

生命本质的新探索

Q7-53

1

3

现代科技知识丛刊·生物

倪海曙 主编

生命本质的新探索

SHENGMING BENZHI DE

XIN TANSUO

邹承鲁 等著

知识出版社

上海

B 450358



现代科技知识系列·生物

生命本质的新探索

SHENGMING BENZHI DE XIN TANSUO

邹承鲁 等著

知识出版社出版发行

(上海内北路 650 号)

第 1 版

科学书店上海发行所经销 上海东方印刷厂印刷

开本 787 × 1092 毫米 1/32 印张 7.75 插页 2 字数 165,000

1987 年 6 月第 1 版 1987 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—5,000

书号: ISBN7-5015-5275-4 定价: 1.50 元

Q·3

内 容 提 要

揭开“生命之谜”，是人们饶有兴趣地对此进行不断探索的课题。本书共收有关生物学的文章28篇，编为11组。从生物学的各个方面——关于生命本质的探索、当代生物学的现状、生命世界复杂现象及其运动规律、遗传与变异、热与生命的关系、生命与水的关系、细胞和激素的研究、进化论的理论探讨、生物化学和放射生物学的研究、生态科学和微生物与生物的关系、酶的研究等。作者大都是国内著名的学者和研究人员，他们以较丰富的资料，系统地、深入浅出地向读者介绍了有关生物学的最新知识，是广大科学爱好者一本很有用的参考书。

目 录

生命本质的新探索.....邹承鲁 施建平(1)

当代生物学的生长点.....邹承鲁 施建平(11)

生物科学的发展——写在参加国际学术

会议之后.....谈家桢(17)

生命的复制——哺乳动物的无性繁殖.....余志华(26)

生命世界的物理学.....贝时璋(31)

生命的节律.....崔允文(44)

生命活动的重要场所——生物膜.....吴浩源(51)

人工合成生命物质的进程.....卢继传(60)

遗传工程研究进展及应用前景.....张树庸(70)

遗传与变异.....李汝祺(83)

热与生命.....傅亚珍(93)

生命与水.....章正康(101)

化石——生命历史的档案.....甄朔南(109)

细胞重建的研究.....贝时璋(116)

机体内的化学信息分子——激素.....沈孝宙(123)

系统论与生物学·····	汪云九(131)
进化论的若干基本概念·····	陈世骧(138)
进化论一百年来的发展·····	谈家桢(149)
生物化学是怎样发展的? ·····	李建武(157)
放射生物学今昔·····	李建武(167)
生态科学的新时代·····	马世骏(175)
解决人类与自然矛盾的钥匙——谈谈人工 植物群落学·····	<u>蔡希陶</u> 冯耀宗(184)
微生物与环境保护——介绍蛭弧菌在有害 微生物中的作用·····	罗明典(192)
金属的微生物腐蚀·····	吕人豪(197)
酶学与应用·····	邹承鲁 姚启智(204)
酶的功能·····	邹承鲁 李文杰(213)
怎样学好现代生物学·····	沈淑敏(221)
对于分子生物学的诞生作出了贡献的 几位科学家·····	吴 明(229)

生命本质的新探索

邹承鲁* 施建平*

近30年来,在整个自然科学中,生物学的发展是最为迅速的。尤其是整个生物学的带头学科——分子生物学更有突飞猛进的发展。

回顾生物学发展的历史,它的前期主要是对生命世界丰富多采的物种和千变万化的现象进行观察描述,分门别类,综合比较。进化论和细胞学说的建立集中体现了19世纪生物学在这些方面所取得的成就。进入本世纪中期以后,分子生物学这株新苗破土而出了,它植根于生物学的土壤之中,又广泛地吸收着物理学和化学的营养,使生物学进入了从分子水平阐明生命活动本质的新纪元。如果说细胞学说的建立从细胞水平证明了生物界的统一性,那么,分子生物学则在分子水平上揭示了生命世界的基本结构和基础生命活动方面的高度一致性。分子生物学正以其引人入胜的魅力激励着人们深入到生物大分子的王国中探索,去揭开生命之谜的层层面纱。

生物大分子的结构与功能

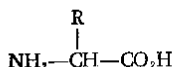
生物大分子结构与功能的研究,是分子生物学这棵大树

* 作者邹承鲁为中国科学院生物物理研究所副所长,施建平为中国科学院上海生物化学所研究人员。

的躯干。它的任务是通过研究生物体的主要物质基础，特别是蛋白质、酶和核酸等生物大分子的结构和运动规律，来探讨生命现象的本质。

蛋白质和核酸等生物大分子通常由几千甚至几十万个原子组成，分子量可从几万一直到几百万以上。正是这些生物大分子的复杂结构决定了它们的特殊性质，决定了它们在生命活动中所起的重要作用。

蛋白质的结构单位是氨基酸，结构式是：



在各种蛋白质分子里一共只有20种不同的氨基酸，各含有不同的侧链基团R。这些氨基酸以一定的顺序结合，形成肽链。这就是蛋白质的化学结构。核酸的基本结构单位是核苷酸，由碱基、糖和磷酸三部分组成。根据所含糖的不同，可分为核糖核酸(RNA)和脱氧核糖核酸(DNA)。又由于所含碱基的不同，这两大类核酸分别含有4种主要的核苷酸，这些核苷酸也是以一定的顺序结合，形成核苷酸链。这就是核酸的化学结构。

由20种氨基酸组成的蛋白质和由4种核苷酸组成的核酸怎么能反映变化万千，丰富多采的生命世界呢？一个简单的计算可以回答这个问题。以蛋白质为例，一个由100个氨基酸组成、分子量约为10,000的蛋白质，是一种比较小的蛋白质。如果从20种不同的氨基酸中任取100个，以各种顺序排列，就可以提供 10^{180} 这么多种不同的蛋白质。即使每种蛋白质只有一个分子， 10^{180} 种蛋白质的总重量就是 10^{100} 吨左右，等于地球

总重量的 10^{78} 倍,太阳系总重量的 10^{72} 倍。这个数字不但远远超过地球有史以来生存过的生物体的总重量,并且在生命世界继续进化发展多少亿年以后,所生成的蛋白质,也不会达到这个数字。

蛋白质和核酸不但有一定的化学结构,而且还有一定的空间结构。空间结构可分成好几个层次:肽链或核苷酸链主链原子的局部空间排列叫二级结构。例如,有的肽链呈螺旋状,叫 α -螺旋;有的肽链象瓦楞板似的结构,叫 β -折迭;有的核苷酸链象旋转的扶梯,叫双螺旋,等等。二级结构在空间的各种盘绕和卷曲叫三级结构,如有一种核酸分子的三级结构呈L形。有些蛋白质的分子是由相同或不同的亚单位组装起来的,这种亚单位叫亚基,而亚基之间的相互关系就叫四级结构。蛋白质和核酸的特定的化学结构和空间结构,决定了它们的特殊性质和生物功能。

我们先谈谈蛋白质的生物功能。构成生命现象的各种生命活动主要是通过蛋白质来实现的。首先,生物体各种组成部分的自我更新或新陈代谢,是生命活动的本质。新陈代谢是由成千种化学反应组成的,而这些化学反应几乎全部都是在一类特殊的蛋白质——酶的催化之下进行的。就以我们吃饭为例,在体内要经过几十步化学反应,将食物中的糖类物质氧化成二氧化碳和水,同时释放出一定的能量被我们所利用。如果没有酶的催化,这些反应将以极其缓慢的速度进行,生命活动根本就无法维持下去。酶的催化效率是非常高的,它比非酶的催化剂要高 $10^7 \sim 10^{13}$ 倍,也就是说,在酶催化下1秒钟就完成的反应,非酶催化剂要1年甚至几万年才能完成。而酶催化反应与没有催化剂时的反应相比,最高可相差 10^{17} 倍,亦即酶

催化下1秒钟完成的反应，没有催化剂时需要几亿年才能完成。因此，如果我们能深入了解酶的催化原理，并模仿这些原理来制造化学工业上广泛使用的催化剂，那将会引起化学工业上的一场革命。

生命活动的其他方面也主要是通过蛋白质来体现的。例如呼吸，在哺乳动物体内是通过一类称为血红蛋白的蛋白质实现的。又如运动，从最低等的细菌的鞭毛运动，直到高等动物的肌肉收缩，以及机体的免疫、新陈代谢的调节控制等都是通过蛋白质实现的。

人工制造生命是人类长期以来的理想，而人工合成蛋白质和核酸则是实现这一理想的重要环节。1965年我国合成了牛胰岛素，在世界上首先实现了蛋白质的人工合成。近年来核酸的人工合成也取得不少进展。在国外，脱氧核糖核酸的人工合成已有报道。但是由于一个完整的细胞含有上千种复杂的蛋白质和相应的核酸，因此要实现人工制造生命的理想，还要付出极为艰巨的努力。

遗传的分子基础

在分子生物学这棵大树上，生长最为旺盛的分枝是分子遗传学。大家知道，生物体的遗传特征主要是由核酸所决定的。具体来讲它应包含下面几方面的问题。首先，遗传信息储存在哪里？这就是通常说的基因。从分子水平来看就是DNA分子。遗传信息就储存在DNA分子核苷酸的排列顺序中。现在已知一个简单的病毒的遗传信息，包含在几千个核苷酸以一定的顺序排列的DNA分子之中。最近测定出的一

个这样的 DNA 分子的全结构,它在英国《自然》杂志发表时,占了 3 页篇幅。一个简单的细菌的遗传信息大约是一个病毒的 1,000 倍,也就是说它将是一本厚达 3,000 页的巨著。而哺乳动物的遗传信息又大约是细菌的 1,000 倍,如果把反映它的遗传信息的核苷酸序列全部发表,需要 10,000 本每本 300 页的书才能全部登完。DNA 分子所具有的这种巨大的信息容量是几百万种生物所具有的纷繁复杂的遗传性状的分子基础。

紧接着的问题是遗传信息怎么传给子代的呢?也就是基因是如何复制的?根据 X 光衍射分析的结果,DNA 分子的基本空间结构是双股的螺旋结构。它的 4 种核苷酸中所含的碱基有一定的配对规律。如果以 A、G、C 和 T 代表这 4 种不同的碱基,从 DNA 的空间结构上看,A 总是和 T 配对,G 总是和 C 配对。复制时,首先双链结构拆散为两股单链,然后分别以这两股单链为模板,根据碱基配对规律分别合成和这两个单链相对应的另外两条单链。这样,一个 DNA 分子就复制成了两个结构上完全相同的 DNA 分子。复制后的 DNA 分子是各由一条新链和一条旧链构成的双螺旋结构。

生物体的遗传性状虽然是由基因决定的,但是由亲代获得的遗传信息又是怎么样在子代的生命活动中表现出来的呢?这一表达的过程包含转录和转译两个步骤。所谓转录,是根据 DNA 的核苷酸顺序决定一类叫做信使核糖核酸(mRNA)分子中的核苷酸顺序。这两类分子都是核酸,他们的结构单位除了在 mRNA 分子中以 U 碱基代替 DNA 分子中的 T 碱基外,其他三个碱基都是同样的。DNA 分子中的 A、G、C 和 T 分别对应 mRNA 中的 U、C、G 和 A。因此可以看作二者基本上使用同一种文字,只是写法不同而已,所以叫转录。在

转录的过程中,和 DNA 复制时一样,按照上述对应关系进行碱基配对,把贮存在DNA分子中的遗传信息,转移到 RNA 分子中。再根据mRNA 分子中核苷酸的顺序决定蛋白质分子中氨基酸的排列顺序,这就是转译了。由于核酸的文字是由4种不同字母(碱基)组成的;而蛋白质的文字却是由20种不同的字母(氨基酸)组成的,二者所用的文字不同,所以称为转译。现在已经知道,每一种氨基酸需要由 mRNA 分子中以一定顺序相连的三个核苷酸来决定。这种方式称为遗传密码,或称三联体密码。这种遗传信息从DNA到 RNA 再到蛋白质的单向传递过程,曾被认为是分子遗传学的“中心法则”,但后来发现不能将其绝对化,在某些情况下, RNA 也可以是遗传信息的携带者,遗传信息也可由RNA传递给DNA。

在探索上述三个问题的过程中,人们又提出了基因的表达是怎样调节和控制的问题。

高等动植物的个体是很复杂的,动物的不同器官,如大脑、肌肉、肝脏或者是植物的花、叶、茎等,都是由不同类型的细胞组成的。但是这些不同类型的细胞却又是由同一个受精卵分化出来的,它们都含有发育成为一个完整个体所需要的全部遗传信息。早在1948年,有人曾从蛙小肠细胞中取出细胞核移植到去掉细胞核的受精卵中,这个卵仍可生长发育成蝌蚪。在植物方面,从一个植物体细胞培养成为一个完整植物也已获成功。这些实验表明,任何分化的体细胞都带有机体的全部遗传信息。既然如此,为什么它们又各不相同呢?为什么含有相同遗传信息的神经细胞、肌肉细胞、肝细胞等在形状上、功能上、代谢特征上表现出各不相同呢?这就是由于基因表达的过程是在严格的调节控制下进行的。在正常情况下,

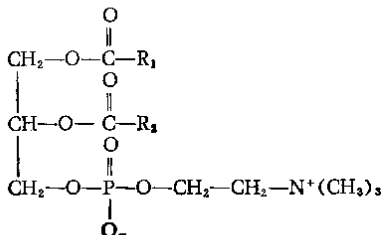
高等动植物细胞的基因只有10%左右的DNA被转录与转译。正是这种选择性的转录与转译形成了细胞分化的基础。染色体的特殊的结构与功能对于这种选择性的转录起着重要的作用。

即使是简单的细菌，它的基因表达也同样是在严格的调节控制之下进行的。我们通常所说生物体有适应环境的能力，也是基因表达调节控制的具体表现。现在知道，在细胞内DNA是和蛋白质紧密结合的，从简单的细菌到复杂的高等动植物，基因表达都是由蛋白质来调节控制的。至于这个调节控制是怎样进行的，特别是对于高等动植物是怎样进行的，现在还不很清楚。这正是当代生物学面临的重大课题之一。

生物膜的结构与功能

膜的分子生物学是分子生物学这棵大树上一个年轻的、充满生命力的分枝。

生物膜主要包括细胞的外周膜和细胞内的具有各种特定功能的细胞器膜。它们的基本组成单位是磷脂类物质。可用卵磷脂作为这一类物质的代表，其结构式如下：



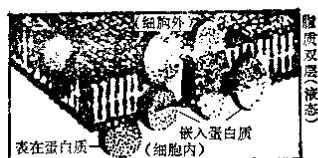


图 1 生物膜示意图

这一类物质的特点是，它既有在脂肪性溶剂中易于溶解的非极性基团(R_1, R_2)，又有带有正负电荷的、因而在水溶液中易于溶解的极性基团。由于磷脂分子这种特点，它在水溶液中就很容易形成非极性基团向内、极性基团朝外的双分子层。这样就形成了膜的基本结构。图 1 是生物膜的一角的示意图。除了由许多磷脂分子构成的双分子层以外，从图中还可看到蛋白质和酶等生物大分子或者主要结合于膜的表面上，或者可以由外侧伸入膜的中部，有的甚至可以从膜的一侧穿透两层磷脂分子而暴露于另一侧之外。此外有的膜还含有糖类物质，它们形成糖蛋白或糖脂，并将糖基部分伸出在膜的外表面上，就如同天线一样。蛋白质、酶和糖类物质在膜上的位置处于一种不断运动的状态。构成生命活动本质的许多基本问题如能量转换、细胞识别、免疫、激素和药物的作用、神经传导、物质运转等都离不开膜的作用。此外，新陈代谢的调节控制和细胞癌变等也和膜有密切关系。深入了解生物膜的结构和功能不仅对认识生命活动的本质具有重要的理论意义，而且对于工、农、医和国防事业也有重大的应用价值。

我们先看看能量转换的问题。生物体的能量转换反应主要是在膜结构上进行的。生物体取得能量的方式，或者是象

植物那样利用太阳能进行光合作用，或者是象动物那样通过一系列氧化反应利用食物。这两者能量来源截然不同，但是它们的基本过程却非常相似，都通过和膜紧密结合的酶系统进行一系列复杂反应，最后合成三磷酸腺苷。生物体就是利用三磷酸腺苷分子在水解过程中所释放的能量，作为直接的能源供给它自身生长、发育和运动等过程的需要。生物体的能量转换系统的效率是很高的。生物体利用食物氧化所释放能量的效率是70~90%，而现在我们利用燃烧煤或石油能量的效率通常只有20~40%。这就是生物能的研究在世界各国都很受重视的原因。

那么，全世界能源的需要究竟是多少？最终用什么方式解决？一个人每天平均需要的能量大约是2,000大卡，相当于100瓦灯泡点24小时所消耗的能量。如果全世界的人口以40亿计算，总消耗就是 4×10^{11} 瓦。这只是吃饭所需的能量，如果把衣食住行所需能量都加在一起，大约要乘上十七、八倍（各国消耗水平不同，这是按总的平均数估算的）即 7×10^{12} 瓦或 2.1×10^{20} 焦耳。这个数字看起来很大，其实与地球承受的日照相比，只占地球从太阳接受的能量的二万分之一。当然，地球表面大部分面积是海洋，照在海洋上的能量有很大一部分是我们不能利用的。如果就以照在陆地上通过光合作用所固定的碳的能量来算，则也有 3.2×10^{21} 焦耳，比现在的总消耗还大十多倍。所以如果能攻克光合作用这一关，深入了解这一作用的机理并进行模拟的话，全世界的能源问题就将不成其为问题了。

生物膜的另一重要功能是细胞间或细胞膜内外的信息传递。现在知道在细胞膜表面，广泛存在着——类称为受体的蛋

白质,激素等物质对于细胞新陈代谢的调节作用,以及许多药物的作用,就是首先通过和受体分子的特异性结合而实现的。例如吗啡是大家熟悉的镇痛剂。它就是通过和某些脑细胞表面的受体结合,调节这些细胞的新陈代谢从而发挥其镇痛作用的。近年来不仅发现了一些比吗啡更有效的药物,还发现在高等动物脑中天然存在着一类比吗啡有更强镇痛作用的多肽物质,对它们进行深入的研究,就有可能发展出一类既有镇痛作用而又不会象吗啡那样“成瘾”的药物来。

细胞膜的表面性质还对细胞的分裂繁殖有重要的调节作用。例如在创伤愈合过程中,正常细胞的繁殖在细胞与细胞间发生接触后即行停止,不会无限制地繁殖下去。这种现象称为对细胞分裂的接触抑制。但对于肿瘤细胞,这种接触抑制却不起作用,因而造成肿瘤细胞无限制地恶性繁殖。近年来对细胞表面受体物质的研究表明,在细胞癌变过程中,表面受体物质的分布有明显变化。对细胞表面性质的进一步研究,将会对肿瘤防治提供有价值的线索。

当代生物学的生长点

邹承鲁 施建平

经过二、三十年的发展，分子生物学已成为一棵枝叶纷披、盘根错节的大树了。它几乎渗入到基础和应用生物学的每一个领域。这些年来，分子细胞学、分子药理学、分子病理学、分子分类学、分子神经生理学以及遗传工程等新的学科、领域如雨后春笋一样派生出来。正是在这个意义上，人们把分子生物学看作是整个生物学的生长点。下面我们举一些例子来介绍一下分子生物学在各个学科和生产领域的应用。

遗传工程 这是近年来发展起来的一项科学技术。它的目的是在把一种生物体的、携带一定遗传信息的基因，引入另一种生物体内，使后者获得前者所特有的生活特征。例如，利用遗传工程的方法，使大肠杆菌产生一种叫做抑长素的动物激素，已在实验室内获得成功。这就使过去要用上百万只羊的脑子来提取的这种激素，有可能用简单的发酵方法来生产。又如，胰岛素是高等动物胰脏所分泌的一种调节糖代谢的激素，它是由A、B两条肽链组成的。缺乏这种激素就会引起糖尿病。通常胰岛素是从动物胰脏来提取的，但来源有限，不能满足需要。人工合成胰岛素虽然已经成功，但成本较高，目前还不能大量生产。现在有人已采用遗传工程的方法，分别合成胰岛素A链和B链的基因，把它们送到大肠杆菌中去，得到