

第一节 核酸是遗传物质的证据

本节要点

DNA

RNA

遗传物质

转化

人们在了解了染色体是遗传物质的载体这一事实后，希望能进一步弄清染色体的化学本质以及发挥作用的过程。从化学成分上讲，染色体由DNA(脱氧核糖核酸)、蛋白质和少量RNA(核糖核酸)组成，其中蛋白质又分为组蛋白和非组蛋白。研究表明，虽然DNA和组蛋白都是染色体的主要成分，在染色体行使功能过程中起着重要作用，但DNA更加具备作为遗传物质的主要特性。那么，有什么证据可以说明这一点呢？



小资料

DNA是遗传物质的间接证据

科学家在对遗传现象进行研究时发现：

1. 一般只在细胞核的染色体上才能找到DNA，虽然线粒体和叶绿体中也有自己的DNA，但它们都有复制和遗传的自主性。
2. 一般情况下，同一种生物在不同发育时期或不同组织的细胞中，DNA的含量基本相等，而精子中的DNA含量恰好是体细胞中的一半。例如，家鸡肾细胞和肝细胞中的DNA含量分别为 $2.4 \times 10^{-6} \mu\text{g}$ 和 $2.5 \times 10^{-6} \mu\text{g}$ ，基本相等；而精子中的DNA含量为 $1.3 \times 10^{-6} \mu\text{g}$ ，约为体细胞中的一半。
3. 有许多物理和化学的因素能诱发DNA的结构变异，而所有能够诱发DNA结构变异的因素均能引起生物的遗传突变。
4. 蛋白质不具备以上这些特征。例如，某些鱼类的染色体中所含的蛋白质一般都是组蛋白，而在成熟的精子中，组蛋白全部被精蛋白替代。事实上，人类的精子在形成过程中也存在组蛋白被精蛋白替代的反应，替代

不足还会造成男性生殖缺陷。蛋白质的质量可变性,不符合作为遗传物质能保持稳定的要求。

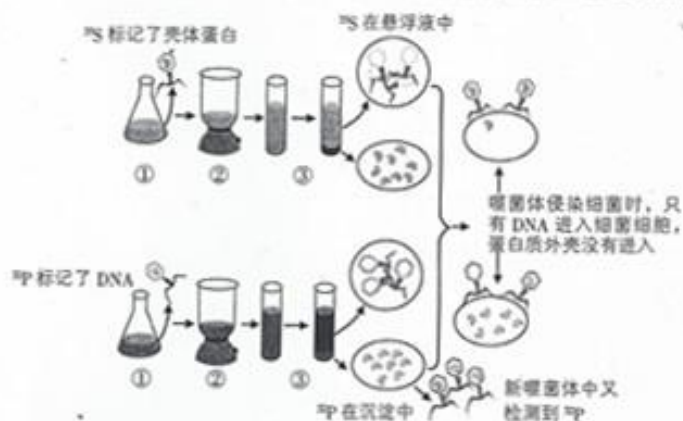
DNA是遗传物质的直接证据 当把DNA和蛋白质分开研究时,DNA是遗传物质的确切证据就逐渐被揭示出来了。

活动

资料分析——噬菌体侵染细菌的实验

T₂噬菌体是一种专门寄生在细菌体内的病毒,它的头部和尾部的外壳是由蛋白质构成的,在头部内含有一个DNA分子。那么,T₂噬菌体的遗传物质究竟是蛋白质还是DNA呢?

科学家用放射性同位素³⁵S标记了一部分噬菌体的蛋白质,用放射性同位素³²P标记另一部分噬菌体的DNA。然后,用两种被标记的T₂噬菌体分别去侵染细菌。当T₂噬菌体在细菌体内大量繁殖后,科学家对标记物质进行检测(如图3-1)。结果表明,大多数³⁵S标记的噬菌体在感染细菌时,放射性



注: ①放射性同位素标记的噬菌体与细菌混合,噬菌体侵染细菌 ②在搅拌器中搅拌,使细菌外的噬菌体与细菌分离 ③离心,检测悬浮液和沉淀中的放射性同位素

图3-1 噬菌体侵染细菌的实验

蛋白质附着在宿主细胞的外面；³²P标记的噬菌体感染细菌时，放射性同位素主要进入宿主细胞内，并且能在子代噬菌体中检测到³²P。

● 讨论

为什么能用噬菌体侵染细菌的实验证明DNA是遗传物质？

肺炎双球菌转化实验 肺炎双球菌(*Diplococcus pneumoniae*)是人类肺炎和小鼠败血症(septicemia)的病原体。肺炎双球菌转化实验是证实DNA作为遗传物质的最早证据来源。

在众多的肺炎双球菌菌株(strain)中，光滑型(S)菌株是唯一能够引起肺炎或败血症的类型。这种菌株在培养基上能长成光滑的菌落，S型细菌的菌体外面有多糖类的胶状荚膜，使菌体不易受到宿主正常防护机制的破坏。不致病的粗糙型(R)菌株长成的菌落表面粗糙，菌体的外面没有荚膜。

科学家首先进行了活体细菌转化实验(图3-2)。把加热杀死的S型菌和活的无毒R型菌混合后一起注射到小鼠体内，发现很多小鼠患败血症致死。令人惊奇的是，从患病致死的小鼠血液中竟然分离出活的S型菌。另一方面，无

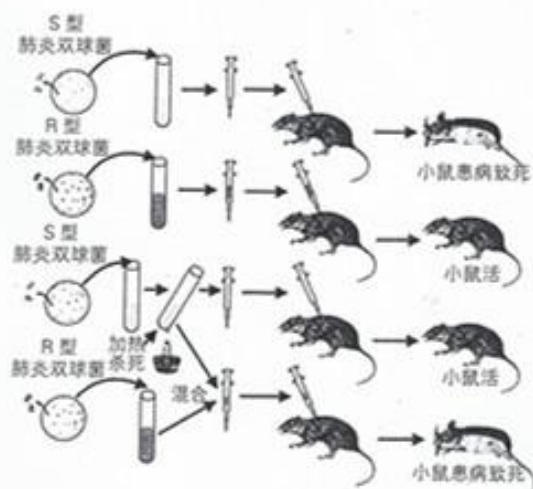


图3-2 肺炎双球菌的转化实验

论是活的R型菌还是死的S型菌，分别注射到小鼠体内都不能使小鼠患败血症。由此可见，在加热杀死的S型菌中，一定有一种物质能把某些R型菌转化为S型菌。换句话说，S型菌中的“转化因子”进入R型菌体内，引起R型菌稳定的遗传变异。这是病死小鼠中有活S型菌的根本原因。

为了弄清转化因

子究竟是什么物质，科学家又进行了离体细菌转化实验。从活的 S 型菌中抽提 DNA、蛋白质和荚膜物质，分别与活的 R 型菌混合，并进行悬浮培养。实验结果表明，只有其中的 DNA 组分能够把 R 型菌转化为 S 型菌。又进一步研究表明，用 DNA 酶 (DNase) 处理 DNA 样品，DNA 被降解后就不能使 R 型菌发生转化。可见，一种细菌的 DNA 掺入到另一种细菌中，能够引起稳定的遗传变异。后来的研究不断证实，DNA 不仅可以引起细菌的转化，而且纯度越高，转化效率就越高。

对肺炎双球菌转化实验的研究证实了这样的论断：DNA 是遗传物质，DNA 赋予了生物的遗传特性。

烟草花叶病毒的感染和重建实验 随着对病毒研究的逐渐深入，科学家发现许多病毒中含有 RNA，却没有 DNA。为了弄清 RNA 病毒的遗传机制，进行了烟草花叶病毒 (TMV，为 tobacco mosaic virus 的缩写。它是由一条 RNA 链和蛋白质外壳组成) 的感染和重建实验 (图 3-3)，证明了在只有 RNA 而没有 DNA 的病毒中，RNA 是遗传物质。

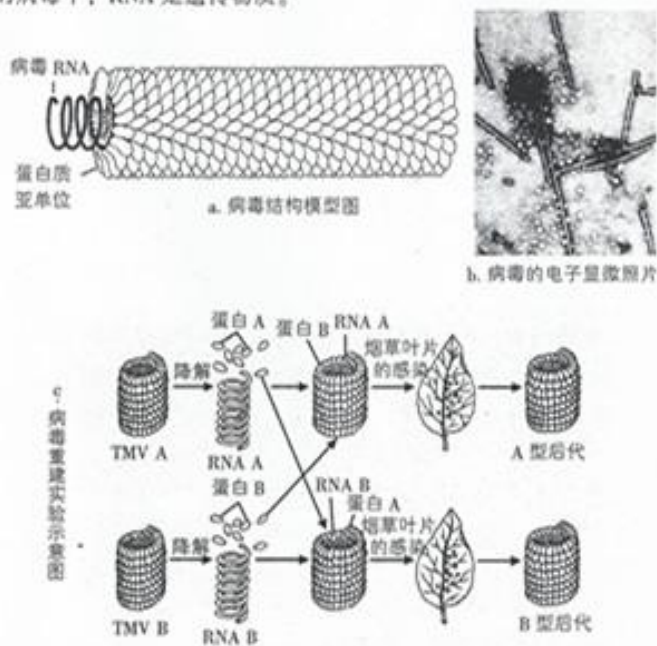


图3-3 烟草花叶病毒(a,b)及其对叶子细胞的感染和病毒重建(c)

实验是这样进行的：首先，从 TMV 中分别提取 RNA（占 6%）和蛋白质（占 94%），然后用 RNA 和蛋白质分别去感染烟草。结果发现：单用病毒的 RNA 就可以使烟草出现感染病毒的症状，说明病毒 RNA 进入叶子的细胞后，能繁殖出正常的病毒后裔；病毒的蛋白质，不能单独使烟草感染；用 RNA 酶处理过的 RNA（RNA 被水解），没有感染效力。图 3-3c 表示了分别来自不同病毒株系的 RNA 和蛋白质混合后感染烟草，所繁殖的病毒类型取决于提供 RNA 的株系，而不是提供蛋白质的株系。

从 2002 年底到 2003 年的春夏之交，在我国广东、香港、北京等地出现了大面积感染传染性非典型肺炎（SARS）事件，引起这种疾病的病原体是一种冠状病毒（corona virus），该病毒就属于 RNA 病毒。除了冠状病毒之外，造成人类疾病的 RNA 病毒还有小儿麻痹病毒（polio virus）、脑炎病毒（cerebritis virus）和流感病毒（influenza virus）等，其中的遗传物质都是 RNA。

遗传的基本功能单位——基因，就是一段有功能的核酸，在大多数生物中即一段 DNA，而在 RNA 病毒中则是一段 RNA。

课外读

核酸的发现和研究

现在我们可以轻松地说，核酸(nucleic acid)是一类重要的生物大分子，承担了生命信息贮存和传递的任务。然而，核酸却是在一个偶然事件中被发现的，而核酸在遗传上的重要地位的确立，又凝结了几代科学家与传统观念彻底决裂的艰苦拼搏。

1868年，瑞士青年科学家米歇尔(F.Miescher)在德国蒂宾根的一家医院工作，他收集了外科绷带上的脓细胞，并对脓细胞通过酒精脱脂、胰酶消化、酸碱沉淀等处理，从脓细胞核中分离到了一种含磷量很高的物质，并将它命名为核素(nuclein)。这就是历史上第一份核酸粗制品。

1872年，米歇尔移居瑞士的巴塞尔后，发现莱茵鲑鱼精子中富含他所潜心研究的核素，并进一步发现核素是一种酸性化合物，并且内部结合有含氮的碱性化合物。后来证实，他所得到的核素实际上是核蛋白(核酸与蛋白质结合在一起的物质)。1889年，第一份不含蛋白质的核素制品由埃尔特曼(A.Altman)制备成功，核酸的名词也由此诞生。

1900年,哈莫斯坦(E.Hammersten)证明核酸中含有戊糖。随后,人们认识到组成核酸的基本单位核苷酸是核苷(A、G、C、T 4种含氮碱基之一与戊糖组成的结构单位)上戊糖羟基的磷酸酯。1944年,托德(A.Todd)通过化学方法合成了脱氧核糖核酸,即DNA。

事情并不一帆风顺。DNA合成成功之后的数年里,人们潜心研究了核酸分子中核苷酸的连接方式,并提出“四核苷酸假说”,认为核酸分子由4种核苷酸的单体组成。但是,按照这种假说,核酸的结构不可能具备多样性,因而也不会有特别重要的生理功能。这一假说所形成的认知上的定式,阻碍了核酸结构和功能研究的深入。

1943年,卡伽夫(E.Chargaf)利用纸层析和紫外分光光度技术研究了核酸分子中核苷酸的组成,发现四种核苷酸的比例并不相等;尽管不同生物的DNA中总是 $(A+G)=(C+T)$,即嘌呤核苷酸总量等于嘧啶核苷酸总量,但 $(G+C) \neq (A+T)$ 。这个结果有力地否定了“四核苷酸假说”,这对于核酸的研究真可谓云开雾散。

1944年,埃弗里(O.T.Avery)通过肺炎双球菌转化实验揭示了转化因子的本质是DNA,从此,DNA的遗传学特性逐渐被揭开。



思考与练习

一、选择题

1. 噬菌体侵染细菌的实验证明了()
A. 蛋白质是遗传物质 B. DNA是遗传物质
C. DNA是主要的遗传物质 D. 蛋白质和DNA是遗传物质
2. 烟草花叶病毒中,能够使烟草感染病毒的物质是()
A. DNA B. RNA C. 蛋白质 D. DNA和RNA
3. 根据现有的科学发现,一切生物的遗传物质都是()
A. 染色体 B. DNA C. RNA D. 核酸

二、简答题

在肺炎双球菌的转化实验中,能够证明DNA是遗传物质的最关键的设计思路是什么?要实现这一设计思路,需要具备怎样的技术?