

青年自学生物学丛书

细胞

李荫秦 曹同庚 陈阅增 著



人民教育出版社

内 容 提 要

本书简明扼要地阐述了细胞生物学的基本知识和科学研究新成果, 主要包括细胞化学组成、细胞形态、细胞代谢和细胞分裂、分化等内容。此外, 本书还扼要地介绍了染色体的形态结构、核酸的作用、蛋白质的合成以及细胞运动等基本知识。这是一本内容广泛、深入浅出的科学读物, 可供青年自学和中学教师参考。

青年自学生物学丛书

细 胞

李荫蓁 曹同庚 陈阅增 著

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 7 字数 140,000

1981年7月第1版 1982年6月第1次印刷

印数 1—9,000

书号 7012·0443 定价 0.53 元

青年自学生物学丛书

(共八册)

丛书主编 陈阅增

细胞 李荫蓁 曹同庚 陈阅增著

植物的生活 胡适宜 何笃修著

植物的类群 梁家骥 汪劲武著

动物的生活 蔡益鹏著

动物的发育 于豪建著

动物的类群 任淑仙 施 洵 杨安峰著

遗传和进化 张宗炳著

生物与环境 林昌善 尚玉昌著

序

生物学是研究生命的科学,是农业、林业和医学等的理论基础,是一门趣味盎然,引人入胜的科学。

近些年来,生物学的发展非常迅速。对于生命这一奥秘的问题,人们已经不再象过去那样的茫然莫解,而是能够略窥其一二了。广大群众对于生物学的重要性认识得越来越清楚,对于学习生物学的兴趣也越来越变得浓厚起来。停顿了多少年的中学生物学课程已经恢复,新编的教材已经出版,教材内容也有了较多的更新,种种欣欣向荣的景色使人深受鼓舞,但同时也向生物学工作者提出了要求:快一些多一些提供生物学读物。

因此,我们不揣谫陋,编写了这一套共有八个分册的丛书。这八个分册既是互相联系的,同时每一分册又是自成系统的。

在内容取舍上,我们一方面力求反映生物学今天的水平,另一方面要尽量包括最基本的生物学知识。

在写作上,任何书都应该是生动活泼,清新隽永的。我们当然也是这样希望的。但是现在看来,我们在这方面并没有成功。

我们希望这套丛书能引起广大知识青年学习生物学的兴趣,能对大专院校青年学生的学习有所帮助,也希望能为辛勤

劳动的中学生物学教师提供参考资料。

限于我们的水平,也由于编写时间紧迫,书中肯定会有不少缺点和错误。衷心欢迎读者随时指教,以备再版时改正。

陈阅增

1980年6月

目 录

(一) 绪论——细胞及细胞学技术.....	1
(二) 细胞的化学组成.....	13
一 元素	13
二 水	14
三 无机盐和离子	16
四 糖类	16
五 脂类	23
六 蛋白质	28
七 核酸	35
(三) 细胞形态.....	43
一 细胞大小	43
二 细胞数目	46
三 细胞形态	47
1. 单细胞生物.....	47
2. 多细胞生物.....	51
(1) 细胞膜.....	54
细胞联系.....	60
(2) 细胞外衣.....	62
细胞壁.....	63
(3) 细胞核.....	65
(4) 细胞质.....	72
线粒体 质体 高尔基体 核糖体和内质网 溶酶体 微体	
液泡 微丝及微管 中心体和中心粒 鞭毛和纤毛	
3. 原核细胞.....	89
[附]病毒	91
(四) 细胞代谢.....	94

一 物质出入细胞	98
1. 扩散	99
2. 渗透	101
3. 主动运输	103
4. 内吞作用	106
5. 外排作用	107
二 细胞呼吸——能的释放	108
1. 糖酵解	110
2. 细胞呼吸	113
3. 电子传递链	115
三 光合作用	121
1. 光反应	123
2. 暗反应	123
四 化能合成	125
(五) 细胞分裂	127
一 真核细胞的分裂	127
1. 活细胞观察	128
2. 植物细胞的分裂	131
3. 动物细胞的分裂	135
4. 细胞周期	137
5. 细胞分裂的推动和控制	140
6. 无丝分裂	144
二 原核细胞的分裂	145
(六) 减数分裂	147
一 减数分裂过程	148
二 减数分裂的意义	153
(七) 染色体、核酸、蛋白质合成	156
一 染色体	156
1. 性染色体	159
2. 染色体组型	159

3. 染色体数目	160
4. 倍性	162
5. 多线染色体	163
6. 灯刷染色体	165
二 核酸和蛋白质合成	166
1. DNA 复制	170
2. 遗传密码	172
3. 蛋白质合成	175
(八) 细胞分化	180
一 从单细胞生物到多细胞生物	180
二 多细胞生物个体发育中的细胞分化	181
三 关于分化机制的讨论	184
1. 全能的细胞核	184
2. 细胞质对基因表达的影响	186
3. 细胞的相互作用——诱导	188
4. 基因表达的调节控制——操纵子	191
四 癌细胞	199
1. 癌细胞的特征	199
2. 癌细胞的来源	200
(九) 细胞运动	203
一 胞质环流	203
二 变形运动	204
三 纤毛或鞭毛运动	206
四 肌肉收缩	209
1. 肌细胞的结构	209
2. 肌肉收缩	212

(一) 绪论——细胞及细胞学技术

细胞是十七世纪发现的。当时,荷兰人雷文豪克(A. Leuwenhoek, 1632—1723)用他自制的显微镜发现了细菌、酵母菌以及许多其他小生物(如原生动物等)。英国人胡克(Robert Hooke, 1635—1703)将软木切成薄片,放在他自制的显微镜(图 1. 1a)下检查。他发现软木是由许多蜂窝状的小空洞组成的(图 1. 1b)。他把这些小空洞命名为“Cell”。“Cell”的

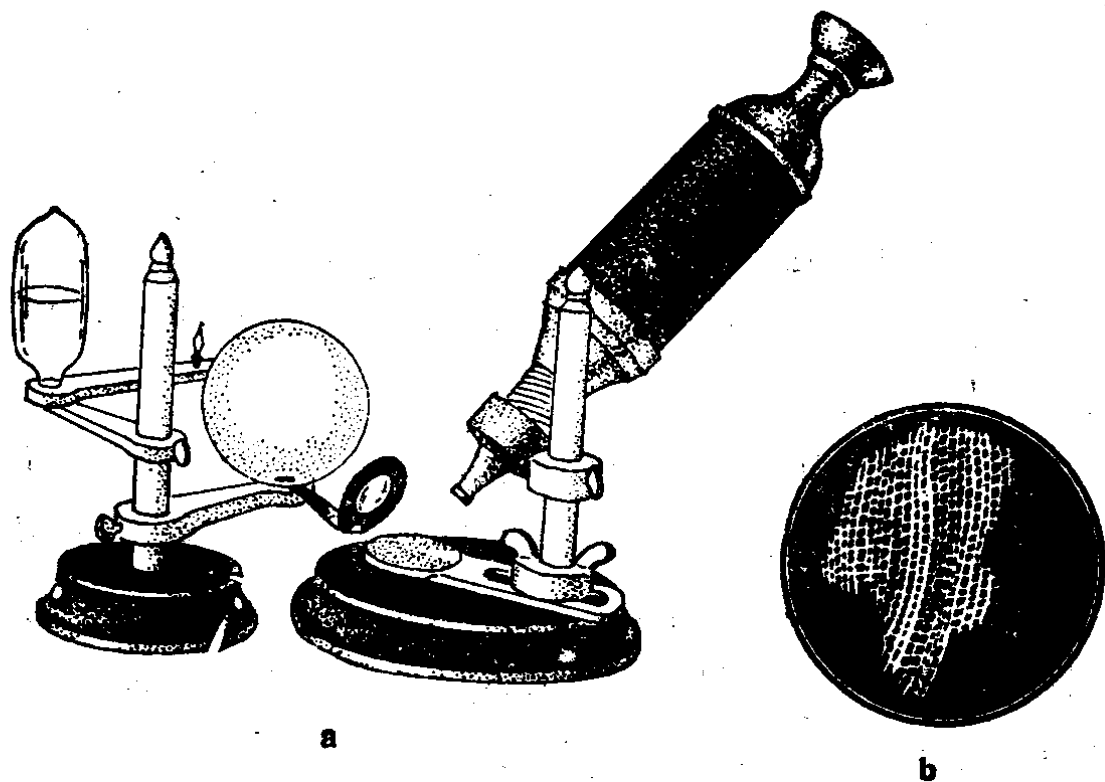


图 1. 1 胡克所用的显微镜 a)和他所见到的细胞 b)

原意是“小室”，现在译为“细胞”。其实，软木是植物的木栓层，胡克所看到的只是已经空了的、只剩下木栓质化的细胞壁的死细胞。尽管如此，他和雷文豪克的工作使生物学的研究进入了细胞这一微观领域，从而扩展了人类的认识。

此后，人们经过继续研究才逐渐地理解，细胞的重要部分不是死的外壳，而是包在外壳之中的，有生命的原生质。到了十九世纪三十年代，德国人施来登(M. T. Schleiden)和施旺(T. Schwann)分别研究植物细胞和动物细胞，指出一切生物都是由细胞组成的，细胞是生命的单位。这就是有名的细胞学说。这一学说对于生物学的发展有很大意义。大家知道，生物的种类非常之多，它们在形态、结构和生活习性上千差万别。骤看起来，多种多样的生物彼此好像是毫无关系的，但是，细胞学说却指出，它们的基本构造单位都是细胞。一个细菌是一个细胞，一棵大树是由许多细胞组成的。我们人体也不例外，也是由许多不同形态、不同功能的细胞所组成。细胞把生物界的所有物种都联系起来了。这说明生物彼此是存在着亲缘关系的。这是对生物进化论的一个巨大支持。所以，恩格斯对细胞学说的评价很高，把它列为十九世纪自然科学的三个伟大发现之一。

细胞是生命的构造和机能单位。单细胞生物如变形虫，既是一个细胞，-也是一个完整的生命。它具备生命的一切属性，如代谢、对环境的反应、生长、生殖和遗传变异等。多细胞生物的细胞在结构和机能上有各式各样的分化。有的细胞分化为生殖细胞，有的细胞分化为营养细胞，而营养细胞又可进一步“专业化”，例如，神经细胞发展了传导的机能，肌肉细

胞发展了运动的机能等。各种细胞分工合作,通过它们的互相协调作用,实现多细胞生物完整的生命过程。所以,我们可以把单细胞生物的细胞称为“全能的”,把多细胞生物的细胞称为“专业化的”。但不管是全能的还是专业化的,生命活动都是在细胞之中进行的,或者说,生命活动是细胞的属性。有了细胞这样的结构,也就有了完整的生命过程。

在南非距今约 32 亿年前形成的地层中,人们找到了细菌和蓝藻的化石。近年来,在澳洲的距今 35 亿年前形成的沉积岩中,人们也找到了细菌化石。地层中给我们留下的最早的生命遗迹是细胞结构。所以,从生物的历史发展来看,很可能也是有了细胞这样的结构,才有了完整的生命。

总之,细胞是生命的单位,现代的一切生物都是以细胞为单位而出现的(请参阅第91页,病毒)。有了细胞就有了完整的生命过程。所以,细胞的研究一直是生物学中的一个重要课题,而细胞学的基本知识,则又是生物学各学科必要的基础。现代普通生物学教科书常把“细胞”做为第一章来介绍,其道理就在于此。

细胞学技术

“工欲善其事,必先利其器”。没有显微镜就发现不了细胞,这是再清楚不过的了。现代细胞学的技术发展很快,有些技术十分复杂,这本小册子不能、也不宜一一详细介绍。为了便于读者学习后面的内容,下面十分扼要地介绍一些必须知道的技术。

1. 显微技术

细胞一般都是很小的,都是肉眼所不能看见的。这是因

为人眼没有放大的能力。人眼的分辨力也是有一定限度的(图 1.2)。什么是分辨力呢? 举例来说, 在夏天繁星满天的夜晚, 我们在院中乘凉。如果我们仰望繁星, 我们就会发现, 有些人能分辨出距离很近的两颗星, 有些人却分辨不出, 他们把这两颗星看成一颗了。这就是分辨力的不同。能分辨出两颗星的人比不能分辨的人, 眼的分辨力高。人眼的分辨力平均约为 $1/10\text{mm}$ 或 $100\mu\text{m}$ (参阅第43页)。这就是说, 如果两条平行线之间的距离小于 $100\mu\text{m}$, 在人眼中, 这两条线就变成一条了。或者说, 一个颗粒的直径如果小于 $100\mu\text{m}$ 时, 人眼就看不见这个颗粒了。

大家知道, 光学显微镜是十七世纪发明的。经过不断地改进, 现代的光学显微镜已经达到了很高的水平。光学显微镜既有放大的能力, 又有比人眼高得多的分辨力(图 1.2)。现

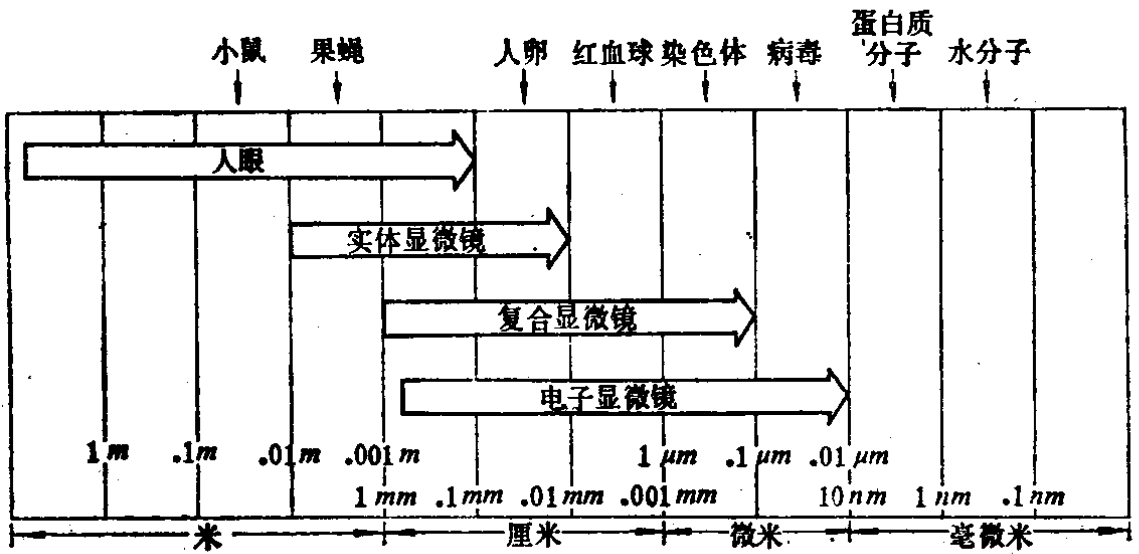


图 1.2 人眼和各种显微镜的分辨力

在最好的光学显微镜的分辨力可达 $0.2\mu\text{m}$ 或 $2000\text{\AA}$ 。这就是说, 光学显微镜能将人眼的分辨力提高 500 倍。强的分辨力和高的放大倍数使光学显微镜成了形态学研究的有力工

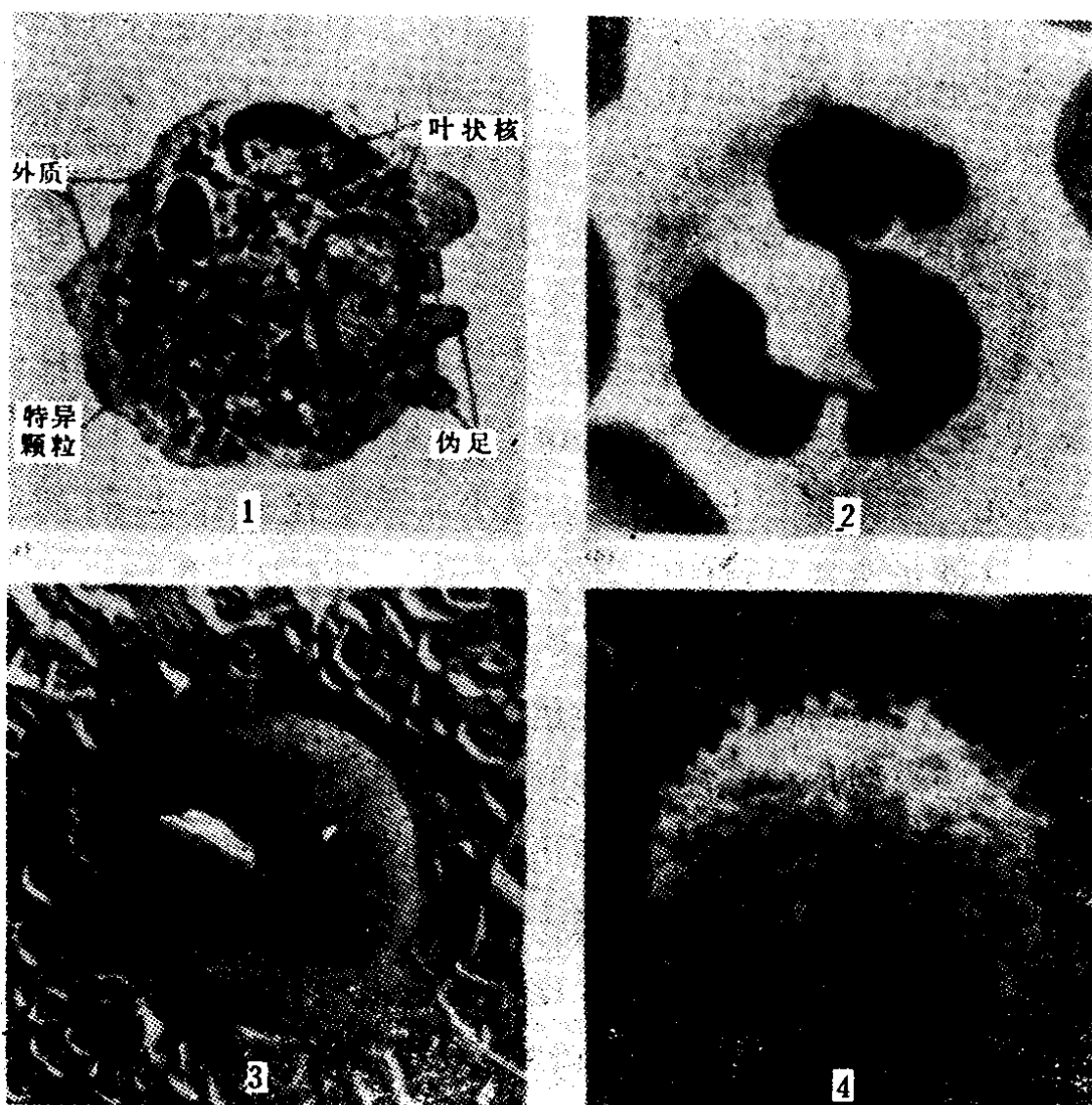
具。但是，光学显微镜的分辨力由于受光波波长的限制，已经达到了极点，要想再提高是不可能的了。

电子显微镜是用加速的电子束来代替光波进行“照明”的。在电压为 50,000 伏时，电子束的波长约为 $0.05\text{\AA}$ 。这个数值比白光的波长大大减小了，它只是白光波长的 1×10^{-5} 倍左右。这就为电子显微镜分辨力的提高创造了条件。目前最好的电子显微镜的分辨力可达 $2\text{\AA}$ （氢原子的直径为 $1.06\text{\AA}$ ），约为人眼分辨力的五十万倍，一些大分子如脱氧核糖核酸、某些蛋白质分子等都可以看见。

光学显微镜和上述的透射电子显微镜有一个共同的缺点，这就是两者显示的图象都是平面的而不是三维的。光学显微术中有一种“重组”的技术，就是将材料切成一定厚度的连续切片，将每张切片按一定倍数的面积和厚度制成模型片，再把这些模型片按顺序重叠起来，这样就成了所切标本的立体模型。现在电子显微术也使用了重组的技术，但这种技术费时费事，难以推广。用透射电子显微镜时，将金属粉（如 Au）以一定的角度喷撒到标本上，使背景上出现标本的“影子”，从而出现立体感，这一技术名为“投影”。这是一项很有用的技术，不足之处是不能使结构很清楚地显示出来。

扫描电子显微镜解决了这个问题。扫描电子显微镜能使标本上凸处、凹处的结构同时清楚地显示出来。也就是说，它可以在标本的不同的面上聚焦，因此能显示标本的立体形象。虽然扫描电子显微镜的放大倍数还不够大（ $20,000\times$ ），但是它已经起到了很好的作用。并且由于它的放大倍数可以调到很低，因此，除了可以用来弥补透射电子显微镜之不足

外,它也可以和光学显微术相配合,显示一些较大的结构(图1.3)。



1 豚鼠淋巴细胞的电子显微镜照片

2 人颗粒白血球的显微镜照片

3 人淋巴细胞的冰冻断裂和冰冻蚀刻的电子显微镜照片

4 人淋巴细胞的扫描电子显微镜照片

图 1.3 白血细胞

2. 切片染色技术

在显微镜下观察动植物标本,必须解决两个问题: 第一,

必须把标本切成薄片, 否则光线透不过, 什么也看不见; 第二, 必须采用一些手段, 例如染色等, 来加强细胞中各部分的反差, 否则细胞中的细微结构便难于分辨。一百多年来, 生物学家经过艰苦的探索, 发明了一整套切片染色技术, 力图使原生质的结构在保持生活时的情况下, 清晰地显示出来。现在利用切片机可以把标本切成 $2-3\mu\text{m}$ 的薄片。细胞中多种形态结构, 如线粒体、高尔基体、中心体、核仁等, 都是经过切片染色的处理才被发现的。

切片染色的技术有一个缺点。这就是必须先用固定剂将细胞杀死, 然后切片染色。固定剂大多是有毒的能使蛋白质变性的药剂。因而用这种技术做出来的切片, 和生活细胞的情况相比, 总会有些不同, 有时甚至会出现“假像”。因此, 观察活的细胞是必要的。有些染料毒性很小。例如詹纳斯绿就是一种染生活细胞中线粒体的特异性很强的活体染料。有一种光学显微镜名为相差显微镜, 它能加强反差。用相差显微镜观察生活细胞, 不经染色就可看到细胞的多种结构。

用于电子显微术的材料, 也需要制成切片和“染色”。电子的穿透力很弱, 切片必须很薄, 薄到 $100\text{\AA}$ 左右才能使用。所以, 电镜切片必须用特制的超薄切片机和玻璃刀或钻石刀来制备。电镜切片是用重金属来加强反差的, 例如用钨、铋、铀、锰盐等进行处理。由于细胞中有些部分沉积的重金属多, 电子透射过来的就少, 而另一些部分沉积的重金属少, 透射过来的电子就多, 这样就加强了反差。这就是电镜材料的所谓“染色”。

3. 细胞化学

单纯的染色技术后来发展为有特异性的细胞化学技术。所谓细胞化学技术,就是通过特异的化学反应,对细胞中的各种物质进行定性、定量和定位的技术。常用的细胞化学技术是颜色反应。例如孚尔根反应(Feulgen reaction)就是一种鉴定细胞中脱氧核糖核酸(DNA)的颜色反应。将碱性复红(一种红色生物学染料)配成1%水溶液,通入SO₂气(或加入次亚硫酸钠和稀盐酸),使之还原成无色溶液,名为席夫氏液(Schiff's reagent)。将生物切片用加温(60°C)的稀盐酸(1N)浸泡,使细胞中的脱氧核糖核酸部分水解,露出醛基(-CHO),然后放入席夫氏液中,DNA的醛基就与席夫氏液发生反应,出现红色,这就是孚尔根反应。如果将切片先用脱氧核糖核酸酶处理,使脱氧核糖核酸受到破坏,这一反应便不会发生。

利用细胞中各种物质不同的吸收光谱,可对这些物质进行定量测定。例如核酸能吸收紫外光(260nm),于是,就可用紫外光显微分光光度计对细胞中的核酸进行原位定量测定。孚尔根反应产生的红色物质能吸收550nm的光波,这是可见光的波长。可将切片先经孚尔根反应处理,使DNA变为红色,然后用可见光(550nm的单色光源)的显微分光光度计对DNA进行原位的定量测定。

4. 细胞培养

将细胞或组织从生物体(动物或植物)中取出,在实验室内,给以适宜的条件,让它们活下来,并且不断地生长、繁殖,一代一代的传下去。这一技术名为细胞培养技术。这是一个普遍应用于动物细胞和植物细胞的技术。现在已经有多种细

胞在实验室内培养成功。细胞培养可为研究工作提供大量活材料。细胞的多种活动,如运动、内吞作用、分裂、分化、物质的代谢和能的转化等,都是需要用活体外的细胞培养来研究的。

培养高等动物的细胞,条件要求比较严格。除温度、pH值等应严格控制外,培养基的组成也比较复杂。早期所用的培养液主要含有血清、胚胎提取液和生理盐水。经过多年研究,人们对于高等动物细胞的生活所需有了进一步的认识。因而,在此基础上,现在已有多种高等动物细胞能在只含少量血清的合成培养基中生长了。例如海拉细胞是一种人癌细胞,这种细胞在实验室中已培养了将近三十年,并已广泛地传送到世界各地的实验室中。单细胞生物和植物细胞培养起来比较容易。多种单细胞生物如四膜虫、衣藻、眼虫等都已建立起纯系。在植物方面,成就更为突出。人们利用植物体细胞的组织块已成功地培养出完整的植株了。这一成就不但是技术上的突破,而且在理论上也是有重要意义的。

利用细胞培养,还可以研究细胞的行为、运动以及细胞彼此间的相互关系。此外,用细胞培养技术来研究细胞融合和体细胞遗传等也取得了很大进展。如将两种不同的细胞株培养在一起,有时可出现两种细胞融合为一,形成一个杂种细胞(heterokaryon)的现象。这种细胞融合的现象可以通过人工的方法(例如以仙台病毒为媒介)而大大提高其出现的频率。利用此种技术研究体细胞遗传是很有效的方法。

5. 分离、分析技术

约在本世纪三十年代,细胞学家开始利用离心技术将细