



国外生态系统研究概况

黄银晓 陈灵芝

(中国科学院植物研究所)

生态系统(Ecosystem)的概念早在30年代已提出,到了50年代才获得了广泛的传播和承认.60年代已发展成为综合性很强的一项研究.生态系统是自然界的基本单位,是指自然界一定空间的生物与环境之间相互作用,相互制约,不断演变,达到动态平衡,相对稳定的统一整体,是具有一定结构和功能的特殊单位.60年代末期,由于对自然资源不断扩大开发利用和工农业生产的发展,使得自然界的生态环境发生一系列的变化,环境受到污染,生物受到剧烈的影响,甚至直接影响到人类本身.因此,由于环境污染引起的生态学问题就更加突出.近年来,国际上生态系统的研究发展得很快,人类与生物圈(MAB)的研究计划,就是以研究人类生产活动对各类生态系统的作用和影响为中心.由于数学、物理、化学、工程技术、电子计算机等新仪器、新技术的应用,使得这项研究发展成为高度综合的科学.下面介绍一下国外污染物与生态系统研究方面的工作.

一、污染物质与生态系统的研究

在这方面,目前国外重点研究污染物对生态系统长期或短期的影响,污染物存在形式,以及在生态系统中运转途径和积累规律.一般以臭氧、致癌物、重金属、农药为主,油的污染最近亦引起了重视.在陆地生态系统中,重点研究污染物质在土壤、植物、动物和人之间的迁移途径.在水生生态系统中,重点研究污染物质在水质、底泥、水生物(即各级食

物链)中的转化富集规律.

(一) 污染物(元素)在生态系统中,迁移途径及转化积累规律的研究

这方面的工作,目前国外开展的最多.美国有人认为,研究生态系统中的物质运转和富集过程对人有着重要意义.对重金属、农药和磷的污染做了大量和系统的工作.首先调查污染物在环境中的迁移状况,拟定某一元素及化合物在生态系统中的流程方框图或概念模拟图,利用这种图式来表示生态系统中不同成分之间,污染物可能污染的途径及其相互关系.并与模拟试验相结合,进行深入详细的研究.主要包括:污染物的来源;污染物在大气中的扩散、稀释及沉降过程;污染物在水体中的迁移、自净、沉降以及底泥吸附或吸附后的释放过程;污染物在土壤中变化过程和被植物吸收、转化、代谢、分布的规律、存在形式、植物吸收机制;污染物在人体及动物体内吸收、富集、分布情况;毒理、毒性作用及转移、代谢规律等.

1. 有关磷对水生生态系统的影响,国外做了许多工作.这是因为磷在决定浮游生物群落的生产力上,起着主要作用.美国用控制模拟和 ^{32}P 示踪的方法,观察它的迁移、运转,研究磷从水到浮游生物有机体和从浮游生物再转运到水中的运动,研究磷进入动物、底泥和微生物中的速度.同一物质在不同生态系统中也会发生不同变化.因此,运转方式并不是一个简单的水→植物→动物→水的循环图.有人认为某一污染物质的运动,

在生态系统图式中是空间运动(水、空气和有机体)和位置运动(有机体和环境间及沿食物链的转运)的产物。

2. 环境中微量元素在生态系统中循环、分布、积累影响方面的研究。美国有人研究了森林生态系统中微量元素的积累、循环,认为每一种植物在某一特定季节,以及它的整个生长期,对微量元素都有不同的要求。植物参与生态系统内的化学元素的循环,包括植物体内转移和结合,并重新归还到土壤。这种循环称为“生物化学循环”。此外还开展了某地区微量金属元素,如 Cd、Cr、Ca、Hg 等的平衡的研究,测定了这些元素输入和输出的量。

3. 关于酸雨对森林生态系统的研究。近年来瑞典、美国研究了酸性雨对陆、水生态系统的影响。1975 年 5 月在美国俄亥俄州召开了国际酸性雨和森林生态系会议。美国研究酸性雨对森林生态系营养物循环的影响,以及酸性雨中氢离子的数量对自然界硫的循环和土壤中氮的运转的影响,认为酸雨可以从几个方面影响营养物的循环。如影响植物叶和土壤营养物渗出;干扰破坏有机物的分解;使植物固氮和菌根吸收营养物的过程也受到破坏等,这些影响都会反映在森林生产力和群落结构上,使森林生产力、群落结构、土壤肥力、野生动物的生产等都遭到破坏,影响森林的合理利用。

(二) 污染物对生态系统的结构和生物生产力的影响

目前国际上较普遍地研究热污染和石油污染对河流和海洋中生物圈的影响,富营养化对湖泊的影响等。首先研究污染前原有生物群落的结构、生物生产力,以及由于热污染和富营养化所产生的一系列影响,包括生物群落结构、成份的变化、生物生产力的变化、细菌活力、水的物理和化学特性、沿岸植被和食草动物特性等的影响。

日本研究了工业污水和生活污水对生态

系统的影响,涉及到以下一些问题:

1. 污水(环境)对生物的作用:研究生物群落与污染程度之间的相关性,根据水中生物状况判断水质污染程度。

2. 生物对环境的反作用:分化学的反作用和物理的反作用。化学的反作用是指自养的具叶绿素的植物,如藻类、高等水生植物吸收水中的营养盐类和一些无机元素(包括无机污染物)进入体内。异养性生物,如细菌、真菌和动物摄取自养性生物或它们的尸体,从而把污染物吸入体内。原来河底栖生物或附生生物,则摄取河水中的有机物。浮游生物也吸取水中的有机物、无机盐类,它们死后尸体沉积到河底。因此,这些生物有使污染物从水中向水底移动的作用。物理的反作用,是指在污染河流底部与护岸的石头之间常生长着具有粘液性的 *Sphaerotilus* 类,可吸附有机和无机固体物质(如硅藻膜和绿藻膜都有粘着力)。另外,动物也有过滤污水的作用。

3. 生产者(植物)、消费者(动物)和分解者(细菌、真菌)之间和非生物环境之间的关系。

4. 食物链及营养阶段与能量转换的关系。

从上述问题可以说明,进入河流的污染物质通过绿色植物,被转移到各营养阶段的生物体内。

(三) 污染物对生态系统影响的模拟试验和生态模式的研究

在对各类生态系统深入研究的基础上,进行必要的模拟试验,获得大量参数,应用数学方法和电子计算机技术对生态系统进行系统分析,最后建立一个数学模式来模仿这个系统。其目的是认识生态系统和生态系统过程,及时指出某一地区的污染现状,及污染物对生态系统各成份的影响,为预测预报及采取预防措施,恢复、提高生产力提出依据。

系统分析应用于生态学,有下列两种趋

势:

1. 将系统分析理论进行加工,使之适合于生态学的复杂性;

2. 将生态学加以简化,以适应已有的系统分析技术.

目前分析技术大都采用第二种趋势.先用流程方框图的方法,简化描述生态系统.这种方框图包括了该系统的不同成分,以及联系各种成分的可能通道.建立一个数学模型去模仿这个系统.数学模式是建立在野外观察、模拟试验与实验分析的大量工作的基础上,应用计算机技术进行数学分析,计算机预测的成分、数量尽量符合于野外观察.建立一个可靠的模式后,这个模式就可成为预测和管理的一种强有力的工具.

二、土壤、植物对污染物吸收机制及污染防治的研究

(一) 土壤方面的研究

1. 污染物在土壤中存在形态和溶解度,不仅研究污染物在土壤中的含量,还研究它在土壤中的代换态、可给态和不溶态.研究土壤的酸碱度、温度、电导率、有机质、腐殖质和各种离子(如 Fe, Al, Ca, N, K, P)存在对污染物的相互影响及其对植物的影响.例如研究土壤中 Zn 和 Cd 的比例及其对 Fe 离子的影响;土壤中的各种盐类对 Cd 的影响,如施用磷肥可使根中 Cd 减少 43%;在砂培条件下, C、Cl、S、P、N 等元素不同比例处理对 Cd 的吸收和运转的影响.

2. 日本近年来对土壤中砷的研究工作做得较多,除了研究不同母岩,不同土类中的含砷量与母岩及气候条件的关系;砷在土壤中的运动规律;土壤的粒径、有机质、酸碱度、电导率及其他离子对砷的影响外,还研究了土壤氧化或还原状态不同时,对可给态砷的含量的影响,以及对作物吸收的影响.此外还研究土壤微生物对砷的作用.

美国有人研究汞化合物对土壤微生物的

影响,证明加入 HgCl_2 或 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 等对土壤微生物数量有影响,加入 5ppm 或 1.3ppm 醋酸苯基汞,土壤中去氢酶的活动受到抑制.汞化合物影响碳和氮的矿化作用.此外,有关土壤中 Cd、Cr、Zn、Pb 等也进行了研究.

3. 污泥(下水道污泥和污水处理的活性污泥)对土壤的物理化学特性及其肥效的影响.国外试图利用污泥来改良土壤和增加肥效.污泥中含多种金属元素如 Cr、Pb、Cd、Hg、Ni、Zn、Ca 等,研究这些元素随着污泥进入土壤后,在土壤中的残留以及对作物、牧草、蔬菜、果树、森林发生的影响;研究施用不同比例的污泥和污泥中元素含量的比例不同,对作物吸收和生长的影响.

(二) 植物方面的工作:

1. 研究污染物,尤其是重金属存在形态,如砷酸、亚砷酸;硫酸、亚硫酸;三价铬、六价铬;无机汞、有机汞等对植物的影响.

研究元素浓度及元素间互相关系对植物的影响.如研究 Hg 和 As 在土壤中的化学形态对植物的毒性. As 化物的形态受酸碱度、土壤中其他离子(Fe, Al, Ca, P)和土壤腐殖质的影响.

2. 污染物(元素)对植物营养元素的吸收和代谢的影响.如研究污染物(As)对植物水分、氮素吸收的影响,对 P 的代谢,Fe 的吸收、转移和积累的影响.开展 O_3 促使植物生长和代谢等的研究.

3. 污染物对植物形态、光合作用、呼吸作用、蒸腾作用的影响. O_3 、 SO_2 对植物形态、光呼吸影响的研究较多,如美国近年来研究了 O_3 、 SO_2 单独及混合时分别对植物光合成的影响.重金属对藻类、水生植物以及作物光合、呼吸和蒸腾的影响也有较多开展.美国还有人研究 Cd 对植物叶绿体的影响.

4. 污染物对生长素和酶的影响的研究.如研究 As 对吡啶醋酸的抑制作用, SO_2 对核酶、磷酸羧基酶的影响.美国最近研究 Pb 对

(下转第 46 页)

体出发不可,可以因问题不同而有不同的深度。这一新观点对于揭露污染环境的生态影响是特别重要的,要求深入到生理过程、甚至分子生物学“水平”去分析污染的生态影响,及这种影响的反馈作用。

环境科学与医学的关系

医学中的环境卫生学、医学地理学、还有最近提出的“地医学”,甚至职业病防治研究也都涉及环境科学问题。环境科学与这些医学分科都有交错的地方,彼此是相互促进发展的。

五、结 论

环境科学最好限于狭义理解,它是一门边缘性的综合自然科学,又是自然科学发展的一个生长点。这样理解的环境科学可以不与地理学、生态学、医学等混淆起来。各门科学互相平行发展、互相吸取彼此有研究内容,对各部门科学都是有利的。

环境科学虽然从环境工程和生态学开始逐步发展起来,曾经与地理学彼此脱节过,但由于狭义理解的环境是广义理解的环境发生了污染后才出现的,可以视为其一部分,因此地理学与环境科学关系至为密切。地理学作

为一门综合研究环境的科学,它的一些基本理论,例如,环境综合分析、地域分异规律、区位论和生产布局原理、城市功能分区规律、建筑景观学等都对环境科学有意义,这些理论牵涉范围较广,环境污染和保护问题是其中的一个考虑因素。环境科学可以从这些研究中吸取“养料”,没有必要另起炉灶去重新发现这些规律,当然环境科学的深入研究也将大大地充实和提高这些理论的内容。

怎样提高环境科学的理论水平,有两个主要方向,一是把生态系统分析深入到个体以下的“组织水平”中去,二是建立环境污染和管理、控制系统的数学模拟。我们总要求尽量把系统看作是一个“白箱”,因此系统的分析深度在于,当更深入分析对解决该系统问题已是不必要时,便可以把系统的某一环节当作“黑箱”处理,什么时候可以把该环节视为“黑箱”,应随面临的问题而改变。由于环境科学所处理的系统是非常复杂的,完全“白箱化”是不可能的,解决问题的“信息”总是不完备的,因此用于解决具有不完备信息问题的数学方法——“启发式程序”,以及电子计算机模拟对这方面研究特别有意义。

(上接第 58 页)

植物叶中几种酶和氮化物的影响。

5. 重金属元素如 Zn、Cu、Co、Fe 与植物体内高分子或低分子物质(如氨基酸、蛋白质、酶)的立体结构的关系,研究它们如何进行配位结合的。研究结果认为,重金属元素在植物体内转移的难易,是和这些元素与植物体内高分子和低分子化合物所形成的金属复合体的稳定度有关。Zn、Hg、Cu 与根系蛋白质进行配位结合,发生凝固反应,使这些元素大量积累在根部,向上移动少。有人研究金属元素原子量大小与根系向上运行有关,认为原子量大的元素不易向植物上部迁移。

三、小 结

综上所述,国外生态系统研究的特点和水平如下:

(一) 已从定性走向定量;

(二) 从宏观的描述到宏观与微观相结合,深入研究生态系统各成分之间的关系;

(三) 从高浓度的污染物的急性影响,逐步过渡为低浓度、长期接触的污染物的影响;

(四) 应用连续自动测试、自动记录、数据处理计算机化进行生态系统分析,并开展模拟试验和数学模式的工作。