

生命的进化

动物遗传育种及转基因技术研究

杨又兵 著



SHENGMING DE JINHUA

——DONGWU YICHUAN YUZHONG
JI ZHUANJIYIN JISHU YANJIU

生命的进化

——动物遗传育种及转基因技术研究

杨又兵 著



煤炭工业出版社

• 北 京 •

图书在版编目(CIP)数据

生命的进化：动物遗传育种及转基因技术研究/杨又兵著. —北京：煤炭工业出版社，2017

ISBN 978-7-5020-6357-3

I. ①生… II. ①杨… III. ①动物—遗传育种—研究
②动物—转基因技术—研究 IV. ①Q953 ②Q785

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 325276 号

生命的进化

——动物遗传育种及转基因技术研究

著 者 杨又兵

责任编辑 马明仁

封面设计 崔 蕾

出版发行 煤炭工业出版社(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

电 话 010—84657898(总编室)

010—64018321(发行部) 010—84657880(读者服务部)

电子邮箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 三河市铭浩彩色印装有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 710mm×1000mm¹/₁₆ 印张 19.25 字数 249 千字

版 次 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷

社内编号 9273 定价 67.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，本社负责调换，电话：010—84657880

前 言

自 20 世纪 80 年代以来,随着分子遗传学、现代生物技术和生物信息学的迅速发展,动物的育种技术取得了长足的进展,一门以遗传学为理论指导的新型学科——动物遗传育种学正在悄然兴起,并展现出强大的生命力与应用前景。同时,转基因技术在动物中的应用不但可提高动物的生产效率;而且可开发和延伸动物用途的新领域及方向。目前,动物遗传育种已在动物起源分化、杂种优势分析、标记辅助选择、基因(QTL)定位、转基因动物生产和遗传资源保护等领域展现出日益广阔的应用前景。因此,动物遗传育种已成为该领域的研究热点和发展前沿。

动物遗传育种是直接在 DNA 水平上对动物个体进行选择改良、品种遗传资源保护和杂种优势利用等的一种新型育种技术,其目的不仅仅是改良家畜、家禽的重要生产性状,也将创造一些非常规性的经济性状。与传统的动物育种方法相比,其选种的准确性大大提高,且能够克服传统选择方法的效率低、遗传进展缓慢的不足,在育种过程中具有快速、高效的特点。

为了使动物遗传育种技术在育种实践中得以更好地应用,作者结合多年来在该领域科学研究的工作积累与研究成果,以目前能查阅到的相关文献资料为基础,撰写了本书,旨在介绍动物分子育种研究的现状和发展趋势,力图全面反映国内外近年来在该领域取得的令人振奋的新成就。在撰写时,作者力求以动物育种环节为主线,以理论知识够用、实践技能过硬为原则,以职业性内容为主,以学术性内容为辅,充分体现了实用性、针对性、新颖性和操作性。书中融入本学科发展的最新技术,如转基因技术、动物育种软件应用和动物克隆技术的内容。期望这些内容和书中

论述的观点能对动物分子育种学的发展起到积极的推动作用。

全书共分为八章。第一章为动物遗传育种基础，第二章为性状的变异，第三章为质量性状和数量性状的遗传，第四章为种畜选择与选配，第五章为品种与品系的培育，第六章为育种技术，第七章为动物转基因技术，第八章为动物克隆技术。

在撰写过程中，作者参考了大量的书籍、专著和文献，引用了一些图表和数据等资料，在此向这些专家、编辑及文献原作者一并表示衷心的感谢。由于作者水平所限以及时间仓促，书中难免存在一些不足和疏漏之处，敬请广大读者和专家给予批评指正。

作 者

2017 年 9 月

目 录

第一章 动物遗传育种基础	1
第一节 对动物遗传育种的基本认识	1
第二节 动物遗传育种对发展畜牧业的意义	3
第三节 遗传的物质基础	4
第四节 遗传的基本规律	36
第五节 家猪染色体核型分析	50
第六节 鸡伴性性状观察与遗传分析	53
第二章 性状的变异	56
第一节 变异及变异的普遍性	56
第二节 基因突变和染色体变异	59
第三节 基因突变和染色体变异在育种中的应用	84
第三章 质量性状和数量性状的遗传	88
第一节 质量性状及遗传特点	88
第二节 常见家畜的质量性状	89
第三节 数量性状及其遗传特征	92
第四节 常见家畜数量性状的遗传参数	98
第五节 CAPN1 基因和 CASP9 基因 mRNA 表达与 肌纤维性状相关性分析	108
第六节 两个黄河鲤鱼群体肌纤维特性及肌肉营养 成分分析	114
第七节 两个黄河鲤鱼群体遗传多样性的微卫星标记 分析	125

第四章 种畜选择与选配 136

 第一节 种畜的鉴定 136

 第二节 种畜选择的原理与方法 146

 第三节 常用育种软件应用 156

 第四节 选配及选配方法 159

 第五节 近交程度分析 164

 第六节 选配计划的制订 170

第五章 品种与品系的培育 175

 第一节 品种与品种资源 175

 第二节 某地方优良品种保种方案的设计 188

 第三节 本品种选育 191

 第四节 地方品种和引入品种的选育 193

 第五节 品系培育 199

 第六节 专门化品系的培育 203

第六章 育种技术 207

 第一节 杂交育种 207

 第二节 动物分子标记辅助育种 212

 第三节 基因芯片育种技术 220

 第四节 杂种优势的表现规律及其在商品畜禽生产
 中的利用 223

 第五节 豫西黑猪 8 个微卫星基因座的多态性分析 ... 239

第七章 动物转基因技术 242

 第一节 认识转基因 242

 第二节 全球转基因动物及其产品研发情况 244

 第三节 动物转基因技术 249

 第四节 提高转基因效率的策略 254

 第五节 动物转基因技术成功应用的案例 256

第六节 转基因动物及其产品在安全性方面存在的问题	261
第八章 动物克隆技术	265
第一节 我们身边的克隆现象之人类身体中的克隆——干细胞	265
第二节 动物转基因技术和克隆技术的比较	275
第三节 动物克隆技术的操作程序	276
第四节 利用克隆技术制备优秀种畜和转基因家畜 ...	286
第五节 动物克隆存在的问题	288
参考文献	292

第一章 动物遗传育种基础

20 世纪动物生产取得了巨大成就,其中,动物遗传育种学理论的发展及其应用发挥了重要作用。可以预言,在 21 世纪,生物技术和计算机技术等高新技术将对动物遗传育种产生划时代的影响,动物遗传育种的理论和实践将会有更大的突破和发展,使动物生产模式发生根本性的转变。

第一节 对动物遗传育种的基本认识

一、动物遗传育种的研究内容和任务

动物遗传育种学是动物科学的一门重要分支。动物遗传学是研究动物遗传物质、遗传规律和遗传变异机理的科学,是动物育种学最主要的理论基础。

动物遗传学的原理用于育种主要有两大任务:一是基于对遗传性状的预测,选择最理想的种畜;二是通过育种规划和交配系统生产基因型最好的商品动物。动物育种学是人类应用遗传学理论指导动物育种实践的科学知识体系,通过人为控制动物个体的繁殖机会,利用适当的育种方法,尽可能“优化”地开发和利用动物遗传变异的一系列理论和方法。

二、对动物遗传育种技术的展望

当今世界正在兴起一场广泛而深刻的新技术革命浪潮。全

球动物育种正朝着高产、优质与高效相结合的方向发展。21 世纪将是遗传育种技术应用与发展的时代,动物育种面临着飞速发展的大好机遇,同时也面临着新技术革命的严峻挑战。

1. 加快畜禽品种优良化

畜牧生产现代化首先必须是畜禽品种优良化。在畜牧生产中,畜产品的数量、质量和经济效益 3 个指标与畜禽品种有着密切的关系。动物遗传育种所提供的优良种畜、种禽,对畜牧生产的影响是长期和深远的。例如,一头优秀种公牛,通过人工授精,可以产生成千上万头高产后代。一头本地黄牛年产乳量 400kg 左右,经过选育的荷斯坦奶牛群体平均产乳量可以达到 10000kg 以上,最高产的母牛在 365d 中,每天两次挤奶,可产奶 25248kg。如果没有人工选择和培育,自然界中是会产生这种高产奶牛的。

2. 基因组学将大显身手

基因组学是研究基因组的组成结构与功能的学科,其核心是把基因组当作一个完整的整体和灵巧的系统,而不是由核苷酸、蛋白质简单堆积起来的产物。基因组是生物遗传、生长和发育的基础,与动物育种关系十分密切。目前,国际上研究猪、牛、羊、鸡的基因组学发展迅速,例如,由猪基因组数据库收集的猪基因及 DNA 标记已达 2000 多个。基因组学在动物育种学中的运用将体现在分子标记辅助选择、动物品种资源保护和转基因工程等方面。

3. 克隆动物大量问世

克隆动物一旦和动物育种结合,将会真正地造福于人类。高产优质的克隆动物不仅可以为人们提供乳、肉、蛋等生活资料,还可以为人类提供保健蛋白,并对人类器官移植作出重大贡献。

4. 动物育种信息化、智能化

计算机的应用和不断发展促进了动物育种信息化程度的提

升。21 世纪将是电脑大规模用于动物育种的时代,神经元电脑、生物电脑、超导电脑等新型电脑,将开拓动物育种信息的辉煌未来。育种舍将采用电脑管理温度、湿度、气味、光照、消毒、饲料,封闭育种舍将通过计算机视觉识别动物个体的体型外貌,再将图像进行信息处理,既可大大提高育种效率,又可避免动物的应激。特别是智能机器人也将应用于现代动物育种,使动物育种朝着信息化、智能化的方向快速发展。

第二节 动物遗传育种对发展畜牧业的意义

动物遗传育种是指导畜牧业发展的主要理论基础之一,目的在于提高畜禽产品的数量和质量,不断增加畜牧业生产的经济效益。提高畜禽产品的产量、改善其品质特性,最直接的手段是选育品种。动物育种工作包括选育提高现有畜禽品种、培育高产优质新品种以及利用杂种优势等几个方面。畜禽品种在畜牧业生产中具有极其重要的意义。

一、通过品种选育提高畜禽生产力

品种选育可提高畜禽群体内的良种覆盖率,使群体不断得到改良,以保证畜禽生产力的提高。种畜是畜牧业的生产资料,没有良种则不可能大幅度地增加畜产品的数量和改善其质量。有资料表明,遗传育种对动物生产总的贡献率可超过 40%。所以,在畜群中不断选择优良畜禽作为种用和淘汰品质低劣的畜禽,就有可能将畜禽群体质量逐步提高。

二、通过育种可以改变畜禽的生产方向

由于各地自然条件和育种工作不同,所形成的畜禽和它们的

产品类型有很大的差别。例如,原始粗毛羊、役用牛、小型土种猪等,随着社会经济的发展,通过先进的育种技术,可以改变其生产方向,即将粗毛羊改变为细毛羊,役用牛改变为奶用牛或肉用牛,小型土种猪改变为瘦肉型猪,从而使生产的畜禽产品更符合人们的需要。

三、通过杂交育种可培育新品种和品系

为了满足市场需求的高质量畜产品,开展杂交育种,可以提高畜禽的品种数量,这对畜牧业生产的发展有着重要意义。北京黑猪、新淮猪、黑白花奶牛和草原红牛的培育都是具体例证。

四、通过育种可实现杂种优势

通过育种可以培育杂交配套系或筛选“优化”杂交组合,充分利用杂种优势,为工厂化畜牧业生产提供高产、低耗的畜禽商品。在工厂化畜牧业中,特别是工厂化养猪、养鸡企业,对畜禽的个体大小及生长快慢均有一定的规格与要求,通过适当的育种工作,可以满足这些要求,以适应“全进全出”的生产流程,从而便于科学的经营管理,提高生产效率和经济效益。

第三节 遗传的物质基础

一、遗传物质的分子基础

(一)遗传物质——核酸

1. 细菌的转化

1928年,英国人 Frederick Griffith 的肺炎链球菌(*Streptococcus pneumoniae*)转化实验导致了遗传物质的发现。肺炎链球菌

有两种类型,一种是光滑型(S型),在培养基上形成光滑菌落,其细胞壁的外面有一层多糖荚膜,具有毒性,感染小鼠会导致小鼠患败血症而死亡,但经热处理被杀死后便丧失感染能力。另一种为粗糙型(R型),在培养基上形成粗糙型菌落,无荚膜和毒性,感染小鼠不会令小鼠死亡。S型和R型还可按血清免疫反应不同,分成许多抗原型,如ⅠS、ⅡS、ⅢS、ⅠR、ⅡR等。

Griffith 将加热杀死的ⅢS型细菌和活ⅡR型细菌混合后感染小鼠,产生了一个出人意料的结果:小鼠发病死亡,并在其心血中检出有活的ⅢS型细菌。Griffith 反复分析认为一定有一种什么物质,能够从死的ⅢS型细菌中进入活的ⅡR型细菌中,改变了活的ⅡR型细菌的遗传性状,把它变成了有毒细菌(图 1-1)。这

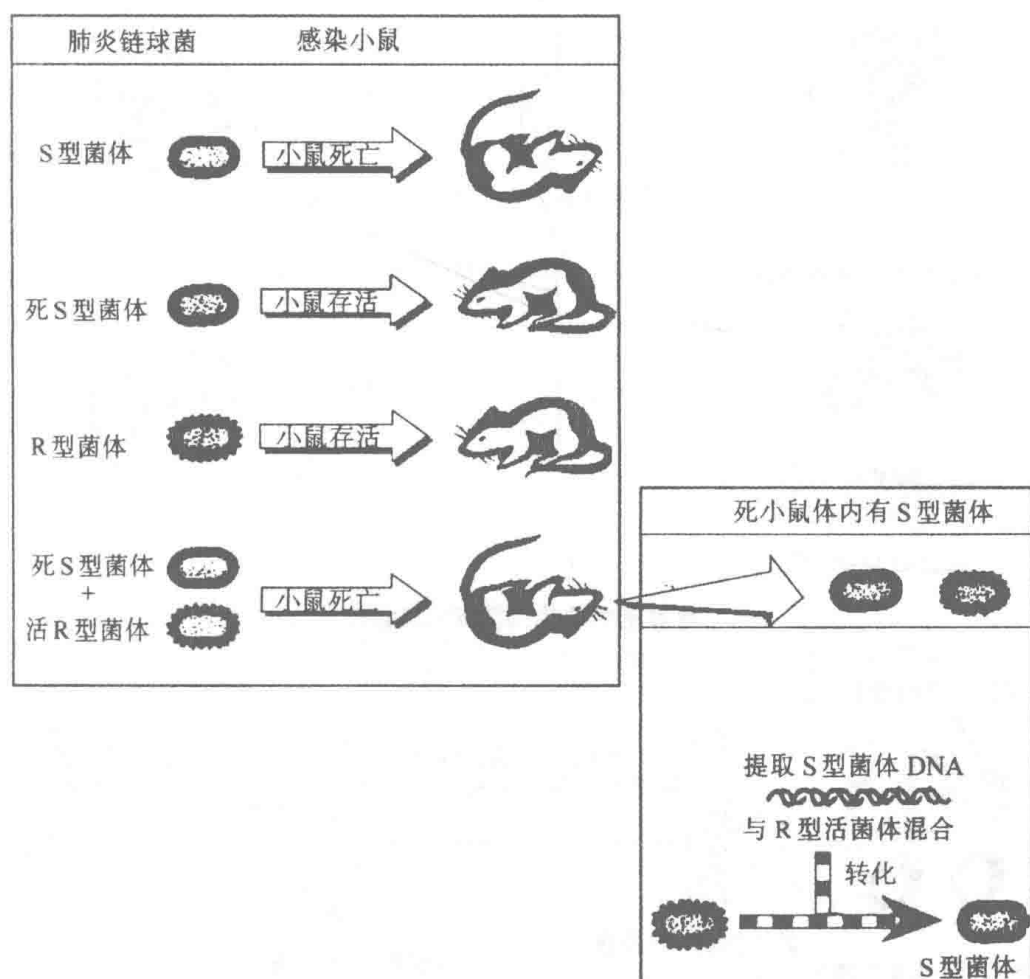


图 1-1 肺炎链球菌转化实验

种能转移的物质,Griffith 把它叫作转化因子(transforming principle)。那么究竟是什么物质使 S 型细菌发生了转化呢? Griffith 当时并不知道死亡 S 型细菌中与转化有关的物质是 DNA,而是认为“死细菌可能提供了某些特异性的蛋白质原料,使 R 型细胞能制造荚膜”。

1931 年,Richard Sia 和 Martin Dawson 在体外重复了 Griffith 的实验:将有荚膜的 III S 型细菌灭活后与有活性的 II R 型细菌在培养液中共同培养,收集 II R 型细菌,然后在培养板上培养,结果长出光滑、明亮的 III S 型菌落。这个实验证明在细菌转化过程中小鼠并无作用(图 1-2)。

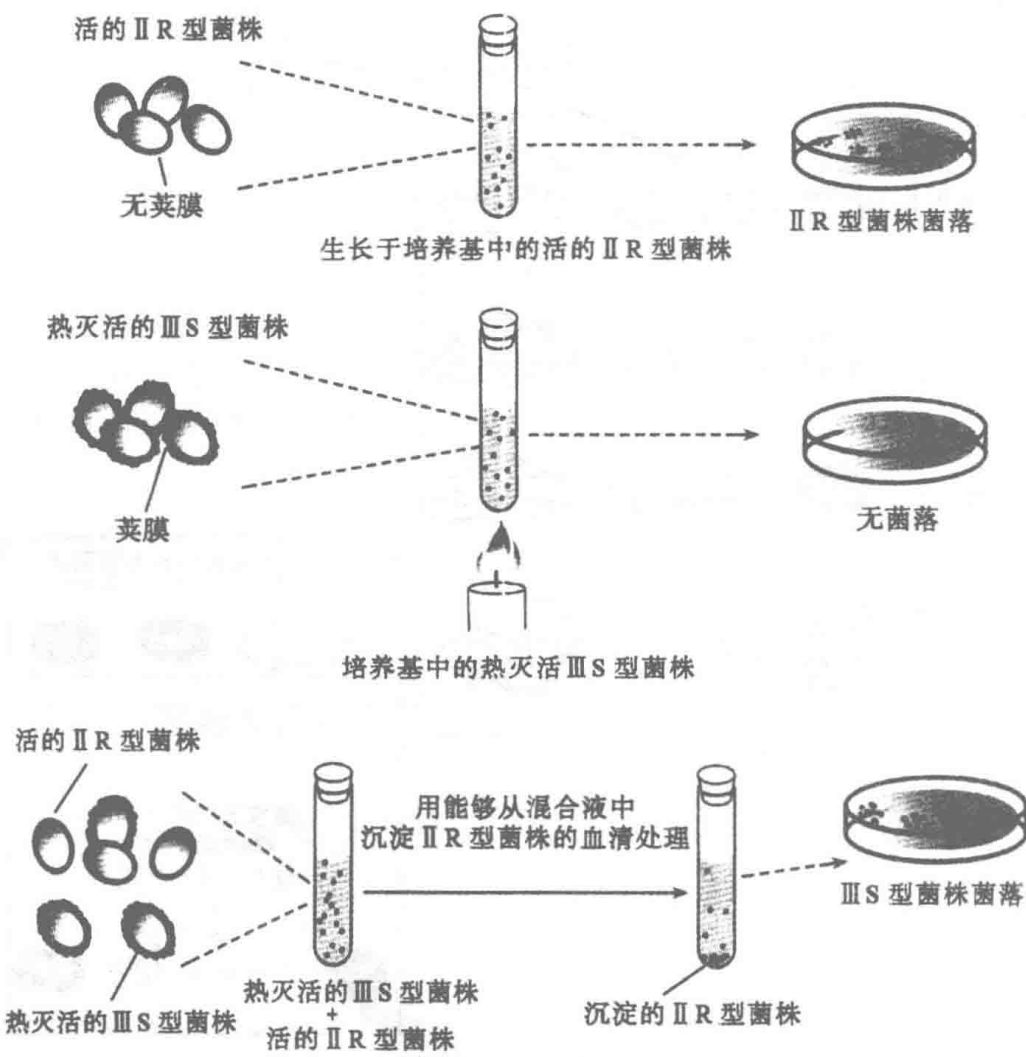


图 1-2 肺炎球菌的体外转化实验

1944 年, Oswald Avery、Colin MacLeod 和 Maclyn McCarty 通过实验证实,肺炎球菌中的“转化因子”就是 DNA(图 1-3)。首先,他们对用有机溶剂去除 III S 型菌株抽提物中的蛋白质后,发现剩余部分仍能转化;紧接着分别用胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶对抽提物中各种蛋白质和酶进行破坏、用 RNA 酶降解 RNA 后对转化都没有影响,说明蛋白质和 RNA 均不是转化中被转移物质;然而,当用 DNA 酶处理破坏 DNA 后,致病性(III S 型)菌株的抽提物失去对非致病性(II R 型)菌株的转化能力。这说明被转移物质的本质是 DNA。

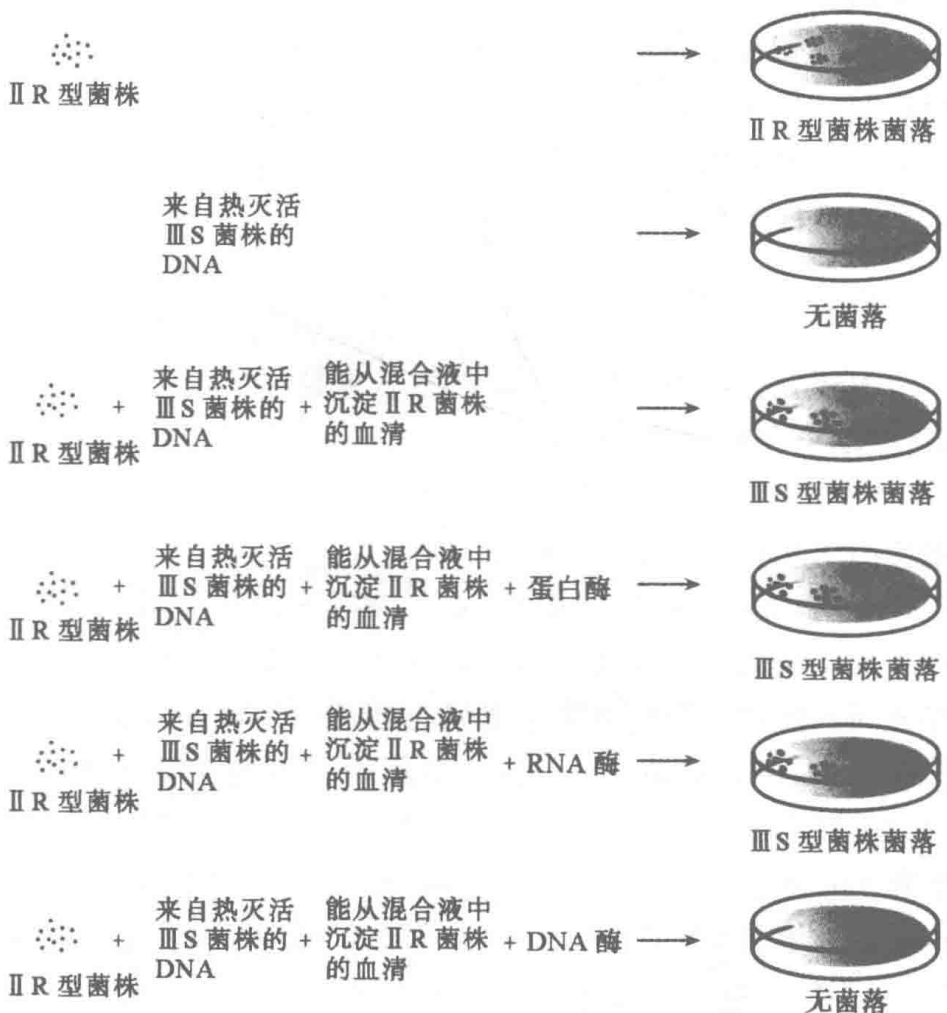


图 1-3 转化因子是 DNA

2. 噬菌体的侵染

尽管 Avery 等人的肺炎链球菌体外转化实验非常精确和严密,但当时仍有很多科学家不相信 DNA 是遗传物质,直到 1952 年 A. D. Hershey 和 Martha Chase 完成了 T_2 噬菌体感染大肠杆菌的实验进一步确证了遗传物质就是 DNA 的结论。 T_2 噬菌体是一种结构简单的细菌病毒,只由蛋白质和 DNA 构成。噬菌体复制时,遗传物质进入大肠杆菌宿主,指导新噬菌体的合成。那么,遗传物质是蛋白质还是 DNA? Hershey 和 Chase 将 T_2 噬菌体的蛋白质用 ^{35}S 标记、DNA 用 ^{32}P 标记后,侵染大肠杆菌,再除去大肠杆菌外残留的噬菌体部分,以分析究竟是哪种物质进入了大肠杆菌。如图 1-4 所示,他们发现,进入大肠杆菌指导 T_2 噬菌体复制的主要物质是带有 ^{32}P 标记的 DNA。这就证明只有 DNA 进入了大肠杆菌宿主。

3. 感染性的 RNA

绝大部分生物的遗传物质是脱氧核糖核酸(DNA),然而有些病毒,如烟草花叶病毒(tobacco mosaic virus, TMV),结构非常简单,只含有蛋白质和核糖核酸(RNA),没有 DNA,这些 RNA 病毒则使用 RNA 作为遗传物质。

1957 年,Heinaz Fraenki Conrat 和 B. Singre 的实验进一步证实了这一结论。烟草花叶病毒有好几个品系,不同品系对寄主引起不同的症状。他们将两个不同的品系——M(masked strain)和 HR(holmes ribgrass strain)品系重组成具有感染能力的“杂种”病毒,即将 M 系的 RNA 和 HR 系的蛋白质,或将 M 系的蛋白质和 HR 系的 RNA 重组后去感染烟草,所产生的病斑形态与“杂种”病毒中 RNA 所来自的病毒感染症状相一致,而与蛋白质无关(图 1-5)。这个实验十分简捷地证实了烟草花叶病毒的遗传信息不是由蛋白质传递的,而是由 RNA 来传递的, RNA 也是遗传物质。

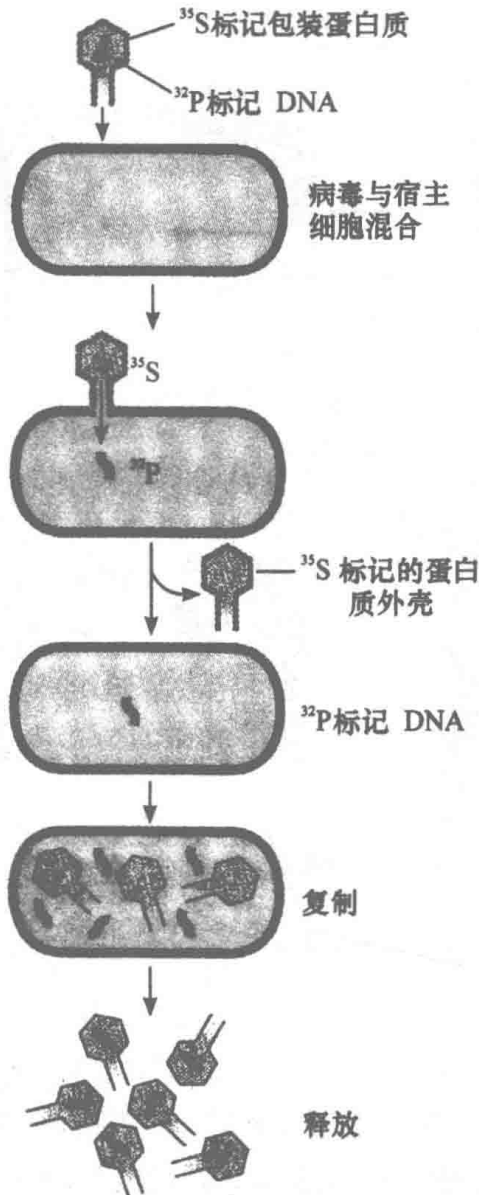


图 1-4 Hershey 和 Chase 的噬菌体感染实验

4. DNA 是主要遗传物质的间接证据

(1)大部分 DNA 存在于染色体上,而 RNA 和蛋白质在细胞质内也很多。从噬菌体、病毒、细菌到动植物的染色体中都含有 DNA。而蛋白质则不同,噬菌体、病毒的蛋白质不是存在于染色体上,而是存在于外壳上;细菌的染色体上也没有蛋白质;只有真核生物的染色体,核蛋白质才是其组成成分。

(2)DNA 在细胞中含量稳定。一种生物不同组织的细胞不