和措施，从而为保护和改善土壤环境提供科学依据。

人类生产活动，包括农业和工业的生产活动为人类千百年来提供人类生存、生活所需要的粮食、衣着和其它一切生活、生产资料，使人类得以世世代代绵延生存。但由于科学知识的限制，缺乏预见性，不可避免的在土壤资源的开发利用上，在能源资源的使用上带来了破坏土壤资源的副作用，从而为人类带来了灾难，主要表现为：

1. 土壤资源不合理开发，导致土壤资源破坏，生态平衡失调，土壤肥力下降，恶化了土壤环境。长期以来，由于人口无计划的大量增长，人多地少的矛盾特别突出，我国耕地占世界耕地仅7%，而人口却占全世界人口22%。为了生存采取了大量毁林开荒，植被遭到严重破坏，土地表面失去保护，加上陡坡开垦，造成严重的水土流失，使肥沃表土大量冲蚀，耕地不断破坏，形成千沟万壑，据全国农业环境质量状况及发展趋势调查报告（农业部环境监测总站，1991，以下简称调查报告），目前全国水土流失总面积已达180万平方公里，比解放初期增加了20%。丘陵缓坡地区因无植被保护受到严重风蚀，大片耕地逐步

沙化，形成风沙土。由于水蚀风蚀，不能保水保土，导致土壤旱化，沙化、贫瘠化，最后形成沙漠，丧失生产力。据联合国环境规划署1984年统计，全世界沙化面积已占耕地面积的25%，且以每年5万平方公里的速度增长，本世纪末将达到35%，约一百个国家、总人口的25%受到影响，将造成粮食短缺，社会不安定和骚乱，影响到世界和平。据调查报告，我国北方沙漠戈壁等沙漠化土地面积已达149万平方公里，且还在不断扩展，每年约增加1560平方公里。再加上乱占耕地现象尚未完全控制，据农业部统计，1979—1987年间，我国共减少耕地350万公顷。山西省1954—1982年减少耕地80.7万公顷，安徽30年间减少耕地100万公顷，江苏1955—1980年减少耕地127.4万公顷。乱占耕地现象如不加以制止，赖以生存的土地将无法应付12亿人口生存的挑战。

由于植被破坏所造成的水土侵蚀，导致水旱灾害不断发生。黄河流域由于植被稀少，黄土特性和黄土地貌特点，洪峰规模大，达每秒4—8立方米，在暴雨期大大增加了泥沙含量，使黄河河床不断淤高，造成特大洪水灾害，根据统计黄河特大洪水灾害大约30年为一周期。1933年黄河中游暴雨，输沙量高达39.1亿吨，下游50余处决口，陕西、河南、山东受灾面积达8000平方公里。此外长江、淮河、海河流域所发生的特大洪涝灾害，无不因水土流失使泥沙含量增加，淤积河床和湖泊，使洪水在短期不能渲泄而导致的后果。

此外，由于渠系渗漏、灌溉不合理、渠系不配套的多种原因，导致土壤次生盐渍化的发生，肥力下降，破坏了土壤资源。我国盐渍土面积达2670万公顷，其中耕地约占800万公顷，次生盐渍化占三分之一以上，成为我国北方主要的低产土壤。虽然在近20年预防和治理土壤次生盐渍化取得了明显的成效，如黄淮海平原旱涝盐碱的综合治理，江、浙、鲁、冀的海涂开发，吉林改良苏打盐土等。但当前还存在大面积未经彻底治理的盐渍化土壤，如山西雁北地区虽然已经治理多年，但仍未改变低产的面貌，此外还有不少地区仍在发展，如新疆现有次生盐渍化耕地110万公顷，比50年代增加三分之一以上，近10年来由于次生盐渍化而弃耕的就达13.3万公顷。

以上情况说明了由于人类生产活动的不尽合理，导致土壤资源遭到一定程度的破坏，使植物生长发育所不可缺少的优良土壤环境恶化，使人类的生存、发展受到了严重的挑战。

2. 能源的开发利用导致环境问题的出现。 各种能源的开发利用是当前进行工农业生产、发展第三产业和改善人类生活所不可少的。由于工农业生产的发展，在某些工业部门消耗大量的能源，特别是重工业、电力、轻纺工业、机械、化工、医药、运输等部门需要量更大。所谓能源主要指能供给热量以满足一切需要热量、动能的材料，如煤炭、石油、太阳能、水能、风能、地热、核能和柴草等植物性燃料。目前在工农业生产中消耗最多的是煤和石油；通过煤和石油的燃烧为各行各业提供需要的电能、动能、热能，并为人类生存、生活提供保证，因此能源消耗量的多少已成为人类进步的标志。

但能源的耗费所带来的副作用也是不能低估的，在能源的燃烧过程中产生大量的废气、悬浮物和大量的固体废弃物和废热，其中不少有害的气体和重金属化合物，直接污染了大气、水体和土壤。当环境中累积的污染物达到一定程度后，就会直接影响人畜的健康，通过水体和土壤又会间接影响人畜，因此能源的大量消耗逐步产生了环境问题。

能源燃烧过程中将产生各种有害气体和粉尘，如SO_2、CO_2、CO、NH_3、H_2S、HF、NO_x、CH_x、O_3、Cl_2、F_2和酸蒸气、煤焦油、酚、苯等气体；固体粉尘包括煤尘、粉煤灰、铅尘

等。山西省系重工业基地，每年有360万吨SO_2、烟尘、CO_2、CO、NO_x等排入大气，太原工业集中成为大气污染极为严重的城市。

由于大气中CO_2浓度的急剧增高，导致近大气层温度上升，产生温室效应(Green house effect)。据日本气象厅气象研究所的最近研究，50年后鄂霍次克海海域的气温将升高4℃，世界平均气温将比目前升高1.2℃，使两极冰雪融化，海平面上升20—165厘米，不少滨海陆地和海岛将被淹灭。大气中一部分有害气体如NO_x和烃类等一次污染物在太阳紫外线的照射作用下，产生一系列光化学反应，生成臭氧、过氧乙酰硝酸酯，高活性自由基(RO_2、HO_2、RCO等)、醛类、酮类和有机酸以及硫酸盐气溶胶等二次污染物，这些一次和二次污染物的混合物即是具有强刺激性的光化学烟雾(Photochemical smog)。这种烟雾危害极大，使人呼吸道受损以致死亡。工业发达国家过去由于不重视污染治理，曾多次出现光化学烟雾事件，造成大量人口中毒死亡。如1930年12月在比利时马斯河谷，1948年10月在美国洛杉矶，1952年12月在英国，以及在日本、加拿大、德国、澳大利亚、荷兰等国的一些大城市和我国的兰州均有发生。这种烟雾的危害性与逆温(Inversion)的存在有关。当由于大气运动，出现逆温现象时形成逆温层(Inversion Layer)。在中纬地区高度只有200—300米，低空中的气体污染物、气溶胶粒和水泡都难以通过逆温层向上扩散，加剧了危害性。重大烟雾事件都是在逆温层存在时发生的。酸雨的产生也由SO_2引起。SO_2在各种金属粉尘的催化下，氧化为SO_3，吸湿形成硫酸雾，NO_x形成硝酸雾，随降雨进入土壤，称之为酸雨。酸雨目前在世界各地普遍发生，为害极为严重，恶化土壤性质，植被中毒死亡，腐蚀建筑、铁道和名胜古迹。根据荷兰海莫、门廷赫报告，由于酸雨为害，1982年原西德56万公顷森林遭到毁灭，波兰10万公顷森林被破坏；使欧州4千个湖泊成为死湖，挪威百分之八十湖泊受到严重污染，荷兰、英国、原西德均造成严重的经济损失。据原西德医生的调查，每年导致2000至4000不满周岁儿童的死亡。我国有20个城市也发生了酸雨，在污染土壤环境的同时，直接危害人畜健康和植物的生存。

3. 工业的发展出现三废超标排放，导致大气、水体和土壤资源的污染。世界工业的发展，除上述由于能源本身的大量耗用，排放数量巨大的有害气体，直接污染大气、水体和土壤，使环境遭受到不同程度的破坏外，工业本身在生产过程中所产生的有毒废气、废水和废渣，未经处理直接向环境中排放，也是使环境遭到污染的重要原因。由于在自然条件下，环境对于有害物质的净化能力有一定的限度，不少国家和地区，由于有害物质不断累积，超出了自然净化的范围，导致由于环境污染而产生对于人畜、农作物、林木的危害事件不断出现，成为世界的公害。我国也随着工业的发展，三废的排放对于环境的影响也日益明显。特别是不少工矿企业的经营者对三废的排放所引起的后果缺乏认识，同时处理三废的资金不足，他们仅仅重视生产的发展，忽视三废的处理，因而不少厂矿任意超标排放。国家环境保护法确有明文规定，对三废的处理要做到三同时，即必需作到与生产设施同时设计、同时施工和同时投产，以保证三废得到处理。同时对超标排放的工矿企业将处以罚款。但不少企业存在宁肯受罚也不进行三废处理，不能正确对待国家、集体和个人的利益。由于三废的无节制地超标排放，致使大气、水体和土壤受到日益严重的污染，特别是所有污染物除一部分随大气漂流，随河流进入海洋湖泊外，最终的归宿在土壤中滞留。主要进入土壤的途径是地面水、灌溉水和地下水。这些水将污染物带入土壤，造成生态系统的破

坏。污染物通过食物链影响人畜的健康，同时恶化了农作物的生产环境，使农作物产量、品质受到影响，影响到农、林、牧生产的发展，对农业现代化带来严重问题。

我国北方地区由于缺水干旱，水资源缺乏，而废水却未经处理任意排放，实际是对水资源的浪费和破坏。为了充分利用水源，北方地区农民在50年代就开始利用污水进行灌溉。污水中含有各种有机、无机的有毒物质，特别是重金属的化合物，但由于含有丰富的氮素，一般含氮量相当于每1立方米含硫铵0.1—0.2公斤，在缺水缺氮的田地上，污水灌溉后获得明显的高产，因而污灌区得到迅速发展。据调查报告，目前全国污水灌溉农田面积已达到333.3万公顷，对于促进农业生产起到了有益的作用，但另一方面污灌所引起的后果虽然已引起有关部门和土壤科学工作者的重视，却尚未引起灌区农民普遍的注意，不少污灌区仍进行超额灌溉以致引入氮素过高，贪青倒伏，同时出现：品种退化、作物矮化、土壤退化的“三化”现象。一般污水中的有机污染物在土壤中通过各种物理化学生物作用可以得到分解而自净，但重金属会导致土壤的长期污染，很难消除，如酚、氰的化合物易被氧化不会形成稳定的污染，而重金属则较稳定，能长期构成土壤—植物系统的污染。因此在污水灌溉时应对重金属的污染予以特别的重视。不可图目前的利益而忽视长远的损害。目前一些污灌区已出现土壤镉污染致使形成“镉米”的危害，如沈阳张士污灌区生产大量的“镉米”，不能食用，影响了当地的农业生产。

据我国1982年统计(环境报)，我国未经处理的废弃排放量达到4100万吨，废水达310亿吨，废渣4亿吨，对环境的污染形成巨大的威胁。近年来由于乡镇企业的迅速发展，它们更接近农田环境，超标排放，使环境污染益加严重。由于三废的超标排放，我国目前的大江大河，从南至北均受到不同程度的污染，接近城市的河段，污染更为严重，它们成为土壤污染的来源。因此防治土壤的污染，不单是在污染地区进行，更应严格限制三废的超标排放，否则治标不治本只能是事倍功半。

二、环境科学的概念和环境保护的任务

1. 环境科学的概念。环境主要指的是自然外界条件，即自然环境，它是人类及一切生物赖以生存和发展不可分离的自然条件。自然环境是各种自然因素的综合，最主要的有太阳幅射、空气、水、土壤和各种生物所组成，在前节中已经提到的由《中华人民共和国环境保护法》所规定的15项内容，它是目前与人类和生物最密切相关的自然环境，称为法定环境。由于人类在生产活动中各种不符合环境保护的措施，对环境引起了破坏的影响，使环境逐步产生不适合人类和生物生存、发展的变化，甚至使各种自然条件遭到破坏。人类生产活动对环境的破坏是多种多样的，如前节已经介绍的砍伐森林，毁坏草原等所引起的水土流失，水旱灾害、土壤沙漠化、土壤次生盐渍化等对土壤环境的破坏，是人类不正确的生产活动，导致自食其果。特别是工业革命以来随着现代工业的发展，虽然给人类在物质生活方面带来众多的消费品，大大丰富了人类的物质和文化享受，这些都是利用自然资源通过工业生产转化为人类所需要的物质和能量的结果，但无可否认，工业生产和人类物质消费的同时，给外界环境带来了大量的三废，造成人类生活环境的污染和破坏，威胁人类的健康和动植物的生存。为了研究环境的质量和保护改善自然环境，研究人类、生物与环境的相互关系，于是一门新兴学科“环境科学学”在生态学的基础上逐步形成，它利用

各种自然科学、社会科学系统地研究自然环境中各生态要素的相互关系，自然环境与社会经济发展的关系以及各种污染物质对空气、水体、土壤、生物等的影响、变化以及变化的规律，为消除污染、保护环境提供科学依据和措施。因此环境科学主要是研究环境（结构与状态）的运动变化规律及其与人类社会活动之间的关系，研究人类社会与环境之间协同演化、持续发展的规律和具体途径的科学，是一门综合性极强、内容十分丰富的交叉学科，也是自然科学、社会科学和工程技术相互渗透的学科。为了深入研究人类活动与自然环境的关系，又出现了许多分支学科，包括基础环境科学和应用环境科学，前者又可分为环境化学、环境物理学、环境生物学、环境微生物学、环境地质学等；后者又可分为大气污染学、水污染学、土壤污染学、环境医学、环境法学、环境经济学和环境管理学等。因此环境科学已在当前成为世界上一个庞大的分支学科。

2. 环境保护的任务。我国宪法的二十六条：国家保护和改善生活环境和生态环境，防治污染和其他公害。根据这一规定，环境保护的基本任务是：在社会主义现代化建设中，合理利用自然环境，防治环境污染和生态破坏，为人民造成不损害健康的适宜的生活和劳动环境，以确保人民的健康和促进经济的繁荣。为了完成以上的任务，环境科学肩负了历史的重任，并从以下各方面进行工作：

（1）自然资源的开发和利用必需有利于自然环境的保护。自然资源的种类繁多，对人类生存和发展有密切相关的自然资源，有大气、水、土地、动植物、矿藏等。人类在利用自然资源中，由于知识水平的限制，利弊没能全面衡量，短期效益与长远利益的关系未能正确处理，对自然资源过度开发，缺乏保护的有效措施，导致自然资源出现不少问题，以致破坏了自然环境，破坏了生态平衡，使自然资源遭受不应有的损失。如能源的过量消耗和浪费，使大气污染，同时出现逆温层、温室效应、光化学烟雾和酸雨；在土地开发的利用上，大量毁林开荒，地面失去保护，造成严重的水土流失，使土地减少、土壤退化；森林的过量砍伐，不仅破坏了山区生态平衡，而且丧失水源涵养的能力，造成气候反常，旱涝灾害频繁；水资源是人类生存的最重要的自然资源，在我国水资源不足的情况下，工业废水的污染，地下水开发过量，地面下沉，使生活用水更为紧张。以上种种破坏自然资源的现象，导致自然环境的恶化，环境科学工作者，面对如此严峻的情况，经过科研应提出相应的保护措施和建议，改变不合理的利用状况，使已遭到破坏的自然环境和受到破坏威胁的自然环境得到恢复和改善。

（2）环境质量的调查和评价。进行环境保护必须对现有环境状况及质量开展调查，特别是对水体、土壤和大气的调查。了解是否已被污染和被污染的程度，污染来源和其种类，污染物对人体、农作物及家畜健康生长的影响；了解各种污染物含量以及对整个生态系统的变化影响，污染物在生态系统中随食物链转移和累积，从而产生对人畜植物的危害。因此，在环境质量调查中，掌握以上情况，就可对环境质量进行评价，同时对于新项目的上马也可作出对环境质量影响的预测和评估。

（3）进行必要的科学研究，为防治污染提供更为符合实际的措施。由于环境科学是一门新兴的学科，不少问题尚未能深入了解，如污染物在整个生态系统中的运动规律及其转移、累积和后果尚须进一步加以研究；污染物在环境中的自净能力是研究环境容量的基础，为制定污染指标不可缺少的根据，污染物种类繁多，他们对人体和农牧业生产的关系等需

要深入揭示。因此环境科学有他发展的广阔天地，为了追踪污染物在环境中的变化，还需要对环境进行监测，只有在这些研究的成果上才能提出更加符合实际的综合防治技术。

环境保护和污染治理已逐步引起各方面的注意和重视，国家除宪法规定外，国务院在1981年27号文件《关于在国民经济调整时期加强环境保护工作的决定》中明确指出“环境和自然资源，是人民赖以生存的基本条件，是发展生产，繁荣经济的物质源泉，管理好我国的环境，合理地开发和利用自然资源，是现代化建设的一项基本任务”。又提出“要加强宣传环境保护法和环境科学知识，造成‘保护环境，人人有责’的社会良好风尚”。

3. 农业环境保护的任务和政策。农业环境保护是环境保护工作的重要组成部分，它关系到农业的发展，人畜的健康、国民经济的稳定。中国共产党十三届六次会议把农业的发展放在我国优先发展的地位，说明只有优先发展农业才能把整个国民经济发展建立在牢固的基础上。但农业的发展必须有一个良好的农业环境，包括土地、森林、水资源和大气等，农业生产对农业环境依赖性很大，农业环境一经污染就会对农畜产品和赖以生存的人畜引起严重的后果。农业环境遭到破坏的原因除三废的污染外，还有农业生产的自身污染，如高残留农药的广泛、大量施用，化肥的不合理使用以及污水灌溉等；还有毁林开荒、滥垦草原造成的水土流失、土地沙化、次生盐渍化等等。但是长期以来，人们忽视了对农业环境的保护，因而农业环境日益恶化。虽然农业部门早在50年代就开始重视污染物对农业环境的影响，如对污水灌溉问题曾制定《污水灌溉农田卫生管理试行办法》，70年代又对工业三废和化学农药对农业环境的危害作了广泛的调查研究，制定了灌溉、渔业水质标准，80年代各省、市、自治区分别成立了相应的机构，进行三废处理，环境监测，背景值的调查，污染物的鉴定和相应的科学研究工作。但目前仍有90%以上的三废超标排放，数十万吨的高残留农药仍在继续使用，因此农业环境保护还是一个不可掉以轻心的严重问题。1981年中央书记处对环境保护曾作如下指示：我们不能光是停留在城市环境的保护、三废治理这些问题上，要考虑中国近一千万平方公里土地上的保护问题。对于人类生活环境的保护，现在不能不提到议事日程上来了，不能不抓了。

为了有效地保护农业环境，必须完成相应的任务并制订有关的政策。

(1) 保护土地资源。土地资源是农业环境中最主要的组成部分，他是农牧业生产的基地，他的破坏意味着农业生产的破坏，应尽量采取有效措施和制订保护政策，制止耕地锐减、土壤退化和水土流失。在污染地区消除污染源和治理污染；对土地资源要做到用养结合，在利用上要因地制宜，根据自然条件合理地发展农林牧业，做到宜农则农，宜林则林、宜牧则牧的原则；要避免掠夺式经营，实行科学种田，使土壤肥力保持一定的水平，提高抗拒自然灾害的能力，做到农业生产在持续稳定的基础上不断发展。如何控制乱占耕地关系到子孙后代的生存问题，应严格实施《土地法》，使我国现有耕地保持在一定水平上，否则人口与粮食的矛盾将形成灾难性后果。

(2) 保护生态环境。生态环境是自然界各生态系统的总合。农业生产要求有一个较良好的生态环境才能持续稳定的发展。维持良好的生态环境是保护土地资源的前提条件。森林是大地的屏障，农业生产的卫士；是水土涵养之地，地球的肺叶，是氧气的巨大供应源；是抑制大气中CO_2增长，使全球气候和大气组成基本保持稳定和平衡的主要因素。也是许多珍贵动植物的栖息之地。所以若森林生态系统遭到破坏，必然导致生态环境恶化，农业

减产，并导致许多动植物种频危或灭绝。草原生态系统的好坏关系到畜牧业的发展和土地资源的保护。土地退化、沙化、放牧与草原和森林的破坏有密切关系。农田生态系统的保护使以土地为基础、以农作物群体为中心的物质能量循环能够在系统内稳定、持续、顺畅的进行，是农业持续发展的保证。当前国内外大致采用以下一些农业技术控制体系，如生物控制，主要是培育良种利用天敌和病原微生物抑制病虫草害，减少农药对土壤等农田环境的污染。化学控制主要是合理利用化肥、农药和激素，避免过量施用，以免对作物特别是果蔬造成污染和农药残留污染。对水体造成富营养化污染，对土壤造成农药残留特别是重金属污染。物理控制主要是营造护田林，修渠排污改土和调节小气候等技术措施，以求改善农田环境，更适宜于农作物的生长发育。经营控制主要是采取经济有效的耕作和合理轮作复种，既有助于提高土壤肥力、光能和土地利用率，又能提高作物的经济价值。

水生生态系统的保护是水产业的基础，而水生生态系统又与陆地生态系统间存在着紧密的互相依存的物质能量的交换关系。如南方的桑基渔塘就是一个比较简单而又典型的例子。现在推广的许多农牧渔结合的生态系统结构模式也都是应用了水生生态系统与陆地生态系统间物质、能量的交换的规律达到水、陆资源相互利用的目的而发展起来的。所以水生生态系统遭到污染破坏不仅使水产业遭到损害，也必将影响到陆生生态系统的正常运转，影响到农、牧业的持续发展。所以保护生态系统（上述各小系统的综合）就可以保护好农业环境，使我国的农业持续稳定发展，以满足人民日益提高的物质需求。

（3）农药化肥的有控使用。建国以来，为防治植物病虫和增加植物营养成分不断增加农药化肥的投放，对于我国农业生产的迅速发展起到了巨大的作用，今后在农业现代化建设中还要不断扩大农药和化肥的生产和使用。但在农药选择上余地甚少，长期使用的农药，特别是在治虫方面大量使用高残留的有机氯农药，如 DDT 和六六六，在土壤中残留的时间长，长期污染土壤和农产品，对健康与经济发展均产生严重的影响，目前虽已禁止生产，但库存量大仍在使用。为了防止土壤污染应大力发展高效、低毒和低残留的农药逐步代替有机氯农药，或开展植物病虫害的生物防治。目前代替有机氯农药的主要是有机磷农药，虽然有的毒性强烈，如对硫磷，但在土壤中半衰期很短，易于分解消失，因此残留时期短，不会对土壤形成长期污染。

在化肥中，磷肥由于原料的影响，常含有一定数量的重金属及其他有毒物质，均能引起土壤污染，通过食物链进入人畜体内发生毒害作用。硝酸态氮肥含有硝酸根，随食物进入人体后产生亚硝酸和亚硝胺，青贮饲料中的硝酸态氮能还原为氮氧化物，均为致癌物质。因此在化肥使用中要控制过量施肥，并注意提高利用率，尽量减少向环境中扩散。

（4）积极慎重地发展污灌。利用污水（大部分是工业、生活混合污水）进行灌溉是 50 年代末期开始发展起来的，但不加处理的污水特别是工业污水直接灌入农田就会引起土壤污染，在污染物尚未达到危害严重程度时，往往只注意污水灌溉所带来的好处而忽视其危害。因此在发展污灌方面必须持积极而慎重的态度，应在污灌区加强水质监测，注意重金属在土壤中的累积，总结污灌的经验和教训，使污水资源得到充分利用的同时，农业环境得到有效的保护。

（5）制订和完善农业环境保护法规。我国目前制定的有关环境保护和农业环境保护法规已达数十种之多，如《中华人民共和国环境保护法》、《土地法》、《中华人民共和国森林

法》、《中华人民共和国水产资源保护条例》、《自然保护区条例》、《珍贵稀有野生动物保护条例》、《工业三废排放试行标准》、《农田灌溉水质标准》、《渔业水质标准》、《农药使用安全标准》、《水土保持法》、《水污染防治法》等，这些法规的制定，说明我国对农业环境的保护已纳入法治管理的阶段，为我国顺利贯彻实施“全面规划，合理布局，综合利用，化害为利，依靠群众，大家动手，保护环境，造福人民”的方针奠定了基础。

参 考 资 料

1. 农业环境保护，浙江农业大学环保系，农牧渔业部环保室主编，1983。
2. 环境保护概论，中国环境科学学会环境教育委员会编印，1980年。
3. 农业环境保护概论，胡庆永等，山东农业大学，1986。
4. 中华人民共和国环境保护法（试行），全国人大常委会11次会议通过，1979。
5. 全国农业环境质量状况及发展趋势调查报告，农业部环境监测总站，1993。

第一章　生物之间及其与非生物环境之间的相互关系——生态学基本知识

环境科学主要是研究环境（结构与状态）的运动变化规律及其与人类社会活动之间的关系，研究人类社会与环境之间协同演化、持续发展的规律和具体途径。生态学（Ecolgy）是研究生物之间及其与非生物环境之间相互作用的规律与机理的科学。近一个世纪以来，由于人类对自然资源的开发利用，忽视对环境的影响和缺乏对生态学的认识，导致一系列的不合理开发利用，使人类生存的环境遭到污染，生态平衡受到破坏，使某些生物的正常生长发育、生存繁衍受到严重的影响，不同程度上使生态系统的结构功能丧失良性循环，并直接间接危害到人类自身的健康，迫使人类不得不重视生态学的研究，同时开始对环境科学予以足够的重视，生态学的发展为环境科学奠定了理论基础，环境科学的进步又进一步推动了生态学的发展。

一、生态学的基本知识

1. 生态学的产生和发展。生态学是生物科学的一门分支学科，很早以前人类就注意到生物之间及其与非生物环境之间有非常密切的联系，研究它们之间的关系和相互影响就逐步形成了生态学。达尔文提出的适者生存、自然淘汰生物进化理论就是指生物之间及其与非生物环境之间的相互关系。生态学这一名称是1869年德国科学家黑里格尔（Haeckel）首先提出的，来源于希腊文oikes，意思是“住所”。它既不是孤立地研究生物体，也不是孤立地研究环境，而是研究他们之间错综复杂的相互关系。我国著名的古农书中如《管子·地员篇》、《氾胜之书》、《齐民要术》等都提出了土壤形成的理论和地理分布规律，阐明了植物、地形、地下水和土壤形成的关系，在不同的自然环境下，植物类型及分布与环境之间的关系。根据目前的研究，世界上分布的各种类型的土壤都有它发生发展的过程，如针叶林下出现灰化土，生草侵入出现生草灰化土，阔叶林下出现棕色森林土，密丛生草的发展形成草甸土、沼泽土，沼泽干涸出现黑钙土，蔬丛生草形成了草原土、栗钙土、灰钙土，从土壤形成中可以了解到植物与土壤的关系就是相互影响相互依存的生态关系。土壤作为类生物体来说，三大自然成土因素就是土壤形成的外界自然环境条件，就植被而论，土壤又是植物的外界自然环境，他们之间的相互影响就足以说明生物之间及其与非生物环境之间的相互关系。

在生物界由于外界自然环境的演变，生物通过自然淘汰，适者生存的进化过程，以及获得性的遗传规律，形成了千千万万的种类繁多的生物种，在地质年代的长河中有的消失有的繁衍。目前在世界上存在的生物种，包括植物、动物和微生物达数百万种以上，它们之间及其与特定范围（地段）的环境条件之间存在十分复杂的、多层次的相互依存关系。在40年代，通过深入研究这种相互作用、相互依存的关系，开始出现了生态系统这一名词，它

是把在特定范围中的生态系统作为统一的整体，以研究能量和物质交换、传递和循环的复杂关系，英国林德曼（Lindman）又提出“生物链和营养金字塔”理论，使生态学进入了新的阶段。生态学的出现得到人们的高度重视和兴趣，在生物学各个部门都得到发展，很快形成了植物生态学、动物生态学、人类生态学。它们为系统地研究和阐明动、植物和人类同外界环境条件的相互关系，以掌握生物发生发展的规律，为定向培育和改造生物种和改善环境提供了科学理论依据。以后又出现了海洋、湖泊、河川生态学。在运用于农林牧业生产上又出现了农田生态学、草原生态学、森林生态学。通过对农田、草原、森林生态的研究促进了农林牧的发展。在运用于污染的防治上又出现了污染生态学。在和自然科学的结合上研究范围更加广泛，在环境问题日益严重的情况下，生态学更受到人们的重视。在环境保护问题上生态学起到愈来愈明显的作用。人类为了生存和发展，生态学的进一步深化研究已成为全世界的热门课题。

2. 生态系统概念。生态系统（Ecosystem）是指在特定范围（地段）中的全部生物（即生物群落）与物理环境相互作用的任何统一的整体。生态系统是生物圈的主要组成部分。生物圈是指陆地表面包括浅海及近大气层有生物存在的自然界，是地壳与大气接触的一个圈，是地球上最大最广泛的生物系统，它包括所有动物、植物、微生物及其周围的自然环境，这些生物群和环境是相互依存、相互制约而共同发展变化的统一体，生物体具有新陈代谢的功能，能从其周围环境中不断取得生存必需的物质和能 量，通过同化作用形成自身的组成物质，在异化作用下，又不断地把能量和物质释放到环境中去，这种物质和能量通过生物体的新陈代谢就不断转化、循环和传递，在物质和能量相互交换的过程中，生物体在适应环境变化中也不断发生变化，符合自然淘汰与适者生存的规律，但生物体对环境的适应不是完全被动的，它具有很明显的选择性，在同一环境中生存不同类型的生物，有各自的形态、结构和不同的生物学特性，但均产生于和环境的适应性，如鱼类能在水中生活，通过鳃进行呼吸，鸟类具有羽毛能在空中飞行，在干旱条件下产生旱生短命草本植物，在多水的沼泽条件下产生喜湿植物，在营养条件极为贫瘠的沼泽土上生长捕食性植物等。生物对自然环境的影响也是巨大的，如绪言中所介绍的自然植被对土壤形成的作用，又如森林草原对气候的影响，特别是人类生产活动对环境的影响更是成为世界所关心的环境问题。

综上所述，在特定的范围内，生物群落和外界自然环境之间，相互作用，相互制约，进行物质和能量交换传递的综合体，就称之为生态系统。

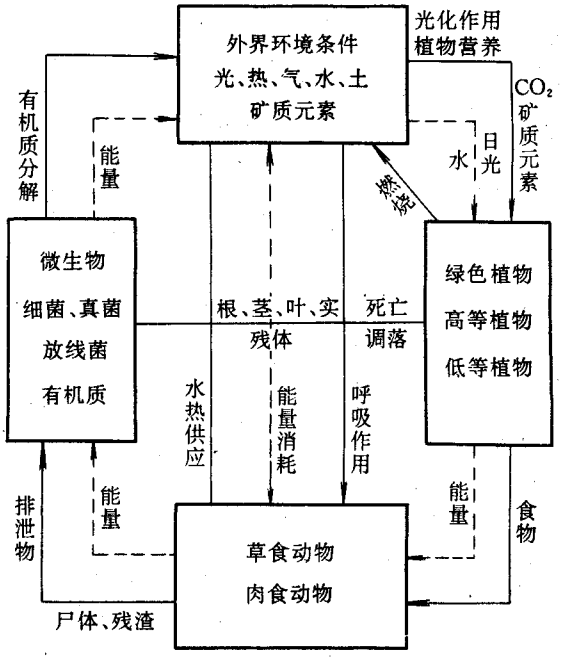


图 1—1　生态系统示意图

图 1—1 通过生物与环境在物质和能量的交换，说明生态系统的一般模式。

3. 生态系统特征。

(1) 生态系统的组成。生态系统是一个极其复杂的系统，但总的说来，主要包括两个方面，即生物和环境。生物主要指植物、动物和微生物。生物中也主要是指能利用光能同化二氧化碳、水及无机矿质等制造成有机物质的绿色植物，它们将太阳能转化为化学能贮存于有机物质中，是人类赖以生存的有机物质和能量的获得者。环境因素十分复杂，但对绿色植物来说，主要是光、热、大气中的 O_2 及 CO_2、水气、土壤中的水分、无机矿质元素及氮，以及影响上述因素的有关条件，如地形、地貌、海拔高度等。生物和环境构成生态系统的全部内容，生物中绿色植物是核心，只有通过它才能获得有机物质和能量，成为一切依靠和同化有机物质得以生存的生物的基础，如人类、草食动物、肉食动物和大部分的腐生生物。因此，如果不存在绿色植物也就不存在生态系统。生态系统中各种不同类型的生物在物质和能量的传递和交换中具有不同的作用和功能，他们与环境在物质和能量循环中形成统一在整体。通常把生态系统分为四个部分，亦即生态系统的组成。其中三个组成部分是生物，由于它们在生态系统中的不同功能而分为三个部分。

① 生产者 (producer)。主要是指具有叶绿素的绿色植物和一部分化能自养微生物。绿色植物能同在外界环境条件提供的光、热、气、水及矿质元素形成有机物质，把外界的能量转化为贮存化学能量的有机物质，包括碳水化合物、蛋白质、脂肪及其他有机物，例如光合作用使大气中的 CO_2 在植物体内与水化合形成单醣，同时使 CO_2 还原形成游离 O_2。

$$6CO_2+12H_2O+\text{（光）}\xrightarrow{\text{固化作用}}C_6H_{12}O_6+6O_2\uparrow+6H_2O$$

再通过与矿质元素和氮素的作用，形成了一切含氮与不含氮的有机物，提供植物生长发育所需的物质和能量，同时将大量的能量以各种有机质的方式作为化学能贮存起来，以醣、蛋白、脂肪、纤维素、维生素等的形式为人类和动物提供食物，满足人类和动物生存发展繁衍所需的物质和能量。绿色植物通过太阳光同化 CO_2 生产可以利用的能量，仅仅占太阳光能量的 1%—3%，因此日光不是绿色植物生产的限制因素，人类从事农业生产活动的目的就是如何增加光能的利用以增加植物的生长量，从而形成更多的有机物质和贮存的能量。

② 消费者 (consumer)。主要是动物，他们不能从外界环境中直接利用能量，只能依靠生产者所制造的有机物以获得物质和能量。消费者按食物的情况，分为 1、2、3、4 级消费者，一级消费者主要是草食动物，以植物性的食物为取食对象，包括有蹄类、鸟类、昆虫和鼠类等一切草食动物，他们通过同化植物性有机物转化为动物性有机物，由于他们能生产动物性的有机物，所以又称为二级生产者。另外，一部分动物以一级消费者作为食物，获得物质和能量的称为二级消费者，他们同化一级消费者转化为自身身体，如两栖动物、食虫鸟兽等，又称为三级生产者，由此类推以二级消费者为食物的称为三级消费者，以大型食肉动物为主，包括虎、豹、狮、熊等。人类是最高级消费者，一切不含有毒物的动植物均可成为人类的食物。在各级消费者之间，其中能量的转化过程基本上只有十分之一能量转到下一级消费者身上，构成下一级消费者的物质和能量，其余的十分之九均在能量流动过程被消耗，消耗的途径是食物残渣、动物的呼吸作用、排泄物、不可利用的部分和燃烧。