

遗传学纲要与题解

邱奉同 等编著



内蒙古科学技术出版社

遗传学纲要与题解

邱奉同 等编著

内蒙古科学技术出版社

主 编 邱奉同 李爱群 陈爱葵

副主编 刘瑞祥 郑先干 王祖秀

编写人员

第一、二章 邱奉同

第三章 王祖秀

第四、五章 郑先干

第六章 邵德田

第七章 王慧阳

第九章 刘瑞祥

第八、十章 陈爱葵

第十一、十二、十三章 李爱群

第十四、十五章 邵德田

遗传学纲要与题解

邱奉同 等编著

出版发行/内蒙古科学技术出版社

地 址/赤峰市红山区哈达街南一段4号

电 话/(0476)8224848 8231924

邮 编/024000

责任编辑/斯勤达来

封面设计/徐常青

印 刷/费县方正印刷厂

开 本/787×1092 1/16

印 张/13.25

字 数/313.3千

印 数/1-2000册

版 次/2000年2月第1版

印 次/2000年2月第1次印刷

ISBN7-5380-0758-X/R·156 定价:16.80元

前 言

遗传学从二十世纪初诞生后,发展非常迅速,现已深入到生命科学的各个领域,并成为生命科学的核心。遗传学以数学、物理学、化学等自然科学以及生命科学的其他分支科学为基础,利用它们的研究方法和研究成果,探讨生命活动的遗传基础和表达机理,其研究成果又对生命科学的其他分支学科提供指导。普通遗传学是师范院校生物专业的专业基础课,其内容涉及遗传学的各个层面,学习难度大。为满足教学需要,帮助学生加深对遗传学理论知识的理解和掌握,提高学生运用遗传学知识分析问题、解决问题的能力,我们编写了这本与师范专业遗传学课程内容相配套的、供学生学习本课程时使用的学习指导与题解训练用书。

本书以高等师范生物专业的遗传学教学大纲为依据,广泛参阅目前各院校使用的教材,分章编写而成。书中纲要性地指出了各章节的主要内容,并根据编写者多年的教学经验,总结出各章节的学习方法,通过习题解答的形式帮助学生掌握重点内容和初学时常易出现的疑难问题。

全书共分十五章,每章内容包括学习指导和题解两部分。在学习指导中给出了该章内容中的学习方法、内容解析和主要名词解释,题解部分主要帮助初学者掌握课程的各个知识点。书后附录中收录了部分院校的期末试题和硕士研究生入学试题,以便于初学者了解普通遗传学的掌握范围。

本书供师范院校生物专业学生使用,也可供综合性大学及农、林、医学院校师生和高中生物教师使用。

由于作者的水平有限,经验不足,加之时间仓促,书中不妥甚至错谬之处在所难免,恳请有关专家和读者批评指正。

邱奉同

2000年2月

目 录

第一章	绪论	(1)
第二章	遗传的细胞学基础	(7)
第三章	分离规律和自由组合规律	(16)
第四章	连锁与交换规律	(32)
第五章	性别决定和伴性遗传	(50)
第六章	细菌与噬菌体遗传	(60)
第七章	遗传的分子基础	(74)
第八章	基因突变	(88)
第九章	染色体畸变	(100)
第十章	数量性状遗传	(108)
第十一章	细胞质遗传	(123)
第十二章	遗传工程	(131)
第十三章	基因调控和个体发育	(142)
第十四章	群体遗传	(152)
第十五章	遗传与优生	(166)
附录	遗传学试题题解选	(173)

第一章 绪论

学习指导

通过本章的学习,要求对遗传学这门学科的全貌有一个初步的了解,重点掌握遗传学、遗传、变异的概念以及遗传与变异的辩证关系。了解遗传学的发展简史及遗传学在实践中的意义。

遗传和变异是生命活动中并存的两个方面的内容,两者对立统一,是生物进化不可缺少的两个要素。从生物进化的角度来学习理解这部分内容,可加深对遗传变异辩证关系的认识。遗传学作为生物学的中心学科,吸收、利用了其他学科的知识与研究方法,学习这门课需要动物学、植物学、微生物学、细胞学、生物化学等其他学科的知识作为基础。

一、基本概念

遗传 (heredity): 是生物自身繁殖的过程,在这个过程中表现了子代与亲代的相似。其本质是遗传物质通过不断地复制和传递,使子代与亲代保持相似。

变异 (variation): 生物在自身繁殖过程中出现的差异,表现为子代与亲代、子代之间的差异。

性状 (character): 生物体形态构造特征和生理生化特性的总和。

遗传学 (genetics): 研究生物遗传、变异及其规律的科学。

基因 (gene): 含有特定遗传信息的核苷酸序列。是遗传物质的最小的功能单位,除少数病毒的基因由 RNA 构成以外,多数生物的基因由 DNA 构成。

二、内容解析

(一) 遗传学研究的对象和范围

遗传和变异是生物繁殖过程中必然出现的两个方面的现象,子代与亲代相似的现象称遗传,两者之间出现的差异称变异。遗传又是指生物自身繁殖的过程,结果表现为子代与亲代的相似。这个过程是相对稳定的,但也会出现差异,表现为子代与亲代的性状差异,即变异。

遗传学起初是研究亲代与子代之间性状异同的规律的,随着遗传学的不断发展,研究的范围越来越广泛、越来越深入。遗传学研究的范围主要包括三个方面的内容:①遗传物质的本质。包括遗传物质的化学本质、所包含的遗传信息和遗传物质的结构、组织和变化。②遗传物质的传递。包括遗传物质的复制,染色体行为,遗传规律和基因在群体中的数量变迁等。③遗传信息的实现。包括基因的原初功能,基因的相互作用,基因调控以及个体发育中的基因作用机制等。

(二) 遗传学的形成和发展

遗传学的发展大致可分为三个水平四个时期。

1. 遗传学诞生前的时期

人们在生产和生活中很早就发现了遗传和变异的现象,并且提出了许多假说来解释遗

传和变异的机理。公元前三世纪，希腊哲学家亚里士多德（Aristotle）认为，孩子是从父母那里接受了一部分血液而与父母相似的（即血缘关系）。17 世纪，荷兰科学家 Jan. Swammerdam 提出精子中带有一个人，精子在子宫中成长为胎儿（即先成论）。后来，瑞士解剖学家 V. Kollike 提出婴儿的各种组织器官是在个体发育过程中逐渐形成的，即渐成论。法国博物学家拉马克（J.B.Lamarck）提出器官“用进废退”和“获得性遗传”的理论，认为生物后天获得的性状可以传给后代，使生物逐渐演变，认为一个物种在新环境中经过不断完善适应，能渐变成新物种。1868 年英国博物学家达尔文（C.K.Darwin）（支持拉马克的获得性遗传理论）提出泛生论，认为动物的各个器官内部都存在着微小的“泛生粒”，这些粒子能分裂繁殖，随血液流动汇集到生殖器官里，形成生殖细胞。在个体发育过程中，这些微粒就进入各器官发生作用，因而表现出与亲代相同的性状。1892 年，德国生物学家魏斯曼（A.Weismann）提出“种质学说”，把生物体分成种质和体质两部分，认为种质是亲代传给子代的遗传物质，可发育为新个体的体质，体质生长发育成新个体的组织器官，但体质不能产生种质。种质是独立的，世代延续。环境条件只能影响体质而不能影响种质。因此，后天的获得性状不能遗传，只有种质的变异才能遗传。魏斯曼起初认为种质是生殖细胞，以后又认为是细胞核，晚年又推测是细胞核中的染色体。

2. 遗传学的诞生

1865 年，奥国遗传学家孟德尔（G.Mendel）发表了《植物杂交实验》论文，成功地揭示了遗传的分离规律和自由组合规律。但当时没有得到重视，直到 1900 年，德国的科伦斯（C.E.Correns）、荷兰的德·弗里斯（H.De Vries）、奥地利的切尔马克（E. Tschermak）分别在不同植物上同时取得了与孟德尔相同的实验结果时，才重新发现并认识了孟德尔规律。因此，把 1900 年作为遗传学诞生并正式成为独立学科的一年。

孟德尔建立了个体水平上的形式遗传学。

3. 细胞遗传学时期

19 世纪末 20 世纪初，细胞学的迅速发展为遗传学的发展奠定了有力的基础。1903 年萨顿（W. S. Sutton）发现染色体在减数分裂中的行为与孟德尔遗传因子的行为一致，提出染色体是遗传因子的载体。1905 年贝特森（W.Bateson）用 Genetics 命名遗传学，1909 年约翰逊（W. J. Johannsen）用 Gene 代替“遗传因子”。1910 年摩尔根（T.H.Morgan）发现果蝇的性连锁遗传，继而发现连锁交换规律，创立了“基因学说”，并综合了细胞学和遗传学的研究，建立了细胞遗传学。

在此期间，原子能的发现和利用发展了辐射遗传学，统计学的发展应用发展了群体水平上的群体遗传学。

4. 微生物遗传学时期（1941—1961）

这时期的特点是，人们普遍采用微生物作为研究对象，更多地把理化因素用于遗传学研究，着重研究基因的本质、突变机制、基因调控等，从而建立了生化遗传学和微生物遗传学。1941 年，比德尔（G.W.Beadle）和泰特姆（E.L.Tatum）通过链孢霉实验，提出了“一个基因一个酶”的理论，证明基因通过所决定的酶控制生化反应而决定遗传性状。1944 年，埃弗里（O.T.Avery）通过肺炎双球菌的体外转化实验确定了 DNA 是遗传物质。1957 年，本泽（S. Benzer）通过 T4 噬菌体重组和互补实验，提出顺反子学说，打破了经典遗传学基因是结构、功能、突变三位一体的概念，把基因具体化为决定一条多肽

链的一段 DNA 核苷酸序列，并且这段核苷酸序列又可分为许多可突变的位点和许多个可以重组的位点。1961 年，莫诺 (Monod) 和雅各布 (Jacob) 通过大肠杆菌乳糖代谢的研究，提出了操纵子模型，发现了基因有结构基因和调节基因的差别，以及基因活动的调控机制。

5. 分子遗传学时期

1952 年，贾格夫 (Chargaff) 发现了 DNA 中的 $A=T$, $G=C$ 碱基配对原则。1953 年，沃森 (J.D. Watson) 和克里克 (F.H. C. Crick) 通过对 DNA X-射线衍射图像的分析，提出了 DNA 的双螺旋结构模型，为阐明 DNA 的结构、复制、稳定性和变异性以及遗传信息的贮存与表达提供了依据。这标志着遗传学的发展进入了分子遗传学发展的新时代。从 1961 年开始，尼伦伯格 (M.W. Nirenberg) 和科拉纳 (H.G. Khorana) 等逐步搞清了 DNA 以核苷酸三联体为密码子编码氨基酸，并于 1967 年完成 64 个密码子的破译工作。1970 年，泰明 (H.M. Temin) 在劳斯肉瘤病毒中发现反向转录酶，发展和完善了 57 年克里克提出的“中心法则”。

70 年代以后，基因工程诞生和单克隆抗体技术的广泛应用，开创了遗传学为人类服务的新纪元。1952 年，莱德伯格 (Lederberg) 发现细菌质粒。1968 年，史密斯 (H. Smith)、阿伯 (W. Arber)、内森 (D. Nathans) 发现 DNA 限制性内切酶。1972 年伯格 (P. Berg) 完成人工 DNA 重组，得到杂种 DNA 分子。1973 年，科恩 (S.N. Cohen) 把大肠杆菌的不同质粒重组在一起，并把杂种分子引入到大肠杆菌中。从此，基因工程的研究逐渐发展起来。1975 年，米尔斯坦 (Milstein) 用小鼠骨髓瘤细胞和淋巴细胞融合形成能产生单一抗体的杂交瘤细胞株。

70 年代以来，分子遗传学获得了一系列重大发现，如发现重复基因、断裂基因、重叠基因、转座基因。1975 年，科拉纳 (H.G. Khorana) 发现了人工合成基因的技术。1978 年，桑格 (F. Sanger) 发现了重叠基因。1983 年，麦克林托克 (B.M. clintock) 因 40 年代发现转座基因 (跳跃基因) 而获得诺贝尔奖。

(三) 遗传学在科学发展和生产实践中的意义

遗传学是生物科学的核心。遗传学研究吸收了各学科的技术和知识，反过来又对生物学各学科的研究和知识的理解提供方法和理论指导，使这些分支学科从内容、概念到研究方法上都发生了一定的变化和更新，并为其他学科提供了丰富的内容和科学依据。遗传学直接为生产和人民生活提供技术，如对动植物、微生物育种，对医药工业、生物技术工业提供理论依据和技术方法，为医学提供治病新途径和新的诊断方法。

习 题

一、问答题

1. 什么是变异，变异的类型有哪些？
2. 说明遗传与变异的辩证关系。
3. 遗传学的任务是什么？
4. 研究遗传学的方法有哪些？
5. 遗传学主要有哪些分支学科，研究的对象是什么？

6. 遗传学研究的意义是什么?

二、填空题

1. 生物进化发展和品种形成的内在根据是_____。

2. 生物进化的三个要素是_____、_____、_____。

3. 拉马克是_____国人，在遗传上提出了_____、_____的理论。拉马克
提出了种质学说。达尔文是_____国人，_____年出版《_____》一书，在遗传上
提出了_____理论。

4. _____年，由_____、_____、_____三个人重新发现孟德尔规律，该
年被定为遗传学诞生之年。

5. _____于1866年提出 GENETICS 一词命名遗传学，1850于_____年
用 GENE 取代了孟德尔的遗传因子。

6. 遗传学的发展大致经历了经典、现代两个阶段和个体、群体、分子三个水平。

7. 萨顿发现了染色体行为和孟德尔遗传因子的平行性，而认为染色体是基因的
载体。Morgan提出了染色体学说，为发展细胞遗传学做出了贡献。

8. _____年，_____用果蝇为实验材料研究发现了伴性遗传，进而发现了
_____规律。

9. _____年约翰逊提出了_____、_____、_____三个概念，从而使遗传
学发生了一次改革。

10. _____年，Fewgen发明了核染色法，其原因是_____。

11. _____年，赫勒发现了 X-射线能够诱发突变，从此产生了辐射遗传学。

12. 1953 年，_____和_____根据 DNA 的X-ray diffraction图像研究提出了 DNA 的
_____模型，开创了分子遗传学发展的新局面。

13. _____年_____做了_____实验，从而证明了 DNA 是遗传物质。

14. 沃森、克里克创立了遗传工程，使之成为 21 世纪举世瞩目的学科。

15. _____于_____年发现了转座因子，从而于_____年获得了诺贝尔奖金。

16. 1981 年，我国人工合成多肽+RNA成功，为世界首创。

17. 本世纪 40 年代后，遗传学开始了一个新的转折点，这表现在两个方面：
理化诱变、细胞融合材料

18. _____提出了碱基配对法则。

三、判断题（对用“√”，错用“×”表示）

1. 变异是生物表现出的与亲本不同的性状差异，它是能够遗传的，因为遗传和变异
是生物的共同特征。（☐）

2. 由于生活条件的改善，人的体质有了明显的提高，这一性状不是遗传的结果。（☐）

3. 非细胞生物能够脱离细胞进行繁殖，因为它的遗传物质是 RNA。（☐）

4. 人们可以通过遗传工程创造新物种。（☐）

5. 基因在染色体上呈线性排列，除非发生染色体片段的交换，否则，不能改变自身
的位置。（☐）

6. 遗传传递的内容是遗传信息, 这些信息存在于遗传物质中。()
7. 环境条件通过改变生物的遗传物质而造成性状的差异。()
8. 环境直接对性状有选择作用。因此, 环境的选择作用不会影响生物的遗传物质。()

参考答案

一、问答题

1. 答: 变异可分为可遗传变异和不可遗传变异。可遗传变异是由于遗传物质的变化而引起的变异, 可因遗传物质的传递而传递。遗传物质的变化包括基因突变、基因重组、染色体畸变(染色体组内出现染色体结构的变异和染色体数目的变异)。不可遗传的变异是由于环境条件的变化影响新陈代谢而造成的性状的差异, 这种变异常常有一定的方向性, 可随着环境条件的存在与否而出现和消失。

2. 答: 遗传和变异是生物的共同特征, 两者同时存在, 对立统一。遗传使生物保持着原来种族的特征, 稳定物种; 变异使生物后代出现新的特征, 使生物能够适应变化了的外部环境条件, 对物种的生存更有利。没有遗传, 物种就不能稳定地保存, 也就没有物种的存在; 没有变异, 遗传就只是简单地重复, 生物也就无法适应千变万化的外界环境, 既无生存能力, 又无法发展进化; 离开了遗传, 生物发生的变异就不能积累传递, 变异就失去意义。遗传和变异是生物进化的动力。

3. 答: ①研究各种生物个体或群体遗传变异的现象, 从中总结出各种遗传规律, 如已知的分离规律、自由组合规律、连锁交换规律和基因遗传平衡规律。②分析产生遗传变异的原因, 为生物进化论奠定基础。③研究遗传信息的储存、传递和表达的机理。④运用已获得的遗传学知识指导生活、生产实践, 如生物育种、创造新物种、防治遗传病、治理保护环境等。

4. 答: ①群体调查、统计分析法。用数理统计学的方法研究群体中遗传信息的传递规律。②杂交分析法。包括个体之间的杂交——研究基因传递的规律; 细胞之间的杂交——研究遗传物质的传递和遗传信息表达的规律; 分子之间的杂交——研究核酸分子中的同源序列及其规律。③环境因子作用法。研究各种环境因子(理化、生物)作用于细胞内遗传物质或遗传物质传递、遗传信息和表达过程, 对生物产生的效应。④超微结构分析法。用电子显微镜或 X-射线研究遗传物质的结构、构型, 以及与遗传信息表达有关的细胞器的结构和功能。⑤用超速离心分离、纯化、收集不同大小的生物大分子, 用于遗传特征等方面的研究。⑥同位素标记示踪法。通过同位素标记, 研究遗传信息传递、表达的过程及作用机理。⑦基因剪辑、重组分析法。通过限制性内切酶、多聚酶、连接酶的作用研究不同 DNA 分子上有关基因的剪辑、重组及基因的作用与表达机理等。

5. 答: 根据遗传学研究的对象不同, 可分为以下几大分支学科: ①人类遗传学。是研究人类形态、结构、生理生化、免疫和行为等各种性状的遗传变异规律, 研究人类群体的遗传规律, 人类遗传性疾病的发生机理、传递规律和预防措施等的科学。由于人类遗传学主要研究遗传病, 因此也称医学遗传学, 其主要分支学科有: 临床细胞遗传学、药物遗传学、肿瘤遗传学等。②动物遗传学: 以动物为对象研究其遗传变异规律。主要分支学科

有：哺乳动物遗传学、鸟类遗传学、鱼类遗传学、昆虫遗传学、单细胞动物遗传学等。③植物遗传学：是以植物为研究对象的遗传学。主要分支学科有：作物遗传学、林木遗传学、经济植物遗传学、观赏植物遗传学等。④微生物遗传学：以病毒、细菌、小型真菌及单细胞动物为研究对象的遗传学。主要分支学科有：细菌遗传学、病毒遗传学等。⑤以某一类或某一种生物为研究对象的遗传学。如水稻遗传学、果蝇遗传学。

根据遗传学研究的层次不同，遗传学也有许多分支学科：①群体层次上开展研究的学科：群体遗传学、生态遗传学、进化遗传学、数量遗传学。②细胞层次上的分支科学：细胞遗传学、体细胞遗传学。③在分子层次上开展研究的分支科学：分子遗传学。

根据研究的内容又分为：发育遗传学、行为遗传学、辐射遗传学、毒理遗传学、免疫遗传学、临床遗传学、药理遗传学。

6. 答：(见3页)

二、填空题

1. 遗传和变异 2. 遗传，变异，选择 3. 法国，用进废退，获得性遗传 4. 1900，科伦斯 (C.E. Correns)，德·弗里斯 (H. De Vries)，切尔马克 (E. von S. Tschermak) 5. 贝特森 (W. Bateson)，1905；约翰逊 (Johannsen)， 6. 经典遗传学，现代遗传学，个体水平，细胞水平，分子水平 7. 萨顿 (sutton) 摩尔根 (T. H. Morgan) 8. 1910，摩尔根 9. 1909，基因基因型，表现型 10. 1924，孚尔根 (Feulgen) 11. 1927，穆勒 (H. J. Muller) 12. 沃森 (J. D. Watson)，克里克 (H. C. Crick)，X-射线衍射，双螺旋结构 13. 1941，埃弗里 (O. T. Avery)，肺炎双球菌体外转化 14. 伯格 (P. Berg)，科恩 (S. N. Cohen) 15. 麦克林托克 (B. McClintock)，1951，1983 16. 1981，丙氨酸 tRNA 17. 理化诱变，用微生物作材料 18. E. Chargaff

三、判断题

1. X；2. √；3. X；4. √；5. √；6. √；7. X；8. X。

第二章 遗传的细胞学基础

学习指导

细胞是生命活动的基本单位,从结构简单的病毒到高等哺乳类,无论生命形式如何,其生命活动都离不开细胞。本章所涉及的内容是研究生物遗传、变异及其机理的基础知识,为以后的遗传学学习奠定基础,应引起足够的重视。本章要求了解细胞的基本结构、与遗传直接相关的细胞器,重点掌握染色体的形态、结构、数目、大小、超微结构、有丝分裂和减数分裂过程中的染色体动态变化及其遗传学意义。另外,要求了解高等动物和高等植物配子发生和染色体周史。

一、基本概念

原核细胞 (prokaryotic cell): 没有核膜包围着核的细胞。其遗传物质 (染色体) 分散于整个细胞或集中于某一区域形成拟核,如支原体、蓝藻。

真核细胞 (eukaryotic cell): 有核膜包围着的完整的细胞核结构的细胞。单细胞藻类及多细胞生物均属于真核细胞。

细胞器 (cell organelle): 细胞中固有的用光镜、电镜或其它工具能够分辨出的具有一定形态特点,并执行特定机能的结构。

染色体 (chromosome): 在细胞分裂时形成的能被碱性染料着色的一类小体。在原核细胞中则是指裸露的 DNA 分子。染色体是生物控制其生命活动的遗传信息的载体。

同源染色体 (homologous chromosome): 来源相同,形态、结构和功能相似,分别来自父母一方的一对染色体。同源染色体上分别携带着控制相对性状的等位基因。

姊妹染色单体 (sister chromatid): 由一条染色体经复制形成的仍由着丝粒相连的两个子染色体。

着丝粒 (centromere): 位于染色体着丝粒区,细胞分裂过程中连结两个染色单体的染色体的特殊区段。

着丝点 (着丝盘、动粒) (kinetochore): 位于染色体着丝粒区,与纺锤丝相接触的,由微管蛋白组装而成的颗粒结构,是积聚纺锤丝的活性部位。

联会 (synapsis): 在减数分裂过程中,同源染色体配对形成联合复合体的过程。

二价体 (bivalent): 减数分裂前期 I 每条染色体含有两条染色单体 (称为二分体),配对联会而结合在一起的同源染色体称为二价体 (四分体)。

G₀ 期: 细胞在生长繁殖过程中,前一周期结束后不进入下一周期的 G₁ 期,而是退出细胞周期,这时细胞所处的时期为 G₀ 期。G₀ 期的细胞受到细胞分裂刺激因子的影响才转化到 G₁ 期。

细胞周期 (cell cycle): 细胞由一次分裂结束到下一次分裂结束,都要经过 G₁、S、G₂、M 时期几个变化阶段,周而复始地进行活动,细胞的这种生长、分裂的循环称为细胞周期。

异染色质 (heterochromatin): 在间期和早前期中, 染色质仍处于凝缩状态的那些染色体区段。

端粒 (telomere): 染色体末端防止染色体彼此粘连, 保持染色体个性的分子构型, 有特殊的核苷酸序列。

常染色体 (euchromosome): 细胞内除去性染色体以外的染色体。

性染色体 (sex chromosome): 与性别决定直接相关的染色体。

常染色质 (euchromatin): 细胞分裂间期和早前期染色质丝折叠疏松, 高度伸展, 染色时不易分辨, 而在细胞分裂中期螺旋折叠达到最大程度, 染色时着色很浓的染色质。

二、内容解析

(一) 细胞的结构

真核细胞具有细胞膜、细胞质和细胞核。细胞膜是一个类脂双分子层结构, 膜表面和类脂双分子层中结合有各种蛋白质分子, 其中有运转细胞内外物质的载体、特异性抗原和激素受体。细胞质是细胞内的胶体状物质。在细胞质中有功能不同、形态各异的各种细胞器。线粒体具有双层质膜, 是细胞呼吸和能量转化的细胞器, 它具有自身的 DNA 分子, 在遗传上有一定的自主性 (详见细胞质遗传)。植物细胞中具有特有的细胞器, 即质体。质体也具有双层质膜, 因含色素的不同分为叶绿体、有色体和白色体。叶绿体是光合作用的场所。质体也含有自身的 DNA, 在遗传上也具有一定的自主性。核糖体是细胞内合成蛋白质的场所, 它由大小两个亚基组成, 可以游离在细胞质或核内, 也可以附着在内质网上, 在合成蛋白质时, 可以成串珠状沿 mRNA 分子排列。核糖体的大小亚基都是由 RNA 和蛋白质构成的。中心体 (粒) 存在于动物和某些低等植物细胞中, 靠近细胞核, 由两个相互垂直的由微管组成的筒状结构构成, 中心体与动物细胞分裂时纺锤体的排列方向和染色体的去向有关。细胞核的双层质膜上有许多核孔, 是核与胞质交流物质的通道。核质中有染色体、RNA、蛋白质、核糖体, 核内有核仁, 其功能之一是合成核糖体 RNA, 它又是合成核内蛋白质的部位。

原核细胞中的细胞器的种类和数目明显少于真核细胞, 无线粒体、质体等结构。

(二) 原核细胞与真核细胞的区别 (见表 2—1)

表 2—1 原核细胞和真核细胞的主要差别

	原 核 细 胞	真 核 细 胞
大 小	大多数很小 (1—10 μ m)	大多数较大 (10—100 μ m)
细胞核	无膜包围, 为类核	核有双层膜包围
形 状	环状 DNA 分子	核中有染色质或染色体。线粒体和叶绿体中为环状 DNA 分子
数 目	一个基因连锁群	两个或多个连锁群
组 成	DNA 裸露或结合少量蛋白质	DNA 同组蛋白结合。叶绿体和线粒体中的 DNA 裸露
DNA 顺序	很少或没有重复顺序	有重复顺序
细胞分裂	无丝分裂	有丝分裂
内 膜	无独立的内膜系统	有, 分化成细胞器

续表

	原 核 细 胞	真 核 细 胞
细胞骨架	无	普遍存在
鞭 毛	由鞭毛蛋白丝构成	主要由微管构成
性系统	基因由供体至受体单向传递	减数分裂后形成的含同等基因组的配子核融合
营养方式	主要为吸收，有的行光合作用	吸收、内吞和光合作用

(1) 原核细胞没有核膜，遗传物质与胞质之间没有明确的界限，只有染色体区，称为拟核。真核细胞具有核膜，遗传物质与胞质是分开的，存在于核内。

(2) 原核细胞无线粒体、质体等细胞器，无独立的内膜系统。真核细胞都有线粒体，植物细胞有质体，这两种细胞器都带有遗传信息。

(3) 原核细胞的染色体——DNA 是裸露的，且含量少，结构简单，易接收外来 DNA 的插入，常为环状。真核细胞的染色体是较大的 DNA 分子与蛋白质结合成的复杂的超螺旋结构，外源 DNA 难以插入，是直线型的。

(4) 原核细胞的 DNA 转录、翻译两个过程在时间和空间上难以分开。真核细胞的转录过程是在细胞核内进行的，转录产生的 RNA 经过加工，成为成熟的 mRNA，从核内转移到胞质中，才能进行翻译，形成蛋白质。

(5) 原核细胞的染色体只有一条（连锁群）。真核细胞具有多条染色体（连锁群）。

(6) 原核细胞的分裂以无丝分裂方式进行。真核细胞分裂主要以有丝分裂方式进行。原核细胞分裂后子细胞立即分离，呈单细胞状态存在，分裂繁殖快，容易培养。真核细胞与其周围的细胞之间相互影响，人工培养时，单细胞之间容易聚集成多细胞群体。

(7) 原核细胞的杂交是遗传物质由供体细胞向受体细胞的单向传递，真核细胞的杂交须先经过减数分裂形成两种单倍体的配子，由配子结合成合子。

(三) 染色体的形态、结构和数目

1. 染色体的一般形态结构

分裂中期典型的染色体是由主缢痕、长臂、短臂、次缢痕和随体组成的。主缢痕是着丝粒区，染色体在这个部位上有着丝粒和动粒两个结构，应注意这两个结构的联系和区别。染色体的臂比（长臂比短臂）是染色体分类的依据，由此可将染色体分为四类：中部着丝粒染色体，臂比 1—1.7；近中部着丝粒染色体，臂比 1.7—3.0；近端部着丝粒染色体，臂比 3.0—7.0；端部着丝粒染色体，臂比大于 7.0；这四类染色体在细胞分裂后期分别呈 V 型、L 型和棒型，小的染色体则呈粒状。主缢痕以外的染色体缢缩区为次缢痕，出现在染色单体臂上。从次缢痕到臂端为随体。典型随体的次缢痕与核仁形成有关，但并非所有次缢痕都是核仁组织者。核仁与核糖体的形成有关。

2. 染色体的四级结构

这部分的内容包括核小体的结构、形成和染色体四级结构的形成模式。在染色质中，DNA 和蛋白质的比例恒定，为 1:1，非组蛋白少且种类、与 DNA 的比例因物种和组织不同而有较大差异。碱性组蛋白包括 H1、H2A、H2B、H3、H4、H5。

染色体的一级结构：是由核小体组成的 10nm 细纤丝。核小体的核心蛋白是八聚体，

H3 二聚体和 H4 二聚体结合成四聚体，四聚体的两侧各结合一个 H2A、H2B 二聚体，形成八聚体。DNA 分子有 147 个核苷酸对盘绕在八聚体的外面，约盘绕 1.8 圈，结合上 H1 后，DNA 分子共用了 165 个核苷酸对，它们共同组成了染色质小体。染色质小体之间有不与核小体核心结合的连接区，其 DNA 的长度因物种和细胞功能的不同差异很大。核小体重复单位组成的念珠结构为染色质丝，重复单位中每个单位约用 DNA 200 个核苷酸对，DNA 由 70nm 压缩为 10nm，压缩了 7 倍。

染色体二级结构：染色质丝缠绕螺旋化，每圈 6 个核小体，形成直径 30nm、内径 10nm 的中空螺旋管，DNA 压缩了 6 倍，为染色质粗纤丝。

染色体三级结构：染色质粗纤丝继续盘绕螺旋化，形成中空的超螺旋管，直径为 400nm，DNA 又压缩了 40 倍，为分裂前期染色体。

染色体四级结构：超螺旋管继续盘绕折叠，压缩 5 倍，形成分裂中期染色体。

由此可见，由 DNA 双螺旋纤维到中期染色体形成，DNA 长度共压缩了

$$7 \times 6 \times 40 \times 5 = 8400 \text{ 倍。}$$

3. 巨大染色体

有多线染色体和灯刷染色体两种。多线染色体是永久间期性细胞染色体，是间期细胞染色体反复多次复制而细胞不分裂形成的子染色体不分离，仍由一个着丝粒相连，且体细胞同源染色体配对而形成的。平行排列的多条染色质纤维在纵向上各区段凝缩的紧密程度不同，交替出现致密区和非致密区而呈现带纹。灯刷染色体多出现在鱼类、两栖类和爬行类的双线期卵母细胞中，两条姊妹染色单体的染色质纤丝平行排列成中轴，每条中轴又各自向一侧伸出许多侧环，侧环成对存在，是 DNA 分子的解旋部分，是 RNA 合成的活跃场所。一个侧环是一个转录单位。侧环和中轴是一个连续的 DNA 分子。

(四) 细胞分裂（染色体的传递）

细胞分裂有三种形式，即无丝分裂、有丝分裂和减数分裂。

1. 无丝分裂

原核细胞的分裂是无丝分裂，其环状的 DNA 分子有一点附着在细胞膜上，DNA 的复制常从附着部位开始，复制完成后，两个子染色体从同一附着部位随质膜生长而分开。然后在中央部位细胞膜环绕细胞发生内陷，凹陷部位产生新的细胞物质，最后将细胞一分为二。

真核细胞的无丝分裂首先是核增大，然后核伸长，呈哑铃形，质膜同时在中央向内凹陷，细胞核中央部分变细断开，形成两个核，细胞质也随之分开。

2. 有丝分裂

有丝分裂又称为间接分裂，包括核分裂和质分裂两个过程。在细胞分裂间期，染色体复制，形成的子染色体被同一个着丝粒相连。在细胞分裂前期，染色体由染色质丝螺旋折叠形成四级结构，核仁和核膜也逐渐消失，染色体散布于整个细胞中。动物细胞间期核附近有一对中心粒，在 G1 期每一中心粒的一侧又装配一新的中心粒，因而在细胞中形成了两对中心粒。前期开始时，中心粒辐射出星射线，两对中心粒之间逐渐形成由微管组成的纺锤体，随着纺锤丝的加长，中心粒逐渐移向两极。高等植物没有中心粒，只从两极产生纺锤丝。细胞分裂过程中，一部分纺锤丝与染色体的着丝点相连，一部分则直接贯穿于两极之间。中期，染色体在纺锤丝的牵引下，着丝粒排列在赤道面上，小染色体排列在中

央，大染色体排列在周围。此时，染色体已凝缩到最高程度，易于观察和计数。后期，染色体的着丝粒分开，两条子染色体分别由纺锤丝牵向两极，每条子染色体成为一个染色体。末期，染色体移到两极，在两极染色体周围重新形成核膜，核仁也随之出现。核裂之后，细胞质也从中央一分为二，有丝分裂完成，细胞进入分裂间期。

3. 减数分裂

减数分裂也称成熟分裂，是细胞形成配子时所进行的细胞分裂。细胞在间期染色体复制一次之后，经过两次连续的分裂，即减数第一次分裂（减分Ⅰ）和减数第二次分裂（减分Ⅱ），最后产生染色体数目减半的性细胞。

前期Ⅰ：减数分裂前期Ⅰ染色体动态变化复杂，与个体的遗传关系非常密切。前期Ⅰ包括以下5个时期：细线期，染色质开始浓缩，每条染色体含有两个姊妹染色单体。偶线期，同源染色体发生配对，沿染色体长轴形成联会复合体。粗线期，染色体明显缩短，可见细胞核中有几个二价体，此时，同源染色体的非姊妹染色单体之间发生局部交换。双线期，同源染色体逐渐分离，但在交叉点上两条非姊妹染色单体连在一起。一般认为，交叉是同源非姊妹染色单体发生交换的表现。随着同源染色体的分离，交叉发生端化。终变期，染色体显著缩短变粗，并向核四周边缘移动，在核内较均匀地散开，是观察染色体构型、数目的好时期。此时，核仁开始消失，核膜解体，细胞开始形成纺锤体。

中期Ⅰ：染色体向赤道面集中，二价体的臂的端部位于赤道面上，而同源染色体的着丝粒排列在赤道面的两侧，非同源染色体在赤道面两侧随机组合。

后期Ⅰ：同源染色体彼此分离，分别移向一极，每一极的染色体数目减少一半，每条染色体仍具有2条姊妹染色单体。

末期Ⅰ：有的生物没有末期Ⅰ，细胞直接进入减数第二次分裂的前期或中期；有的生物出现核仁、核膜，但染色体仍保持一定形态。

减分Ⅱ是典型的有丝分裂，其子细胞的染色体数目同次级性母细胞数目保持一致。因此，减数分裂染色体数目的减半发生在减分Ⅰ。

（五）细胞周期

细胞周期包括细胞分裂间期和细胞分裂期两个阶段。细胞分裂的间期时间较长，细胞在这个时期进行着剧烈的变化，包括DNA的复制、RNA和蛋白质的合成。

细胞分裂间期可分为三个时期：G₁期、S期和G₂期。

G₁期：是DNA合成前期，此时细胞为DNA的复制创造条件，主要合成RNA、脱氧核苷、H₁组蛋白磷酸化和某些专一性蛋白质——触发蛋白，它有助于细胞通过G₁期进入S期。有的细胞合成一种“抑素”物质，与细胞停留在G₁期有关。

S期：DNA合成期，这个时期的细胞进行DNA的复制，也合成组蛋白和非组蛋白，蛋白质的合成与DNA的合成同时进行。组蛋白在细胞质中合成后，通过核孔进入核，与DNA结合形成染色质。

G₂期：DNA合成后期，这个时期细胞中有4倍的单倍体DNA含量，每条染色体都由2条染色单体组成。在这个时期，细胞要合成一些特定的蛋白质，为细胞进入分裂期准备一些物质。

G₀期：细胞分裂完成后，不进入下一周期而处于静止状态，这一时期称为G₀期，G₀期的细胞受到促细胞分裂剂作用后才会转化到G₁期，DNA转录活动增强，非组蛋白

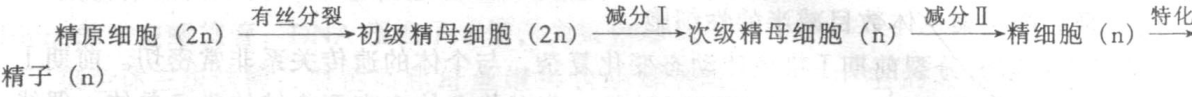
水平提高。

(六) 染色体周史

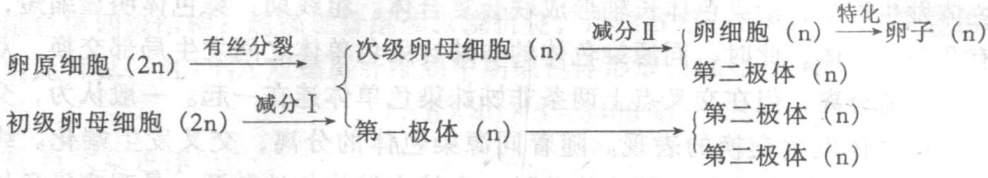
有性生殖生物在生命周期中存在着有丝分裂和减数分裂、染色体数目由 $2n \rightarrow n \rightarrow 2n$ 的周期性变化，此即生物的染色体周史。染色体周史是与生活史相伴随的，只是染色体数目变化只发生在性成熟到受精这一阶段。

(1) 高等动物配子的形成过程：

雄性：

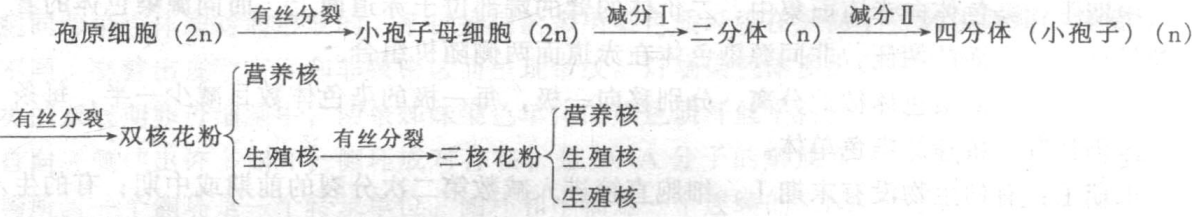


雌性：

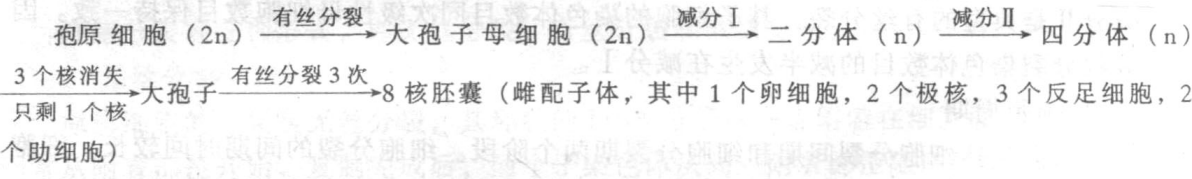


(2) 高等植物配子的形成过程：

雄性：



雌性：



习 题

一、问答题

1. 说明原核细胞与真核细胞的区别。
2. 绘有丝分裂中期典型染色体的形态结构图，并注明各部分各称。
3. 说明核小体的构成。
4. 简述原核生物的细胞分裂过程。
5. 常染色质和异染色质有何差异？
6. 简述有丝分裂的过程，说明有丝分裂的遗传学意义。
7. 简述减数分裂的过程，说明减数分裂的遗传学意义。
8. 怎样区分减数分裂和有丝分裂各分裂期的细胞？
9. 试述联会的遗传学意义。