

生物学和人类进步

BIOLOGY AND HUMAN PROGRESS

王亚辉

生物学在现代自然科学和社会中的地位、作用和发展趋势

现代自然科学主要划分为物理科学和生命科学两大门类。生物学是研究生命的科学，它既研究各种生命活动的现象及其本质，又研究生物与环境之间的相互关系。近 30 年多来，生物学的理论成就为自然科学的发展作出了巨大贡献。遗传物质 DNA 双螺旋结构的阐明是 20 世纪自然科学的重大突破之一。遗传信息传递的“中心法则”的发现，揭示了生物的遗传、发育和进化的内在联系。此外，还发现了遗传密码的编码机理。通过比较研究，证实了所有生物，从细菌到人，遗传密码都是通用的，从而证明了所有生物在分子进化上的共同起源。

分子遗传学的这一系列重大成就促进了分子生物学的兴起和发展。许多蛋白质、核酸的一级结构和立体结构已经阐明，有的已经能人工合成。对这些生物大分子的结构和功能的大量研究，揭示了生物的遗传、生长、分化、神经传导、肌肉收缩和免疫等许多生命现象的奥秘。使人们对生命本质的认识跃进到一个崭新的阶段，并带动生物学的各分枝学科向分子水平发展。近年来又受到物理学新思潮（非线性、非平衡态动力系统物理学、耗散结构、自组织、浑沌态等新理论和新概念）的影响，特别是脑和发育的研究受到很大的重视。目前分子遗传学研究的前沿已从原核生物转向高等真核生物的基因组结构及其表达调控，深入到发育和神经系统的研究。脑和发育是分子生物学面临的两个最大的挑

战。由于 DNA 重组，单克隆抗体、DNA 快速序列分析等新技术的应用，在上述两个领域已取得不少重大发现，正酝酿着向高层突破。从分子水平建立遗传、发育和进化的统一理论并通过分子、细胞和整体水平的综合研究来阐明脑功能活动的机理，将是未来生物学的主要理论任务。

在宏观研究方面，随着系统分析、数学模拟和遥感技术等新概念、新方法和新技术在生态学中应用，初步揭示了生物与生物、生物与环境相互作用的物质基础，以及它们相关进化的内在联系。特别是对生态系统的研究，阐明了系统结构与物质能量代谢过程以及其生态效应，进一步发展了最优化理论，对于大幅度提高农业综合生产体系的生产力，森林、草原、水体等的科学经营，有害动物的控制，以及环境治理等都将起巨大作用。

总之，在物理学、化学和数学的新概念和新技术的推动下，当前生物学的发展趋势是对生命现象研究的不断深入和扩大，向宏观和微观，最基本的和最复杂的两极发展，特别是复杂系统研究正吸引整个自然科学界的注意。在对分子、细胞、个体种群、群落等生命不同结构层次进行深入探索中，新的现象不断发现，新的边缘学科也不断形成，现代生物学正面临着一个理论上的大综合和大发展时期。生物学的进步也同时向数学、物理、化学以及工程科学提出许多新问题、新概念和新的研究领域。科学史上，维纳之控制论、贝塔兰菲之一般系统论、普里戈金之耗散结构均由于对生命和生物学问题深入思考，才得到启迪。脑的工作原理和计算

机, 生物智能和人工智能, 也是当今举世瞩目的一些例子。许多迹象显示出生物学正日益成为一门领先的学科。

当今人类社会面临的人口、食物、资源、环境和医疗保健等重大问题都同生物学有密切关系。国土整治、国民经济区域规划, 重大工程建设都需要有生物学参加。全球自然资源 and 环境的保护、开发和治理也要依据人与生物圈的研究成果。农业现代化要走节能, 节水的生态农业的新路, 也离不开生态学理论的指导。随着对各种生命现象认识的深入和理论、技术储备的增加, 出现了基因工程、细胞工程, 生态工程等新技术。生物工程开始形成新的生产力, 并将使工、农业和医药业发生根本的变革。基因工程的产生是生物学发展进程中的一个巨大飞跃, 它将使人类进入一个按照自己的需要改造和创建新的生物的时代。另一个对未来科学技术发展可能产生更大影响的是神经生物学。日本“人类前沿科学计划”十分强调神经科学对未来计算机科学、信息科学发展的重要性。脑和感官对信息接收、加工和储存方面研究的突破必将导致计算机、人工智能和智能机器人等高科技领域的革命性变化。鉴于生物学在未来科技、经济和社会以及人类思维发展中将起越来越重要的作用, 一些有远见的科学家预言, 21 世纪将是生物学的世纪。

生物学对人类未来科技、经济、社会以及思维发展的影响

近 30 多年来, 生物学的成就对世界社会、经济的发展已经起了很大的推动作用。如农业方面, 1949~1975 年世界粮食总产量增加一倍以上, 平均年增长率 2.8%, 超过人口增长率, 遗传育种在增产中起了关键作用。医药卫生方面, 新抗菌素、疫苗的发明使细菌病(结核、伤寒等)、病毒病(小儿麻痹症、麻疹、乙型脑炎等)得到控制, 免疫学的进步使异体器官移植成功率迅速提高, 并发现了自体免疫病(如红斑狼疮、类风湿性关节炎等)的病因。医药先进国家, 平均预期寿命已超过 70 岁, 内分泌学和生殖生物学的成就导致口服避孕药的发明, 大大促进了计划生育在世界范围内的推广。特别是近十年来, 生物技术(包括细胞工程和基因工程)的出现标志着生物学从认识世界到改造世界的进程大大加快了, 人类在改造自然方面已获得更大的自由。展望 2000 年, 生物学将在高等生物发育和遗传方面实现重大的突破。人类基因组约 10 万个基

因在染色体上的定位及其全部遗传信息的破译也将可能在今后 10~20 年内完成。这将大大促进从根本了解各种遗传病、癌症和心血管病的病因和防治途径。人类在今后 20 年内对医学的了解将超过过去两千年。至今严重威胁人类的癌症、艾滋病将不再是不治之症。高等生物发育的遗传控制方面的突破, 将可能实现人工改造物种, 创造优质、高产和抗逆的动植物新品种。日本政府倡导的雄心勃勃的“人类前沿科学计划”打算投资 10 000 亿日元在 20 年内完成。若能如期实现, 将从本质上弄清人体之能量转换、信息转换和自动调控等机能, 并开发在工程技术上的实际应用, 从而将革新工业的面貌。总之, 生物学的进展已经并还将对人类进步做出越来越大的贡献。

然而, 人类社会面临的人口、食物、资源、环境和卫生保健方面的形势仍然是十分严峻的。世界人口现已达 50 亿, 2000 年将达 60 亿, 21 世纪中期将突破 100 亿大关, 而耕地面积却不可能大量增加。我国人口现在 10 亿多, 到 2000 年将远远超过 12 亿, 粮量将仍然是长期的紧迫问题。随之而来的世界人口日趋老龄化也是一个严重问题。我国到 1995 年时, 老年人口将占全国总人口的 9.7~10%, 开始进入“老年型国家”的行列, 预计到 2050 年将出现每四人中就有一名老人的状况。这将对那时的社会经济造成沉重负担并带来新的问题。亚马逊河流域热带雨林和其他地区森林的大量破坏, 土壤侵蚀, 水体污染, 臭氧层破缺, 以及由于大气“温室效应”导致的全球气候趋暖, 人类赖以生存的环境正在不断恶化。石油等不可更新的资源不断减少, 不出下一世纪终将耗竭。在发展中国家乙型肝炎、霍乱等恶性传染病仍在肆虐, 而在发达国家中, 艾滋病蔓延又成了新的威胁。科学进步带来物质文明的高度发展, 却在精神文明上投下深深的暗影, 甚至造成精神上的匮乏和沦落。解决这些问题的出路何在呢? 一些有远见的科学家已经开始认识到单靠现有的科学成就是不够的, 根本的出路在于向生命学习, 从这里寻找新的科技发展的道路。在这一场关系人类未来的科技革命中, 生物学, 特别是分子生物学和神经生物学以及有关的生物技术和信息技术, 将起先锋作用。

生物技术的特点是利用生物资源的可再生性, 在常温常压下生产珍贵产品, 节约能源和资源, 减少环境污染。当前生物技术的发展趋势是以基因工程为主体, 除将外源基因导入细菌或细胞, 廉价生产医用活性多肽或蛋白质外, 还开始探索把基因工

程技术应用到高等生物, 人工创造动植物新品种, 以及人类遗传病的防治。从 80 年代初期, “超级小鼠”、“转基因植物”的实验成功以来, 国内外许多研究所和大公司都争先进行转基因动、植物试验, 并在培育快速生长和瘦肉型猪, 转基因鱼, 耐寒、抗虫、抗病毒、抗除草剂的优质作物新品种(小麦、大豆等)等方面取得显著进展。生物技术的这些长足的进步对未来农业政策和农业发展产生了巨大影响。目前美国等发达国家的农业政策正从大量消耗资源的传统农业向以生物科学和技术为基础的未来农业转变。据美国国会技术评价办公室(OTA)预计, 今后 10 年内美国农业因广泛采用生物技术而增产的农产品总值可达 1 000 亿美元。此外, 以定向设计和改造蛋白质分子为目标的新一代基因工程——蛋白质工程正在兴起。应用蛋白质工程方法, 有可能改变蛋白质的结构和特性, 如增加药物的选择性, 提高疗效; 改变酶的性质, 提高其催化性能, 甚至设计制造全新的酶。有人已在设想改变植物光合作用的关键酶——核酮糖二磷酸羧化酶的结构, 提高其固定二氧化碳的能力, 以提高作物产量。显然, 这对于医药和工业有重大的理论和应用价值。由上述可见, 生物技术为解决人类面临的食物、资源、医疗保健等重大问题开拓了新的前景, 并将对各行各业的技术改造和产业结构产生深远影响。

人用大脑去认识世界, 征服核能, 开拓宇宙空间, 然而人对大脑本身的认识却远落后于对自然界的认识。人的大脑由 1 000 亿细胞组成, 结构和功能无比复杂。如何揭开人脑的奥秘是自然科学面临的巨大挑战。近年来对人脑的功能活动, 特别是裂脑人大脑两半球非对称性活动的研究已取得不少重要成果, 对于了解语言、意识等精神活动有很大的意义。同时对于神经和精神疾病的防治, 脑的衰老等医学问题也有重要价值。许多工程技术问题, 如计算机、自动控制系统和机器人的研究都可以从感官和脑的信息加工、调节和控制得到启发。脑神经系统的研究为数学、物理和工程科学提供了许多新概念、新原型。现在的计算机在数字运算方面是超人的, 而在模式识别方面却是低能的。这一矛盾表明人脑的工作原理可能完全不同于目前计算机的计算结构。我国科学家提出视知觉拓扑结构和功能层次的理论, 认为视觉过程中起主要作用的是连续的整体象的转换而不是离散符号的处理、计算。这提示人脑的智力活动, 除了图灵机能做的抽象思维、逻辑思维以外, 还可能有形象思维。这些见解对于突破目前人工智能的困境和新一代计算机的设计思

想有所启发。美国里根总统前科学顾问乔治·基沃恩博士着重地指出: “要创造性地发展计算机, 就必须了解人脑。这正是有待创新的领域: 人工智能、神经网络、神经生物学”。

在神经科学、心理学、科学语言学、计算机科学乃至哲学的交界面上涌现出来的认知科学是以人类的、机器的、社会群体的智能和认知活动为研究对象的。认知科学对人类智能和机器智能的研究必将大大增强人类的智力, 促进信息科学和技术的发展并对社会生产力的发展产生革命性的影响。此外, 认知科学的出现表明在人脑功能活动研究方面已不再只是思辩式的, 而是开始建立在严格实验基础上的科学研究。科学研究正开始进入精神世界。这对于人类思维发展的影响将是无比深远的。

近代自然科学肇始于物理学革命。牛顿的经典力学把宇宙统一为一个整体, 却把我们的世界一分为二: 物理世界和生命世界, 进而形成两种科学、两类文化, 两者之间似乎存在不可逾越的鸿沟。人类文明也划分为物质文明和精神文明。主要基于物理科学和工业的现代物质文明高度发展的结果, 出现核战争的威胁、人口爆炸和生态环境日趋恶化。人类在感谢科学征服自然带来的福祉之余, 也不免慨叹精神文明的沦落和自身生存面临重重危机。“解铃还得系铃人”。对生命和复杂系统的思考和探索, 使一些有远见的理论物理学家开始反思, 如何消灭物理科学和生命科学之间的鸿沟, 能否用物理学的观点来全面解释生命及其进化过程, 以实现自然科学的大统一。我国哲学家也提出哲学的改革要求从单纯强调物质本体性, 忽视人的主体性的旧框架中解放出来。这反映了中国理论界当前要求以人为主体的思潮。生物进化论在上世纪对于了解人在自然界的位置, 生态学在本世纪对了解人与自然的关系方面做出了重大贡献, 而未来的生物学在了解人的思维等精神活动方面也将做出意义更为深远的贡献。马克思认为: “自然科学往后将包括关于人的科学, 正象关于人的科学包括自然科学一样, 将是一门科学”。目前科学正处在一个转变的时代, 人类文化也处在一个转变的时代。生物学在实现物理科学和生命科学的统一, 自然科学和人文科学的统一的历史使命中, 在推动人类思维的发展中, 无疑将起越来越重要的作用。

本文作者王亚辉(Wang Yahui)系中国科学院上海细胞生物学研究所所长, 研究员。