

环境生物学的回顾与展望

王德铭

(中国科学院水生生物研究所)

新中国成立后,在环境生物学方面开展了一些科学研究和调查工作。1973年第一次全国环境保护工作会议以后,这方面的工作有较多的开展,全国的大专院校、卫生部门、农业(包括林业和水产)的科学研究和生产单位、工业方面的科研设计单位和工矿企业,以及中国科学院的有关研究所,都开展了工作,不论在污染生态的调查和生物监测,生态毒理学领域的各项研究,还是生物处理废水、污水方面,都取得了一定成绩。这里特别值得提出的,中国科学院曾委托水生生物研究所分别于1975年10月及1978年2月在武汉举行过“环境保护生物监测与治理科研座谈会”及“环境污染与生态学学术会议”。在这两次会上,全国许多单位交流了有关水及陆地污染生态,以及水、气污染的生物监测、污染物的生物效应、生物治理等学术论文和工作总结,还提供了不少国内外文献综述及资料,应该说这在某种程度上反映了我们国家在环境生物学方面的科学水平。

目前对环境生物学的认识还不一致,笔者试图在国内外工作的基础上,提出以下看法,是否正确,有待商榷。

环境生物学是研究关于生物与污染环境对立统一规律的科学。它的任务是使环境和生物朝着有利于人类和生物的方向发展。它的重点是从宏观上研究环境中污染物对生态系统影响的基本规律;从微观上研究污染物对生物产生毒性、毒理影响的作用规律和机理。弄清污染物的来源,污染物对生态系统结构与功能(能量流动、物质交换及生物生产力)的影响,以及它在食物链网和个体中的行为(吸附、吸收、积累、分布、消除和归宿等),污染物在生物圈中或生态系统中的生态平衡,污染物引起生物和人的畸变、癌变、突变等机理和污染的生态防治。

一、对于生态系统及有关问题的认识

生态系统是指一定范围的地球表面(或表层)内的生物群落与周围环境相互作用的自然和功能系统,可以把它看作是自然界的基本单位或生物圈的亚结构,是在自然界一定空间内的不同营养级生物与环境间相互作用、相互制约、不断演变、相对稳定的统一体。它具有一定的结构和功能,而这种结构与功能的关系又是前者为实现功能的框架,后者为保持框架活性的动力,通过物质循环和能量交换,达到动态平衡。基于这种物质循环和单向流动的能量交换,才保证了地球上生命的持续存在。在生态系统这个生物与环境的矛盾的统一体中,生物又可分为四类,它们是生产者、消费者、分解者和转变者。把太阳光的光能固定下来,使之成为可被利用的形式,这是生产者的任务,如绿色植物所制造的有机化合物;而把这些有机化合物进行破碎、加工、分解及转化的是消费者,如素食动物或较高营养级的肉食动物,将一种生命形式转变

成为另一种生命形式;为了便于利用,将动植物尸体等复杂有机化合物分解成无机物质则是分解者;转变者又把无机物质转变成可利用的营养形式。这样,不但能量又得到释放,而且养分和物质也流通到环境中去。在生态系统的整个代谢过程中,这些作用都是同时进行的,并且还呈现了比较复杂的反馈机理。生产者所利用的太阳能是非常少的,一般只占所达光能的百分之一多一点,而吸收的光能中间,又有一部分因用于呼吸而被消耗了,剩下的净原初生产量才为消费者所利用。所以生物种群从食物中接受的能量,能够用之于建造新的有机质的通常不到百分之五十,而各营养级间转移能量的效率一般只及百分之十。

对于生态系统的基本特性也有不同的理解,一般认为稳定性及调节力是它的基本特性。稳定性指的是生态系统有相对稳定的组成,包括生物的和非生物的组成,还包含不同水平的结构和层次结构,以及水平与层次相结合的多维空间结构。它所呈现的动态平衡、代谢机能、收入支出的规律变化是维持稳定性的基础。调节力是因生态系统类型及发育时期的不同而呈现差异的。如同生物机体有从生长、发育到衰亡的各个时期,生态系统同样有幼年期和成熟期,因此它是具有时间概念和时间特征的。调节力的大小是与对生态系统造成损害的物质种类、数量、受害时期和程度有关的。此外,国内外也有人把多样性作为生态系统的特性之一的。多样性是指有多种生物物种的组成,一般是生态系统愈成熟,组成也就愈多样,而食物链网也愈复杂,忍受干扰的能力也愈大。

人类的活动,如乱捕、乱采,使很多动、植物在地球上绝迹;肆意垦伐,使肥沃的绿地成为沙漠,水、土流失日益严重,尘土、风暴大大增加;盲目的灌溉,使农田土壤侵蚀,出现盐碱化;简单的人工植被代替复杂的自然生物种群和群落,降低了对水、旱、虫灾的调节、缓冲能力;水利事业的发展,同时也带来血吸虫病的传播。不论森林、草原的毁坏,地表水和地下水资源的枯竭,以及生物资源的破坏等等,都无不与生态系统有密切的关系。

在开展生态系统研究的同时,国外对系统分析和数学模型也相应地进行了深入的研究,而国内在这方面的研究则刚刚开始。对系统的认识,学者之间也不尽相同。一般可认为系统是何种现象,无论是结构,还是功能,有着至少是几个以上的组分,它们彼此之间又形成网络结构,并且相互作用,具有规律性变化的等级体系;在某个时期一般只是一、二个组分起主导作用,但组分之间的相互作用是始终存在的,这就构成了一方面是系统中一个组分的变化,引起其他组分以至最终导致整个系统的变化,另一方面则是一个组分的作用,必然受到其他组分程度不同的影响。系统可分为亚系统,亚系统又可分为亚-亚系统。这方面所用的名词,因学者而异,如也有分为单元、环节、要素、因子及组分的。研究系统的目的,在于通过对系统的结构与功能以及两者相适应关系的分析和综合,找出能发挥其最高效能的比较理想的结构,以便能够有效地管理系统,修建系统,改进系统,甚至根据人类的利益和目的,建造新的系统。生态系统是有高度组织效率和功能效率的系统。而由许多生态系统组成的生物圈,则更为复杂。它不但与外界不断进行物质循环,而且是将无限能量进行累积、分布及交换的控制系统。由于生态系统内部结构与功能的不断进行协调,因此生态系统显示出稳定性,并且导致定向发展和在一定条件下的生态效率的持续提高。但是,进入生态系统的污染物质,它的性质和数量一旦超过生态系统所能适应的范围,则必然影响生态系统的功能,即影响它的能量交换和物质循环,以及干扰它的生物生产力。

生态系统的系统分析具有整体性、结构性、联系性及预测性等特点。整体性指的是用时、空相结合的概念,对贯穿整个生态系统的物质循环、能量交换以及信息传递进行分析;因为整

个系统的作用和功能,并不是系统内个别亚系统作用和功能单纯相加的总和,而是呈现出一种集体效应,同时系统网络各组分可随时间的不同,还有主要和次要的变化,并且每个网络还有中心与边缘之分,因此需要掌握网络的中心作用和机理作用的同等终极性。结构性指层次结构,完整的系统是有组织的等级系统,它的亚系统是相互联系着的。联系性指各个组分是相互联系,相互作用的,虽然各组分保持一定特性和效应,具有独特行为,但同时它们又对整个系统具有依赖性,因而受到整体的制约;系统由于反馈等作用机理,表现出程度不同的调节力,它既可表现为同种生物之间的种群调节,又可显示出异种生物之间的种群调节,并且还展现出生物与环境之间的适应调节;又因为系统是动态的,功能的输入、输出和亚系统间的能量、物质流动是在各种条件下出现的,因此不仅要进行静态分析,更为重要的要进行动态分析。预测性系指系统分析的目的,不仅只预测近期的、直接的后果,还要预测远期的、间接的后果。在复杂的现象中,不但要认识组分、亚-亚系统、亚系统与系统的关系,而且要从局部结构的功能中,把系统功能的信息抽提出来,利用这些信息推导到整个系统中去。

系统论是用数学的概念和方法,概括客观事物的整体,舍弃其特定的性质和用途,深入研究其结构和因果关系上的共性,得出具有普遍意义的结果。系统论的核心问题是可预测性,可观察性、可控制性、稳定性及最优化设计等。系统论和生态学相结合,产生了七十年代初命名的系统生态学。

模型是系统的抽提和简化。一般是先简化生态系统,使之适应现有的系统分析技术,再把大量的、定性的、描述的、资料性的研究成果加工提炼成定量的规律。目前一般应用的是流程方框图方法,将生态系统的不同组分及其相互间联系的可能通道表达出来,使系统得到简化,然后模仿这个系统建立数学模型。

模型的作用是使我们对生态系统得到概念化、组织化的认识,使我们接近于这一复杂事物,进而了解它,对它进行评价而作出最优化的决策。正如有的学者所指出,模型的最重要用处之一是产生假说。

对于生态系统数学模型的研究,目前国外有不同的评价,可概括为三类意见。有的学者认为模型都是经验的,不一定完全正确有效,认为模造的生态系统是人为确定的界限,而模型又都是人为抽象出来的;甚至有的学者认为生物学概念的实体与物理学概念的实体不同,因此要像数学、物理学那样建立起一套严格的理论是不可能的。与此类意见相反的,则认为数学模型与它所据以建立的生态系统是相近的,可以用来指导防治污染,合理利用自然资源。还有一种意见则认为要取得这方面的突破,还须进行深入研究,只有大量生态系统资料积累之后,才能制作出足以模拟整个生态系统,并且具有预测价值的生态系统模型。笔者倾向于同意这后一意见,认为在我国,还需要进行大量工作,抓住主要的指标或参数,积累大量必要的资料,才有可能达到这样的目的。

开展污染生态学的研究,需要应用生态系统的理论,研究污染环境与生物之间的相互关系,以及污染物在生态系统中的迁移、转化和积累的规律。这包括在机体内的生理过程、分子生物学过程及其影响的反作用,从而确定环境对污染负荷能力,预测环境质量变化。

二、生物监测、生物净化和生物效应问题

目前大气和水的污染除理化监测外,国内外均应用了生物监测。如利用敏感植物监测大气污染,通过调查植物的急性受害症状、慢性受害的生长量变化,以及从年轮的测量中估计大

气污染的程度。还有选定指示植物进行定点监测,分析植物叶片中污染成分的累积量以估算大气污染度,也都获得较正确的资料。这方面我国各个植物研究所、植物园及农林院校均进行了不少工作,有些指示植物在工业污染区或车间污染范围内监测,起到良好作用,被工人同志赞誉为“不下岗的哨兵”。

水污染的生物监测目前广泛应用的有指示生物、群落结构、生物测试及残毒测定等方法。但对指示生物的监测作用,国内外有不同看法。有的对工业有毒废水用指示生物监测持悲观看法。群落结构方面,比较为大家接受的是着生藻类——硅藻和底栖大型无脊椎动物。在生物测试方面,目前主要着重在鱼类的形态变化、行动习性、生理生化以及病理学方面来寻找指示水污染的指标,生物体残毒测定的方法则日益引起各方面的重视和应用。我国水产方面的各个研究所和一些医学院校也都在水生生物对农药、重金属和其他有机污染物进行监测试验研究,并从生理生化、残毒、行为和形态等方面找到一些有用的监测指标。

绿化植物,保护环境,首先是净化空气。植物不但通过光合作用,吸收二氧化碳,放出氧气,而且还能吸收二氧化硫、氟化氢、氯气、氨气以及汞、铅、锌、铜、镉、铁等重金属气体,并可吸收放射性物质,吸滞烟尘和粉尘,有些植物并可杀菌。至于绿化植物的减弱噪声效果也属生物净化作用。植物,特别是水生植物在净化污水中也有巨大作用。此外,还可调节改善小气候和保护农田。国内外在这方面都进行了不少工作。

国外对水体富营养化问题已进行多年研究,我国最近也开始注意这一问题。需要研究水体的氮、磷负荷量,氮、磷循环与微生物及其在能量交换和物质循环过程中的生态平衡规律。海水中发生红潮虽然对渔业危害很大,但后来发现它同时也是海水的净化过程;应深入研究红潮发生的过程及其机理,在人为控制的条件下,使发生人工红潮,以达到净化海水,又增加饵料生物,增加海产品产量的目的。

利用藻菌共生系统,使污水及一些废水得到净化,已经得到实际应用。藻菌系统中细菌将有机物氧化成为二氧化碳、氨和水,藻类能利用光能及水中的二氧化碳和氨,建成藻体,同时放出氧气,细菌又可利用氧气分解有机物。利用这种循环,我国已有许多氧化塘进行运转,净化污水。

目前国内外进行了很多关于污水灌溉试验和工程。一般说来,工业废水经过适当处理,其有毒物质浓度不超过一定限度,进行污灌,既可保护环境,又可促进农业生产。但如灌溉不当,就可造成不利影响,主要的是卫生问题和重金属等有毒物质的污染问题。

在生物学方法处理废水、污水中,当前的重点是提高效率,如筛选分离高效分解菌、扩大用于处理的生物种类、生物块和菌胶团形成的机理,丝状菌(造成污泥膨胀)的生态学、耐高浓度重金属微生物的耐性机理,以及酶学和遗传工程的应用等,可提高处理水平。将生物净化纳入区域治理和综合防治系统之中,必将发挥更大的效能。我国科研单位、大专院校、产业部门、卫生及环保系统已对许多种工业废水和生活污水进行了单纯生物或生物与物理、化学相结合的方法进行处理,获得了一定效果。同时,环境生物工作者还筛选了一批抗污染、有净化能力的树种,起到净化空气、吸尘杀菌、减轻污染等作用,被称为保护环境的绿色卫士。这些都为我国的环境保护工作作出了一定的贡献。

污染对生物圈中各种生态系统成员的有害影响,除了直接作用外,还常常是间接的。如食物资源的衰退(废水排入江湖大量杀死鱼类,氟气及光化学烟雾破坏粮食作物),污染食物链网中某些环节(水产品所含甲基汞,牛乳所含有有机氯农药),食用后影响人体健康;微生物对抗菌

素抗性的质体转移,造成影响人类健康的潜在危险;由于生物圈内起有益作用的动物受害,间接影响农业产量;初级资源物质的减少(如棉花及森林);污染物往往对低营养级生物危害较大,因而影响生态平衡,甚至引起生态系统的变化,可使资源遭受巨大的损害。

目前进入生物体的毒物愈来愈复杂,需要研究慢性的毒性作用和小剂量长暴露问题,特别是环境中的污染物,常呈现多种因素的综合作用,更增加了问题的复杂性。

放射性污染对生态系统的影响,也引起了人们的重视,开展了大量的研究。如特殊生物种群对放射性污染物可接受的程度,生物种及个体对放射性元素的吸收,放射性核素在生态系统食物链网中的循环,以及放射性物质在生态系统中的评价标准的研究等。

癌症目前在世界上的发病率普遍上升,一般认为 60—90% 是由环境因素造成的。致癌因素一般有内因和外因之分。内因是生物机体继承了与癌有密切关系的物质,如特殊的酶或激素发生异常等,外因则包括物理、化学及生物等因素。人类生活的环境中,有很多环境因子对人体健康产生重要影响,而它们之间又可能是相互促进或产生协同作用。工业城市中的燃烧、化工及交通是引起癌症增多的重要因子。二次世界大战以来的统计表明,占恶性肿瘤首位的是肺癌。目前已有二十多种化学物质被认为对人是致癌的。它们是多环烃类化合物、芳香胺类化合物、亚胺类化合物、砷、铬、镍、铍、石棉、霉菌毒素。还有二百多种对动物有致癌作用,因而被认为对人体也是潜在的致癌作用物质。

癌变和畸变的基础可能都是突变。突变是在遗传物质基因中发生的。基因的化学成分是脱氧核糖核酸,在复制过程中脱氧核糖核酸如果发生匹配错误,就产生突变。突变的性质和程度不同,就会产生不同的后果。目前国内外普遍采用的 Ames 试验,是利用鼠伤寒沙门氏菌的营养突变型的生长情况来鉴别试验物质有无致癌性和致癌性的程度。现在发现大部分致癌物质在生物体内由肝脏解毒反应而呈活化,才表现致癌作用,因此已普遍采用“体外活化系统”。

根据有的学者意见,癌的环境生物学研究可分为五个阶段:十八世纪七十年代开始为第一阶段,通过化学观察,发现高发癌的人口为烟囱打扫工人和铀矿工人;二十世纪初为第二阶段开始,认识职业癌及早期癌;二十世纪三十年代开始为第三阶段,大量进行职业癌的研究和苯并(a)芘(根据最近的研究,纯苯并(a)芘并不致癌,只是有杂质存在时才致癌)的分离;二十世纪五十年代开始为第四阶段,回顾和前瞻吸烟与肺癌历史、近代发病率调查研究,开始从分子生物学水平进行研究;将来为第五阶段,主要在典型地区进行调查研究,近代化监测系统的建立,在分子水平上了解化学致癌的过程与机理,合理地推断和预测。

我国卫生系统及医学院校在环境毒理学方面进行了大量的调查和科研工作,取得了较大的成绩;科研等单位也在污染物对生物的毒性、毒理或生物效应等方面,进行了不少工作,为各种标准的制订和环境质量的评价提供了一些依据。

三、今后展望

环境生物学作为环境科学的一个重要分支学科,今后必将得到进一步的发展。我们应重点研究污染对各类生态系统的结构和功能的影响,建立这方面的生物模拟和数学模型研究方法,制作污染生态模型,预测预报污染对生态系统稳定性、群落结构、物质循环及能量交换的影响,为制订最优化环境区划和规划提供依据,而且要进一步调节和控制各个生态系统(如工业、农业、林业、草原及水生态系统)之间的平衡问题,以及研究由于污染而引起的(下转第 11 页)

下面以计算评价单位 B 的综合评价值为例：第一步：从单个环境要素的质量指数图中读得评价单位 B 内的空气、噪声、地表水和地下水的指数分别为 1.00、0.90、0.46 和 0.14。

第二步：评价单位 B 的综合评价值

$$QI = \sum_{i=1}^4 W_i P_i$$

$$\begin{aligned}\text{即 } QI &= (1.0 \times 60\%) \\ &\quad + (0.9 \times 20\%) \\ &\quad + (0.46 \times 10\%) \\ &\quad + (0.14 \times 10\%) \\ &= 0.84\end{aligned}$$

当所有方格的综合评价值计算完后,即根据整体环境质量等级的划分标准,作出环境质量综合评价图(见图2)。显然,每个方格综合评价值的数字越大,说明环境质量越差。同样,在综合评价图上可以算出各质量等级的分布面积,找出造成环境质量变坏的原因,从而为制定重点地区环境保护综合防治规划提供科学依据。

环境质量评价是一项比较复杂的工作,就现状评价而言,诸如参数选择、权系数、质量分级等仍需深入研究.

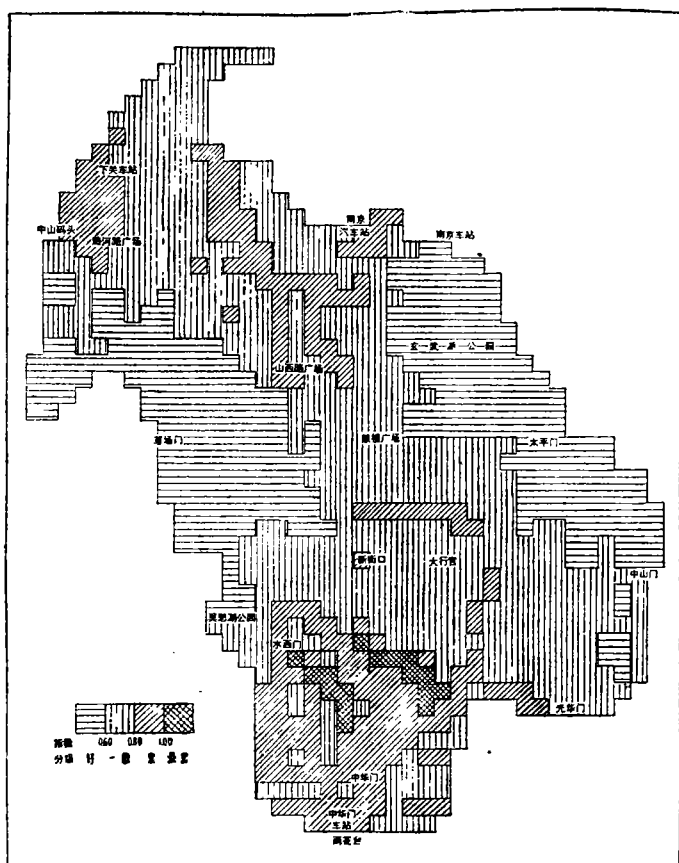


图 2 南京市城区环境质量综合评价图

参考文献

- [1] Council on Environmental Quality: The Third Annual Report of the Council on Environmental Quality. 11—43 (1972).
- [2] Heer, John E., Jr. and Hagerty, D. J., Environmental Assessments and Statements, p. 144—197, 1977.
- [3] Inhaber, H., Environmental Indices, p. 67—83, John Wiley & Sons Inc. 1976.

(上接第5页)区域性或全球性变化对生物圈生物资源的影响问题。

配合全国各地开展的环境质量评价工作,积极进行生态系统的预断评价及现状评价研究;在区域治理和综合防治系统中,加强有关生物净化和生物降解的基础理论和应用研究;建立污染物生物效应的数据库,加强毒物对生物(包括人类)的致毒机理及环境因素引起癌变、畸变、突变的生物学基础研究。