

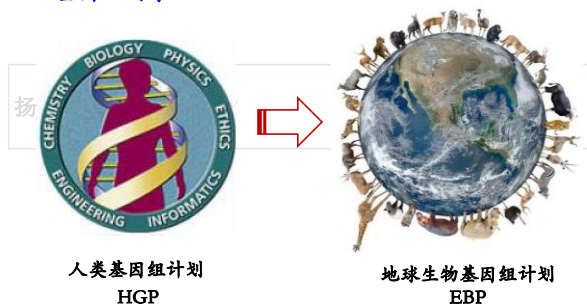
第十章 植物生物技术的应用 及安全性评价

第一节 植物生物技术的应用

- 1、植物科学基础研究的重要手段
- 2、植物性状改良
- 3、加速植物育种进程
- 4、植物生物反应器
- 5、能源植物
- 6、环境保护

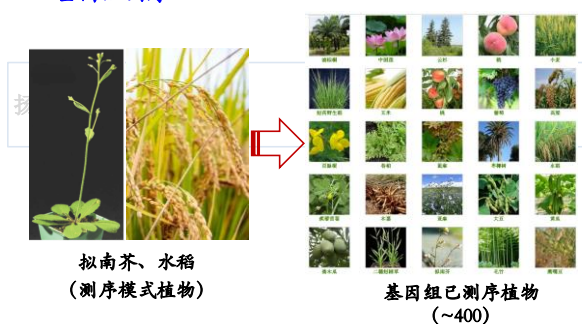
1、植物科学基础研究的重要手段

➢ 基因组测序



1、植物科学基础研究的重要手段

➢ 基因组测序



1、植物科学基础研究的重要手段

➢ 基因功能研究



植物科学基础研究中的几个例子

扬州大学农学院 Li QF

扬州大学农学院 Li QF

Green Revolution

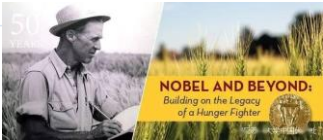


Figure 1. A roadmap showing the shift from the Green Revolution e to the Gene Revolution era. The Pre-Green Revolution, Green Revolution, and Gene Revolution eras are marked in grey, green, and blue, respectively. The important events and years are mentioned in their corresponding eras.



诺曼·勃劳格

扬州大学农学院“绿色革命之父”“养活世界的人”学院 Li QF



他培育成功的半矮秆小麦产量大幅度提高，其研究工作在世界上先后挽救了约10亿人的生命。

一个基因带来的农业革命 ——水稻

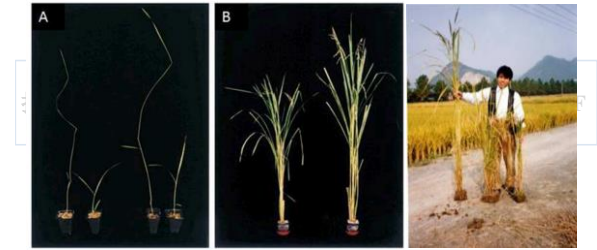


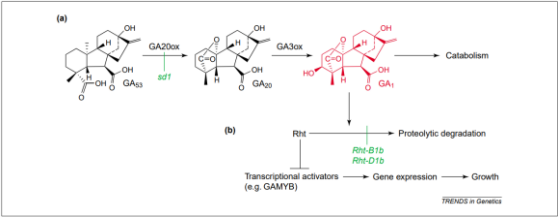
Fig. 1. (A) Transgenic Basmati rice containing dominant gai gene is dwarf while transgressive segregants exhibit a tall lanky phenotype. (B) Morphological difference between rice plants containing dominant gai gene (left) and a tall segregant that lost the gai gene.

一个基因带来的农业革命 ——小麦



Fig. 2. (A) Tall lodging wheat varieties and semi-dwarf wheat varieties tolerant to lodging obtained through the introgression of orHr gene from Norin 10.

一个基因带来的农业革命



玉米与其祖先大刍草的不同形态



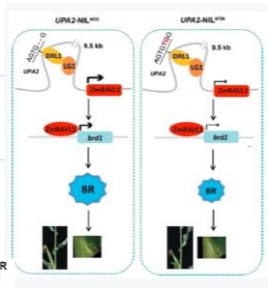
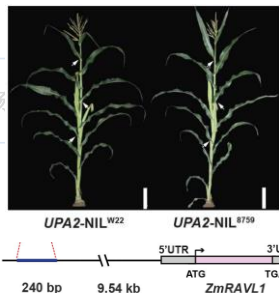
经过9000多年人工驯化

玉米是从墨西哥和中美洲起源的祖先种大刍草驯化而来。研究人员利用玉米和大刍草杂交群体，明确了玉米驯化中5个重要的性状发生了改变,分别是**雌穗花序结构、穗行数、穗轴脱落性、籽粒裸露性**以及**分蘖数目**。

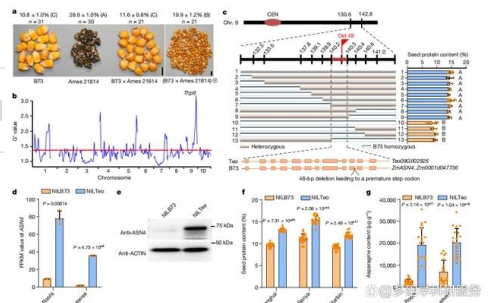
例如：ZFL1和ZFL2外显子区域的功能缺失突变使玉米果穗花序为多列式，通过增加穗行数而提高产量。



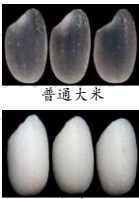
从玉米野生祖先种大刍草中克隆了控制玉米紧凑株型、密植增产的关键基因



从野生玉米中克隆了控制玉米高蛋白品质形成和氮素高效利用的关键变异基因THP9



Wx基因的祖先基因克隆

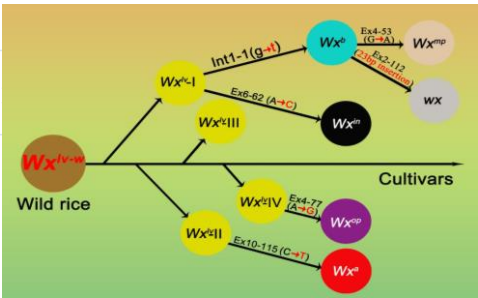


Wx基因



普通玉米 糯玉米

栽培稻中不同Wx等位基因间的进化关系



软米(Wx^{mp}): 具有优良蒸煮食味品质



2、植物性状改良

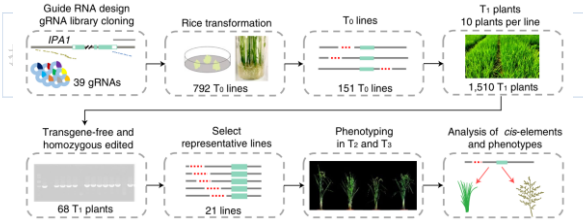
- (1) 产量性状
- (2) 品质性状
- (3) 抗性

(1) 产量性状

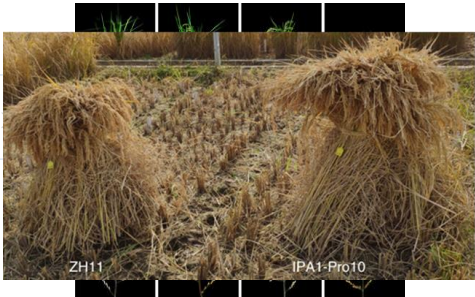
各类作物的产量构成因素

作物种类	产量构成因素
禾谷类	穗数、每穗实粒数、粒重
豆类	株数、每株有效分枝数、每分枝荚数、每荚实粒数、粒重
薯类	株数、每株薯块数、单薯重
棉花	株数、每株有效铃数、每铃籽棉重、衣分
油菜	株数、每株有效分枝数、每分枝角果数、每角果粒数、粒重
甘蔗	有效茎数、单茎重
烟草	株数、每株叶数、单叶重
绿肥作物	株数、单株重

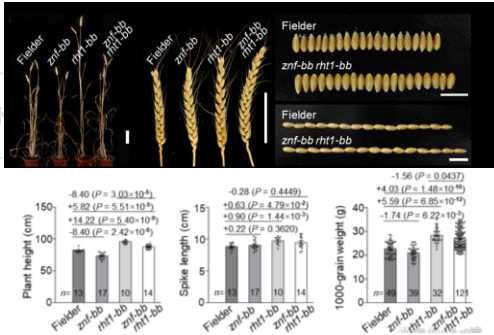
通过基因编辑IPA1启动子，创制出大量顺式调控区平铺删除的基因编辑材料



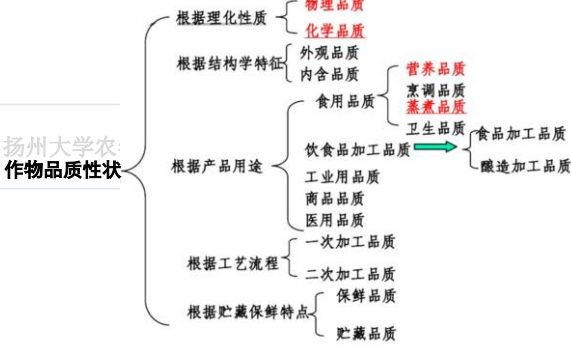
IPA1基因启动子编辑水稻*iPa1-Pro10*
穗数增加，穗子变大



缺失*Rht-B1*和*ZnF-B*形成半矮秆小麦，植株结构更紧凑，籽粒产量显著增加



(2) 品质性状



维生素改良：维生素A

- 水稻种子中不含维生素A，因此以水稻为主食的贫困人群中维生素A缺乏症十分常见。
- 维生素A缺乏症状表现为夜盲症、眼球干燥、角膜软化，严重的甚至导致失明。
- 为解决维生素A缺乏症，创建了黄金水稻(Goldern Rice)，其胚乳可积累β-胡萝卜素。

维生素改良：维生素A

- 第一代黄金水稻中胚乳特异性表达了水仙花来源的八氢番茄红素合成酶(PSY)和细菌来源的八氢番茄红素去饱和酶(CRTI)，建立了β-胡萝卜素合成途径，β-胡萝卜素含量达1.6ug/g。



之后开发的第二代黄金水稻（利用来自玉米中功效更强的*psy*基因和原*crtI*基因），其β-胡萝卜素含量比第一代黄金水稻增加了约23倍。



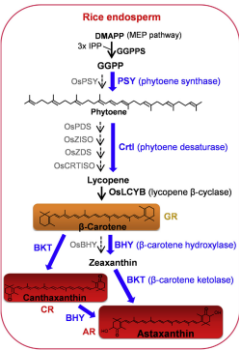
培育胚乳富含虾青素的新型功能营养型水稻

虾青素 (Astaxanthin) 是一类橙红色类胡萝卜素，为类胡萝卜素的最高级形式，具有超强抗氧化活性，对人体健康具有重要的保健作用。

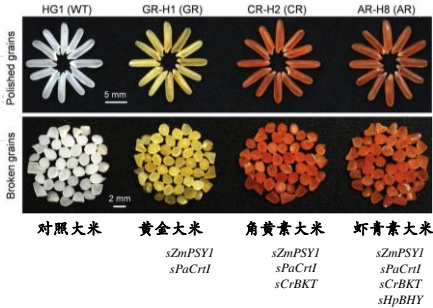
自然界中，虾青素主要是由一些藻类、细菌、酵母产生。而高等植物中由于缺乏关键的β-类胡萝卜素酮化酶 (BKT) 而不能合成。

华南农大的刘耀光院士团队培育出世界首例胚乳富含虾青素的新型功能营养型水稻种质“aSTARice，虾青素米”。

在水稻胚乳中重建不同基因组合的类胡萝卜素/酮式胡萝卜素/虾青素生物合成途径



在水稻胚乳中重建不同基因组合的类胡萝卜素/酮式胡萝卜素/虾青素生物合成途径



转基因西红柿：

晚熟品种：破坏了西红柿自身一个多聚半乳糖醛酶（PG）的表达，可以减缓细胞壁软化；还有一种是抑制西红柿内部乙烯的产生，从而减缓成熟过程。

增加营养：有各种增加维生素含量的品种。

改善风味：转入柠檬罗勒基因,该基因能表达一种香叶醇合酶,使西红柿产生类似柠檬的芳香气味。



(3) 抗性



目前已有的转基因抗逆西红柿：

抗冻西红柿：从一种耐寒的比目鱼体内得到的基因

抗旱西红柿：转入一个大米转录因子

耐盐碱西红柿：转入一个钠氢交换离子通道AtNHX1基因

抗虫西红柿：转入Bt基因

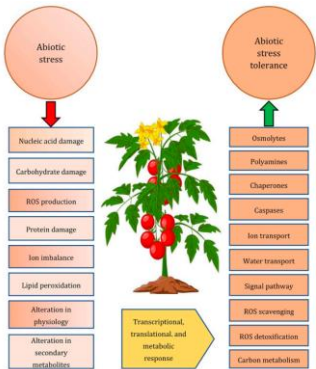


Figure 1. A schematic illustration of the effects of abiotic stress at the cellular level. The tolerance of tomato in a challenging environment requires several modifications to its cellular activities, which are based on stress-induced gene expression, translational reprogramming, and metabolic adaptation, often based on homeostatic mechanisms.

抗冻西红柿

美洲拟蝴蝶鱼 → 抗冻基因 → 普通番茄
→ 转基因抗冻番茄



美国加利福尼亚基因公司，利用基因工程技术，培育出了一种转基因西红柿，其不产生会引起自身腐烂的聚半乳糖醛酸酶，因此不易腐烂，风味保持时间较长。成熟采摘后经长途运输和较长时间贮藏也不会腐烂。

抗除草剂水稻



抗除草剂小麦



转基因抗除草剂小麦与普通小麦 (control) 在喷除草剂前 (A) 后 (B) 的表现

抗虫水稻和玉米



抗虫棉



转基因

对照



转入苏云金芽孢杆菌的一个抗虫Bt毒蛋白基因

抗病毒木瓜

木瓜环斑病毒 (Papaya ring-spot virus) 可以在10年内让全球木瓜产量减少90%

目前99%以上的木瓜都是转基因抗病毒木瓜，转的是病毒的外壳蛋白基因



3、加速植物育种进程

植物生物技术已广泛应用于植物育种，在单倍体育种、胚培养、体细胞杂交、分子标记辅助选择等方面均取得显著成就。

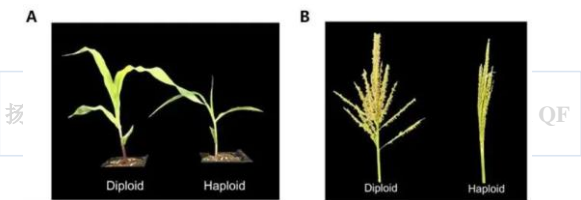
扬州大学农学院 Li QF

单倍体育种

目前世界上已有约300种植物成功获得花粉植株，即通过花粉培养获得单倍体植物，再利用秋水仙素等处理使其染色体加倍，使后代基因型迅速纯合，加速育种进程。

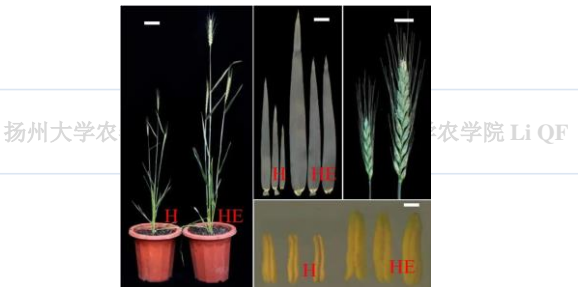


单倍体玉米



单倍体 (Haploid) 与二倍体 (Diploid) 玉米表型比较
(A) 单倍体植物植株矮小; (B) 单倍体植株不育, 没有花药。

单倍体小麦



单倍体 (H) 与六倍体 (HE) 小麦表型比较, 包括株型、叶、穗和花药

单倍体烟草



烟草单倍体和二倍体植株表型比较
(a) 植物的整株表型; (b) 烟草绽放的花; (c) 未开放的花; (d) 雌蕊; (e) 雄蕊; (f) 花药; (g) 果荚。

4、植物生物反应器

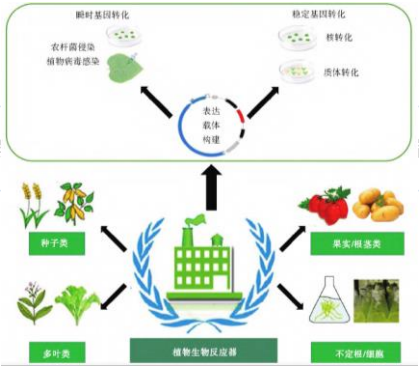
生物反应器：指利用生物系统大规模生产用于医疗保健和科学研究的有重要商业价值的外源蛋白。

植物生物反应器：指利用植物细胞或组织等生产具有医药价值或者重要功能作用的疫苗、医用蛋白、工农业用酶、生物可降解塑料、特殊碳水化合物、酯类以及其他次生代谢产物等。

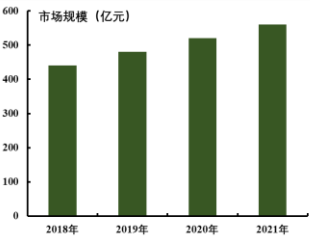
植物生物反应器的优点:

随着分子生物学和植物基因工程技术的迅猛发展以及分子医药和现代农业的交融融合，植物生物反应器已成为分子医药农业的核心内容，具有**操作简便、成本低、生产周期短、规模化应用潜力高、生态风险低、产品性能好**等独特优势。

植物生物反应器构建过程及体系

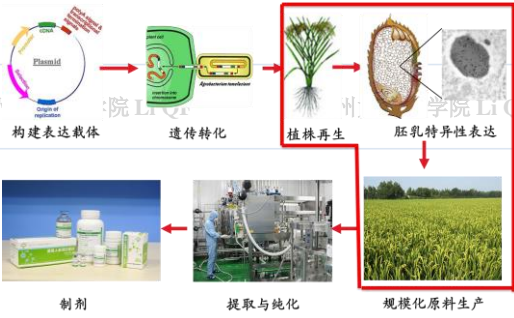


2018-2021年中国重组蛋白质药物市场规模



- 与以往的小分子药物相比，蛋白质药物具有高活性、特异性强、低毒性、生物功能明确、有利于临床应用的特点。
- 人们生活水平的不断提高及中国医保体系的不断完善都将促进中国蛋白质药物市场需求的增长。

植物生物反应器制药流程



农业生物药的Elelyso被FDA 批准上市



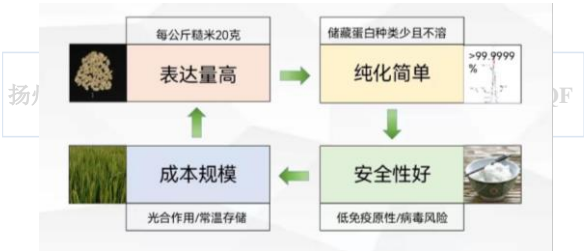
ELELYSO治疗I型戈谢氏疾病 (Gaucher disease)
病人缺乏葡萄糖脑苷脂酶基因

转基因水稻生产人血清白蛋白



生产重组人血清蛋白的转基因水稻，血清白蛋白纯度达99%，已获准环境释放并完成生产中试。3万亩水稻=2700吨血浆，预计未来每亩效益可达到12—16万元。

水稻源重组人血清白蛋白的技术优势



应用于医学的其他转基因植物



生产乙型肝炎抗原的转基因香蕉



抗艾滋病和乙肝病毒的转基因番茄



抗非霍奇金淋巴瘤的转基因烟草

5、能源植物

生物燃料：人类已知最古老的能源，目前依然是全球最大的可再生能源来源，占全球一次能源供应约 11%。

已从原来低效的原料直接燃烧发展成多种不同的供能形式，如沼气、生物乙醇和生物柴油。

不同形式的生物燃料都是以自然界中广泛存在的生物质为原料转化而来，由于原料廉价、丰富、可再生，因此生物燃料作为替代能源发展潜力巨大。



因为当今超过 90%的总生物燃料是由谷物或植物油等可食用生物质制成，容易造成全球范围的粮食威胁。

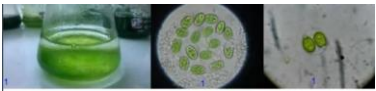
还有其他一些重要因素，如占地面积太大、用水量太多、产品收率较低、生产成本过高以及产品质量欠佳等也限制了生物燃料的发展速度。

为了克服上述困难，加快生物燃料发展速度，基因工程技术因独特的优势，可改善原料性质、优化发酵微生物特性以及提高生物燃料产率等。

基因工程技术提高微藻油脂含量

在生物柴油生产中，微藻作为新一代原料潜力巨大，但在开放环境中其油脂积累量很难超过 30%。

- 敲除柠檬酸合酶基因，将乙酰辅酶 A 结合到柠檬酸循环中，可以显著提高莱茵衣藻中三酰甘油(TAG) 积累量；
- 叶绿体中辅酶A(Co-A)生物合成中限速酶的过表达对微藻中的脂肪酸(FA)和 TAG 生物合成具有增强作用；
- 2型二酰基甘油酰基转移酶(DGAT-2) 过表达使海洋硅藻的 TAG 积累增加了 35%；
- 外源基因 LiGPAT 在莱茵衣藻中过表达可使 TAG 质量分数增加 50%。



转基因杨树

木质素能影响纤维素水解酶分解纤维素，极大影响生物燃料的生产。难以分解的酚醛聚合物木质素还成为了造纸生产的主要污染物，还会降低饲料被牲畜消化吸收的效率。

将当归编码阿魏辅酶A转移酶的FMT基因转入杨树，可将阿魏酰辅酶A连入木质素长链，随之被带入多聚物内的、易于断裂的酯链，使得木质素的裂解处理过程容易很多。



使用改进后的杨木木料进行工业生产，可大大减少木质素处理环节的技术难度和能源成本。

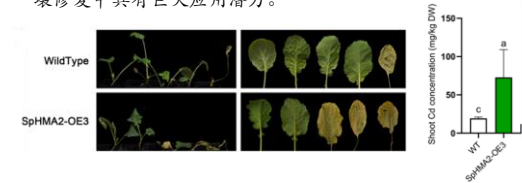
6、环境保护

- 拟南芥中导入野生芥菜锌转运蛋白基因ZAT，其根部吸收锌能力提高了两倍。
- 烟草中导入拟南芥Ca2+转运蛋白，增强了烟草对钙、镉、锰的积累能力。
- 在拟南芥中过量表达酿酒酵母液泡转运蛋白YCF1，提高了植物对高浓度铅、镉的耐受性，转基因植物叶、茎中金属富集量比对照高出2倍，且Cd2+等有很高的抗性，液泡中铅和镉的含量增加。

可修复重金属土壤污染的专用型转基因油菜

研究者将伴矿景天的重金属转运蛋白*SpHMA2*、*SpHMA3*和*SpNramp6*基因转入油菜中。

转基因油菜都具有较高的多金属吸附能力，能够通过多种重金属的协同作用激活多种金属转运途径，导致这些重金属在转基因油菜的叶和茎中非偏好积累，表现出在多金属污染土壤修复中具有巨大应用潜力。



第二节 转基因植物的安全性评价

一、转基因植物安全吗？

扬州大学农学院 Li QF

三、转基因植物的发展前景

一、转基因植物安全吗？

1983年第一例转基因烟草植株问世

1986年首批转基因作物被批准进行小规模田间试验

1996年首例转基因西红柿商品化种植

转基因生物技术以及转基因植物产品的研究和应用得到了快速的发展。

四大转基因作物

- 1996年、2003年、2011年、2019年转基因作物在全球的累计种植面积分别为0.017亿、0.677亿、1.3亿和1.90亿公顷，即2019年面积是1996年的112倍。
- 目前，发展中国家转基因作物种植面积已超过发达国家。种植的转基因作物共有14种，大豆、玉米、棉花、油菜仍是全球应用最广的四大作物。



随着转基因植物种植规模的不断增加，有关转基因植物安全性的问题的越来越受到广大民众的关注和争论，且逐渐成为社会的热门话题。



什么是转基因或者基因转移？

转基因是基因从一个生物体转移到另一个生物体（物种内、物种间）。

基因(DNA/RNA)是所有食物成分之一，我们每天都吃掉不计其数个基因。

除有活性的病毒以外，吃进去的基因在体内既不会繁殖、也不会转移的!!

基因在不同物种间、不同个体间、甚至个体内转移的现象在自然界普遍存在。

我们先了解下自然界常见的基因转移现象



物种间的基因转移与真核生物的起源密不可分

转基因与真核生物的起源:

动物和植物细胞的线粒体以及植物细胞的叶绿体，它们的基因组还保留原核生物的特点，推测是由于早期的原核生物的内共生演化而来。

从这一点来讲，生物起源于基因信息的交流，通俗一点，就是我们通常讲的转基因或基因转移。

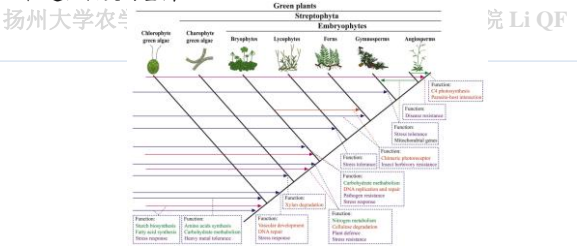
没有转基因，就没有生物的多样性。



水平基因转移与绿色植物适应性进化

水平基因转移：在具有生殖隔离的物种间的遗传物质交换，也被称之为自然发生的转基因。

绿色植物在由绿藻到被子植物、由水生到陆生的演化过程，是对不同环境的适应性进化过程，在此过程中获得了大量与适应性进化相关的基因。

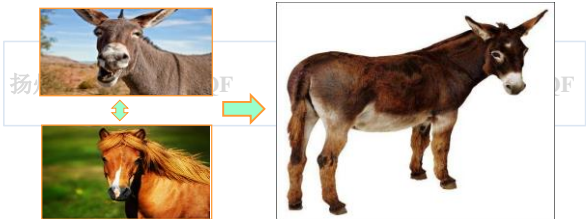


自然界里发生的杂交或传统的杂交
育种是基因大规模的转移

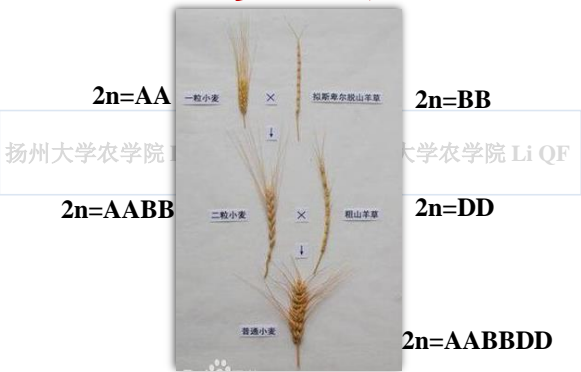
杂交：通过不同基因型的个体之间的交配而获得某些双亲基因重新组合的个体的方法。

- 将一个个体整套基因转给另一个个体
- 两套不同基因型的基因在一起会发生很多事情

驴和马天然交配产生骡子



小麦的进化历程



病毒可在细胞内或物种间不断转移

病毒分为DNA和RNA病毒，本身没有生命，必须借助于细胞完成复制和繁殖。所以，从生命的本质来讲，病毒是细胞内的一个组分，跟细胞密不可分。

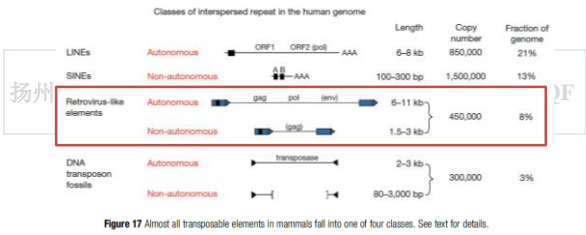
我们有时谈到病毒，就感觉可怕。实际上但很多病毒对宿主有益，或者无害，我们体内病毒的数量远远多于我们细胞的数量。

Cell：人体内隐藏了多少种病毒？
答案：至少140000种

人类和其他哺乳动物一样，身体被包括细菌、病毒和真菌在内的数万亿微生物占据，这些微生物被统称为共生菌群。从某种意义上来说，“人”是一个由人体和共生菌群的多元复合体。

人体肠道内寄生着大量细菌，这些肠道菌群的失衡，影响着人类肥胖、肠炎、自身免疫疾病、对癌症治疗药物的反应，甚至影响人类寿命等等。

人类基因组中大约有8%的病毒相关序列

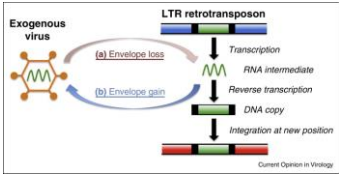


转座子的起源假说：病毒的转基因？

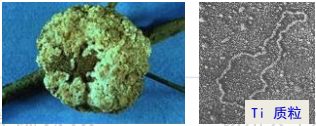
关于病毒和转座子的起源一直是学界的一个未解之谜。是病毒来自转座子，还是转座子来自病毒，都没有确切证据。

一些病毒也可把已有的转座子(连着基因)，从一个物种水平转移到另一个物种。病毒感染动植物后，最终可能演化成与动植物共生，推测是自然界生物演化的另一种动力。

例如人和哺乳动物独有的合胞素基因俘获逆转录病毒囊膜蛋白基因，如无该基因，胎盘就不会形成，也就不会有哺乳动物了。



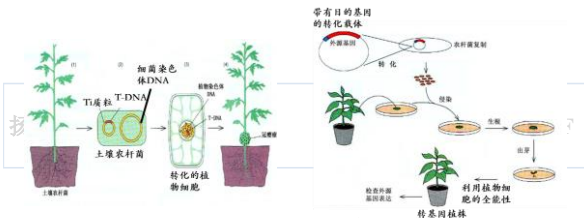
土壤农杆菌可以把自身基因转移到植物中



自然界中发生的转基因，就是土壤农杆菌可以把自己的一个巨大的Ti质粒中的一段称为T-DNA的序列整合到植物基因组中，产生生长素和细胞分裂素等，使植物细胞无序、快速分裂，形成类似肿瘤样组织，并产生一种特殊修饰的氨基酸，专供农杆菌利用。

这种农杆菌只能感染植物，不能感染动物，更不能把T-DNA转到动物基因组里去。

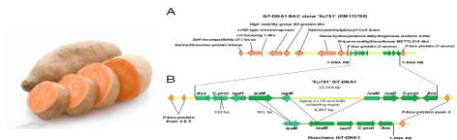
基因工程技术的原理



原来的Ti质粒很大，难以操作。科学家把它改造后，就可以把想转到植物中的基因加进去，对植物进行转化了。

红薯基因组测序结果表明，我们目前用的所谓“转基因”技术，自然界早就在利用了

291个甘薯栽培种的基因组DNA全部插入有至少一个土壤农杆菌的T-DNA片段（有4-5个细菌基因）。



转基因植物的食品安全性

- 没有绝对的安全
- 看转入的是什么基因
- 通过国家安全性评估的应该是安全的

联合国粮农组织(FAO)明确指出：

转基因食品是安全的也是合法的，迄今为止(转基因作物自1993年开始商业化)，在世界各地尚未发现可验证的、因使用转基因作物加工的食品而导致中毒或有损营养的情况。

自然界中存在很多对人体有毒的植物

植物中含的马兜铃酸，可以跟DNA形成加合物，是强致癌（肝癌）物。

鱼腥草含有马兜铃酰胺，也是致癌的。

对人类有毒的常见食品！！

- 1、对花生过敏的人，就不能吃；没煮熟的黄豆、四季豆等多种豆类含有毒蛋白（抑肽酶、尿酶、血细胞凝集素等，均为耐热的有毒物质），吃了会中毒。每年都有喝自己煮的豆浆中毒的报道；多数中小学不让卖四季豆，就怕大锅煮不熟。
- 2、各种霉变食品，尤其茶叶、各种果仁、花生、豆类、小麦、水稻、玉米等，会产生强致癌的**黄曲霉素**，**黑斑的红薯**，**红心甘蔗**（节菱孢霉菌，产生剧毒的3-硝基丙酸）。

其它常见有毒食品！！

- 1、鲜木耳中含有一种光感物质，人食用后，会随血液循环分布到人体表皮细胞中，受太阳照射后，会引发日光性皮炎。
- 2、鲜黄花菜又名金针菜。鲜黄花菜中含有毒物质秋水仙碱。
- 3、青西红柿未成熟的西红柿含生物碱，人食用后可导致中毒。
- 4、发芽或变绿的土豆，会产生龙葵碱，对神经有毒。
- 5、姜腐烂的生姜会产生一种叫**黄樟素**的致癌物质，可诱发肝癌、食道癌。
- 6、在强菌作用下，腐烂蔬菜中的硝酸盐还原成亚硝酸盐。

美国人吃不吃转基因食品？

- 美国是种植转基因植物最多的国家，2017年种植转基因植物**7504万公顷**，超过美国全国作物种植面积的**59.5%**，其中，**玉米**为3384万公顷、**大豆**为3405万公顷、**棉花**为458万公顷；
- 美国种植了10种转基因作物，其中**99%的甜菜**、**95%的大豆**和**93%的玉米**都是转基因的；
- 2017年美国开始上规模商业种植抗褐变的**转基因苹果**；
- 美国是转基因食品最多的国家，**70%-80%**的加工食品含有转基因成分（2013年数据），其生产的**绝大部分甜菜**、**80%玉米**以及**60%大豆**都是用于其本国消费。

二、转基因植物的安全性评价

安全评价内容：

- **食用安全**
- **环境安全**

1、转基因植物的食用安全

- 在食用安全方面，人们的担忧主要包括：
 - (1) 转基因食品是否对人体具有毒性？
 - (2) 转基因食品是否较传统食品更容易导致人体过敏？
 - (3) 转基因食品中的抗生素抗性基因是否存在安全隐患？
 - (4) 转基因食品是否存在其他不可预知的潜在风险，等等。

实际上，存在这些疑虑的主要原因是人们对转基因技术和相关科学背景知识缺乏足够的认识 and 了解，更多是高度聚焦的社会热点，而非科学争议。

例如有关Bt蛋白毒性问题：

- ✓ 昆虫摄食Bt蛋白后释放的无活性毒素前体
- ✓ 在肠胃碱性条件下转变为活性肽段
- ✓ 与昆虫肠道上皮细胞表面的特异性受体互作，引起细胞膜穿孔，扰乱细胞渗透平衡，最终导致昆虫肠道穿孔、无法进食而死。

对于人类：

Bt蛋白**热稳定性差**，加热后极易失活；
人类**胃环境呈酸性**，可将Bt蛋白降解；
人类肠道**不存在Bt蛋白受体**。

目前大规模种植转基因抗虫棉已近30年，未发现任何有关人畜因接触或误食Bt蛋白而中毒的报道。

过敏原风险方面，通过转基因在原受体植物中的确会产生新的蛋白，因此不排除存在成为新过敏原的潜在风险。

实际上，过敏是人类食品中普遍存在的一个问题，并非只会在转基因食品中出现。

例如天然食品黄花菜、老豆角和木薯中也存在有毒成分，均须经过严格的加工和去除有毒物质后才能食用。此外有少量人群对海产品敏感，甚至有人对番茄和坚果敏感。

因此，不管是转基因食品，还是天然食品，其过敏问题均应受到足够的关注与重视。特别是在转基因过程中，选择理想的受体植物和无过敏风险的目标蛋白对避免转基因食品可能的过敏问题至关重要。

在转基因植物中的抗生素抗性基因问题

- 创建转基因植物过程中，转化载体中包含抗生素抗性基因。
- 目前还未有研究证明抗生素抗性基因所编码的蛋白产物对人体有毒害。

转基因植物中的抗生素抗性基因基本不可能转移或扩散到肠道微生物中，其最大障碍在于DNA易被人体唾液腺、胰腺和肠道中产生的DNA酶降解。

新转基因策略可彻底解决转基因植物中抗生素抗性基因潜在风险问题。如共转化系统、CRISPR/Cas基因编辑技术等。

2、转基因植物的环境安全

- 基因漂移
- 杂草化
- 对非靶标生物的影响
- 对生态系统影响
- 靶标生物的抗性

3、转基因植物安全性研究和管理

(1) 食用安全性评估

(2) 环境安全性评估与监测

食品安全与人体健康评价

关键成分分析：基于“实质等同”原则的基本评估方法

营养学评估：该评估应遵从个案分析原则

过敏性：是否来源于已知的过敏源；是否有抗原决定簇；与已知的过敏蛋白是否有相似结构；是否容易被消化降解

毒性：是否来源于有害生物，动物饲喂实验，包括急性毒性、亚慢性毒性实验（30天、90天的动物饲喂实验）

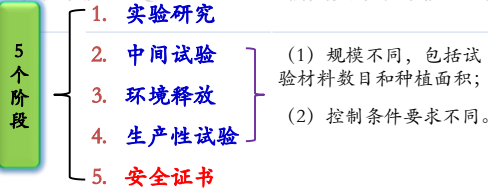
致畸：精子致畸实验

致癌：Ames实验，即利用微生物做的致突变实验，排查致癌作用

环境安全评估与监测

风险评估和风险管理是解决包括转基因植物在内的所有新技术、新产品安全性的相辅相成、缺一不可的手段。

转基因植物在商业化生产应用前均按相关法规、要求开展了食用和环境等安全性评价



环境安全评估与监测

在后续商业化生产和应用过程中仍有必要开展系统和长期的环境监测等环境安全管理措施，从而有效掌握转基因植物大规模生产应用后对环境的实际影响。

并根据监测数据客观判断、及时发现可能产生的不利影响，以便后续及时采取针对性的安全管理措施，确保转基因产业持续、安全、健康的发展。

目前，《卡塔赫纳生物安全议定书》是转基因生物安全领域的国际法。

我国的转基因植物环境安全与监测

- 一方面借鉴欧美的普遍做法，另一方面结合我国具体国情，成功建立了包括1个国务院条例和5个部门规章在内的法律法规体系。
- 根据《**农业转基因生物安全管理条例**》要求，农业转基因生物安全评价的标准和技术规范由国务院农业行政主管部门制定。
- 截至2021年1月，农业部/农业农村部共发布**农业转基因生物安全标准230项**，其中包括47项环境安全检测标准。



转基因是必须抢占的新赛道

为什么一定要搞转基因？

农业农村部表示，在当前，以转基因为代表的生物育种是育种领域的革命性技术，是**必须抢占的新领域新赛道，并不是可有可无、可用可不用的。**

农业转基因技术在增加作物产量、减少病虫害损失、减少化学杀虫剂使用、节省人工成本等方面发挥了不可替代的作用。

农业农村部指出，转基因技术研发我国并没有缺席，在20世纪80年代启动的863高技术研究计划和20世纪90年代启动的973基础研究计划中早有部署、持续跟踪。从试点看，转基因玉米大豆抗虫耐除草剂性状表现突出，对草地贪夜蛾等鳞翅目害虫的防治效果在90%以上，除草效果在95%以上；转基因玉米大豆可增产5.6%-11.6%。

在推动试点的同时，相关部门根据《种子法》《食品安全法》《农业转基因生物安全管理条例》等法律法规严格监管，依法打击制种、育种、种植、加工、销售等环节违法行为，落实产品标识管理制度，确保产业化应用规范有序。

三、转基因植物的发展前景

- 世界人口不断增长，而可用耕地不断减少，且极端天气频现的情况下，如何保证人类的粮食安全是我们最应关注的重要议题。
- 转基因技术作为可用于生物育种的先进技术，开展针对性强的改良，提高作物的产量和品质，进而极大的缓解当前人口众多、粮食缺乏的局面。
- 转基因植物及其产品的安全性很高，应用前景也十分光明。目前，已批准商业化的转基因作物及其产品均经历了非常严格的安全检测检验，监管措施严格。

这些都是谣言！

农业农村部指出，安全性是转基因品种产业化的基础和前提，转基因产品上市前都要经过科学的、全面的、严格的食用安全评价和环境安全评价，**经过批准的转基因产品都是安全的。**

至于传说中的转基因食品会致癌、引起不孕不育、影响后代等，**都是谣言。**

有关部门和专家用科学试验和生产实践的大量数据事实多次予以澄清，但在互联网上仍然反复出现，误导了不少人，这些谣言中，有的是道听途说，有的则是别有用心。

➤ 我们应该以更为客观、公正的态度对待转基因产品，即明确转基因产品的安全风险主要关注点在于表达的外源蛋白潜在的毒性及致敏性，而非转基因技术本身以及农杆菌转入植物的T-DNA。

➤ 政府部门、学校、科研院所应更多地参与介绍、宣传转基因植物相关的科学理论，提高大众的认识水平和判断能力，正确引导舆论。

➤ 我国现已成功建立了较为完善的法规、管理和包括安全评估在内的技术支撑体系。

➤ 转基因作物不但在农业、经济、社会等方面都产生了良好的效益，且提高了作物产量、改良了品质，增强了食品安全性，有效保证我国乃至世界的粮食安全。