

生物学概论

细胞和遗传的生物学

〔日〕 泷茂 明著
高庆生译

人民教育出版社

内 容 提 要

生物学概论共分八章，主要介绍细胞的结构和机能、染色体的结构和机能、细胞分裂和细胞生物学、生殖细胞和受精、遗传、分子生物学、微生物遗传及生命的机制等。

本书既保持了普通生物学的系统性，又介绍了近代生物学领域的最新研究内容和成果，可作为综合大学、师范院校生物系及医学、农业院校生物学的教学参考书，也可供有关研究人员参考。

生 物 学 概 论

细胞和遗传的生物学

[日] 汤浅 明 著

高庆生 译

*

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 850×1168 1/32 印张 9.25 字数 210,000

1980年7月第1版 1981年7月第1次印刷

印数 00,001—12,500

书号 13012·0504 定价 0.82 元

译者的话

本书以生物学概论命题，介绍了生物学领域的两大基础学科——细胞学和遗传学。书的篇幅虽然不大，但却总括了经典生物学的成就，阐述了近代生物学的进展。它不仅是生物学方面的一本系统性较强的基础课教科书，而且还可供农学、医学工作者参考，因此把它推荐给广大读者。

本书承中国科学技术情报研究所喻墀尘同志校对，并分别由中国科学院植物研究所左宝玉、中国科学院遗传研究所童克中和黄华樾等同志对各章进行了审阅，在翻译过程中还得到中国科学院水生生物研究所黎尚豪同志的帮助，特借本书出版之际向上述同志表示衷心感谢。但由于本人水平所限，译文难免还有很多缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

译者

序

生物学最近所取得的惊人进展，日益向着揭示生命的本质问题前进。生物学的首要课题是阐明生命现象，而关键是从不同的角度来探索涉及生命实体的脱氧核糖核酸问题。

遗传学的发展非常迅速。基于孟德尔原理的微生物遗传学在穷究其本质；分子遗传学阐明了基因的本质，并已人工合成基因，现正在探讨基因重组的利害关系。

遗传学中最重要的是研究基因，实际上就是研究脱氧核糖核酸。生物学，特别是分子生物学探讨的是作为生命本质的脱氧核糖核酸，而遗传学也把研究脱氧核糖核酸作为方向。因此，遗传学是生物学中不可忽视的重要领域。

细胞学是遗传学的基础，也是整个生物学的基础。本书虽是生物学概论，但中心是论述细胞学和遗传学。

高等学校的普通生物学教科书，在学习和研究方面最好是以细胞和遗传作中心内容，同时还可作为细胞学和遗传学专业的参考书。

生命问题是人所关心的大事。最切实的方法是从细胞学和遗传学角度进行研究，从生物学角度加以理解，这样就可促进生命科学的飞跃发展。本书有鉴于此，既介绍了关于生命的研究，又对人类的未来进行了探讨。

大部分教科书，多局限于古典生物学，而本书写进了特别新的研究及其成果，论述了细胞生物学、分子生物学、微生物遗传学、分子遗传学等有关的新内容。但由于篇幅所限，原稿作了一些删除，因此有些部分未能充分叙述。

希望能将本书作为高等学校的细胞学、遗传学及普通生物学的教科书,并作为有关方面研究人员的参考书。

著 者 1976年3月

目 录

第一章 细胞的结构和功能	1
第一节 细胞的形态	1
一、细胞学的方向	1
二、活细胞	3
三、固定法和染色法	6
四、细胞的结构和细微结构	8
第二节 原生质	35
一、原生质的生物化学	35
二、原生质的性状	41
三、后成质	43
第三节 细胞的机能	45
一、细胞核的机能	45
二、DNA 和复制	50
三、遗传信息	55
四、细胞内膜	59
第四节 叶绿体和线粒体	63
一、叶绿体的细微结构	63
二、叶绿体 DNA 和遗传信息	65
三、质体的进化	68
四、质体的遗传	70
五、线粒体的起源和连续性	82
第二章 染色体的结构和机能	88
第一节 染色体的化学结构	88

一、染色体的化学组成	88
二、DNA 的复制和间期染色体	91
第二节 染色体的结构	94
一、螺旋结构	94
二、DNA 双螺旋	103
三、DNA 和染色体基本纤维	106
四、中期染色体和基本纤维	107
第三节 染色体和基因	111
一、基因的可视概念	111
二、核酸在遗传中的意义	113
三、DNA	116
四、RNA	119
五、核蛋白质	120
六、蛋白质合成的机制	121
七、基因对氨基酸的控制	122
八、DNA 的结构和复制	123
九、RNA 的三种类型	123
第四节 性别和染色体	124
一、性染色体	124
二、性染色质	128
第三章 细胞分裂和细胞生物学	134
第一节 细胞分裂的机制	134
第二节 有丝分裂的机制	136
第三节 减数分裂的分析	141
第四节 有丝分裂异常和细胞生物学	149
第四章 生殖细胞和受精	153
第一节 精子的细微结构	153
第二节 精子受精能力的获得	159
第三节 纤毛运动	165

第四节 受精的分子生物学	166
第五节 卵细胞和体外受精	170
第五章 遗传	174
第一节 遗传学的诞生和发展	174
第二节 遗传的原理	179
一、一对性状	179
二、种子直感	181
三、杂种优势	183
四、致死基因	183
第三节 性和性状	184
一、伴性遗传	184
二、染色体图	186
三、重复基因	188
四、互补基因	189
五、两对性状	190
六、两对以上的性状	191
七、不完全显性	193
八、纯合体和杂合体	195
九、从细胞学看遗传	195
十、连锁	196
十一、限性遗传	198
十二、从性遗传	199
第四节 细胞质遗传	199
一、嫁接杂种	199
二、母体遗传	200
三、花斑	201
四、放毒和接合放毒	202
第五节 变异	203
一、诱变变异(连续变异)	203

二、突变	203
三、纯系学说	205
四、杂交	206
第六节 人的代谢异常与遗传	209
第七节 遗传和人类的关系	215
一、育种和杂交	215
二、人类的遗传	217
三、优生学	219
四、生命的本质	220
第六章 分子生物学的几个问题	221
第一节 核酸和信息表达	221
第二节 蛋白质和遗传信息	222
第三节 核酸的生物合成	224
第四节 唾液腺染色体	225
第五节 同源染色体配对机制	227
第七章 微生物遗传	231
第一节 细菌的遗传	231
第二节 细菌的接合	232
第三节 转导	237
第四节 细菌噬菌体的遗传	237
一、噬菌体核酸	237
二、噬菌体的遗传重组	238
第八章 生命的机理	241
第一节 生命研究的发展	241
第二节 生命的母体	242
第三节 活力论和机械论	243
第四节 生命的起源和人造生命	244
一、生命的起源	244

二、是植物还是动物	245
三、人造生命	246
四、人类的未来	247
名词索引(中、日、英对照)	250
人名索引	269

第一章 细胞的结构和功能

第一节 细胞的形态

一、细胞学的方向

1665年英国伦敦的物理学家、数学家、生物学家罗伯特·胡克(Robert Hooke)发现细胞,但他当时看到的只是细胞壁及其包裹的空室。现在看来细胞就是以核为中心的原生质块,而原生质才真正是细胞活动的主要场所。当然,细胞壁也有助于细胞的主要物理活动。

继胡克之后,荷兰的列文虎克(Leeuwenhoek)、意大利的马尔比基(Malpighi)等人又利用显微镜对细胞进行了研究,1831年(正式公认是1833年)英国的罗伯特·布朗(Robert Brown)发现了细胞核。

不久,德国的施莱登(Schleiden, 1838)确认植物是由细胞构成的,接着施旺(Schwann, 1839)又确认动物也是由细胞构成的。这个学说称为细胞学说(cell theory)。研究细胞的学科叫做细胞学(cytology),它也是遗传学的基础知识。

1846年德国的冯·摩尔(von Mohl)把植物细胞的内含物称为原生质(protoplasma),而早在1835年法国的杜渣田(Dujardin)就把动物细胞的内含物叫做“肉浆”(sarcode),1861年德国的马克斯·舒尔茨(Max Schultze)认为杜渣田和摩尔发现的原生质和“肉浆”是同一物质,统一命名为原生质。

研究细胞结构的学科是细胞形态学(cytomorphology),研究原生质的学科是原生质学(protoplasmics)。

从 1835 年到 1846 年冯·摩尔和内格利(Nägeli)等人分别研究了胶胞绿藻气孔的保卫细胞、花粉粒和胚乳组织的细胞分裂。1856—1857 年微尔和(Virchow)认为,细胞只能由细胞分裂产生,他说“一切细胞都来自细胞”。1879 年斯特劳伯格(Strasburger)进一步发现在细胞分裂过程中,首先是细胞核分裂,他认为“一切核都来自核”。

1900 年前后,除应用传统的活体染色外,对固定染色的研究获得了显著进展,推动了以染色体、核分裂和细胞分裂为内容的胞核学(karyology)和以染色体为内容的染色体学(chromosomics)的研究。在这些工作中弗莱明(Flemming)(1882)、斯特劳伯格(1880—1882)和冯·贝纳登(von Beneden)(1883)等人都作出了显著的贡献。

到二十世纪初期,新的生物观察手段,层出不穷,相继采用的有,抛面镜聚光器、超倍显微镜、显微注射术、显微解剖术以及相差显微镜、紫外光显微镜和偏光显微镜等,从而促进了实验细胞学(experimental cytology)和细胞生理学(cell physiology)的发展。

当时,光学显微镜的分辨率最高虽可看到 0.2 微米,紫外光显微镜最高达 0.15 微米,超倍显微镜最高达 0.006 微米,但仍难于看到准确的图像。第二次世界大战之后,采用电子显微镜,分辨率提高到 0.002 微米,已能获得准确的图象,它的放大倍数也从光学显微镜的 2,000 倍提高到 100,000 倍。细胞核内的脱氧核糖核酸(简称 DNA)被认为是控制细胞活动的重要物质,并清楚了基因实质上也是以 DNA 为主体。现在,质体和线粒体中的所谓核外 DNA 的存在及其意义又进一步受到注意。因此,细胞学和遗传学研究的中心课题都集中于 DNA。

应用电子显微镜观察,已使细胞构造的研究接近分子水平。扫描电子显微镜等新仪器问世之后,为更过细研究细胞的微观结构创造了条件,真正使细胞构造的研究从细胞水平跨入分子水平。

生物学发展到分子生物学(molecular biology)阶段, DNA 成为中心课题。而基因本质的研究则是遗传学的中心课题, 研究的主要对象也是 DNA, 因此, 分子生物学和遗传学, 特别是和分子遗传学(molecular genetics)是密切不可分的。

二、活细胞

关于细胞的生死问题虽有各种各样的议论, 但一般都把处于活动状态的细胞, 也就是细胞组分具有自律性功能的细胞看成活细胞。

如果把这种活细胞置于血清、体液、任氏溶液、适当浓度的蔗糖溶液之类等渗液(isotonic liquid)中, 或者组织培养进行观察, 就可发现细胞是不规则的透明块, 透明块中有核(nucleus)。细胞核之外有细胞质(cytoplasm), 细胞核和细胞质由核膜(nuclear membrane)分隔。植物细胞质的外侧有细胞壁(cell wall) [过去称细胞膜(cell membrane)], 细胞壁的主要成分是纤维素。

动物细胞的细胞质外侧, 植物细胞的细胞壁内侧有细胞膜(cell membrane) [一般称质膜(plasm membrane)], 这种膜决定细胞的渗透压并控制细胞和外界的物质交换。用普通光学显微镜看不见生物体的核膜, 在固定染色以后才可看到这层极薄的膜。它的厚度约 0.01 微米, 在光学显微镜的分辨能力以下, 而用电子显微镜则可看到它是由双层膜组成。

细胞膜由蛋白质分子组成, 结构平滑细密, 内部结合有类脂分子。细胞膜是一种非常细微的结构, 外侧有一层坚固的膜, 具有纤维素组成的细胞壁是植物细胞的特点。用光学显微镜就可看到动物细胞最外层的这种细胞膜。

植物的细胞壁主要由纤维素组成, 细胞间隙有果胶质。在动物中, 包括脊椎动物在内, 细胞的最外层都是蛋白质和糖蛋白(glycoprotein)。此外, 甲壳类有几丁质包裹着细胞。昆虫类和两栖

类的卵细胞周围有糖蛋白类的粘蛋白(mucin)。

细胞外膜的稳定性取决于钙离子的量,钙质使膜坚硬,钠、钾离子则使膜柔软。细胞内物质的渗透压受pH变化的影响。

即使细胞外膜损伤,但只要胞膜残存,细胞仍能继续存活。细胞膜外的覆盖物,可以改变细胞膜的渗透性,防止外来的影响。植物细胞的纤维素膜能加固细胞,细胞间由果胶质组成的夹层,把它们牢固地结合起来,因此必须有钙。

细胞内大部分是细胞质,细胞质中埋藏着细胞核。细胞质是一种无色、透明、结构不明显的物质,即使用超倍显微镜也只能看到这种程度。在这种结构中具有容易反射光线的颗粒,这些颗粒大小不等。构成细胞质的胶体颗粒可在超倍显微镜下清晰分辨,它们的基础结构相同,称为基础细胞质(fundamenta cytoplasm)。又叫做胞(质)基质(cytoplasmic matrix)或透明质(hyaloplasm)。

细胞膜的内侧,也就是透明质的外侧部分颗粒较少,质地稍硬,称为外胞质或外质(ectoplasm),也叫做原生质凝胶(plasmagel)或皮层(cortex)。原生质凝胶是含有大分子的胶体状物质,能进行凝胶和溶胶的变换,并有助于产生伪足。

细胞质的内部是内质(endoplasm),粘性约为水的2—10倍,近于液体。

细胞质中含脂肪滴、卵黄、色素和分泌颗粒等,大部分由原生质构成,称为滋养质(deutoplasm)或副质(paraplasm)。此外,还含有线粒体(chondriosome);呈粒状的叫线粒体(mitochondrium)(复数 mitochondria),长形的叫杆状线粒体(chondriocont),现在一般都总称为线粒体。

植物细胞一般都含有液泡(vacuole)。原生动物也有液泡。液泡、质体、线粒体的外部都包裹着膜,用电子显微镜观察,发现除液泡膜为单层外,其他都是双层膜。

如果把显微操作针插入细胞质中进行观察,可探知细胞周围

部分的密度很高。在取出线粒体和质体时，中心体的星状体也随之取出并被破坏。细胞质基质是溶胶-凝胶-胶体的可逆系统，如果用针局部穿刺细胞质和细胞核，便立即发生可逆的凝胶变化，凝胶化的部分又会完全变成溶胶。

钙是形成细胞膜必不可少的物质，而钾也有一定作用。如果海水中含有相同比例的 Na、K、CaCl₂，则最有利于细胞膜的修复。

把 pH 指示液(通过介质 pH 改变色调的色素液)注射到细胞中，就能够测定细胞质及其他部分的 pH 值。普通使用的指示液是水溶性的磺酸盐水溶液，这种指示液会扩散到原生质的液体连续相中去。用这种方法测定的胞质基质 pH 值约为 6.8，略呈酸性。细胞质大多呈弱酸性，细胞核的 pH 值在 4.0—5.0 之间，呈酸性，而核酸的 pH 值约 7.6—7.8，表现为弱碱性。

原生质有缓冲作用(buffering power)，把酸或碱加进介质注入细胞，能完全改变 pH 值。但只要细胞活力不变，原生质就能把变化了的 pH 恢复原状。

利用原生质的还原能力即氧化还原电位，能够测定细胞中由于还原而变色、脱色的色素。这是用来表示细胞中化学能的方法。

细胞质中有细胞核(nucleus)，核外裹着核膜。在活体中一般能看到具有反光性的核仁(nucleolus)，而死亡或固定后的核则呈现泡沫状、颗粒状、网眼状。利用超倍显微镜观察，核是空虚的，但能发现核仁发出的反射光。如果用显微操作针拉引，可取出完整的核，通过分析认为其密度比细胞质高。但是，如果核膜破裂，内含物也会流出。由于核膜既能抵抗外压，又可产生折痕，因此不是单纯的接触膜，而应看成是形态膜。

如果用显微操作针在细胞核上开一小孔，使其和一定浓度的福尔马林、醋酸等发生作用，核液虽会暂时凝固，但当外部影响一解除，又会马上恢复原状。如果细胞被固定，除能看到活细胞迄今所能见到的结构外，还能看到一些变化了的结构。由于活细胞中

某些结构和光的折射率相似,因而在活动时不能看到的结构,固定后也会显现出来。

因此,研究细胞结构时,如果不同时充分研究固定的和活着的细胞,就往往发生错误。由于固定,除能看到清晰的真实象外,有时也会出现活体中并不存在的膺象。

但是,研究细胞不仅要观察活的细胞,还必须观察经固定染色的细胞。固定(fixation)要求尽可能原封不动地保存活体状态,在这个前提下,就要注意尽量减少形态变化和化学、物理变化两方面的问题。有关固定方法详见:罗迈斯(Romeis, 1928);麦克伦(McClung, 1937);本斯利、本斯利(Bensley, Bensley, 1941);丹尼利(Danielli, 1958);李(Lee, 1961);利利(Lilli, 1954);利森(Lison, 1953);田中克己、浜清(1963)绪方知三郎(1959)等人的著作。

三、固定法和染色法

由于活体观察往往不十分准确,因而需要发展固定染色技术。所谓固定,就是在尽量不改变原状的情况下杀死生物体中的组织和细胞,以此为下一步操作如切片等创造条件。

通过固定,就能清晰地看到,在活体中由于受折射率的影响而难以看到的结构,但有时也会看到膺象,因此,在观察固定或固定染色细胞的同时,一般还要进行活体观察。

所谓固定,就是杀死并固定最适合观察的材料,但实际上应尽可能地接近于活体。

有时虽然也单独使用乙醇、乙酸、甲醛、铬酸、重铬酸、锇酸等药品固定,但在一般情况下,都是把这些药品适当地混合起来,用作固定剂。

固定液一般多是水溶液,与细胞的蛋白质部分发生作用。通过固定使固相(分散相)从液相(连续相)中分离出来,形成颗粒状、网状、纤维状的胶体沉淀。在细胞学的研究中,能使蛋白质生成最细微沉淀的固定液较好,如能够生成适于电子显微镜观察的微聚

合体更好。例如，甲醛既是沉淀剂又是聚合剂，就比较适合用作固定液。

固定液虽然能使形态构造保存下来，但会引起化学构造和物理状态的变化，为了尽量减少这种变化，有时便采用冷冻(freezing)和干燥(drying)方法。用这种方法，组织不会缩小，固定后和活体状态相同，可溶性物质既不流出，化学结构也不改变，仅仅出现微量冰晶，并且固定瞬时完成，死后也不发生变化。

固定电子显微镜用的材料，一般用锇酸、高锰酸钾等水溶液。

固定的重要条件是：凝结蛋白质的能力强、氢离子浓度适当、扩散速度快、发生不可逆凝结的能力强等。一般使用重金属盐(升汞、铂盐)、酸(乙酸、氯杂苯甲酸)和中性麻醉剂(乙醇、三氯甲烷)等。

关于染色有三种不同的理论，第一种理论认为染料单独沉淀，第二种理论认为染料被某些部分所吸附；第三种理论则认为染料和某些部分之间发生了化学变化。

由于细胞核呈酸性，所以要用碱性染料染色，而细胞质呈碱性，则要用酸性染料染色。细胞核中的染色质，包括核酸都用碱性染料染色，其他部分用酸性染料染色。

一般用来染染色质的碱性染料有碱性洋红、天竺红、结晶紫、龙胆紫、甲基绿、苯胺蓝等。用来染细胞质的酸性染料有酸性红、淡绿、牢固绿、甲基蓝等。洋红(胭脂红)是从一种介壳虫中提取的，在强酸性溶液中起碱性染料的作用。把洋红溶于45%的乙酸溶液中，可用于染细胞核。从豆科植物洋苏木(*Haematoxylon campechiarrum*)中提取的苏木精(haematoxylin)与媒染剂一起使用，可染细胞内的各种成分。