



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

组织胚胎学

第二版

● 楼允东 主编

● 淡水渔业、海水养殖、水生生物专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

组 织 胚 胎 学

第 二 版

楼允东 主编

淡水渔业、海水养殖、水生生物专业用

中 国 农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材
组 织 胚 胎 学
第二版
楼允东 主编

责任编辑 张 志
出版 中国农业出版社
(北京市朝阳区农展馆北路2号)
发行 新华书店北京发行所
印刷 中国农业出版社印刷厂

* * *

开本 787×1092mm16开本
印张 23 字数 526千字
版、印次 1980年10月第1版
1996年10月第2版北京第1次印刷
印数 1—3,000册 定价 17.85元

书号 ISBN 7-109-04031-3/Q·246

ISBN 7-109-04031-3



9 787109 040311 >

第一版前言

本书为全国高等水产院校试用教材，供淡水渔业专业和海水养殖专业《组织胚胎学》课程教学使用。除绪论外，全书共分八章，即细胞、基本组织、器官组织、普通胚胎学、软体动物的发生、甲壳动物的发生、棘皮动物（刺参）的发生和鱼类的发生。这本教材也可供高等农业院校和综合性大学生物系师生以及水产养殖科技工作者参考。

为使学生掌握较广泛而坚实的组织学与胚胎学知识，加强基础理论，因此在本书编写过程中，力求保持本学科的系统性，并注意反映本学科的国内外先进水平；同时，强调理论联系实际，专业基础课要符合专业培养目标的要求，要有水产院校的特色。教材内容尽量做到由浅入深，删繁就简，贯彻“少而精”的原则。

本书编写分工是：上海水产学院楼允东编写绪论、第一章及第四至第七章，郑德崇编写第三章（第五节除外）；湛江水产学院黄文浩编写第二章、第三章第五节和第八章。初稿于一九七八年九月完成，并于十一月进行审订。应邀参加审订会的有山东海洋学院生物系李嘉泳教授及水产系高洁先生、南京大学生物系朱洪文教授以及苏炳仁先生、华中农学院水产系施琰芳副教授、复旦大学生物系芮菊生先生和上海水产学院养殖系孟庆闻先生等。在编写过程中承中山大学生物系高琼珍教授及中国科技大学生物物理系孙家美先生等为我们审阅书稿，并提出详细的修改意见，谨致以衷心的感谢。另外，在教材编写过程中，上海水产学院王瑞霞、张毓人和张克俭、厦门水产学院张赞妹和江福来以及湛江水产学院陈增垣等做了不少具体工作，使编写工作得以顺利进行，在此一并致谢。

本书由于编写时间仓促，加上编写人员缺乏经验，水平不高。因此，缺点和错误在所难免，恳请批评指正。

编 者

1979年2月

第一版 主 编 楼允东 郑德崇 (上海水产学院)
副主编 黄文浩 (湛江水产学院)
审定者 李嘉泳 高 洁 (山东海洋学院)
朱洪文 苏炳仁 (南京大学)
施琰芳 (华中农学院)
芮菊生 (复旦大学)
孟庆闻 (上海水产大学)

第二版前言

《组织胚胎学》自1981年出版至今已有13年之久。由于出版时间较久，教材内容需要更新和补充，以适应当前水产养殖业的发展；另外，不少印刷上的错误也亟待改正。因此，有必要对该书进行一次认真的修订。

这次修订的原则是：力求保持本学科的系统性，注意反映现代组织胚胎学的国内外新成就，大力加强应用理论和基本规律的论述，特别强调理论联系水产养殖实际，教材内容要有水产院校的特色。从我国水产养殖业的实际情况出发，以鱼类组织和胚胎为重点，并以一定篇幅介绍贝类（贻贝）、甲壳类（对虾、中华绒螯蟹）和棘皮动物（刺参）的发生概况，以适应日益发展的海水养殖业的需要。

这次修订的重点是：

1. 考虑到学生在中学阶段已有较好的细胞学基础，大学一年级《动物学》中又较详细讲授这方面的内容，大学高年级又有《细胞学》或《细胞生物学》等课程，为避免过多重复，将原书中的第一章“细胞”全部删去；

2. 原书共八章，其中第三章“器官组织”比较庞大，现按不同器官系统分为八章，每个器官系统自成一章。因此，删去第一章后全书由原来的七章增加到现在的十四章；

3. 对原书第六章“甲壳动物的发生”作了较多改动，主要是突出中国对虾，删去日本对虾中有关精子形态和受精生物学等方面的陈旧甚至是错误的内容，同时增加中华绒螯蟹的发生，以适应淡水养虾（蟹）业的需要；

4. 对原书第八章“鱼类的发生”作了重大修改，增加鱼类精卵及胚胎超低温保存、受精生物学和受精细胞学以及超微结构等内容；另外，原书中的器官发生部分主要以鲑鳟鱼类为例，资料比较陈旧，也不够完整，而近年来我国学者在四大家鱼的器官发生方面作了较系统研究，并积累了丰富资料。这次修订时作为重点考虑，这一章几乎是重新编写的。

本书由上海水产大学楼允东主持修订，参加修订的还有上海水产大学郑德崇和王瑞霞以及厦门水产学院江福来。具体分工是：楼允东修订绪论、第十章及第十一章，郑德崇修订第一至第九章，王瑞霞修订第十四章，江福来修订第十二至第十三章。书稿完成后，由南京大学生物系朱洪文教授作最后审定。在修订过程中，得到编写成员所在院校各级领导和有关人员多方面的支持和关心；上海水产大学王维德副教授为我们审阅该书第十一章“软体动物的发生”，并提出许多修改意见；上海水产大学张敏同志协助翻拍部分插图照片。在此一并致谢。

这次修订工作，尽管我们尽了很大努力，但由于时间比较短促，加上经验不足和水平不高，因此难免还会有不少欠妥和错误之处，敬请广大读者继续批评指正。

编者

1994年9月

第二版 主 编 楼允东 (上海水产大学)
编 者 郑德崇 (上海水产大学)
王瑞霞 (上海水产大学)
江福来 (厦门水产学院)
审 稿 朱洪文 (南京大学)

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 组 织 学

第一章 基本组织	10
第一节 上皮组织	10
一、被覆上皮	10
二、腺上皮	20
三、感觉上皮	24
第二节 结缔组织	25
一、疏松结缔组织	27
二、致密结缔组织	34
三、网状组织	35
四、脂肪组织	36
五、支持组织	36
六、血液	45
七、鱼类的血液和造血器官	50
八、无脊椎动物的血液	57
第三节 肌肉组织	59
一、肌肉组织的一般特性	59
二、肌肉组织的种类和结构	60
三、某些无脊椎动物的肌肉组织	66
第四节 神经组织	67
一、神经元	67
二、神经胶质细胞	77
第二章 循环器官	79
第一节 毛细血管	79
第二节 动脉	81
第三节 静脉	82
第四节 心脏	83
第五节 淋巴管	85
第三章 呼吸器官	86
第一节 鳃	86
第二节 辅助呼吸器官	91
第三节 鳔	92

第四章 消化器官	95
第一节 消化管	95
一、消化管的组织结构	95
二、口腔和咽	97
三、食管	98
四、胃	98
五、肠	101
六、肠上皮的功能	104
第二节 消化腺	105
一、胰腺	105
二、肝	106
第三节 鱼类的消化腺	109
一、胰腺	109
二、肝	111
第五章 排泄器官	114
第一节 脊椎动物泌尿器官的进化	114
第二节 肾脏的微细结构	116
一、泌尿部	116
二、排尿部	120
第三节 鱼类中肾的微细结构	121
第四节 肾脏的功能	124
第六章 生殖器官	126
第一节 精巢	126
第二节 卵巢	131
第三节 雌雄同体和性逆转	136
第七章 内分泌器官	138
第一节 脑垂体	138
第二节 甲状腺	147
第三节 肾上腺	150
第四节 尾垂体	155
第八章 感觉器官	156
第一节 皮肤感觉器官	156
第二节 视觉器官—眼	159
第三节 听觉和平衡器官—内耳	168
第四节 嗅觉器官—鼻	171
第五节 味觉器官—味蕾	170
第九章 皮肤和鳞片	172
第一节 皮肤	172
第二节 鳞片	175

第二篇 胚胎学

第十章 普通胚胎学	179
-----------------	-----

第一节 生殖细胞	179
一、概述	179
二、雄性生殖细胞—精子	180
三、雌性生殖细胞—卵子	184
第二节 受精作用	189
一、受精作用的定义和生物学意义	189
二、受精的方式	189
三、受精的一般过程及其形态上的变化	190
四、单精受精与多精受精	196
五、人工授精与杂交	197
六、受精作用的选择性	197
七、孤雌生殖与雌核发育	198
八、性别决定与性别控制	199
九、性诱导	202
第三节 卵裂	202
一、卵裂的定义及其意义	202
二、卵裂的类型	203
三、有关卵裂的几个问题	206
第四节 囊胚	208
一、囊胚的定义及其意义	208
二、囊胚的类型	209
第五节 原肠作用	210
一、原肠作用的定义及其意义	210
二、胚层的形成	210
三、胚层的分化	214
第六节 发生的类型	215
一、幼虫发生类型	215
二、非幼虫发生类型	215
第七节 胚胎发育的条件	216
一、卵子成熟度	216
二、环境条件	218
第十一章 软体动物的发生	223
第一节 软体动物发生概述	223
一、生殖习性	223
二、生殖细胞	225
三、受精	226
四、卵裂	227
五、囊胚	229
六、原肠作用	229
七、发育的类型	229
八、幼虫及其变态	230
第二节 贻贝的发生	232

一、生殖习性	232
二、性腺发育	232
三、人工诱导	233
四、生殖细胞	234
五、受精	234
六、胚胎发育	235
七、幼虫时期	236
八、幼虫变态	238
第三节 鲍的发生	238
一、生殖习性	239
二、人工诱导	239
三、胚胎发育	240
四、胚后发育	241
第十二章 甲壳动物的发生	248
第一节 甲壳动物发生概述	248
一、生殖习性	248
二、生殖细胞	250
三、胚胎发育	251
四、幼虫发育的多样性	253
第二节 对虾的发生	255
一、生殖习性	255
二、胚胎发育	265
三、胚后发育	271
第三节 中华绒螯蟹的发生	271
一、生殖习性	271
二、胚胎发育	277
三、胚后发育	281
第十三章 刺参的发生	284
第一节 刺参的生殖	284
一、性腺发育	284
二、生殖习性	285
三、获得成熟卵的途径	286
第二节 刺参的发育	287
一、胚胎发育	287
二、幼虫发育	290
第十四章 鱼类的发生	295
第一节 生殖细胞	295
一、精子	295
二、卵子	299
第二节 排卵、产卵与受精	306
一、排卵与产卵	306

二、受精.....	308
第三节 早期胚胎发育	312
一、卵裂.....	312
二、囊胚.....	314
三、原肠作用与原始器官原基的形成	315
第四节 器官发生	319
一、组织分化与器官形成概述.....	319
二、消化器官的发生	320
三、中枢神经系统、脊神经节与脊神经的发生	323
四、感觉器官的发生	329
五、中胚层的分化	336
六、心血管系统的发生	338
七、生殖器官的发生	341
八、排泄器官的发生	344
九、皮肤及其衍生物的发生	346
第五节 鱼类个体发育的分期	347
参考文献	355

绪 论

一、组织胚胎学的基本内容

(一) **组织胚胎学的定义** 组织胚胎学是组织学与胚胎学的简称。它是两门各自独立的学科,但由于彼此之间的关系极为密切,所以将它们合并为一门课程讲授。

组织学(histology)就是关于研究组织的科学。但这样的定义并不够全面,因为有机体的组织(tissue)主要是由许多不同的细胞(cell)和不具有细胞形态的细胞间质(intercellular substance)所构成的,所以组织学不仅要研究有机体的基本组织,而且还要研究构成这些组织的细胞的形态和构造,以及由各种组织构成的器官(organ)的组织形式和联系,另外还要研究细胞、组织与器官之间的相互关系及其对于环境变化的反应。因此,组织学的研究范围通常包括细胞、基本组织和器官组织三部分。研究细胞的结构、生理及其起源等问题的学科叫细胞学(cytology)或细胞生物学(cell biology);研究各种组织的起源、分化、形态结构、机能关系以及组织再生等问题的学科叫普通组织学或组织学总论;研究各种器官的微细构造、机能关系及其组织发生和变化等问题的学科叫器官组织学或组织学各论。其中细胞学是一切生物学的基础,组织学和胚胎学也都从研究细胞开始,因此细胞学在组织学和胚胎学中占着重要的位置。正由于此,目前细胞学往往从组织胚胎学中分出去而成为一门独立的课程。普通组织学则是器官组织学的基础。

同样,从字面上讲,胚胎学(embryology)是关于研究胚胎发育的科学。所谓胚胎发育是指从受精卵开始直到幼虫或幼体破膜而出(孵化)或脱离母体(产出)为止的整个发育过程。但从目前的发展趋势来看,这样的定义也不能反映这门学科的全部内容,因为胚胎学不仅研究胚胎发育,同时也研究胚前发育,即生殖细胞(精子和卵子)在亲体内的形成与成熟过程以及胚后发育,即幼虫或幼体的进一步发育直到性成熟或死亡为止的整个过程。胚前发育、胚胎发育和胚后发育构成了个体发育的全部内容,因此称胚胎学为个体发育学或发生学更加恰当。

综上所述,我们可以给组织学和胚胎学下一个比较确切的定义,即组织学是研究有机体微细结构及其机能的科学,而胚胎学则是研究有机体发生及发展规律的科学。要研究有机体的微细结构与机能,就必须研究这些结构的发生与发展。因此,组织学与胚胎学有着密切的关系。

(二) 组织胚胎学的分科

1. 按研究对象分 按研究对象的不同,组织学有植物组织学、动物组织学与人体组织学之分;胚胎学也有植物胚胎学、动物胚胎学与人体胚胎学之别。动物胚胎学又可分为无脊椎动物胚胎学与脊椎动物胚胎学。由于胚胎学的日益发展,其分科也越来越细,例如脊椎动物胚胎学还可分为家畜胚胎学、家禽胚胎学及鱼类胚胎学等。

2. 按研究方法分 按研究方法的不同,可将组织胚胎学分为许多专门的学科。例如组

组织学可分为比较组织学 (comparative histology)、实验组织学 (experimental histology)、组织化学 (histochemistry)、组织培养 (tissue culture) 以及病理组织学 (pathological histology) 等; 就胚胎学来说, 其门类更加繁多, 归纳起来, 大体上可分为:

(1) 叙述胚胎学 叙述胚胎学 (descriptive embryology) 主要是用描述的方法, 记述有机体个体发育的各个过程, 包括生殖细胞的起源、成熟、受精、卵裂、胚层分化和器官形成等一系列的发育过程。自古希腊哲学家亚里斯多德 (Aristotle, 公元前 384—322 年) 最早描述鸡胚发育成鸡的过程以来, 叙述胚胎学已有两千多年的历史。古典的胚胎学知识就是靠描述的方法逐渐积累起来的。显然, 叙述胚胎学是胚胎学中最基本的而又是非常重要的一个分科。

(2) 比较胚胎学 在叙述胚胎学中, 有的只描述一种动物的发育过程, 例如人体胚胎学 (human embryology); 有的则在描述了各种动物的发育过程之后给予以比较, 从而阐明动物进化的线索, 这就是比较胚胎学 (comparative embryology), 或称进化胚胎学 (evolutionary embryology)。比较胚胎学主要是应用比较的方法, 这不仅有助于解决胚胎学上的问题, 而且对解决进化问题也有重大意义。例如俄罗斯学者柯瓦列夫斯基 (А. О. Ковалевский, 1840—1901) 研究了海鞘和文昌鱼的发育, 他从海鞘的研究中最终确定了海鞘的分类位置。海鞘为植形动物, 固着在岩石上, 外貌酷似腔肠动物, 以前分类位置不明。柯瓦研究其发生及变态之后, 发现有一蝌蚪状幼虫 (有尾幼虫), 并在神经管下方出现脊索 (限于尾部), 胚胎发育具有脊索动物的特点, 从而将它确定为脊索动物门尾索亚门。至于成体的简化和脊索的消失, 可用逆行进化来解释。他从文昌鱼的研究中, 最先确定了无脊椎动物和脊椎动物之间的直接联系, 而在此之前, 无脊椎动物和脊椎动物之间似乎有一道不可逾越的鸿沟。

(3) 生态胚胎学 生态胚胎学 (ecological embryology) 研究个体发育所需要的生态条件, 也就是用生态学方法来研究个体发育各阶段对其环境条件的依赖关系。根据有机体与环境统一的规律, 可以这样说: 如果缺少了生态学的研究资料, 则任何胚胎学研究都不会是完全的。

(4) 实验胚胎学 实验胚胎学 (experimental embryology) 又称发育生理学 (developmental physiology), 它是用各种实验方法来探索和分析个体发育的机制、器官形成的动力和器官发生时彼此之间的相互作用, 以进一步了解个体发育中形态形成的规律。经典的实验胚胎学研究主要是用机械的方法 (如胚胎移植、结扎和针刺等) 来寻求发育的原理。

(5) 化学胚胎学 化学胚胎学 (chemical embryology) 是现代胚胎学中的一个新兴的领域, 它是用生物化学的方法来探求发育的生理, 如研究发育时的代谢、酶的活动、核酸、激素和维生素等在形态形成中的作用。

(6) 分子胚胎学 分子胚胎学 (molecular embryology) 是化学胚胎学的进一步发展, 它从组成各种类型细胞的大分子 (核酸和蛋白质) 的化学和物理特征的功能来说明胚胎分化。从现代分子生物学的角度来看, 所谓胚胎分化问题, 就是胚胎发育过程中特异蛋白质的合成问题。分子胚胎学的一项重要任务, 就是了解这些特异蛋白质是怎样和何以能在胚胎的特定区域和胚胎发育的特别精确的时期合成的。

现代分子胚胎学与经典的化学胚胎学有着重要的区别: 化学胚胎学研究胚胎发育的生

物化学变化，而分子胚胎学则研究胚胎发育过程中蛋白质和核酸分子的作用。

(7) 免疫胚胎学 近年来，许多学者对于个体发育中免疫性的研究，使胚胎学与免疫学密切地结合起来，成为胚胎学的一个新的发展方向，这就是所谓的免疫胚胎学 (immunembryology)。

免疫胚胎学就是用现代免疫学方法来研究个体发育过程中免疫反应的起源及其对形态发生的意义等问题，例如吞噬反应在胚胎发育中何时出现，有何意义；卵膜具有什么免疫学的和形态发生的意义；胚胎发育过程中，发生和变化着的各种液体，即囊胚、原肠胚、羊膜与尿囊等的腔液，有何意义，等等。

当前，由于学科的发展，胚胎学涉及的范围更广泛。例如有关生殖细胞的形态构造、形成过程以及形成过程中的生理生化变化，均已有专门书刊作了评述，并形成一门生殖生物学 (reproductive biology)；又如胚胎发生过程中涉及到细胞分化、细胞和组织间的相互诱导和影响以及基因调控等问题，大大超越过去胚胎学的范围，现在已扩大成为发育生物学 (developmental biology)。

二、组织胚胎学的研究方法

(一) 一般的研究方法 尽管随着科学技术的日益发展，组织胚胎学领域新的研究方法不断出现，而且这些新方法还在逐渐改进与完善，可是生活组织（或胚胎）和固定组织（或胚胎）的观察仍不失为组织胚胎学研究的基本方法。

1. 活体观察 进行活体观察，主要有以下几种方法：

(1) 通过采集或人工授精，对胚胎发育进行活体观察。

(2) 通过改变环境条件，以观察环境条件对胚胎发育的影响。

(3) 通过活体染色，利用染色的标记以确定各种动物卵子预定器官形成物质的部位和在原肠形成时期它们的移动现象，从而可以进行追踪研究。

(4) 细胞与组织培养 这是较常用的活体研究方法。其法是：将活体动物的细胞或组织从体内取出，在无菌条件下置于培养基中，保持它生长所必需的生活条件，细胞或组织即能在离体环境中生长和发育。

在细胞学研究中，细胞的人工培养是一种极其重要的技术，它不但使各种实验能在离体培养的各种细胞上进行，给科学工作者以极大的方便，并可观察到细胞在体内时所看不到的现象，例如病毒进入细胞后，由于病毒基因的作用，使细胞成为恶性肿瘤细胞，这对人们认识病毒的发生是一个重要的启示。

(5) 显微电影 显微电影是以电影摄影机拍摄显微镜下的胚胎或活细胞。用这样的方法可以观察胚胎的连续发育过程以及细胞的生命活动状态。如采用快速摄影的方法，就可观察那些迅速进行的过程，如纤毛运动和肌肉收缩等；如采用慢速摄影的方法，则可观察那些缓慢进行的过程，如开放的花蕊，正在生长的植物，另外还可用来观察细胞有丝分裂、受精作用和胚胎发育的各个过程。

2. 切片技术 在观察固定组织或胚胎的各种方法中，最常用的就是切片技术。它包括固定、冲洗、脱水、浸透、包埋、切片和染色等步骤。常用的染色剂为苏木精 (hematoxylin) 与伊红 (eosin)，简称 H-E 染色。苏木精为碱性染料，细胞核易被它染成蓝

色；伊红为酸性染料，细胞质易被它染成红色。所以，在染色反应上，细胞核为嗜碱性，细胞质为嗜酸性。

另外，利用化学上的有色反应原理，用一定的试剂处理组织切片，使细胞或组织中的化学成分在原来部位呈现颜色反应，借以显示某种化学成分在细胞或组织内的分布，这就是细胞化学与组织化学方法。例如 PAS 反应能将组织内的多糖类显示出红色*。

组织化学的制片方法与组织学的一般制片方法大致相同。这类方法最大的优点是能够保持细胞和组织的形态结构，并可测定某种化学成分在细胞内的分布与含量。

（二）几种特殊显微镜的应用

1. 暗视野显微镜 它是根据在普通光线下不能直接看见的微细颗粒能在斜射强光中呈现出来的原理（即法拉第-丁道尔现象）设计的。它的聚光器能使光线不从透镜中央穿过，而从透镜的边缘斜射到标本上，所以光线不是直接进入接物镜，视野变暗，但斜光所显示的细胞中微粒则清晰可见。用这种方法，生活细胞的细胞膜、核膜、核仁、线粒体及脂滴等均可显示出来。

2. 相差显微镜 利用普通光学显微镜观察活细胞时，由于物体透明，不易看清其内部结构，而用相差显微镜观察活细胞，不需染色就可以分辨出不同的组织结构。相差显微镜是利用光线的干涉现象，把相差改变为振幅（强度）差，使对比更为明显，以利于观察活细胞的微细结构。相差显微镜的装置与普通显微镜不同，它包括三个部分，即（1）相差物镜；（2）相差环或相聚合器；（3）合轴调整望远镜。用相差显微镜观察活细胞，则高尔基复合体、线粒体、鞭毛和纤毛等不用染色就能分辨出来。

3. 荧光显微镜 荧光显微镜和普通显微镜相同，只是利用紫外线作为光源。紫外线的光波波长较短，因而可以提高被检物体的分辨率。由于紫外线不能透过普通玻璃，所以荧光显微镜的透镜是以石英制成的。荧光显微镜仅适用于观察能被紫外线激发产生荧光的物质所组成的细胞结构，或能被荧光染料着色的细胞结构。目前在临床上应用较多。

4. 电子显微镜 电子显微镜与光学显微镜不同。它不用光线作为成象媒介，而以“电子枪”发出的电子束来代替；它也不用光学透镜来放大物象，而以肉眼不可见的电磁透镜来达到聚焦和放大的目的。当电子束射到标本上时，由于标本上各种结构的电子密度不同，因此透过的电子束也有多有少，经电磁透镜高度放大后，打到荧光屏上，电子能转变为光能，从而成为我们肉眼可以观察的图象。

埃贝（Abbe）的理论和实践证明，利用波长愈短的波，分辨本领就愈高。电子束的波长（与加速电压的平方根成反比）远比可见光线和紫外线的波长短。这正是电子显微镜得天独厚的地方，也正是电子显微镜打破光学显微镜分辨本领极限的关键所在。

（三）新技术的应用 现代的组织学与胚胎学，按其本身的内容来说，它不仅是一门形态的学科，而且是一门机能的学科，所以在研究方法上，目前已引入许多生物化学、生物物理学、生理学、免疫学以及分子生物学领域的新技术。现扼要介绍下列数种：

-
- * PAS 反应的主要过程是：1. 用过碘酸使组织中的多糖类氧化，产生醛基；2. 用谢胡氏试剂染色，凡具有醛基的部位即与试剂结合而呈红色。故证明该部位含有多糖类。这一反应所用的试剂是过碘酸（periodic acid）及谢胡氏（Schiff）试剂，因此通常称为过碘酸谢胡氏反应，简称 PAS 反应。

1. X 射线衍射技术 X 射线衍射法所依据的原理是晶体对 X 射线的衍射效应,为目前研究大分子空间结构最有效的方法。

X 射线衍射原是 20 世纪 30 年代物理学上的技术,50 年代引入生物学领域以后,第一次看到了生物大分子的结构,从而奠定了分子生物学和分子遗传学的基础。例如 1953 年,根据 X 射线衍射、立体化学及生物学的研究成果,得出了脱氧核糖核酸(DNA)的双螺旋结构,这样就从分子结构水平初步揭开了遗传奥秘。

2. 激光技术 激光这一新光源在 60 年代初出现后,立即引起各个领域的重视,生物学也不例外。实验细胞学利用激光能聚焦到 0.0005mm 以下这一特点,用它损伤和破坏细胞内各个细胞器,以研究各细胞器的功能。这就为开展亚细胞水平的工作提供了手段,人们可以有意识地在不损坏周围组织的情况下破坏某一个细胞器来一个一个地阐明各个细胞器的功能。目前改进了激光的光源,用氩离子激光代替了过去的红宝石激光。蓝绿色的氩离子激光包括五个可见光波段,可根据需要选用某一波段。这种仪器装置不仅用于分析细胞器的结构与功能,也用于遗传物质的结构与功能的研究和定向改变,还可促使体细胞和受精卵的融合,这就为遗传育种提供了新的手段。

3. 电子计算机 模拟计算机在生物学研究中应用范围很广,它特别适用于复杂运算系统的分析和综合。在酶合成动力学的分析、细胞生长的分析、反馈控制生长的分析研究和细胞复制的模拟等方面,都已应用了模拟计算机。细胞学家能通过电子计算机把一对对染色体的着丝点非常清晰地描绘出来。此外,也可以把电子计算机和氨基酸自动分析仪等其他仪器连接起来使用。

4. 超速离心技术 利用超速离心技术进行梯度离心,不仅可以快速分层,例如把一个血样中所有的有形成分都一层层分出来,把一个细胞的各种细胞器分层,并且通过平衡试验,还可以测定分子量的大小。

5. 显微操作技术 显微操作技术原是一个比较古老的技术,近来通过不断的改进,并和活细胞培养等方法结合起来,已成为细胞学和遗传学研究中的一个有效手段。

显微操作技术是一种在特制的显微操作器(micromanipulator)下进行操作精细技术。主要用来分离细胞的微细结构,以研究它们的作用及其相互关系。近年来通过互换不同细胞的核来探讨细胞核和细胞质的关系,还通过互换不同种类的卵核后使卵子发育来了解细胞核的遗传作用。根据中国科学院发育生物研究所在金鱼和鳊鱼胚胎细胞的移核试验,发现移核后的杂种胚胎或仔鱼出现类似于该两种鱼有性杂交所得子代的杂种性状。后来又在鲤科经济鱼类中进行试验,并获得了种间移植成功的杂种,并开始应用于生产实践。看来这种方法对于研究经济鱼类的杂交品种培育问题,也许能提供一种新的途径。

6. 胚胎转移技术 胚胎转移是指把哺乳动物的胚胎从其原来发生的母体分离取出,并转移到另一个不同的母体内,让其继续发育。目前,这项技术已成为一种常用的生物学实验方法。这项技术不仅可以解决一些生物科学问题,例如出生前母体的环境条件对胚胎的影响问题以及估价胚胎发育的潜力问题等,而且在畜牧业中还具有潜在的实际应用。所以,它长期以来受到胚胎学家、生理学家和遗传学家的重视。

胚胎转移技术包括胚胎的取出、处理、保存以及转移到另一个合适的受体动物的子宫内。因此,胚胎供体和受体的动情期或生殖周期必须完全一致。