



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

生命科学导论（生态与环境）

第10讲 生物技术与生物安全

罗建川

中国科学技术大学生命科学学院

注：本PPT仅供学习使用，请勿上传至网络或另作他用。

主要内容

- 一、生物技术的概念和主要内容
- 二、生物技术的应用
- 三、生物安全与生命伦理问题

一、生物技术的概念和主要内容

(一) 生物技术的相关概念

- **1 生命科学** (Life Sciences) ——研究生命现象、生命活动的本质与特征、生物个体生长与发育规律，以及各种生物之间和生物与环境之间相互关系的科学，属于**基础理论研究**。
- **2 生物技术** (Biotechnology) ——运用生命科学理论和原理，对生物或生物的成分进行改造和利用的**实验技术**。现代生物技术综合了分子生物学、生物化学、遗传学、细胞生物学、胚胎学、免疫学、化学、物理学、信息学、计算机等多学科技术，进行**改造生命体的形态结构和代谢途径**，研究目标是提供新型生物产品的**技术路线**。

生物技术的地位属于交叉学科



1982年，国际合作与发展组织（OICD）对生物技术的定义是：应用自然科学及工程学原理，依靠微生物、动物、植物体作为反应器将物料进行加工以提高产品为社会服务的**技术**。

生物技术的三大特点：**高技术**（**精细和密集的复杂技术**）、**高投入**（尤其是**前期科研投入高**）、**高利润**

- **3 生物工程 (Bioengineering)**——以生命科学理论和生物技术为基础，结合**化工、机械、电子计算机等现代工程技术**，定向地改造生物或其功能，创造出具有超远缘性状的新品种，通过合适的**生物反应器**对这类“**工程菌**”或“**工程细胞株**”进行大规模的**培养**，以生产大量有用代谢产物，是一门**新兴的技术产业**。
- 生物工程包括五大工程，即基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程、蛋白质工程等，其中基因工程是现代生物工程的**核心**。
- 在当今生物学研究领域，“**技术**”与“**工程**”界限模糊。前者强调技术与方法，后者突出应用与规模化生产（中试阶段）。

（二）生物技术的发展史

（1）远代生物技术

- 谷物酿酒，豆腐、酱、醋等制作，发酵面团等。在很长时期内，并不了解这些技术的本质所在。（**知其然而不知其所以然**）
- 1680年，列文虎克发明**显微镜**，人们了解到**微生物**的存在。
- 19世纪末到20世纪20年代后，开始应用较为简单的纯种培养技术发酵，产品基本属于微生物**初级代谢产物**，如乳酸、乙醇等。

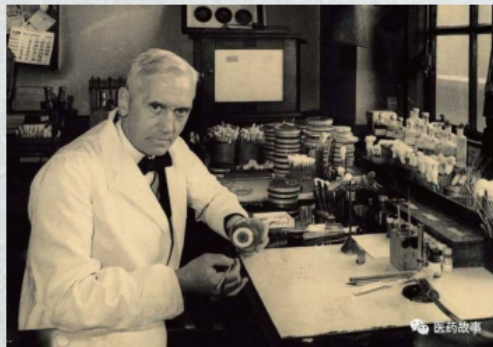


（2）近代生物技术

20世纪初在遗传学的建立和应用条件下，产生了**遗传育种学**，科学家们采用化学诱变、紫外照射等方法产生突变体以**改良菌种**，从而提高发酵产量，并于20世纪60年代取得了辉煌的成就，被誉为“第一次绿色革命”。

特点：生产技术要求高、产品类型多、技术发展速度快、生产设备规模巨大。

1928年弗莱明
发现了青霉素



（3）现代生物技术

•以分子生物学的理论为先导，以20世纪70年代DNA重组技术的建立为标志。

•1944年，美国微生物学家Avery证明DNA是遗传信息的携带者；1953年，美国学者Watson和英国Crick发现了DNA的双螺旋结构；1958年，Crick阐明了DNA的半保留复制模式，从而奠定了**现代分子生物学**的基础。

•1961-1967年，破译全部遗传密码，确定DNA遗传信息传递规律。

•2003年，由美国、英国、日本、法国、德国和中国完成**人类基因组计划**。

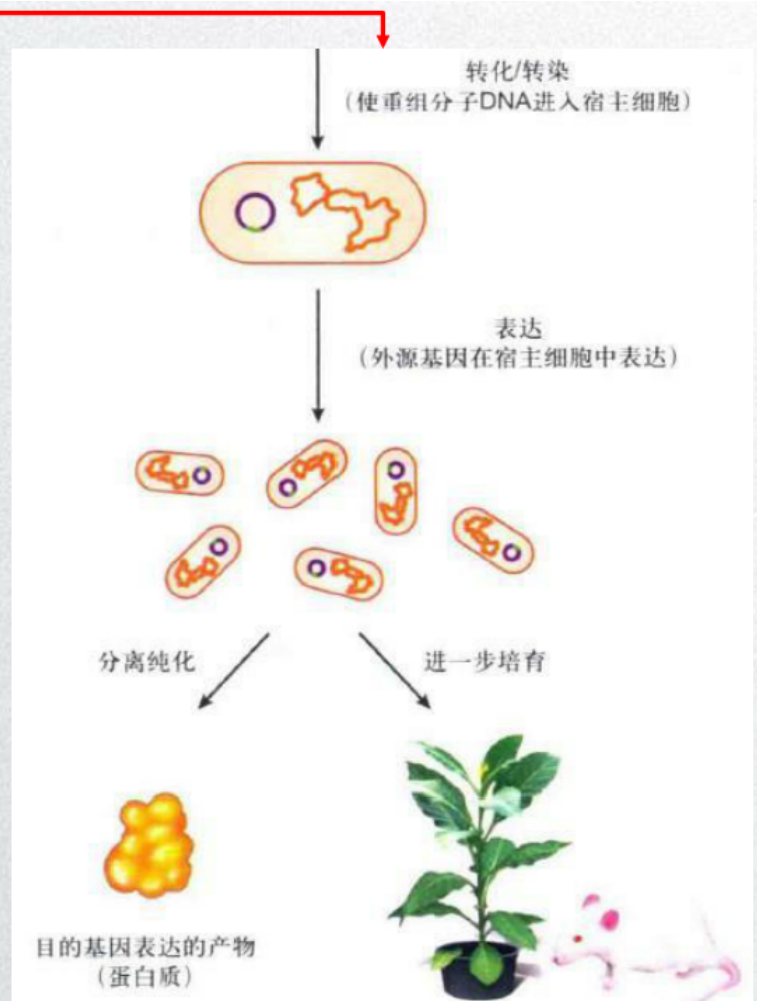
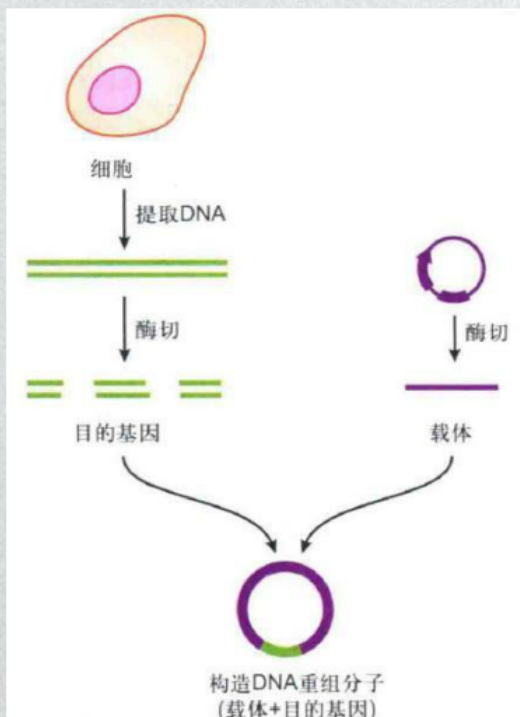
(三) 生物技术的主要内容

生物技术主要应用于生物工程。基因诊断与基因治疗技术、克隆动物技术、生物芯片技术、生物材料技术、生物能源技术、利用生物降解环境中有毒有害化合物的技术等，都是生物技术范畴的重要内容。

- **1 基因工程**——20世纪70年代后发展的一门新技术，是通过体外DNA重组创造新生物并予以特殊功能的技术，即DNA重组技术。

原理：应用人工方法把生物的**遗传物质DNA**分离出来，在体外进行**切割、拼接和重组**；然后将重组的DNA导入某种宿主细胞或个体，从而**改变它们的遗传特性**；或新的遗传信息（基因）在新的宿主细胞或个体中**表达**，以获得基因产物（多肽或蛋白质）。

基因工程的基本步骤



- **2 细胞工程**——指以细胞为基本单位，在体外进行培养、繁殖，或人为地使某些生物学特性按人们的意愿发生改变，从而达到改良生物品种和创造新品种，或加速繁育动植物个体，或获得某些有用的物质的过程。

包括：动植物细胞体外培养技术、细胞融合技术（细胞杂交技术）、细胞器移植技术、克隆技术和干细胞技术等。

- **3 蛋白质工程**——在基因工程的基础上，结合蛋白质结晶学、计算机辅助设计和蛋白质化学等多学科的基础知识，通过对基因的人工定向改变等手段，从而达到对蛋白质进行修饰、改造、拼接，以满足人类需要的新型蛋白质的技术。

- **4 酶工程**——利用酶、细胞器或细胞所具有的的特异催化功能，对酶进行修饰改造，并借助生物反应器和工艺过程来产生人类所需要产品的一项技术。

包括：酶的固化技术、细胞的固化技术、酶的修饰改造技术及酶反应器的设计等技术。

- **5 发酵工程**——又称微生物工程，是利用微生物生长速度快、周期短、生长条件简单以及代谢过程特殊等特点，在合适的条件下，通过现代化工程技术手段，由微生物的某种特定功能生产出人类所需要的产品。

二、生物技术的应用

(一) 生物技术与医药健康

生物制药是指借助生物工程技术来合成制备有药物活性的蛋白质和核酸等产品的技术。主要通过蛋白质工程、细胞工程、发酵工程实现商业应用。

生物技术药物分为三类：

- 1. **核酸药物**：(1) 寡核苷酸药物：如反义寡核酸、核酶等；基因治疗药物；基因疫苗；(2) 反义核酸药物。
- 2. **细胞工程药物**：麻黄碱、青蒿素等等（酵母或大肠杆菌成了“发酵罐”）。利用生物反应器，将目的基因导入酵母内，生产该基因表达产物。如青蒿素。或细胞工业化培养，如麻黄碱等。
- 3. **重组蛋白质（或重组多肽药物）**：(1) 细胞因子类：如人干扰素、人白细胞介素-2、红细胞生成素等；(2) 重组激素类：降钙素；(3) 重组溶栓类；(4) 导向毒素：IL-3-白喉类毒素融合蛋白；(5) 单克隆抗体治疗制剂；(6) 基因工程疫苗：病毒AIDS、乙肝等，菌苗霍乱；(7) 治疗性疫苗：病毒、菌苗。

世界上第一个利用转基因动物乳腺生物反应器生产的基因工程蛋白药物（2006年6月）



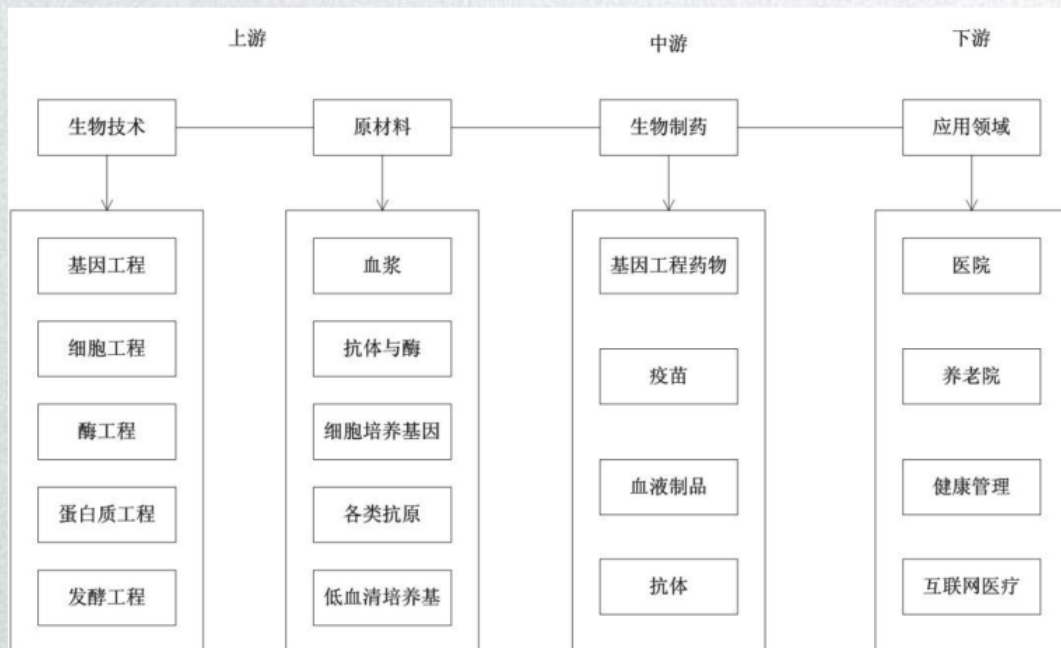
抗凝血酶III转基因羊---国际首例获准上市的药用转基因动物

不同基因工程制药体系技术路线图



图片来源: http://blog.sina.com.cn/s/blog_53a99ea00102vyny.html

生物技术应用于健康领域



生物技术产业链 (《沈阳市未来产业培育和发展
规划(2018-2035年)》)

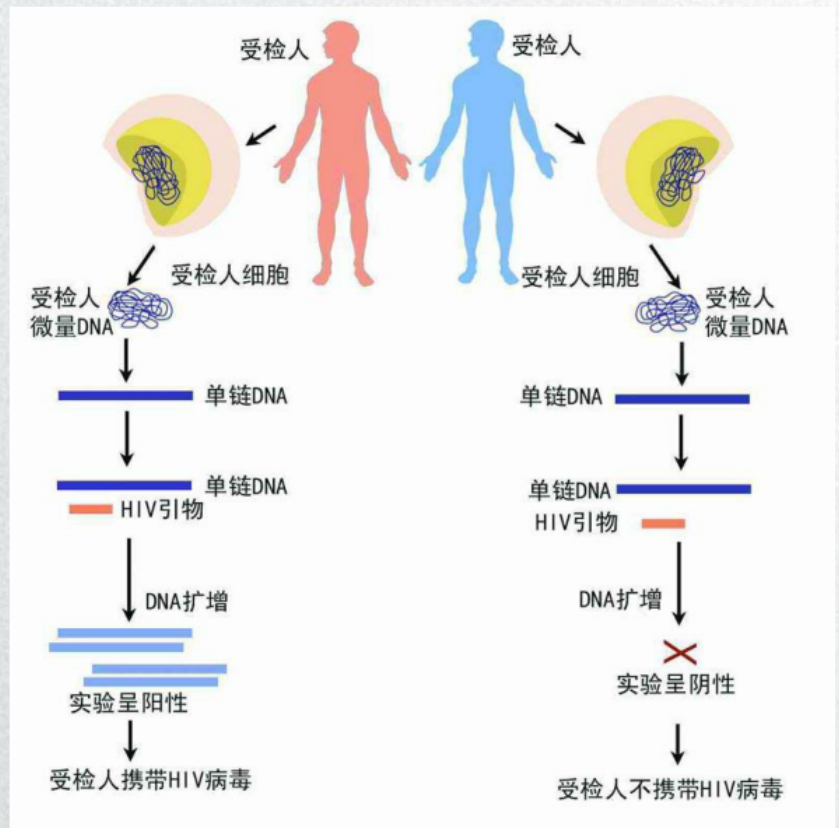
(二) 分子诊断和基因治疗

■ 分子诊断-1

- 利用PCR技术或PCR与分子杂交标记相结合，可以快速准确地检测出病原性物质。

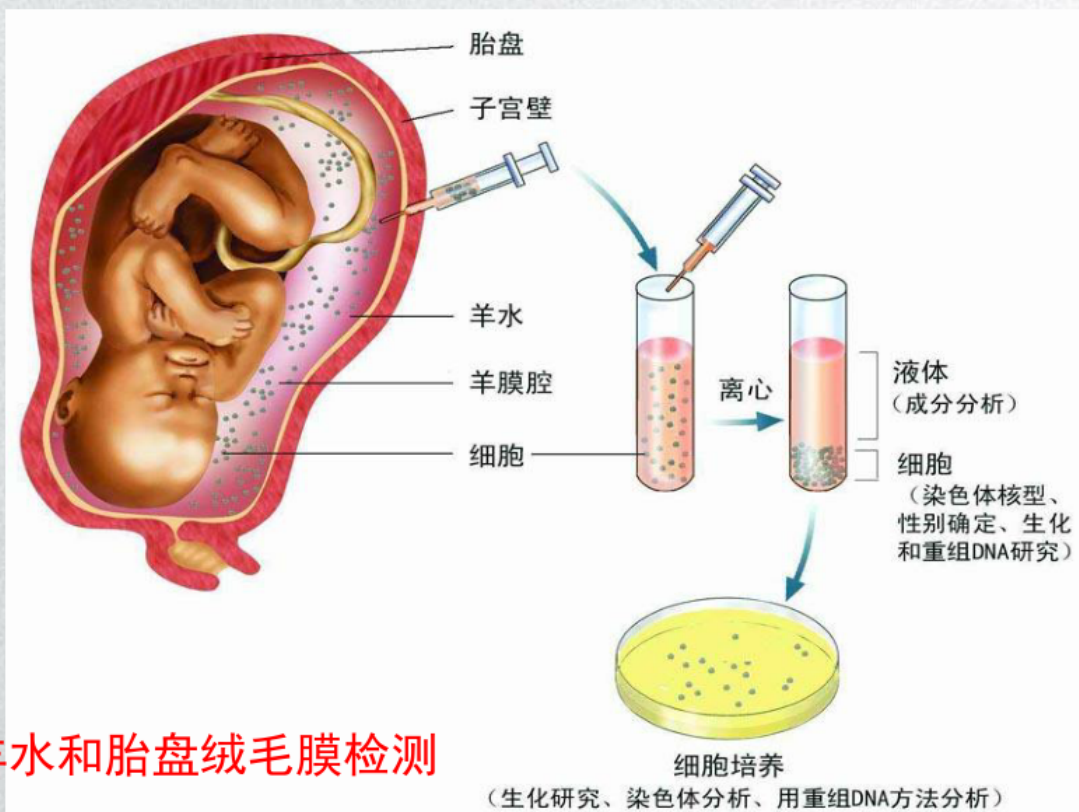
艾滋病HIV病毒检测技术

关键是HIV引物是否引起扩增？



■ 分子诊断-2

- 胎儿早期遗传性疾病和性别的诊断

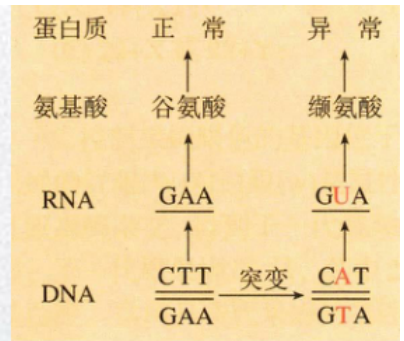


羊水和胎盘绒毛膜检测

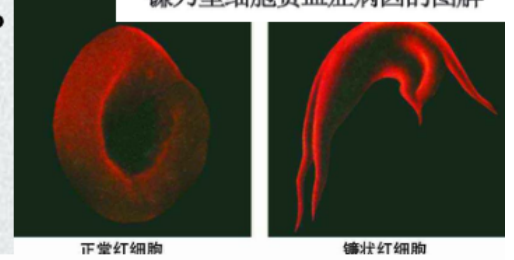
■ 分子诊断-3

• 例：镰状红细胞贫血症的检测

- 是一种常染色体**隐性**遗传病；
- 引起原因：基因的点突变， $T \rightarrow A$ ， $A \rightarrow T$ 。导致丢失了可被 *MstII* 或 *Cvnl* 切开的的一个限制性内切酶位点。



镰刀型细胞贫血症病因的图解



正常红细胞

镰状红细胞

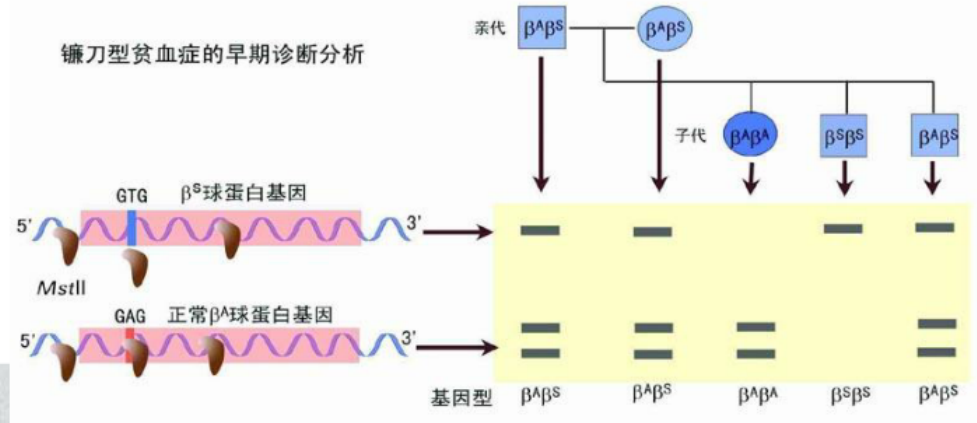
正常：三条带

患病：一条带

子女1：患病

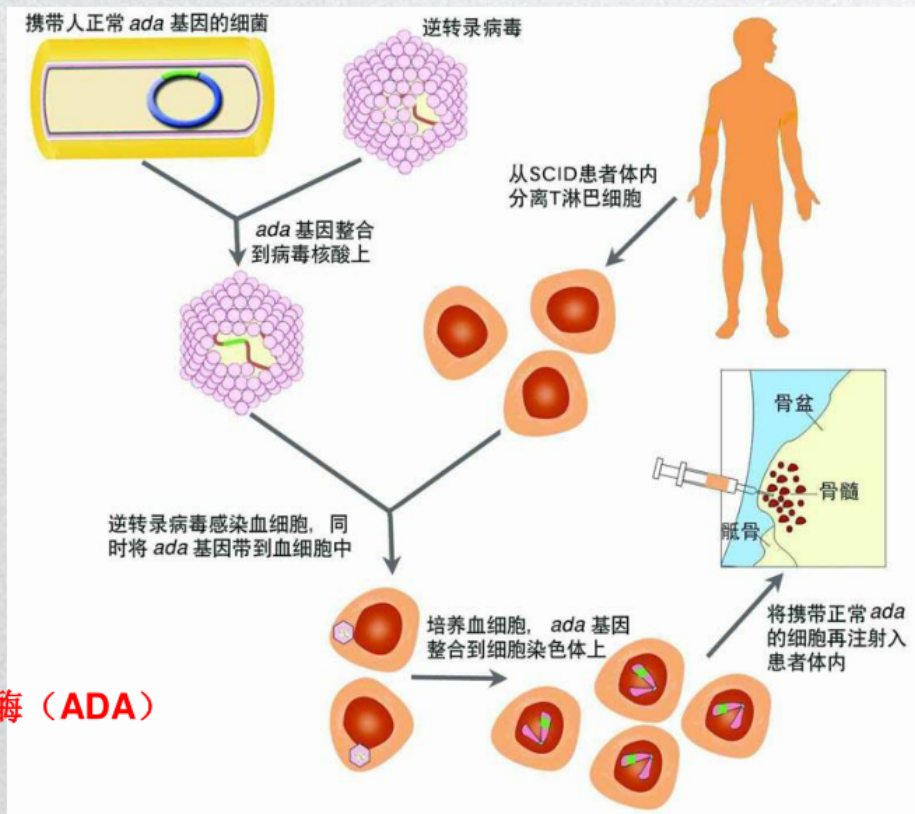
子女2：携带者

子女3：正常



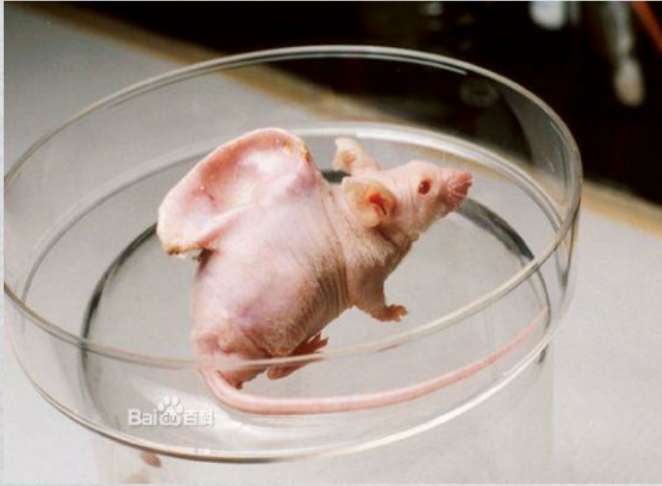
■ 基因治疗——重症综合性免疫缺乏症（SCID）

转基因**T淋巴细胞**注射到人体骨髓组织中治疗SCID。



(三) 器官再造——“人耳鼠”

- “人耳鼠”是先使用可降解材料经过耳形压模，聚乳酸（PLA）溶液浸泡使其强度增强，制成耳廓支架材料，然后将细胞接种于支架材料，繁殖生长，经过1-2周体外培养，在无毛鼠背上割开一个口子，植入“人耳”。随后，“人耳”的支架会自己降解消失，“长”在老鼠的背上（1994）。



生物材料3D打印人工气管救了孩子性命

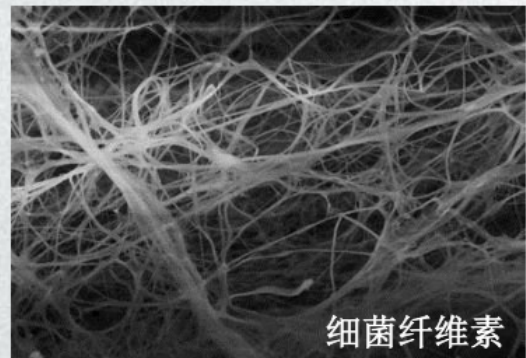
- 2012年2月9日，小海马（出生后3个月）在密歇根州C. S. Mott儿童医院做了个手术：3D打印气管放置在小海马气管的缺失部位。



打印原料为人体细胞，这种人工气管能降解，且三年内能被人体完全吸收。

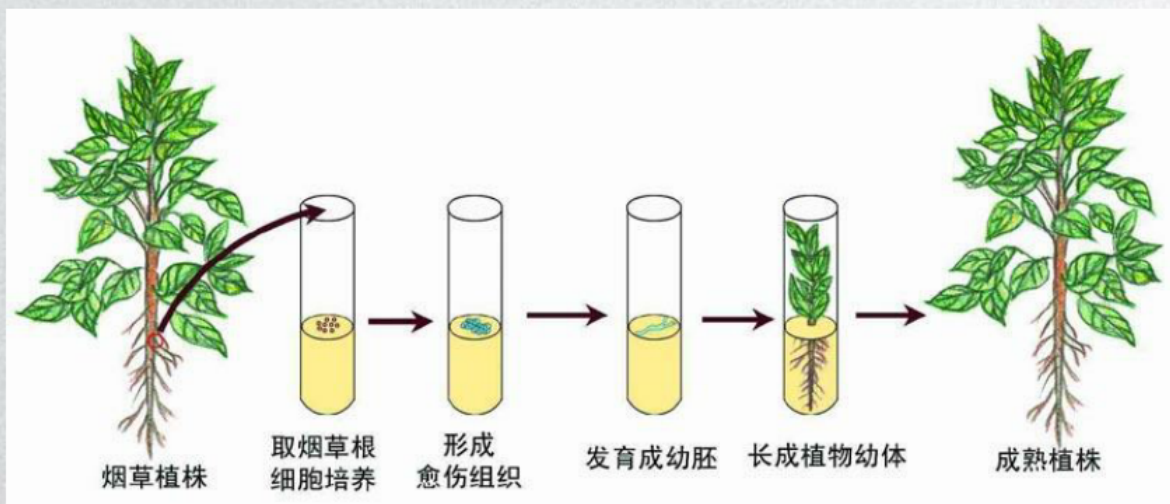
(四) 生物技术与工业

- **新型生物材料**——生物材料科学是生命科学与材料科学的交叉学科，研究的目的是在分析天然生物材料的组装、生物功能及形成机理的基础上，发展新型医用材料及仿生高性能材料。
- **生物能源**——近年来，传统能源的日益枯竭、环境保护与汽车工业的发展需要应对能源与经济安全的威胁，使“生物能源”成为关注热点。但要防止“生物能源”与人争口粮、与牲畜争饲料、与生态林争山场，……。



(五) 生物技术与农业

- **高等植物细胞培养**
- 高等植物细胞具有全能性。从高等植物的幼胚、根、茎、叶、花和果实等不同器官的组织中分离的单个细胞，经过特殊培养形成愈伤组织，并可进一步诱导生成完整的植株。



工业化生产麻黄素

- 设计依据与原理：麻黄素只在麻黄的根中有分布。



麻黄叶退化，茎绿色，合成糖；糖运送到根，合成麻黄（素）碱。分离根中薄壁细胞，培养，纯化，然后在生物反应器中培养，原料是糖，产品麻黄素。

人工种子制作技术

- 人工种子是由胚状体、人工胚乳和人工种皮3部分构成。从广义上说，人工种子技术包括体细胞胚的生产、体细胞胚的包裹、人工种子的贮藏等众多技术内容；从狭义上讲，人工种子只包括体细胞胚的生产和体细胞胚的包裹技术。

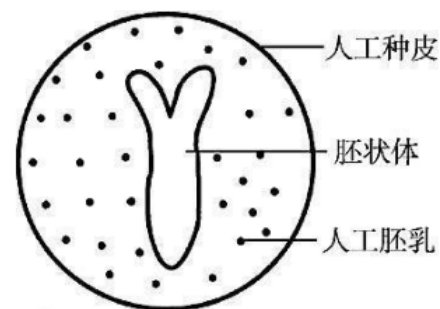
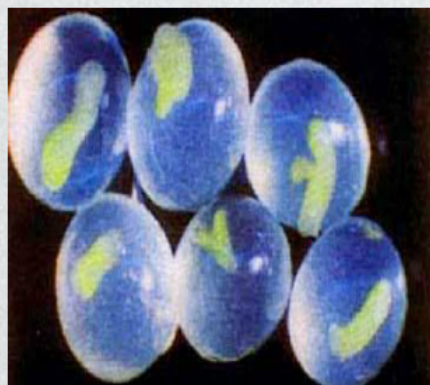


图 4-3 人工种子的结构示意图

快速繁殖脱毒技术

- 植物快速繁殖技术：简称**快繁**，是用离体无菌培养方法将植物材料放在试管中的含有一定植物激素的人工培养基上，在合适的培养条件下诱导其产生芽原基，并由此发育成丛状芽茎，再被分离移栽到新培养基上再诱导新的丛生芽，这样诱导、分离，继代培养，再诱导、再分离，不断循环下去，极大提高了育苗速度和繁殖率，最后将离体繁殖的丛生芽诱导生根，并移植到温室或农田繁殖出大量幼苗的一种植物组织培养技术。

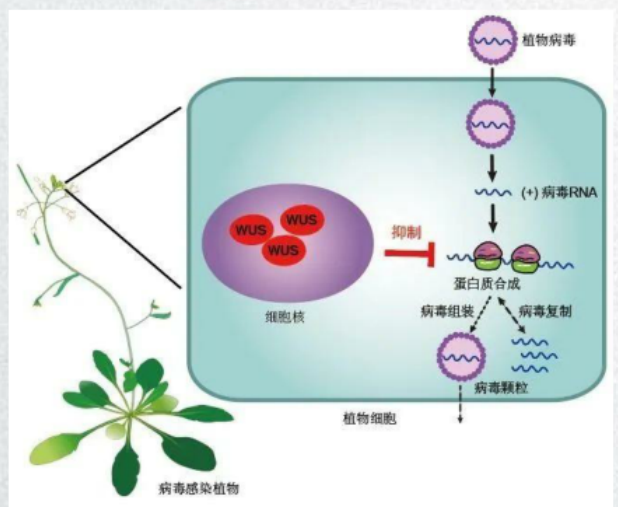


- 快速繁殖脱毒技术——马铃薯育苗

植物如何抵抗病毒？

—科学家发现植物干细胞广谱抗病毒机制

该研究揭示了植物茎顶端分生组织存在广谱抗病毒免疫的分子机制。在侵染过程中，病毒必须利用植物细胞内的蛋白质合成系统合成自身的蛋白，以完成自身的复制、组装和侵染过程。而**干细胞关键调节基因WUS**则通过直接抑制细胞内蛋白质合成的速率，限制了病毒的复制和传播。该研究不仅回答了为什么植物病毒不能侵染植物分生组织这一长而未决的生物学问题，同时也为未来作物抗病毒防治提供了新的技术策略。



干细胞抗病毒蛋白广谱抗病毒示意图

(*Science* 09 Oct 2020: Vol. 370, Issue 6513)

绘制番茄风味形成机制——为培育美味番茄提供技术蓝图



图 1. 番茄风味研究的科学杂志封面

由于在现代育种过程过于注重产量、外观等商品品质，导致了控制风味品质的部分基因位点丢失，造成13种风味物质含量在现代番茄品种中显著降低，最终使得番茄口感下降。目前研究团队和育种家们合作已经培养出了含糖量提高的番茄新品种，也正力争恢复番茄原来的浓郁风味。

“西红柿没有以前的味道了”

(*Science*, January 27, 2017)

(六) 干细胞研究促进单细胞生物学

- 2013年12月5日《Science》上发表4篇综述，介绍“Single-Cell Biology”。因为单细胞测序技术、微生物单细胞基因组研究，干细胞诱导分化技术等，对于研究单个细胞的酶活性、转录应答，以及单细胞代谢状态，对于进化和现代生物技术意义重大。

诱导多能干细胞首次获批进行人体实验 (*Nature*: 2014.9.10)

日本科学家将患者的皮肤细胞转化为iPS细胞，接着，诱导iPS细胞变成视网膜色素上皮细胞，最后将其培育成能被植入受损视网膜内的纤薄层。

年份	物种	供体细胞类型
1997	羊 Sheep	Mammary epithelium
1998	奶牛 Cow	Fetal fibroblasts
1998	小鼠 Mouse	Cumulus cells
1999	山羊 Goat	Fetal fibroblasts
2000	猪 Pig	Granulosa cells
2000	印度野牛 Gaur	Skin fibroblasts
2001	欧洲盘羊 Mouflon	Granulosa cells
2002	兔 Rabbit	Cumulus cells
2002	猫 Cat	Cumulus cells
2003	马 Horse	Skin fibroblasts
2003	大鼠 Rat	Fetal fibroblasts
2003	非洲野猫 African wild cat	Skin fibroblasts
2003	骡子 Mule	Fetal fibroblasts
2003	爪哇野牛 Banteng	Skin fibroblasts
2003	鹿 Deer	Skin fibroblasts
2005	狗 Dog	Skin fibroblasts
2006	雪貂 Ferret	Cumulus cells
2007	狼 Wolf	Skin fibroblasts
2007	水牛 Buffalo	Skin fibroblasts
2009	骆驼 Camel	Skin fibroblasts

动物克隆

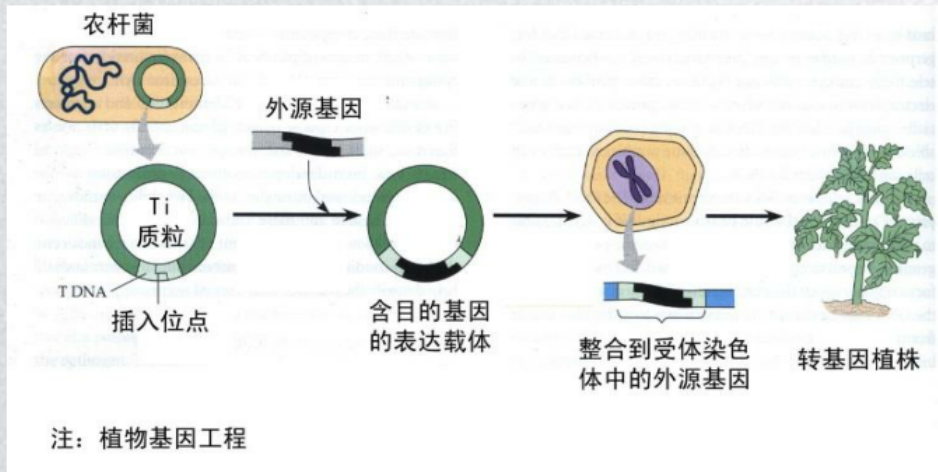


2017年11月27日，世界上首个体细胞克隆猴“中中”在中科院神经科学研究所、脑科学与智能技术卓越创新中心的非人灵长类平台诞生，12月5日第二个克隆猴“华华”诞生。（*Cell*, 2018. 01. 20）

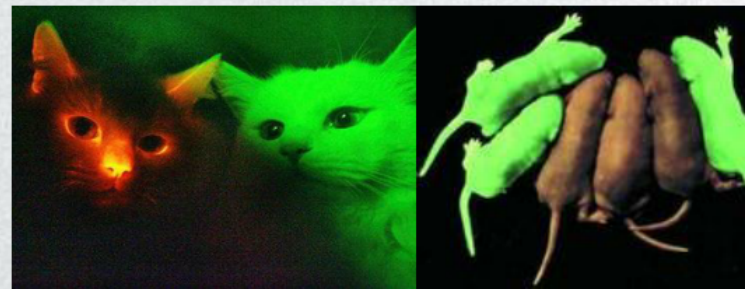
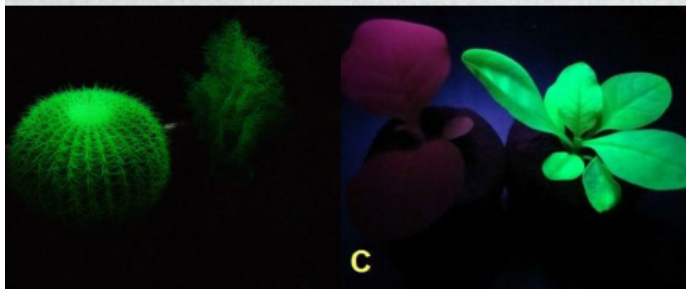
（七）生物技术应用脑科学

- 2013年2月28日，美国杜克大学科学家用电子传感器捕捉到一只身在**巴西**的老鼠所产生的脑电波，而后通过互联网将其传到了在**美国**的另一只老鼠的大脑里，“美国鼠”接收到了“巴西鼠”的思维，并成功模仿了后者的动作。实现两只老鼠千里“神交”。
- 研究“**大脑—机器互联**”项目已经能够成功获取严重瘫痪患者的大脑所发生的电信号，并将这些信号翻译成指令，从而移动机械手、计算机光标、甚至病人自己的手臂。如今，尝试一个更为大胆的研究，让一个大脑对另一个大脑所产生的电信号进行解码，然后进行远距离调控。

(八) 转基因技术和基因编辑技术



抗虫棉bt毒蛋白质（苏云杆菌），目前需要转双价bt。



目标基因的随意转入

转荧光蛋白基因的生物

目标基因的编辑改造，改造和创造新物种！！

三、生物安全与生命伦理问题

- 基因工程或基因组编辑修饰的微生物是否会产生某些致病性微生物，造成可怕疾病的流行？
- 转基因作物和食品的大量生产和长期食用，是否对环境和人类健康造成潜在危害？
- 人类可能成为基因工程操作的对象，如制造克隆人和超人等，对人类进化产生难以预料的影响；
- 生物技术可用于制造生物武器，危害人类和平；
- 基因工程生物是否危及自然生物，降低生物界的遗传多样性等。

生物安全概念：由现代生物技术开发和应用可能造成的对生态环境和人体健康产生的潜在威胁，及对其所采取的一系列有效预防和控制措施。

（一）转基因技术的安全问题

- **反对者：**不同于自然进化，基因一旦被改动，可能引起生物体内一系列未知的结构与功能的变化；对生物体的影响会通过遗传传递下去。
- **支持者：**转基因是安全的，人体将其降解为碱基或氨基酸。



转基因技术的风险与安全性问题

- 外源基因**强行**引入后，是否会影响其他重要的调节基因，甚至会激活原癌基因？
- 转基因技术的广泛应用是否会导致难以消灭的新病原物、超级杂草、基因随意漂移现象的出现？
- 人类摄食大量转基因食品是否会影响人类及其后代的健康？
- 2012年，《食品和化学品毒理学》发表文章，老鼠被喂食了孟山都研发的耐农达除草剂玉米之后，死亡率与肿瘤发病率异常地高。但该期刊在 2013.11.28 撤回了这篇文章。

可怕的“终止子”技术

- 美国专利局在1998年3月受理孟山都一项转基因技术专利。该技术通过在作物中插入由3个基因组成的“终止子基因”，得到该转基因作物的种子。接着，由种子子公司利用一种诱导剂对转基因种子进行处理后再出售。转基因作物生长后期在诱导剂的作用下，终止子基因开始表达，在种子胚乳发育后期产生一种毒素，杀死后期发育中的胚。最后，等待作物成熟后得到的仅是含有胚乳的不育的种子，农民无法自留种，必须年年买种子。由于种子里没有胚或胚败育，种子的营养质量也下降了，仅仅是因淀粉多而产量高而已。

2016.9.16, 德国拜耳公司以660亿美元收购种子巨头孟山都, 有望重塑行业。

我国曾退回美国进口转基因玉米20万吨

转基因大豆具有成本低、可以规模化生产等优势。种植抗除草剂转基因大豆是一种高效、低成本、无公害控制杂草的有效手段，可缓解农村劳动力不足的难题、简化田间操作、提高种植效益。

我国进口转基因大豆，占总需求的85%，用于榨油和饲料。

- 2013年12月，因为这5个批次进口转基因玉米MIR162品种是美国先正达公司应用现代分子生物学技术，将含有抗鳞翅目昆虫蛋白基因质粒载体pNOV13000(14.4kb)，通过农杆菌介导转化到玉米幼胚中培育而成，它含有2个外源基因(Vip3Aa和manA)表达有毒蛋白质。考虑到食品安全，全部退回。

如何看待“挺转”基因VS“反转”基因？

• 首先认识“杂交”与“转基因”的区别

杂交：天然杂交VS人工杂交由大自然负责安全

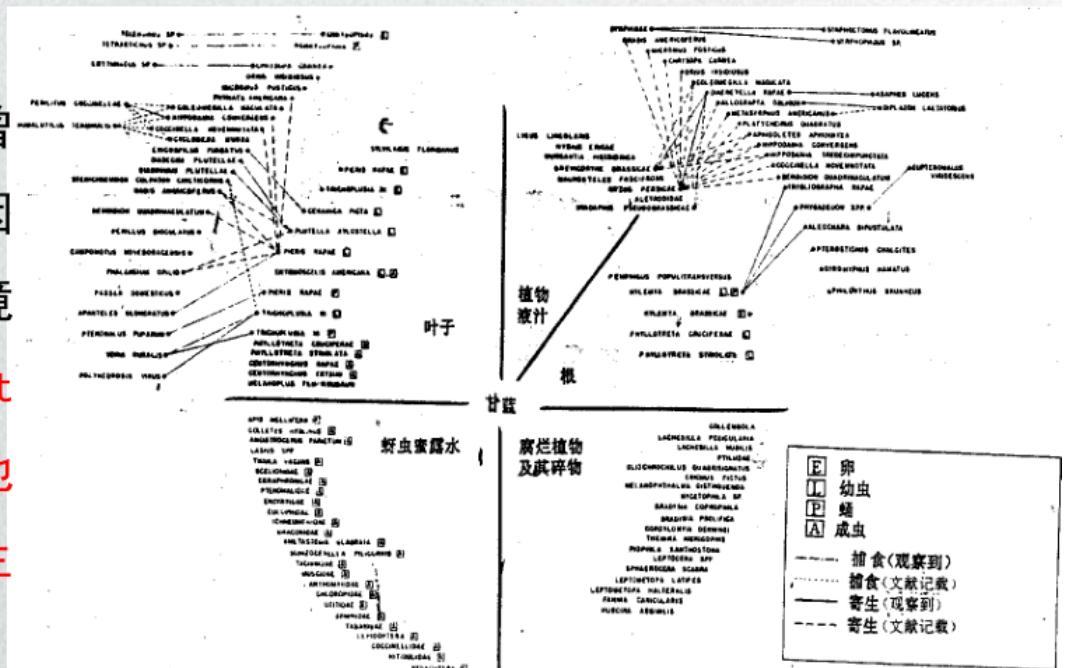
转基因：细胞代谢不是“一个基因一个酶”；遗传学：一因多效、多因一效。

- 转基因是一项生命科学的技术进步，必需发展该技术。
- **关键问题是：转什么基因？有无监管和限制？**转习性、特征和产量的基因，与转抗虫、抗除草剂的基因不是一回事情。（从细胞全能性、代谢网络、能量分配、食物链考虑）
- 安全性需要严谨的科学试验证明！代谢改变后产生的小分子化合物不容易发现。

从“同资源种团”角度看转基因

• 在生态学上，同资源种团是指食物网中具有相同食物资源的一个种群集合体。

2009年，PNAS曾报道关于转基因玉米花粉对环境影响，种植转Bt毒蛋白的玉米地水沟里，浮游生物绝迹了。

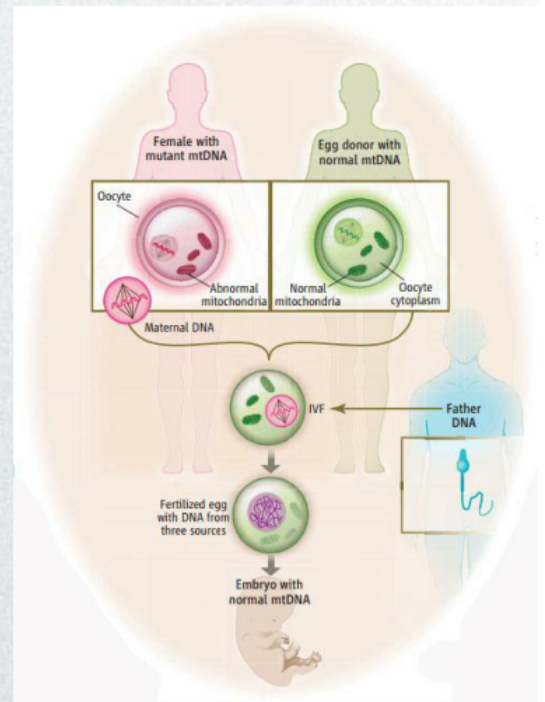


一个以甘蔗为寄主植物的食物网(引自 Weires 和 Chiang, 1973)

(二) 设计婴儿有风险吗？

■ 三基因受孕试验（解决线粒体缺陷不孕症）

- 1) 从一位健康女性的卵细胞中将细胞核取出作为无核受体卵细胞；（**线粒体基因-37个基因**）
- 2) 将一位因线粒体缺陷不孕女子的卵细胞核取出移植到细胞质正常人的上述无核卵细胞中；（**X基因**）
- 3) 将卵细胞核置换后的卵进行体外受精（**Y基因或X基因**），将胚胎植入缺陷女子子宫内。



Science, 2014.2.21

美国3基因婴儿已经诞生

英国《人类生殖》杂志（2001年）披露**美国新泽西州**巴纳巴斯医学中心的科学家采用卵质转移技术，帮助12名因卵子有缺陷导致不孕的妇女产下15名健康的婴儿（其中有3对双胞胎）。

上述15名婴儿中，有2名婴儿的细胞质中检测到注入的捐献者的线粒体DNA，或者说这2名婴儿同时拥有**两位母亲**的遗传物质。有人提出将此方法扩大到治理不育症。

现已发现，部分婴儿出现发育缺陷。因此，FDA谨慎评估线粒体替代技术。（*Science, 2014.2.21*）

2015年10月，英国成为立法生效允许培育具有两个基因母亲和一个基因父亲的婴儿的第一个国家。

“基因编辑婴儿”事件

2018年11月26日，贺建奎“基因编辑婴儿”事件被媒体报道，举世震惊。这件违法、违规、违反伦理的极为严重恶劣的事件，开启了破坏人类基因的安全性、完整性和多样性的极其危险的先例。

一、艾滋病的防范已有多种成熟办法，而这次基因修改使两个孩子面临巨大的**不确定性**。二、这次实验**使人类面临风险**，因为被修改的基因将通过两个孩子最终融入人类的基因池。三、这次实验**粗暴突破了科学应有的伦理程序**，在程序上无法接受。

2019年12月30日，“基因编辑婴儿”案公开宣判。贺建奎等3名被告人因共同非法实施以生殖为目的的人类胚胎基因编辑和生殖医疗活动，构成**非法行医罪**，分别被依法追究刑事责任。

（三）生物技术引发的其它问题

- 生物技术费用高，因贫富差距，只为富人服务？
- 涉及人类自身发展的重要生物技术的垄断？
- 农业安全（种子安全----孟山都公司）
- 环境安全，失控的基因水平迁移？
- 发展生物武器？毒蛇和毒蜘蛛的毒蛋白质？超级病毒？
-

生物技术可延长寿命吗？

- 在《物种起源》中，就有人向达尔文提出质疑：长寿显然对所有生物都有益，但为何在同一谱系中，后代并不一定总比其前代更加长寿呢？
- 达尔文解释：因为长寿问题多与各种生物的体制等级有关；也与新陈代谢速率有关；更与生殖过程中能量损耗有关；而这些因素多由自然选择决定。
- 所以，寻找长寿基因可能无望，人类应该谨慎利用基因技术，顺其自然。

长寿基因——没有免费的午餐

- 1) 自然选择，只优待生殖，而不关注寿命。
- 2) 可以延缓组织器官的寿命，但无法改变大脑衰老的命运。
- 3) 果蝇的实验表明，延缓死亡的时间必需付出其它的生存代价。
- 4) 文明的发展极大地改进了人类的生存环境和医疗卫生，使人类的寿命得以延长，但从未改进人类寿命的基因。
- 5) 2014. 11，美国科学家分析26例110以上老人的基因（全球仅76人），结果**没有发现长寿基因**。中国也一样，2015，通过走访长寿老人，发现各有各的长寿秘诀，没有发现一致的长寿因素。



美国研究人员稍稍调整了一下秀丽隐杆线虫的两个基因通路，便使这种**动物的寿命延长了5倍**。这两个基因突变启动延长寿命的特定组织的正反馈循环。从根本上说，这些蠕虫可以活到**相当于400到500年的人类寿命**。(Cell Reports, 5(6), December 2013)

(四) 生物伦理问题

- 基因诊断程序是否会侵犯个人隐私权？
- 究竟该由谁来决定对一个人进行基因改造，是父母、医生或是“未来人”本身？这些决定是否属于侵犯人权的行爲？
- 克隆人是否会扰乱正常的社会伦理纲常？自然关系不复存在，冲击人类家庭和社会关系？
- 将转基因动物的器官移植给人类，对动物和人类本身是否人道？用含有人类基因的生物体作为食品或饲料是否对人类自身的不尊重？

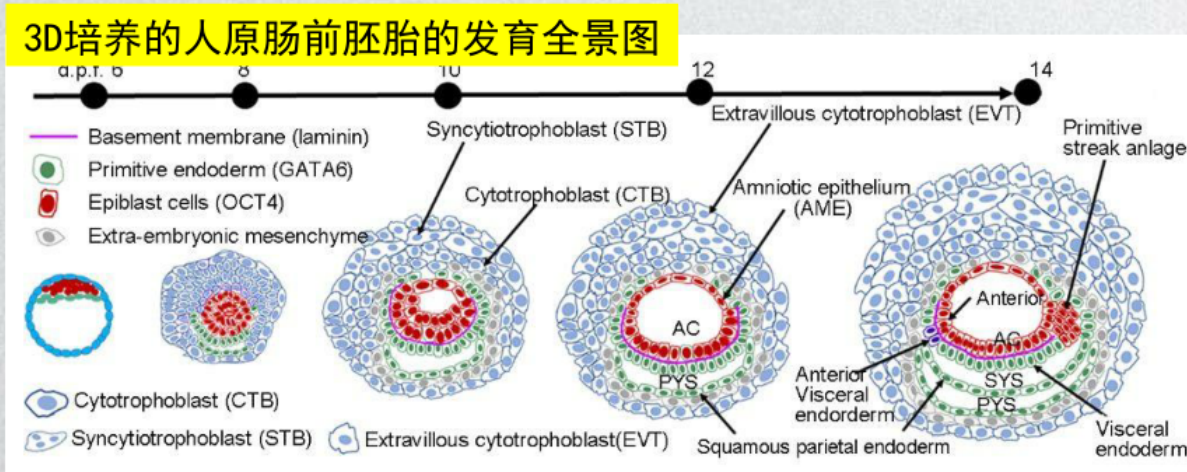
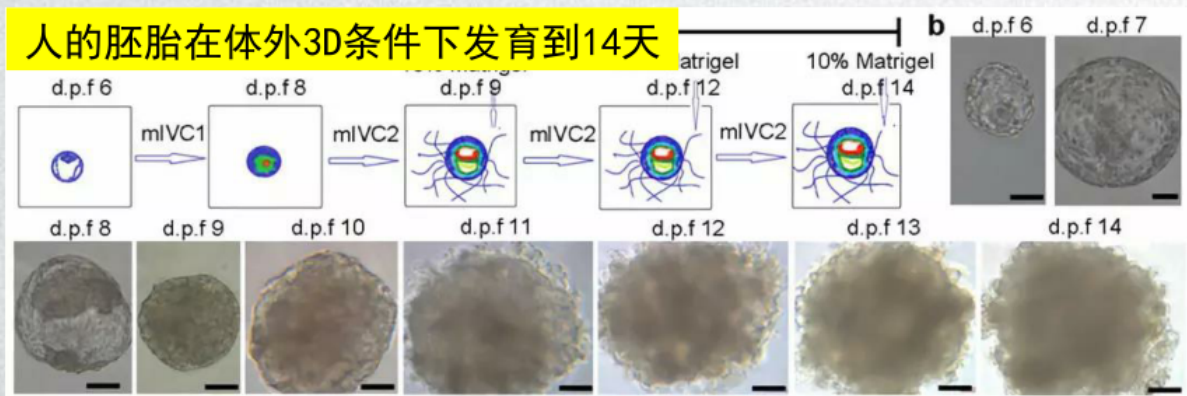
胚胎细胞研究的伦理

2015年4月18日，我国一研究团队在《蛋白质与细胞》杂志上发表了人类胚胎细胞进行基因改造的研究成果，在世界范围内引发争议。《自然》和《科学》均出于伦理禁忌的理由，曾拒发上述研究成果的论文。

《自然》杂志发表社论，明确表示“短时间内任何试图使用基因编辑技术来治疗人类生殖细胞的尝试，都会是一个可怕的错误。任何明智的实验室、监管机构或国家，都不应该考虑尝试把编辑过基因的人类胚胎植入子宫，并且发育到出生婴儿”。

首次建立人胚胎三维培养系统，绘制人原肠前胚胎的发育全景图

(Nature, volume 577, pages 537 - 542 (2020))



生物技术是一把双刃剑

- 生物技术的发展日新月异，在农业生产、品种改良、疾病治疗、药物开发等领域有着广阔的前景，必将改变许多行业，会影响到人类的社会和人们的生活。
- 生命系统是自然进化的结果，也是自然选择的结果，也就是说大自然在对生命系统的安全负责。但是，随着大量的“人造新物种”的出现，可能会打破自然平衡，可能会带来一些“祸害”。因此，人类要科学地、理智地利用生物技术，要**敬畏大自然，尊重生命!!!**