

生物学的革命

蒲蛰龙 齐雨藻

(生物学系)

当代自然科学正在酝酿新的重大突破。据专家们估计,在本世纪末,将进入按照人类自己的需要改造原有生物品种,创造新的生物种的时代,从而会给农业、环境保护、食品和医药工业以及生物能源等带来根本性的变革;将进入以机器代替部分的脑力劳动的时代,它将比机器代替手工劳动的工业革命对社会产生更深刻的影响;将比较彻底地解决能源问题;还将制造出多种强有力的仪器,使人们能深入物质结构和天体结构的新层次,从而有可能在物理学规律的认识上出现自相对论和量子力学以来的最大突破。

宇宙之大,粒子之微,生物之秘,火箭之速,地球之变和化工之巧给当代科学勾画出一幅五光十色,绚丽多姿的图画,而揭示生命之起源、进化以及它可能在宇宙其他星球之存在,则是未来对科学的重大挑战。

近二、三十年来生物学的理论成就给自然科学作出了巨大的贡献,它对人类改造自然和推动科学的发展显示出越来越重要的作用。生物体遗传物质 DNA 双螺旋结构的阐明,被认为是二十世纪以来自然科学中的重大突破之一。生物世界遗传信息统一密码及“中心法则”的发现,揭示了生物的遗传、进化、生长、发育的内在联系。新理论、新概念、新思想正在生物学中不断发展。联合国教科文组织关于科学研究主要趋势的调查报告认为,目前科研工作有两个特点,一是各门学科的“数学化”,二是生物学研究的突飞猛进。可以预期,生物学在发展中必将成为一门领先的科学。生物学发生了革命,以前称生物学为关于生物的科学(The science of living things),而现在称研究生命的科学(The science of life)。

综观生物学的发展有以下三个特点。

一、向宏观和微观层次深入发展,由分析到综合的辩证结合

宏观和微观、分析和综合的研究之间是互相促进、互相补充的。近三十年来生物学发展的主要趋势是宏观研究和微观研究、特别是微观研究日益深入,分子生物学的迅猛发展就是这种趋势最明显的标志。它不仅已经改变了实验生物学原来的面

貌，并且将会引起描述生物学的根本革新，使生物学从对生命现象的解释跃进到阐明其本质的新阶段。

分子遗传学是分子生物学的火车头。阐明DNA双螺旋结构的沃森（Watson）曾说过：“遗传学推动了生物化学的飞速发展”。

遗传是生物界最为普遍的现象。但是对什么是遗传物质，却是经过长期的观察研究才搞清楚的。1928年格利菲斯(F. Griffith)发现细菌的遗传转化现象,1944年阿韦利(O.T.Avery)等通过分析转化因素的化学性质，证明遗传物质（基因）就是DNA。有些病毒没有DNA，只有RNA，以后证明在这些生物中，RNA是其遗传物质。1953年阐明了DNA的双螺旋结构开创了分子遗传学的新纪元，此后就出现了分子生物学。

六十年代初，对病毒突变体进行了精微结构分析和用人工信使合成了多肽，肯定了三联密码、非重叠密码及简并密码。以后比较了不同生物的编码机理，证明遗传密码是通用的，最近又证明一截DNA可以载负多种遗传信息，

从核酸分子来说，所谓遗传，就是核酸的复制。从DNA的双螺旋结构可以推断出半保留的复制机理。复制由特定的起点开始，向两方同时进行，先合成片段（“冈崎片段”的发现）然后联成一体。在复制过程中，有许多种旦白质（其中大部分是酶）参加工作，复制非常精确，有校对员（DNA聚合酶I）监视，错误不超过百万分之一。1972年又发现DNA复制要由RNA牵头，从而揭示了DNA，RNA，旦白质在遗传上的辩证关系(图1)。

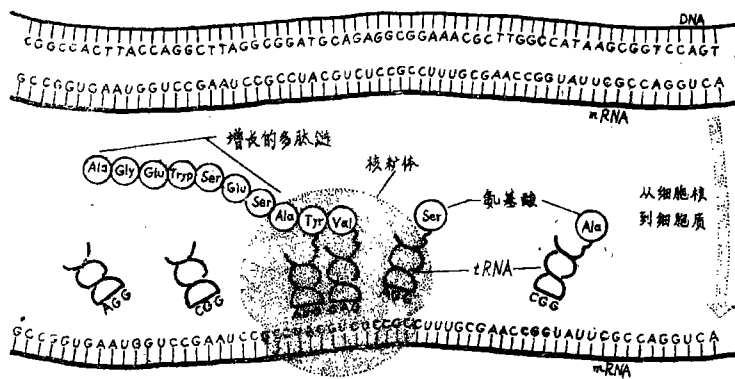


图1 从DNA到多肽合成的可能机制
(自Kimball,1974,廖沃根复图)

一切细胞按其遗传潜力来说，都是全能的。然而它携带的遗传信息并不同时表现出来。生物在其生长发育过程中，基因按严格程序依次表现，才能成为一个统一的整体。基因表现的第一步是以DNA为模板产生RNA(mRNA)的过程（转录），

第二步才把RNA的核苷酸顺序解读为蛋白质的氨基酸顺序，这称之为转译。生物的许多性状原则上都可以用蛋白质的氨基酸顺序加以分析说明。转录由转录酶进行，转译在核蛋白体上进行。原核生物基因表现的调节控制，已知有正控制、反控制和自体调节等方式。在高等动植物方面虽然胚胎学家已对胚胎发生作出了令人信服的描述，但还远远不知怎样用微观的相互作用来解释宏观的个体发生。因此，研究真核生物基因表现的调控机理，是分子遗传学面临的重大任务。

发展分子遗传学有重大的实际意义。大肠杆菌在正常情况下每五代才合成一个半乳糖苷酶分子，而在人为控制条件下可以在两三分钟内提高一千倍，并已在发酵工业中广泛应用。又如肿瘤是医学上一大难题，但无论病毒致癌、环境因素致癌或肿瘤易感人群方面，都和分子遗传学有关。内分泌失调，过去认为是生理病，现在知道它和基因活动有关，衰老也和基因表达有关。近年发展起来的基因工程——遗传工程研究就是将一种生物的遗传信息——DNA（或基因）分离出来，然后用一定的运载工具把它转移到另一种生物的活细胞内，使之具有新的遗传特性或创造出新的生物品种。遗传工程的研究对发展遗传学理论，解决工农医和国防上的重大问题有着广阔的前景。

近几年来，细胞生物学的研究非常活跃，发展非常迅速。联合国教科文组织选择了细胞和大脑这两项课题作为生命科学中要特别注意发展的领域。

细胞是生物形态结构和生命活动的基本单位(图2)。恩格斯曾把细胞的发现誉为十九世纪自然科学的三大发现之一。从那时以来，细胞学一直是生物科学的基础，它在遗传和发育的研究中尤其起了巨大的推动作用。然而从100年前最先发现细胞的有丝分裂到染色体结构及其活动的阐明，却经历了漫长的研究过程。近二十年来随着分子生物学的发展，人们从亚细胞结构水平进一步深入到分子水平研究细胞生命活动规律，并把细胞整体活动水平、亚细胞水平和分子水平三方面研究有机结合起来，考察和探索细胞的基本生命活动——生长、分裂、分化、遗传变异、运动和兴奋传导的基本规律，从而形成了现代生物学的主要分支之一——细胞生物学。从生命的

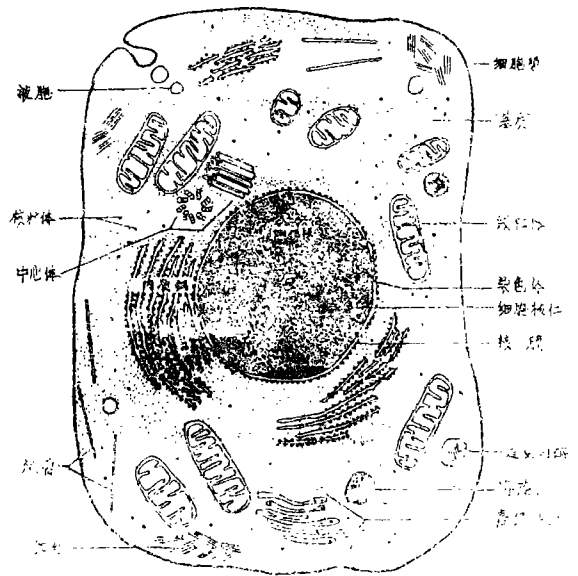


图2 动物细胞的超微结构
(自Kimball,1974,廖沃根复图)

结构层次看来,细胞生物学位于分子生物学和发育生物学之间,所以是一门承上启下的边缘学科,成了当前生物学的生长点和主要发展倾向之一。

细胞生物学的范围虽然很广,而其核心却可以归结为遗传和发育的关系问题。遗传是在发育过程中表现出来,而发育又要以遗传为基础。迄今分子遗传学最突出的成就之一,已如上述,是在微生物上阐明了蛋白质合成遗传控制的信息传递途径,并初步提出了基因作用的操纵子学说。然而,这些在原核细胞上取得的成果,并不能完全代表和推广应用于高等生物,解释其遗传和发育的现象。真核细胞的遗传物质的组成结构、核质之间、细胞及其环境之间的关系极为复杂,由此调节和控制着基因作用系统,使之按一定的时、空秩序表现出来,从而达成细胞的分化和个体的发育,并在成体细胞中表现出种种特殊的功能活动。这是真核细胞不同于原核细胞的特殊的地方。所以从七十年代开始,国际上的注意力又回到了有复杂结构的真核细胞的研究。当前细胞生物学的主要发展趋势是用分子生物学及物理化学方法,深入研究真核细胞基因表现的调控问题,从根本上揭示遗传和发育的关系以及癌变的原因等基本生物学问题。从历史上看,细胞学的理论是在对遗传和发育的研究中发展起来的。在分子细胞学水平上,遗传和发育的问题又交织在一起,难以划分。因此,在分子细胞学水平上建立一个遗传发育的统一理论,是现代生物学面临的巨大理论任务。这方面的任何突破,都必将促进对病理分化——癌变及其控制问题在本质上的了解。

近年来,由于植物细胞培养技术迅速发展,花药培养单倍体及植物原生质体分离和培养的成功,使人们对高等植物的细胞也能象微生物细胞那样,用分子细胞学的技术进行实验操作,这是一个巨大的革新。植物细胞的全能性,从五十年代末至今已可在植物细胞培养中得到了大量的证明。人们把在微生物细胞和动物细胞上行之有效的一些技术用到培养植物细胞上来,引起细胞的变异,然后设法把这些变异的细胞培养成植物,就可以深入研究发育、遗传、核质关系等重大的生物学问题。近来围绕植物细胞培养实验体系的建立,在植物细胞生物学中,一个新的研究领域即细胞工程正在形成,其目的就是要按人们预先的设计,用分子细胞学的技术,来改变细胞的遗传性,深入研究细胞的生命活动,并为遗传育种提供新技术、新方法,最终有目的地培养出新品种,甚至新种。

植物细胞工程研究大致分为五类:基因工程,染色体工程,染色体组工程,细胞质工程和细胞融合(或称细胞杂交)。基因工程研究中,一个引起极大注意的问题是能否把固氮细菌或固氮蓝藻的固氮基因分离出来转到作物细胞中去。在染色体及染色体组工程研究方面,过去用杂交及秋水仙素处理等方法在作物育种上早已有应用,并取得相当的成效,如获得了三倍体无籽西瓜,八倍体小黑麦等。现在,由于用花药培养可得到大量的单倍体以及在细胞培养中可以形成各种多倍体等,无疑又为这方面的研究打开了新的路子。人们可以用单倍体的培养细胞作实验材料,进行各种理化诱变处理,然后通过筛选培养,再诱导形成植物。这种技术可以用于作

物的抗性育种及品质育种。在细胞质工程方面,植物特有的与光合作用有关的细胞器叶绿体特别引人注目。如果最终能成功地把高光效植物的叶绿体移植到普通的作物细胞中去,就有可能有助于阐明光合作用的遗传调节机理,以及获得新的作物类型。至于细胞融合,由于动物细胞杂交所取得的进展大大推动了植物细胞杂交的研究。至今已有十多种种间、属间甚至科间融合的细胞杂种可以进行细胞分裂,其中若干组合已形成了小的细胞团。加拿大学者已将大豆和烟草的杂种细胞株培养了八个月以上,得到了大量的杂种细胞后代。此外,由于去除了细胞壁后对外界理化处理比较敏感,外源的DNA、病毒、甚至细菌等均易于摄入,这就为开展高等植物的遗传工程提供了可能,同时也为研究植物细胞的生长分化等问题提供了有用的实验手段。

细胞核移植等实验证明,生物在生长发育过程中,细胞分裂分化都是按一定的程序进行的,这就是细胞核基因组所带的全部遗传信息按一定正常程序表达的结果。细胞癌变也可能是程序失调的后果之一。目前,一些病毒和细菌的部分基因组的分子结构、工作单位和调控程序已阐明,为深入了解高等生物的细胞分裂分化和生长发育开辟了道路。最近,我国生物学家童第周教授和美籍生物学家牛满江教授在细胞核移植和核酸诱导遗传性变异方面的研究,提示了细胞质在遗传变异中的重要作用。

生物学在宏观方向上的研究也日益深入。随着工程系统概念和模拟等新技术、新方法在生态学中的广泛应用,初步揭示了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。生态系统的研究是认识自然和改造自然的有力武器。生态系统是一定空间内生物与环境相互作用的统一体,能量的流动和物质的循环就在这个统一体中不停地进行。

污染生态学是研究生物与污染环境之间相互关系基本规律的科学。通过大量定性、定量研究建立了各种不同类型物质循环的生态数学模型。这种数学模型是客观存在的生态系统的结构与功能的抽象写照。通过这种数学模型的计算机运算,使人们有可能预测当参数发生改变,新参数增加或旧参数消除时,会出现何种结果。

高度集约的,向工厂化发展的家禽、家畜、鱼类的舍饲,实际上是人工的生态系统。生态系统的研究阐明了系统结构与物质能量转化过程及其生态效应,进一步发展了最优化等理论,对于大幅度提高农业综合生产体系的生产力,森林、草原、水体等的科学管理,有害生物的控制以及环境治理等方面,都将产生巨大的影响。

生物学的研究正逐步注重在分析的基础上进行辩证的综合。例如神经系统,脑的功能是整个物质世界最复杂,最高级的系统。感知、学习、记忆都有其生物、物理、化学的基础。由于电子学、细胞学、分子生物学及信息论等理论与技术的综合应用,在神经细胞的兴奋传导,神经原对靶细胞的控制以及各种感受器的换能机制等方面的研究都有重大的进展。脑是精神思维的物质基础,它发出指令实现个体和外界联系的行为。因此,脑及其思维活动的研究就成了生物学研究的重大课题。

生物反馈的研究使人能通过仪器自己监视本身的机能,因而通过训练,人能随

意控制过去不能控制的一些机能,如血压、心率等。这项研究打破了传统的随意运动和不随意运动的界限,扩大了意识的能动作用,已用于医疗实践。

二、各学科间互助渗透,互助促进

不同学科间的互相渗透,特别是物理学、化学、数学和地学的广泛渗入生物学领域,这是促进现代生物学迅速发展的又一个重要趋势。

物理学和化学广泛渗入生物学领域的结果已经产生了生物化学和生物物理学等,特别是近代结构化学、分析化学、物理化学和结晶学的发展,促进了蛋白质、核酸等生物大分子的化学结构和空间结构的阐明,从而为分子生物学的迅速发展奠定了基础。近年来,量子力学、信息论及控制论等新兴学科已经对生物学的发展产生了很大的影响,从而兴起了量子生物学、生物信息论和生物控制论等。

生物数学是一门迅速发展的边缘科学。十九世纪孟德尔从豌豆性状遗传的定量规律奠定了著名的遗传学基本模型与定律。本世纪五十年代以来,在使用电子计算机推算X射线衍射图的基础上,设想出了DNA的分子模型。到了七十年代,数理统计、概率论、控制论、微分方程、运筹学、计算机等数学分支对生物学的高度发展起了重要作用。其中如数量遗传学对优良家畜纯种的发掘与保存很为重要。数量生理学对人体激素酶网络系统的平衡及其过渡的研究可能为延长人类寿命提供理论依据和实践方法。数量生态学的研究,对害虫生物防治的数学设计,自然资源的最佳综合利用,人口数量变迁的研究等都有重大的实践意义。

人工智能是在控制论、计算机、仿生学、生物学、心理学等学科基础上发展起来的边缘学科,是探索和模拟人的感觉和思维过程规律的科学。基于人工智能理论可以创造出具有某种仿人智能的高级控制系统——智能控制系统。智能机器人就是典型的智能控制系统。人工智能是“现代三大技术”之一,它的研究也必将推动诸如计算机、自动化等技术的发展。

仿生学是生物科学与工程科学相互渗透、相互结合产生的另一门新兴的边缘学科。它是研究生物系统的结构特性、能量转换与信息过程,为工程技术提供新的设计思想与工作原理的。一些科学家把它说成是“开发新技术的钥匙”。十几年来,国外仿生学的成果已应用于工业和军事等方面的,有模拟生物学原理而设计的图像、文字、语言识别机,新型计算机,智能机器人以及跟踪导航装置等。

攻克癌症也需要多学科的配合。实际上这个问题不仅对医学和生物学提出了挑战,而且也对其他各门自然科学和技术科学提出了挑战。如病因问题应包括查明致癌因子和认识致癌过程两个方面。前者偏重于外因问题,与地理、土壤、环境、物理、化学、食品、病毒等学科以及各种测试技术的发展密切相关;后者偏于内因问题,与生化、生物物理、分子生物学、免疫学、遗传学及心理学等密切相关。诊断的关键在于早期诊断,它一方面有赖于生物化学、分子生物学和免疫学等能早日发现新的肿瘤转异性物质,同时还迫切要求新的物理修复手段,如超声全息、高分辨

率的全身断层扫描等。根治肿瘤除有赖于早期诊断外还有赖于治疗手段的丰富。目前主要治疗手段不外是手术的切除、放射治疗和化疗（即药疗）。药物治疗和化学、生物化学、分子生物学关系密切。五十年代前后，由于核酸代谢研究的进展，化学家根据生化的研究成果，设计并合成了大量抗代谢物，从中筛选出了一些有疗效的化合物，均沿用至今。今后随着肿瘤分子生物学的蓬勃发展，会对肿瘤细胞膜以及与细胞癌变有关过程基因表达的调节控制获得新的认识。可以期望，这些研究在不久的将来一定会给化学家提供设计抗癌新药的理论依据。

三、广泛采用新方法、新技术

由于数理化的渗透和整个工程技术的发展，信息论、控制论、系统分析等新理论、新概念，同位素、电镜、晶体衍射、电子计算机、遥测遥感技术等新仪器，新技术在生物学研究中得到应用推广，从而大大提高了对生命物质分析的精确性和对复杂系统的综合能力，成百倍、成千倍地加快了科研速度，缩短了研究周期。使生物学的新成就对生产实际的影响也越来越大。

如免疫技术中超微量分析的创立已使分析精度从微克发展到微微克。激光闪光光谱把时间的分辨率提到了微微秒（ 10^{-12} 秒），估计到1985年可达 10^{-15} 秒。七十年代初出现的质子X光荧光分析也是一种先进的分析手段。1972年以来又陆续在英国、西德和美国发展和建成了三台质子显微镜，它的灵敏度比电镜要高一百到一万倍，对某些元素可以测到一百万亿分之一克，可同时测几十种元素，而所用的样品可少到10微克以下。1975年后发展了非真空分析，这都属非破坏性分析，分析后的样品几乎没有损伤，不论是活组织还是易挥发的液体均可分析，这是电镜作不到的。它已应用到生物学和医学，用于分析微量元素对疾病的影响，人体微量元素与癌症的关系等。只有对一滴血作十分钟的分析，就可以知道血液中微量元素的分布及含量。还可以对头发进行逐段分析，以及早发现铅、汞中毒情况，并可估计中毒时间（头发每月平均生长1厘米，中毒时间不同，微量元素在头发中的分布也不同）。国外正考虑用分析头发代替血液分析，以诊断肝炎等疾病。

技术的革新确实带来了科学的革命。直到30年前，我们关于细胞结构的知识还是局限于光学镜下的分辨率之中，这种分辨率是 2500 \AA 。但是，1930年发明了电镜以后就使细胞形态学的研究进入了亚细胞水平。第一个细胞的电镜照片是1945年发表的，由于当时电子束的穿透力很弱，所以这张照片是很不精细的，但是，现代电镜技术的发展，已使我们能看到细胞结构的全部复杂性了。此外，应用离心的分级分离程序解决了细胞组分的分离问题，放射性同位素和色层法的应用解决了酶的代谢反应及酶的催化作用研究，等等。这些都说明技术手段对研究工作有着多么重大的意义。

生物科学近年来已愈益显示出它有跃居自然科学前沿的趋势。迅速实现我国生物科学的现代化，是在本世纪末实现我国农业、工业、国防和科学技术现代化的一个重要环节。