



科普第一书 引领未来的新科技
KE PU DI YI SHU YIN LING WEI LAI DE XIN KE JI



生命科学的复印机 克隆技术

罗振◎主编

吉林人民出版社



科普第一书 引领未来的新科技

KE PU DI YI SHU YIN LING WEI LAI DE XIN KE JI

生命科学的复印机 克隆技术

罗振◎主编

吉林人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

生命科学的复印机——克隆技术 / 罗振主编. —长春:吉林人民出版社,2014.7
(科普第一书)

ISBN 978-7-206-10870-9

I. ①生…

II. ①罗…

III. ①克隆—普及读物

IV. ①Q785-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第194011号

生命科学的复印机——克隆技术

主 编:罗 振

责任编辑:孟 奇 韩春娇

封面设计:三合设计公社

咨询电话:0431-85378033

吉林人民出版社出版 发行(长春市人民大街7548号 邮政编码:130022)

印 刷:北京中振源印务有限公司

开 本:710mm×960mm

1/16

印 张:10

字 数:220千字

标准书号:ISBN 978-7-206-10870-9

版 次:2014年7月第1版

印 次:2014年7月第1次印刷

印 数:1-8 000册

定 价:29.80元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换。

前 言

科学技术是第一生产力。放眼古今中外，人类社会的每一次进步，都伴随着科学技术的进步。尤其是现代科技的突飞猛进，为社会生产力发展和人类的文明开辟了更为广阔的空间，有力地推动了经济和社会的发展。

科学技术作为人类文明的标志。它的普及，不但为人类提供了广播、电视、电影、录像、网络等传播思想文化的新手段，而且使精神文明建设有了新的载体。同时，它对于丰富人们的精神生活，更新人们的思想观念，破除迷信等具有重要意义。

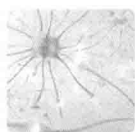
而青少年作为祖国未来的主人，现在正处于最具可塑性的时期，因此，让青少年朋友们在这一时期了解一些成长中必备的科学知识和原理更是十分必要的，这关乎他们今后的健康成长。本丛书编写的宗旨就在于：让青少年学生在成长中学科学、懂科学、用科学，激发青少年的求知欲，破解在成长中遇到的种种难题，让青少年尽早接触到一些必需的自然科学知识、经济知识、心理学知识等诸多方面。为他们提供人生导航，科学指点等，让他们在轻松阅读中叩开绚烂人生的大门，对于培养青少年的探索钻研精神必将有很大的帮助。

现在，科学技术已经渗透在生活中的每个领域，从衣食住行，到军事航天。现代科学技术的进步和普及，对于丰富人们的精神生活，更新

人们的思想观念,破除迷信等具有重要意义。世界本来就是充满了未知的,而好奇心正是推动世界前进的重要力量之一。因为有许多个究竟,所以这个世界很美丽。生动有趣和充满挑战探索的问题可以提高我们的创新思维和探索精神,激发我们的潜能和学习兴趣,让我们在成长的路上一直往前!

全套书的作者队伍庞大,从而保证了本丛书的科学性、严谨性、权威性。本书融技术性、知识性和趣味性于一体,向广大读者展示了一个丰富多彩的科普天地。使读者全面、系统、及时、准确地了解世界的现状及未来发展。总之,本书用一种通俗易懂的语言,来解释种种科学现象和理论的知识,从而达到普及科学知识的目的。阅读本书不但可以拓宽视野、启迪心智、树立志向,而且对青少年健康成长起到积极向上的引导作用。愿我们携起手来,一起朝着明天,出发!

目录



C o n t e n t s

—— 生命科学的复印机：克隆技术 ——



第一章 科学冲击波：克隆 001

第一节 生命的复制——克隆 002

何为克隆 002

生命是如何克隆的 003

克隆技术发展简史 005

第二节 传奇的“多莉” 010

克隆羊“多莉”诞生记 010

“多莉”引起的轩然大波 014

“多莉”的悲惨命运 015

第三节 中国克隆技术的发展 017

中国克隆事业第一人 017

我国克隆技术取得的成果 019

我国克隆技术的发展简史 021

第二章 生命复制的前提：细胞 023

第一节 细胞克隆技术 024

什么是细胞 024

细胞的全能性 025

细胞克隆技术 028

第二节 细胞的组成 030

细胞膜 030

细胞壁 031

细胞器 033

细胞质 034

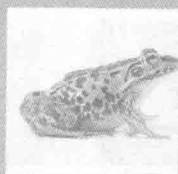
细胞核	035
第三节 细胞的培养	037
什么是细胞培养	037
生存的舞台——培养细胞的条件	038
微生物细胞的培养	041
动物细胞的培养	044
第四节 细胞的活动	049
无限的循环——细胞周期	049
传递的开始——细胞分裂	050
变异的关键——细胞分化	051
衰老的前兆——细胞衰亡	053
细胞的杂交——细胞融合	054

第三章 “七十二变”：基因克隆

第一节 基因克隆	058
从基因谈起	058
基因控制生命的遗传	061
什么是基因克隆	065
基因克隆的常用方法	066
DNA 的克隆	067
第二节 基因克隆的载体	071
质粒载体	071
噬菌体载体	072
病毒载体	074
第三节 基因工程的应用	077
基因工程药物	077
基因工程抗体	078
基因工程疫苗	080
基因工程的其他应用	081
第四节 基因工程的奥秘	084
不怕病虫害的庄稼	084
抗除草剂的作物	086
泼辣的“庄稼汉”	087

发光的植物	089
“超级动物”的奥秘	091
第五节 神奇的复制技术——PCR	093
DNA 复制需具备的条件	093
PCR 技术的产生与发展	094
PCR 技术的应用	096
第四章 伟大的革命：动物克隆	097
第一节 克隆的巅峰时刻——动物克隆	098
什么是动物克隆	098
动物克隆的无限契机	100
克隆大熊猫	104
复制印度野牛	106
抢救欧洲盘羊	107
冷冻动物园的后代	107
第二节 植物克隆	109
克隆技术与农业	109
植物原生质体培养	113
花粉和花培养	115
试管育苗	118
第五章 生命的挑战：克隆与人类	121
第一节 克隆人的是是非非	122
生命是什么	122
克隆人诞生过程狂想	125
克隆完全相同的人可能吗	128
理性对待克隆人	131
第二节 造福人类的克隆技术	134
试管婴儿	134
克隆人体器官	139
未来的制药厂	142
生物导弹——单克隆抗体	143

第一章 科学冲击波：克隆



克隆的英文“clone”名称起源于希腊文“Klone”，原意是指以幼苗或嫩枝插条，以无性繁殖或营养繁殖的方式培育植物，如扦插和嫁接。关于克隆的设想，中国明代的大作家吴承恩在《西游记》中已有精彩的描述——孙悟空经常在紧要关头拔一撮猴毛变出一大群猴子，这当然是神话，但用今天的科学名词来讲就是孙悟空能迅速用自己身体的一部分克隆成自己。接下来，我们一起了解科学意义克隆，看看它给我们的生活带来了哪些冲击与意义。

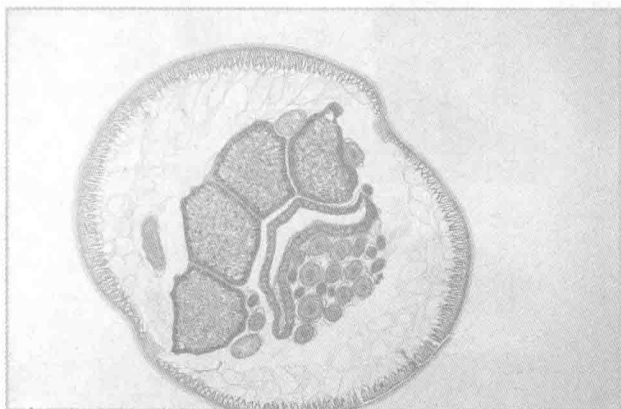
第一节 生命的复制——克隆



何为克隆

克隆这个词在生物学界可以说尽人皆知，但对非生物学界的人来说可能相对陌生，许多读者可能还不知道“克隆”为何物。所以，我们先得解释一下什么是克隆技术。

“克隆”一词是英语词“clone”或“cloning”的音译。我国以前曾将其译为“无性生殖”或“无性繁殖”。什么意思呢？“无性”，当然就是没有阴阳结合过程，而是由同一个“祖先细胞”通过分裂方式繁殖而形成的纯细胞系，也就是一“群”“孙子”细胞。这个细胞系中每个细胞的基因（遗传信息）彼此是相同的，从而决定了每个细胞由基因所控制的性状（例如细胞的个头、性状）



细胞由基因控制其性状

是彼此相同的。由于上一代和下一代的遗传信息是一致的，所以可以简单地说，克隆是生命的全息复制。

你知道吗？

什么是无性生殖

无性生殖指的是不经过两性生殖细胞结合，由母体直接产生新个体的生殖方式，分为分裂生殖（细菌及原生生物）、出芽生殖（酵母菌、水螅等）、孢子生殖（蕨类等）、营养生殖（草莓匍匐茎等），另外，无性生殖具有缩短植物生长周期，保留母本优良性状的特性。



生命是如何克隆的

克隆怎么会在自然界中产生呢？即使发生也是让人感觉难以置信。事实上，在我们周围，有很多克隆现象存在。其实，从科学角度来说，“无性繁殖”并不是什么新东西，它是早就存在着的。例如，在春天的时候，把一棵大柳树上的枝条剪下来，然后插在土里，最后它就能发芽成一棵柳树。如果把土豆切成块儿然后放在土中，也能长出新土豆。它们是对原先柳树、土豆的复制，这就叫做“无性繁殖”。“克隆”不过是“无性繁殖”的另一种称呼。在现有的自然条件下，很多植物本身就是在无时无刻地进行无性繁殖。在自然界中，这种繁殖方式多见于无脊椎动物，如原生动物的分裂生殖、尾索类动物的出芽生殖……当然，克隆在高等动物中基本上是不存在的。

原来，无性繁殖是一种低级的生殖方式。生物的级别越低，无性繁殖越可能存在。当生物进化到一定的层次之后，这种生殖方式基本上就不会出现了。因为低级生物采取自行分裂的方法繁殖，分裂后子代与亲代的遗传物质完全同一，如微生物，所以在这个意义上，微生物的生殖完全就是“克隆”。从这个层面上来说，微生物是长久之不衰的。微生物的亲代与子代会有很多差异，那是由于外界营养环境存在差异产生的。在现在生物医学研究中，用克隆技术在体外培养的正常细胞或癌细胞，被称为“永生细胞株”，

意思是说这些细胞是“不死”的。可见其力量的强大。

所有动物和植物的个体都是经历了从小到大的过程，同时也是由一个细胞经无数次分裂后形成无数个细胞组成的。每当细胞分裂的时候，细胞核中的遗传信息都要有固定的地点。只有这样，细胞才能更好地完成分裂。但是，在这个过程中，虽然叶子和根的细胞不同，肌肉和血液中的细胞不同，但同一个植物和动物个体身上的每个细胞的细胞核中携带的遗传信息是完全相同的。从理论层面上来说，只要能从动物或者是植物中获取一个细胞，然后将其安放在合适的环境中，这个细胞就可以发育成为一个新的个体。为什么会有这种情况发生呢？因为新个体携带的遗传信息和原来个体所携带的遗传信息完全相同。这个过程被称为克隆。最新产生的个体是原先个体的“复制品”，所以用“细胞的全能性”也可以阐释这个过程。在克隆的过程中，只有具有全能性的细胞能够克隆，如果细胞失去了全能性，克隆就不可能实现。在现有的科技水平条件下，在许多植物上能够实现这种细胞的全能性，其基本的原理就是从植物上取下一个细胞，可以培育成一株新的植株，也就是说植物细胞容易克隆。然而，到目前为止，这种细胞的全能性在高级动物身上无法实现，具体的原因是什么呢？根本原因是高等动物的体细胞已经失去了全能性。



无性繁殖的植物——柳树

从某种程度上来说，高等动物的受精卵还暂时具有全能性。很多高等动物，包括人类都是按照有性繁殖的方式繁衍后代的，也就是分别来源于雌雄个体的卵细胞和精子细胞结合，形成受精卵，受精卵经过不断分裂最后孕育成一个新的个体。可见，在高等动物体内，要想实现细胞的全能性，只有通过受精卵。这种有性生殖的后代分别继承了父母各自的遗传信息。因此，要想在高等动物的受精卵内进行无性繁殖，必然要经过复杂的程序。首先通过外科手术，除去受精卵的细胞核或使受精卵内的细胞核失去活性，这需要辐射手段，然后再用注射器将另一个个体的细胞核转换到已去除细胞核的受精卵中。通过科学家的不断努力，到 20 世纪 50 年代，一种两栖

动物——非洲爪蟾已经通过无性繁殖成功繁殖出来。

当受精卵发育成胚胎细胞的时候，部分动物的胚胎细胞还具有全能性，也还能利用它进行克隆。例如，研究牛的受精过程。这种研究以胚胎分割研究为开始，当牛的受精卵细胞经数次分裂后形成胚胎时，通过科技手段，科学家将胚胎分成两半，然后分别移植到两头母牛的子宫中，最后生出了两头“双胞胎牛”。接下来，科学家们又开始研究胚胎细胞的核移植。在一个受精卵经过分裂形成数个或十几个细胞之后，把这些细胞分开，然后取出这些细胞的细胞核，再把这些细胞核分别移植到别的已去掉细胞核的受精卵或细胞中，最后分别移植到雌性动物的子宫中孕育成熟。当这个过程结束之后，一个受精卵就产生了大量“多胞胎”。其实，这种移植技术也是属于克隆技术。

在对动物进行克隆的时候通过移植卵细胞、受精卵细胞以及胚胎细胞来进行。这种克隆技术的成功标志是1996年7月5日英国科学家维尔穆特博士采用羊的体细胞克隆培育成功的绵羊“多莉”。由于它的细胞核来自一头成年绵羊身上的乳腺细胞，所以，这个实验比之前的实验更有进步性。这项实验的



克隆绵羊“多莉”

进步性就在于其乳腺细胞已经失去了全能性，但仍然克隆成功了。



克隆技术发展简史

科学的发展既依赖于对科学问题的探索，也得益于人们美好的向往。

人们向往像鸟一样在天空自由地飞翔。在古今中外的神话故事中，都有能腾云驾雾、骑着扫帚或驾着马车遨游于蓝天的神话人物，这足以表达了人们这种倾慕飞翔的心愿。为了这一目标，古人在身上粘满羽毛，学着

鸟的样子扑扇着“翅膀”作势欲飞。虽然这样的尝试都以失败而告终，但这种想飞的愿望却恰恰是飞行器发明的动力。谁能说发明飞机的莱特兄弟如果早生几百年的话不是那些在身上粘满羽毛想飞起来的人中的两个呢？

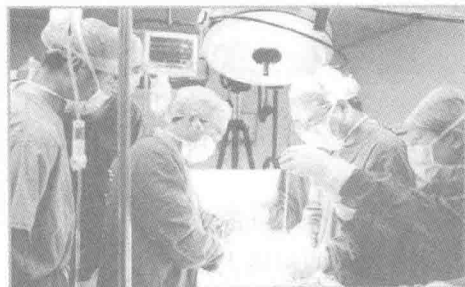
另有一些情况却是在技术成功确定之后，人们才想起：噢，我们可以用它来做这个。克隆技术无疑就是这样一种情况。

虽然在神话故事中有孙悟空抓把毫毛，叫声“变”就变出了无数的小猴子，但实际上人们几乎没有再造一个自己的愿望。我们可以孝敬父母，疼爱子女。关心我们的兄弟姐妹，但我们如何来对待和我们一模一样的人呢？我们可能会随时地放纵自己，但决不会容许有一个和自己一模一样的人来取代自己。我们现在可以奴役机器，但却无法逼迫一个一模一样的自己挥汗如雨地劳作。

人们既然没有克隆自己的欲望，那么，克隆其他生物的技术又是如何产生的呢？

克隆技术的产生是为了回答这样一个科学问题：已分化的细胞的细胞核内的遗传物质是不是发生了变化，这些变化是不是可逆？

经过许多代人的努力，人们已经知道决定生物遗传特性的信息存在于细胞核中染色体的DNA上，而且在细胞分裂的过程中，DNA的数量没有发生变化。为了检验DNA的性质，也就是我们所说的“遗传信息书”的内容是否改变，德国科学家汉斯·施佩曼曾做了一个用婴儿头发丝将蝾螈受精卵系住的实验。他通过那个实验证实：在蝾螈胚胎发育到16个细胞时，这些细胞还没有发生类似于手和脑那种特异性的分化。所以，施佩曼的实验无法证明在完全分化的细胞中是否还有和受精卵中完全相同的遗传信息。



我国已经掌握了细胞移植技术

要解决这一问题，常规的实验方法已经不适用了。需要一种全新的实验技术，这就是我们现在所说的动物克隆技术——细胞核移植技术。

把已经分化的细胞核移植到没有遗传物质的卵细胞中，通过它是否能长成一个新的个体来判断遗传

物质的完整性，这就是细胞核移植的设想。这个设想是施佩曼本人在 1938 年提出来的。在那时，实验技术还没有达到能自由地将细胞核换来换去的程度。因此，这一设想直到施佩曼去世也未能付诸实施。他的这一天才的设想，后来成为现代克隆技术的蓝本。

在细胞核移植工作能够完成之前，有三个技术难题必须解决：第一个是在不损伤受精卵的前提下，从受精卵中把细胞核去除，即去掉卵细胞自身带有的遗传物质；第二个是怎样才能分离得到完整的用于核移植的细胞核，也就是如何能把要克隆细胞的“遗传信息书”完整地取出来；第三个是怎样才能把提供遗传信息的细胞核移植到已经没有了核的仅含有胞质的“空的”受精卵中，给“遗传信息书”找一个家。



细胞移植过程中使用的仪器

这些技术步骤面临的困难相当大。我们知道，细胞核位于细胞的内部，而细胞外面包有一层薄薄的细胞膜，要想不把细胞膜弄破而把细胞核去掉，与不打破蛋壳就把蛋黄取出没有什么区别。而且动物的卵细胞很小，大的也只有几个毫米。在这样小的卵上将细胞核换来换去，而又不损伤细胞其难度可想而知。正因为这些难以克服的困难，在核移植的设想提出后的许多年里，包括汉斯·施佩曼在内的许多科学家均对这一实验一筹莫展。

事情到了 20 世纪 50 年代终于出现了转机。罗伯特·布里格斯和托马斯·金利用微吸管注射的方法首次发展起这项技术。利用这项技术，布里格斯和金两个人成功地将两栖类动物美洲豹蛙的囊胚（早期胚胎发育中的一个时期，因为在胚胎中出现一个囊状空腔而得名）的细胞核移植到去掉了细胞核的卵母细胞质内。这样人工造成的胚胎可以一直发育到蝌蚪期，得到的小蝌蚪可以在水中游动，表明其功能是正常的。这是核移植技术在动物中首次取得成功。

罗伯特·布里格斯和托马斯·金是使克隆技术首次变为现实的伟大科学家。从汉斯·施佩曼提出这一设想到由布里格斯和金完成这个著名的实验，其间经过了 10 多年的时间，包含了科学家的共同努力。

在 1968 年，用两栖类动物爪蟾进行的另一项实验取得了较好的结果。英国剑桥大学的戈登教授把非洲爪蟾的未受精卵用紫外线照射，以破坏它的细胞核。再从蝌蚪中取出分化了的小肠上皮细胞，分离出它的细胞核：注入去核的未受精卵，然后进行培养。结果是：有些卵未分裂；有些卵发育一段时间变成了畸胎；但有一部分卵却完成了胚胎发育，长成了完整的爪蟾个体。

戈登的实验证明：两栖类动物即使是已完全分化的细胞也具有与未分化细胞中相同的遗传信息。分化的小肠上皮细胞从卵细胞得到的“遗传信息书”没有改变。

戈登的实验还表明：卵细胞的胞质环境对体细胞的功能起了关键性调节作用，具有使发育的生物钟拨回到起始处的能力。在卵细胞中，已分化细胞的“遗传信息书”又从第一“页”开始“阅读”了。



卵细胞在克隆过程中很重要

戈登的实验虽然获得了成功，但生产这种无性克隆蛙的成功率很低，只有 1% 左右。这表明，即使是在两栖类动物中，克隆的效率也是很低的。不仅如此，克隆两栖类动物的技术对哺乳动物并不完全适用。

我们可能看到过蛙卵，了解蛙卵怎样变成小蝌蚪，小蝌蚪又怎样变成青蛙。人们即使没有看到过蛙卵，但至少看到过鱼卵，就是我们所说的鱼子。它们大的有如晶莹的小珠，小的也如小米粒大，并且都是肉眼可见的。而哺乳动物的卵子却只有几十到几百个微米大，比头发丝的直径还要小许多倍。卵中的核，也就更小了。观察它们必须借助于显微镜才能看得清。

哺乳动物与两栖类动物的另一区别在于，哺乳动物是体内受精、体内发育的动物，胎儿必须在母体的子宫中发育直到出生。即使在目前的技术水平下，人们也无法完全在体外孕育一个胎儿。我们常说的试管婴儿，非生长在试管里，而是在体外受精后最多在体外的培养液中发生几次细胞分裂，生活几天，就又移植到了母体的子宫中，并在子宫中长大直至出生。哺乳动物的这种繁殖方式，使得实验无法像在两栖类动物那样方便地在体外操作。

哺乳动物既然是体内发育的动物，这就限制了每胎的后代数目。如猪等多胎动物，一般每窝也只不过有十几只而已；而牛、羊等动物包括人，每胎一般只有一两个后代。要知道在两栖类和鱼类，一次排出的卵就有几十万个、数百万个，鳕鱼一次排出的卵有一千万个。

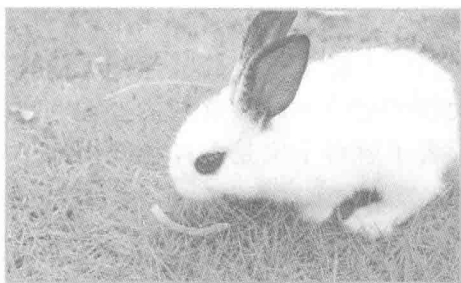


青蛙是两栖动物

这样比较起来，哺乳动物的实验材料少而操作难度高，因此，哺乳动物克隆的研究开展得比较晚？

又是近 20 年的时间过去了，科学家们在细胞核移植技术方面不断地加以改进和完善，使它适用于哺乳动物的卵子。

到 20 世纪 80 年代中期，哺乳动物的细胞核移植因为其他技术领域的成果而开展起来。这些技术包括胚胎移植、胚胎体外培养、细胞融合技术等。



克隆小白兔

在 1986 年，人类首次成功地利用早期胚胎细胞的核无性繁殖出了绵羊。提供细胞核的不是成体动物的体细胞，而是未分化的早期胚胎细胞，用此技术克隆出的动物不是任何一个已经存在的成体动物的复制品，而只是对胚胎的克隆。从克隆结果上看，类似于生产动物的

同卵双胞胎或多胞胎。

随后，1997 年 2 月 27 日，英国科学家宣布世界上第一只由完全分化的成体动物细胞克隆出的哺乳动物——小绵羊“多莉”诞生了。这标志着克隆技术又登上了一个新的高度。