

千秋

自然  
二

农作物基因改造  
为人类解决了什么问题？  
又带来了什么问题？  
第一本东南亚华文科普书  
为你亲切有趣的揭开谜底！

附名词解释、生物科技Q&A及延伸阅读

# 转基因

何乃健

# 转乾坤





何乃健

祖籍广东顺德，1946年生于泰国曼谷，1953年移居檳城，现为马来西亚公民。马来西亚大学农学士，马来西亚理科大学生物学硕士，曾任职吉打州慕达农业发展局（MADA），负责这个全国最大稻产区有关水稻双造种植的农艺技术推广及训练工作。现为稻作学顾问。

曾以英文、马来文发表百余篇农学论文，大部分在国内与国外的研讨会中宣读。多篇论文被选入国际水稻研究所（IRRI）、联合国粮食及农业组织（FAO）、英联邦农业署（CAB International）与日本国际农业科学研究中心（JIRCAS）的论文集。

曾获雪兰莪中华大会堂及潮州八邑会馆统一学术文艺出版奖诗歌奖（1978年），马来西亚华人文化协会主办第四届文学奖的散文奖（1982年），以及第七届文学奖翻译奖（1985年）。

著有诗集《碎叶》、《流萤纷飞》、《裁风剪雨》、《双子叶》；散文集《那年的草色》、《浙沥的檐雨》、《稻花香里说丰年》、《禪在蝉声里》、《逆风的向阳花》，评论集《荷塘中的莲瓣》，以及大将出版的《含泪为大地抚伤》（与田思合著）、《惊起一滩鸥鹭》（与秦林合著）。



何乃健敬贈  
2012年7月26日



千秋

自然系列 05

# 转基因，转乾坤



何乃健 著

大将事业社 出版

千秋  
自然  
05

大将出版品第 166 种

## 转基因·转乾坤

作者：何乃健  
执行主编：王兆骢  
策划编辑：徐婉君  
封面设计：刘民杰  
校对：何乃健  
图照提供：何乃健

社长：傅承得  
发行人：傅兴汉  
创意顾问：游川、林福南  
法律顾问：吴汉强、王瑞隆律师  
市场经理：梁胜义  
市场执行员：李蕙杉

出版：大将事业社（马来西亚）

发行：大将事业社（马来西亚）

MENTOR PUBLISHING SDN BHD (473710-T)

4, Jalan Panggong, 50000 K.L., Malaysia.

Tel:03-20266288 Fax:03-20266266

E-mail: mentorpoh@pd.jaring.my

web site: mentor.com.my

印刷：Superb Innovation Sdn. Bhd.

第1版第1刷：2002年9月01日

定价：RM 16.00

**著作权所有·侵害必究**

国际书号：ISBN 983-2385-67-9

图书分类：

Perpustakaan Negara Malaysia Cataloguing-in-Publication Data

Ho, Nai Kin, 1946-

[Zhuan Ji Yin, Zhuan Qian Kun]

转基因·转乾坤／何乃健著

（千秋自然；05）

ISBN 983-2385-67-9

1. Genetically modified foods. 2. Agricultural biotechnology.
3. Food-Biotechnology. I. Title. II. Series: Qian qiu zi ran; 05 363.1929

# 本书如有缺页、破坏、装订错误，请寄回本公司调换。



# 宽宏而热忱的教育者

●高玉梅

乃健先生是我的前辈，我不过是他的一名读者，因为工作上的关系，我们不时会在南洋商报碰面，在食堂里喝咖啡。去年，当他告诉我打算出版有关基因改造食品的书时，我就觉得很高兴，因为这确实是本地农学与科学界不应缺少的一本书。凭着他一贯的专注与高效率，这本书终于如期出版。

多年前，我曾经是太平的佛学写作班里听乃健先生讲课的一名学员。一次在檳城理工大学的毕业典礼上，得知他刚获得生物学硕士学位，感到即吃惊且佩服。从此，我对他的认识即建立于文学、佛学以及农业这三个基础上。

在《南洋商报》担任记者的这几年，我对基因科技的课题产生兴趣，曾经邀请乃健先生在相关的研讨会主讲，基因食品因此也成为我们的共同话题。他在本书中的多篇专文还在《农牧世界》连载时，其实就已经是帮助我了解基因食品的读本。

乃健先生对科学的态度认真，对每一项论点与例证绝不含糊。他大量收集有关农业基因科技的资料与报





导，对于不确实或者观念错误的例子，都尽力予以指正，投入与专注的态度令我非常惭愧。他最近从工作岗位退休了，心情轻松之余，对于推广基因科技的普及教育更是不遗余力。

对于基因食品以及基因科技，乃健先生的立场是中立而倾向乐观与肯定，而我的看法却是尽量客观而偏向于迟疑及保守。由于他过去在工作上经常接触到田里劳作的农民，加上他对农业的专业认识，他相信基因科技即使有一些微小风险，却是可以落实改善农产、克服饥饿的新曙光。至于我自己因为新闻从业员的身分，加上过去工作机构的影响，却认为基因科技与农业粮食的问题始终离不开国际贸易与政治经济的议程，所以选择抱持一种观望与保留的立场，视基因科技为跨越了科学，涉及社会、经济乃至政治的议题。

我在进行有关基因科技的专题报道时发现，意见冲突总是源自于缺乏理性的沟通以及整体性的视角。这种情形，对那些积极宣扬基因科技如何优秀的人如此，对那些极力反对基因工程如何可怕的人也如此。

从乃健先生在〈一粒粟中藏世界〉中所说，可以看出他对基因科技在农粮发展上的潜在利益充满信心，实在是发源于佛家的慈悲心怀。也是基于如此的情怀，他对于四周诸多反对或抨击基因科技的言论，总能抱着不愠不火的态度，只希望能够以科学理性来加以说服，而不会卷入过于情绪化的论争。我想，这种以事论事的科学态度，以及锲而不舍的求知精神，非常难得及

令人敬佩。也因为这样，我们在看法上虽不尽相同，并无损于我们在此课题上的沟通。

乃健先生是我的前辈，也是我的老师；我不过是他的一名读者。能够在他的专书里写这一篇小文，是我的荣幸！

作者现为《南洋商报》副刊策划编辑  
英国伦敦经济与政治学院硕士



宽宏而热忱的教育者





转

自序

基  
因

# 转基因，转乾坤

转  
乾  
坤

三十年前，我怀着激情与憧憬，来到了鱼米之乡的吉北大平原，参与慕达农业发展局正如火如荼地推行的双季稻种植计划。当年，大部分的水田里，仍然栽种生育期漫长的传统水稻品种。这些对光周期（photoperiod）具有敏感反应的稻种，只适合单季种植。为了配合双季稻的拓展，育种学家接二连三地向稻农推介生育期短、分蘖力强、根系发达，秆茎矮硬和穗大粒多的高产品种。这项以良种为主导，配合改善灌溉设施和强调合理施肥的革新运动，在农业文献中被誉为“绿色革命”。

在廿世纪七、八十年代，绿色革命的广泛推行，确实提高了水稻单位面积的产量，实现了一年两熟的梦想。慕达灌溉区里的稻农，从1960年代末每公顷年产约三吨，提升至每季四至五吨，或年产九至十吨的稻谷收成。雪兰莪西北区的适耕庄，成就更令人刮目相看。那儿的华裔稻农从绿色革命中受惠，目前每公顷的水田里，每季能收割九吨，甚至十吨的稻谷，或每年可获得十八至二十吨的收成。普遍上马来西亚稻农的生活水



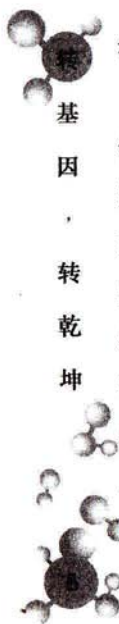
平，已因收入增加而大幅度提升。

至于其他发展中国家，例如印度，绿色革命已将过去常闹饥荒的国度，改变为净粮食出口国。由1967年至1978年，印度的粮食生产提升了30%。粮食增产已避免了大饥荒在这个亚洲大国中出现。反观非洲大陆，因为没有积极推行绿色革命，饿殍遍野的饥馑一再重演。

然而，绿色革命并没有令所有发展中国家的农民完全脱离贫困。农民仍然会因为亢旱、水患和其他自然灾害而受到歉收的打击。贫农被逼迁往瘠土上耕作，终年在这个恶性循环的劣境中挣扎求存。正因为绿色革命仍存在许多不足之处，因此农民迫切需要能抗逆的作物品种，来将农业生态中不断出现的难题克服。生物技术的推展，引进了第二次绿色革命；并以瘠土上挣扎的贫农为服务对象，帮助他们更有效地治理病害、虫害和草害，营造更安全的生态环境，减少对传统除害剂的依赖。在2001年，超过四分之三从种植基因改良作物中受惠的农民，是缺乏资源的农民。这些小农民以种植Bt棉为生，主要来自中国八个省份和南非瓜殊鲁那塔省的马卡蒂尼平原（Makathini Flats）。

经过深入思考与广泛阅读生物技术的文献，我逐渐由怀疑，转向肯定转基因作物的贡献。我同意人口的迅速增长、森林与湿地的不断开发，是造成许多生物的栖息地遭受无法逆转的破坏，以及促成物种不断消亡、生物多样性不断消失的主因。生物技术的发展，已为人类尝试利用有限的耕地来达致丰衣足食这个崇高的理想，



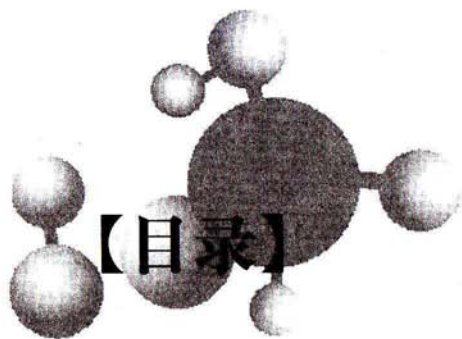


带来了一线曙光。

过去两年，我每个月为《农牧世界》的专栏〈生物新天地〉写一篇以生物技术为主题的文章；我也在过去两年参与了多场有关转基因食物的辩论与讲座。这本书中的二十篇文章，是我这些年来从事科普工作的一些小小心得。我谨在此向两位引导我进入生物技术这个新领域的挚友，即国际水稻研究所（IRRI）的前任植物病理学家邓炳祥博士（Dr. Paul. S. Teng），与国际农业生物技术获取与应用协会（ISAAA）的东南亚中心总监联迪·豪蒂雅博士（Dr. Randy Hautea）致以深深的敬意。我也在此谢谢玉梅在百忙中为这本小书写序。

稿于 2002 年 8 月 1 日

（参与水稻研究和推广工作三十年的纪念日）



# 【目录】

序：宽宏而热忱的教育者 / 高玉梅 ..... 3

自序：转基因，转乾坤 / 何乃健 ..... 6

细胞里的哑谜 ..... 11

基因工程的魔术棒 ..... 16

生物技术的新里程碑 ..... 22

转基因作物带来曙光 ..... 27

转基因作物与食品安全 ..... 32

Bt 作物对抗虫的贡献 ..... 37

星联玉米的启示 ..... 42

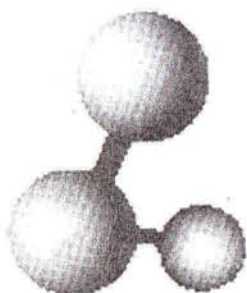
Bt 玉米无损帝皇蝴蝶 ..... 47


耐除草剂作物与环保 ..... 53

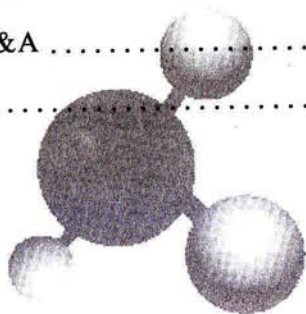
基因改良是控制病毒的新防线 ..... 59

转基因作物的抗生素抗性基因危险吗？ ..... 65





固氮生物工程对水田生态有益 .....	71
自然真的不可改良吗? .....	76
谁从基因改良中获益? .....	81
操控基因会威胁人类吗? .....	87
少耕免耕法保持土壤肥力 .....	93
转基因细菌会毁灭所有植物吗? .....	100
浅谈标签和专利权 .....	105
让贫农从生物技术的发展中受惠 .....	111
 一粒粟中藏世界——浅析基因中涵容的禅理 .....	117
名词解释 .....	129
生物技术 Q&A .....	147
延伸阅读 .....	157





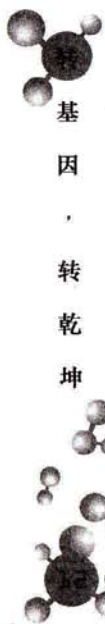
## 细胞里的哑谜

综观人类文明发展史，我们肯定会发现，“民以食为天”这句至理名言，千年不变。天灾或人祸造成的大饥荒，往往是社会动乱的主要导火线。世界各国精明的统治者皆深切了解，巩固政权最佳的措施，就是优先处理老百姓吃饭的问题。

1960年代初期，许多发展中国家为了解决人口不断增长而形成的粮食危机，决定在农村里致力推行促进作物增产的绿色革命。这场农业科技大改革的重点，是以培育矮秆、早熟、耐肥、高产的优良品种为主，配合科学施肥与灌溉设施来提升作物的单位面积产量。以马来西亚的水稻为例，绿色革命的推行，成功改变了农村的面貌。以往只能种植单季稻的水田，通过良种的引介，终于实现了一年两熟的梦想。位于马来半岛西北端的慕达灌溉区（Muda Irrigation Scheme），稻农从1960年代每公顷年产三吨左右的收成，提高到每季四、五吨，或每公顷年产九至十吨的收成，生活水准也因收入增加而大幅度提升。

在双季稻的推广过程中，稻农每次面临虫害的侵





袭，皆以化学防治来解决问题。由于过度依赖农药而忽略了水田生态管理的原则，结果无限制的应用广谱性剧毒除虫剂（**broad spectrum insecticides**），造成害虫抗药性增强，农民健康也因长期接触剧毒化学物而受损，农业生态系统也因药物残毒而失衡。

为了提高农作物的产量与改善粮食的品质，并且摆脱现代农耕技术过分依赖化学品而造成土地沙漠化、盐碱化与酸化的负面影响，科学家于二十世纪七十年代开始积极进行分子生物学的研究与开发。经过二十余年的努力，生物技术(**biotechnology**)终于取得突飞猛进的发展。通过基因转换与分子标识来协助选种，多种转基因作物(**transgenic crops**)品种已能作商业性大面积生产。

然而，自从转基因食物于1990年代中期向消费人广泛推介之后，反对的声浪开始频频出现。一些反对者甚至以“科学怪人食品”来称呼基因改造食品。反对者认为转基因食品可能对人体健康构成威胁，转基因作物也许会造成新病原出现，使抗生素无法发挥治疗作用而引发致命的危险。有些反对者担心，转基因作物的广泛种植，会令自然生态与生物多样性(**biodiversity**)受到破坏。

正当赞成与反对生物技术的双方正在热烈论战之际，我觉得有必要和关心这个论题的朋友重温几个与遗传学有关的基本原理：

（一）所有生物体(**organism**)皆由细胞与细胞营造的物质构成。有些生物如细菌与变形虫只有一个细胞。绝大部分植物与动物皆由许多细胞组成。细胞体积很



小，必须借助显微镜才能够观察其真貌。

(二) 一个生物体内的每个细胞，都含有完全相同的基因(gene)。所谓基因就是负责遗传功能的单位。脱氧核糖核酸(DNA)是构成基因的物质。

(三) DNA 的分子为双股或双螺旋(double strand 或 double helix)。每股由许多核苷酸(nucleotides)连接成长链。每个核苷酸由一个磷酸(phosphate)、脱氧核糖(deoxyribose)与含氮碱基(base)组成。

(四) 含氮碱基分为腺嘌呤(adenine，代号A)、鸟粪嘌呤(guanine，代号为G)、胞嘧啶(cytosine，代号为C)、与胸腺嘧啶(thymine，代号为T)。这四个遗传密码有固定配对方式，即A配对T，G配对C。(如图1)

(五) 基因内的遗传讯息由碱基的排序方式决定。每三个相邻的碱基，编成一个氨基酸(amino acid)的密码子(codon)，如AAG与AAA这两个密码子是制造一种称为苯丙氨酸(phenylalanine)的讯息基础。4种碱基总共形成64个密码子的组合，这些组合决定20种氨基酸的制造。

(六) 氨基酸连合起来，就形成蛋白质(protein)的分子。蛋白质是构成细胞的重要因素。

(七) 一个生物体内的每个细胞虽拥有完全相同的遗传讯息，然而每个细胞在操作时，只发挥与其有关的基因所操控的作用，例如：肝细胞不制造皮肤特有的蛋白质，而皮肤细胞也不制造纯属肝脏所有的蛋白质。



(八) 细胞内由所有基因聚合而成的基因组 (genome), 可以培育出一个完整的生物体。因此, 理论上, 每个成熟的有核细胞, 例如, 从白兔体内取出任何一个有细胞核的体细胞 (somatic cell), 经过精心培育, 皆可能成长为一只与母体完全相同的白兔。五十年前人类已成功将一个红萝卜的细胞, 培育成一株独立生长的红萝卜。

(九) 每个生物体, 无论低级如细菌, 或高级如哺乳动物, 皆使用由DNA的4个密码 (即A、G、C、T), 所构成的共通遗传语言 (genetic language)。例如, 所有生物都会按照 ATGGCCCTG 这3个密码子的DNA序列, 制造出胰岛素分子的其中3个氨基酸, 即蛋氨酸 (methionine)、丙氨酸 (alanine) 和白氨酸 (leucine)。因此, 若将人体中的胰岛素基因谱 (genetic recipe) 转移入大肠杆菌 (E.coli) 里, 那么, 经过基因改良的细菌, 就会按照这个谱来为人类制造医疗糖尿病的胰岛素。

英国一位科学家麦格尔 (Mike Gale) 于1990年代在剑桥进行了长期研究之后发现: 不同物种 (species) 的染色体中基因的排序, 有时竟出乎意料之外的相似, 如小麦、稻米与玉蜀黍有些染色体的基因排序相同。这种暂译作共序 (synteny) 的现象显示以上3种禾本科作物很可能源自一个共祖 (common ancestor)。还有一点更令人惊讶的是: 人类细胞内第二十一号染色体上主要部分 (major sections) 的基因序列, 竟然与老鼠的十

六号染色体的基因序列相同！

当我们深入探索这些细胞内由造物主设置的哑谜，从而进一步了解遗传学的基本原理，我们会更能体悟众生平等的禅机。人类的细胞，其实与池塘里的蝌蚪、草丛里的蚱蜢、森林里的巨象、深海里的抹香鲸体内的细胞，都具有很多非常接近的基本结构、生理现象和化学反应。我们对这些基本原理多一分了解，就能对转基因食物多一分新的认知。难怪梵蒂冈一位天主教的发言人说：“当你了解生物技术，你将不再害怕它！”(If you know biotechnology, you don't fear it)。



图 1：DNA 硷基配对图



# 基因工程的魔术棒

人类的祖先从野蛮迈向文明的艰苦历程中，为了觅食充饥，必须发挥群体的力量挣扎求存。先民在恶劣的生态环境中经历了采集、狩猎、围牧的阶段之后，于八千至一万年开始学习以耕耘与种植作物来满足对粮食的需求。在进行农耕与畜牧活动时，先民从观察中发现作物与牲畜能够通过生殖繁衍，将一些生理与形态特征传递给下一代，然而，他们对于遗传因素的作用与结构，却始终无法深入了解。

1866年，奥地利的孟德尔（Gregor Mendel）以豌豆杂交完成了一系列的实验，终于建立了遗传因子的概念。二十世纪初，莎顿（Walter Sutton）与波卫理（Boveri）发现遗传因子位于细胞核中的染色体（Chromosomes）内，并以基因（genes）作为这些遗传功能单位的科学名称。1944年，科学家阿卫力（Avery）证实DNA是构成基因的物质。1953年，华森（James Watson）与刻理克（Francis Crick）提出了DNA双螺旋的分子模型与4个遗传密码，即A（Adenine）、T（Thymine）、C（Cytosine）、G（Guanine）。这



项遗传学研究的大突破，成为生命科学重要的里程碑。

对于所有基因在一个生物体中聚合而成的基因组 (genome)，励礼 (Matt Ridley) 曾作出一个非常形象的比喻：如果我们将水稻的基因组喻为一本厚甸甸的书，那么，当我们翻阅这本书时，将发现书里总共含有十二章，每一章由一对染色体编撰而成(水稻共有十二对染色体)。这本书中的每一章内都容纳了数千个有趣的故事，每个故事都被称为基因(换言之，每个染色体上包含了数千个基因)。这些故事都由许多拼音文字组合而成，然而每个字只有3个字母，而这3个字母只来自 A、G、C 及 T。我们称这些拼音文字为密码子(每个密码子由三个相邻碱基或遗传密码拼凑出来)。如果我们以电脑术语来阐释细胞核中的整个遗传系统，那么，DNA 可以被视为细胞中的软体程式，作用是指挥细胞进行各种与生理有关的化学功能。



自从人类对基因有了更透彻的认知后，很多科学家开始将研究的重点集中于基因的结构、密码的序列，与识别基因的作用与潜在功能。这些研究员锲而不舍的努力，终于在1973年鉴定了将个别基因分离出来的方法，并于1980年代成功研发出重组DNA的革命性突破。这项崭新的生物技术，使人类能够在试管中，将一个物种的DNA剪接，然后将这些遗传物质搬迁到另一个物种的细胞核中。这种重组DNA的科技 (recombinant DNA technology)，泛称为转基因或基因改良 (genetic modification，简称 GM)，也有人称这种技术为基因

工程 (genetic engineering)。

从农业发展的角度观察，经过基因改良的农作物，究竟与传统的育种法培植的作物有什么差别呢？

为了阐述传统的育种方法，我们在此以水稻作为例子。水稻是自花授粉作物 (self pollinated crop)，因此每一个品种之遗传成份均为纯质。若以人工杂交技术，将一个品种的雄蕊中的花粉 (pollens)，纳入另一个品种的雌蕊之柱头 (stigma)，通过异株授粉，就能结出杂交的新种籽。这些杂种的第二代经过个体选拔试验，精选出来的优秀品种，可用于系统栽培。以马来西亚的稻种为例，MR185 号的稻种，是以 Y1056 品种的花粉授予 MR133 品种的柱头。花粉长出细管，通过花柱进入母体的子房，经过精卵结合，终于形成新品种。这种传统的育种方法，需要很长的时间来淘劣选优。育种学家很可能以这种方式制造了数千个变种，再经数年筛选之后，才育出一两个优秀的稻种。运气欠佳的话，可能经过多年努力，仍无法获取心目中理想的新种。造成优良品种难觅的原因是：为了结合高产与高品质的遗传因素于同一个新品种的过程中，一些不良的遗传物质，如茎秆脆弱而容易倒伏，或抗病性能低劣的基因，也随之进入这个新品种内，结果这个高产与优质的品种，由于其他缺点的出现而受到育种学家摒弃。

反观以生物科技培育出来的转基因作物，由于科学家从构建作物的基因图谱 (genome sequence) 过程中对基因进行定位，并且能够精确地从作物细胞核中提取



有用的DNA片段，转移至另一种作物的细胞核中，以改良作物的性状，结果很多传统育种法所造成的负面影响皆可避免，而作物育种的进程也能更快速地完成。在重组DNA的过程中，科学家所应用的工具是限制性片段内切酶(restriction endonuclease enzymes)与载体(carriers或vectors)。酶是生物体内的催化剂，负责所有新陈代谢作用(metabolism)的进行。限制性片段内切酶像一把充满智慧的剪刀，能够在DNA的长链上识别出特定的密码，并将所需的片段切割出来，然后由另一种连接酶像浆糊一样，转接到载体去。一般上常用的载体是以土壤杆菌(Agrobacterium)为主。通过这种细菌的高速繁殖，被切割出来的那片具有特定性能的DNA，也随之在细菌载体内大规模生产，并且依赖这种细菌进入作物的细胞，将特定的遗传物质搬到作物中，使之形成一个具有优良性状的新品种。



除了以细菌为载体或媒介，科学家也发明了基因枪(gene gun)，将附有DNA片段的微型子弹，以高速直接射入作物的细胞核内的染色体，然后通过组织栽培(tissue culture)培养出完整的转基因植株。以水稻为例，生物工程学家在培育具有抗虫性能的苏云金芽孢杆菌(Bacillus thuringiensis，简称Bt)水稻时，主要以基因枪来进行转基因的工作，原因是土壤杆菌通常只能感染双子叶植物(dicotyledon)，由于水稻属于单子叶植物(monocotyledon)，因此在基因转移的过程中面对许多技术问题。

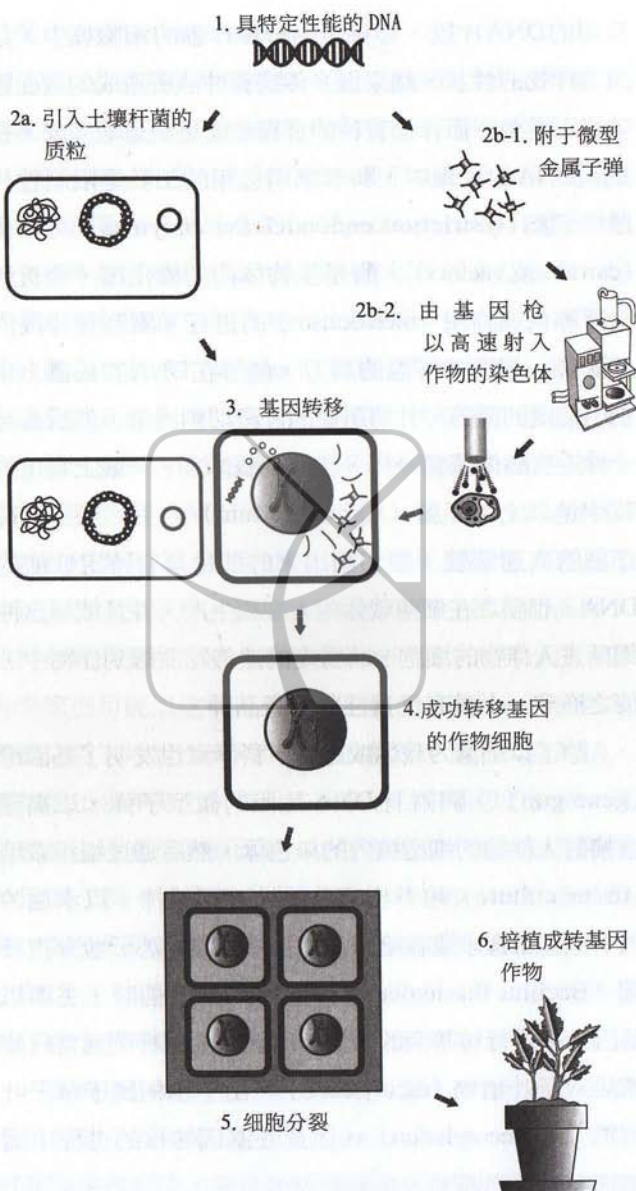


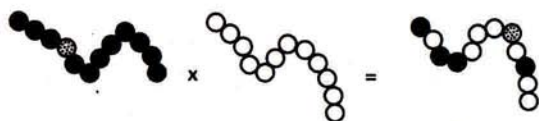
图 2：传统转基因法与基因枪转基因法



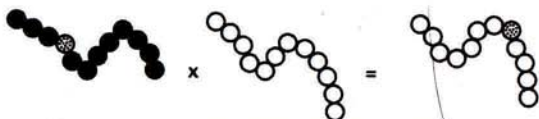
自从转基因作物成功研发之后，反对的声音开始不断涌现。很多反对者相信，任由基因工程毫无节制的发展，很可能干扰大自然的演化，对生物多样性会带来无法弥补的破坏。反对者也担忧转基因作物的发展，会使瘟疫与灾害出现。至于赞成转基因食品的人士呢？他们认为重组DNA的危险性很低，一些转基因作物的负面反应，都因为反对者的偏见而受到夸张渲染。过去将近二十年的实验室与田野研究结果显示，并没有人因食用转基因食物而健康受损。

论及新科技可能造成的风险，我在此引用中国农业科学院生物技术研究中心一位杰出的科学家贾士荣先生的话，以供大家参考。贾先生在1999年第六期的《生物技术通报》中说，当火车刚开始载客服务时，一些大惊小怪的人惊恐万分，担忧时速一旦超过45公里，将会引起大脑损伤。现在，科技发展日新月异，子弹火车（bullet train）的时速，一般上已超过三百公里。

我们的脑袋呢？



传统育种技术将大批基因转移入培育品种内



基因改良技术只将特定性能基因转移入培育品种内

图3：传统育种技术与基因改良技术比较

# 生物技术的新里程碑

有一位科学家曾经这么说：二十世纪最具争论性的生命科学课题，就是发展转基因作物的生物技术（**Biotechnology**）。生物技术这个名称，有不同的译名，如：生物科技、生物工艺学以及生物工程等。

基本上，生物技术可以分为传统生物技术与现代生物技术。古代的先民利用微生物来酿酒、制醋，造乳酪等传统生物技术，为食品加工行业带来无限的商机和庞大的经济效益。

从1970年代开始兴起的现代生物技术，利用高度精确的科技，将不同物种的基因分离、剪切、拼接、重组，然后在细胞内大量复制。这种由人类通过基因转移创造出来的新生物品种，使人类跨越生物的物种界限，并且克服了动物与植物的杂种不孕难题。这项新颖的生物技术，被喻为工业革命以来，最伟大的科技创举之一。

1970年代中期，重组DNA的生物技术（**recombinant DNA technology**）出现了之后，这种崭新的科技，能够将分类学上毫无关系的物种基因缀合，就像一架巧夺天



工的缝纫机，能够將两块图案与品质各异的布料，缝合成一件令人叹为观止的新衣。

1983年，科学家将人类操控生长荷尔蒙的基因成功植入小鼠的胚胎，使小鼠的生长速度与体积等于普通小鼠的两倍。这种转基因小鼠即使经过很多世代的繁衍，仍能继续在后代体内表现出这个人类基因的功能。

1986年，科学家将萤火虫发光的基因，引入烟草细胞核内的染色体中，烟草的遗传结构装配了这个新的基因后，叶子竟然发出美丽的萤光来。

1992年，中国第一次将转基因烟草商业化。

1994年，美国的一家生物技术公司加尔基因(Calgene)第一次向市场推介转基因的延熟番茄(delayed ripening tomato)。这种以Flavr-Savr为商标的转基因番茄，一直受到反生物技术人士的误传，认为北极深海内一种比目鱼的抗冻基因，已被引入这种番茄的细胞，因此不再适合素食者食用。事实上，转基因番茄并不含任何鱼类的基因，它的延熟特性，源自一个倒置的番茄基因(inverted tomato gene)。

从1992年至2001年，全球参与转基因作物商业化种植的国家，正逐渐增加。位于菲律宾的国际农业生物技术获取与应用协会(International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications，简称ISAAA)2001年的报导中称：全球总共有15个国家积极推广转基因作物。这些国家包括美国、阿根廷、加拿大、中国、南非、澳大利亚、墨西哥、保加利亚、乌拉圭、罗



马尼亚、西班牙、印尼、德国和法国。

目前，主要的转基因作物是大豆、玉蜀黍、棉花、油菜、马铃薯、烟草和南瓜。这些转基因作物的总面积，已由1996年的170万公顷，快速增长至1997年1千100万公顷，以及1998年的2千780万公顷。到了1999年，更以44%的增长率将耕作总面积推展到一个新的高峰，即3千990万公顷。这个庞然的转基因耕作总面积，超过英国总面积的1.5倍。转基因作物于2001年第一次跨越5000万公顷这个重要的历史里程碑，全球转基因作物的总面积（5千260万公顷），已超过了两个英国所有土地的总和。

在2001年里，全球46%的大豆，20%的棉花，11%的油菜，7%的玉蜀黍已由转基因品种取代。1996年至2001年的短短数年间，转基因作物的总种植面积竟然增长了25倍以上，确实令人惊讶。转基因作物能够被农民广泛接受，显示这种新科技的产物，真正能够满足农民的要求。农民能够以这些新品种来配合更具伸缩性的作物管理法，不但可以减低生产成本，而且还能获得丰收，从而提高农作带来的利润。由于农药的应用减少了，农业生态环境中的生物多样性与永续性将能获得更完善的保持。

以种植面积来说，全球最主要的转基因作物种植国是美国（68%），其次是阿根廷（22%），接着是加拿大（6%）与中国（3%）。

以作物来说，全球转基因作物的总种植面积中，大



豆约占63%，其次是玉蜀黍，约占19%，然后是棉花（13%）与油菜（5%）。

转基因作物最显著的遗传特征是耐除草剂特性。具有这个性能的转基因作物，约占总面积的77%，其次是具有抗虫害性能的转基因作物如Bt玉蜀黍与Bt棉花，约占总面积的15%，再其次是兼具抗虫害与耐除草剂的各种转基因作物，约占全球转基因种植面积的8%。

以市场价值来说，全球转基因种籽的销售总值，于1995年仅100万美元而已。然而随着农民对这些新品种的信心提高之后，转基因种籽于1996年腾升至1亿5千200万美元，1997年再飞跃至8亿5千100万美元，1998年更上层楼，直达19亿5千900万美元。根据ISAAA的估计，1999年转基因种籽的总销量介于27亿至30亿美元。由于更多具有不同特征与性能的转基因新品种将于未来数年内陆续向市场推介，ISAAA的总裁克莱夫·詹姆斯（Clive James）预测，转基因种籽的总市值可能于2005年攀升至80亿，并可能于2010年创造250亿美元的经济奇迹。

在马来西亚，目前只有转基因大豆在市场上销售。国家农业政策第三报告书（Third National Agricultural Policy）中强调：马来西亚将积极推广生物技术的研究工作，以进一步加强国家的农业生产力与竞争能力。传统的育种研究，必须配合植物细胞与组织培植技术（plant cell tissue culture technique）以及基因工程来培育更有经济潜能的新作物品种，疗效更高的动物疫苗，



和更能抗逆抗病的家畜，从而为国民提供价廉物美的营养食品。

马来西亚的生物技术研究工作，主要由国内数间国立大学与国家研究机构进行。主要的研究对象是油棕、树胶、水稻、蔬菜与水果。整体来说，马来西亚的生物技术研究仍然停留于起步的阶段，研究基金不足是进展缓慢的重要因素之一。

每当我听到反对转基因食物的噪声哗然而起时，我就会想起国际食品政策研究所的总监柏宾仕杜务·安徒生 (Per Pinstруп-Anderson) 的一段话：“基于生物技术可能出现的危险性，而不断非难与排斥这种新科技，并且不去考虑由于饥馑、缺乏营养与儿童健康问题所造成的人类苦难，其实与不顾生物安全，盲目地推行这种科技一样的不明智和不合伦理。”

(Condemning biotechnology for its potential risks without considering the alternative risks of prolonging the human misery caused by hunger, malnutrition, and child health, is as unwise and unethical as blindly pursuing this technology without the necessary biosafety.)



## 转基因作物带来曙光

我们常常听到这种高论：目前全球的粮食，如果能够获得均匀分配，全世界六十余亿人，都可以享有丰衣足食的生活。饥荒的出现，皆因自然资源受到人为的操纵，无法物尽其用，投入生产。许多穷国因为负债累累，一旦天灾来袭，国库资金匮乏，完全没有能力向外国购粮，结果饿殍遍野。目前，转基因食物(**foods from genetically modified organisms** 或 **GMO**) 仍然是一个众人争议的论题。在还不能证明GMO绝对安全之前，人类没有必要通过生物技术来提高农业生产。人类只要改善市场经济的运作与资源分配的管道，减低小生产与大市场之间的矛盾，那么，许多发展中国家所面对的粮食不足问题，都能够迎刃而解。

无可否认，亚洲、非洲和南美洲的发展中国家，若能让人民生活在和平安定的环境中，并且尽量发挥国内的劳动生产潜能，理论上每个国民都能过着安宁丰裕的生活。然而，在贫富悬殊的现实环境中，资源与财富的分配，一直受到国际间错综复杂的社会经济结构和体制操纵，以及直接或间接受到市场运作模式与效率的影

响，往往无法臻至各尽所能，各取所需的境界。

目前，就全球的发展趋势而论，农业领域面临的时代挑战，是人与大自然的冲突越来越尖锐恶化，自然资源越来越紧缩短缺，生态环境越来越严重衰退。

世界人口不断快速增长，肯定会引发粮食不足的危机，并且为农业生态环境制造持久不辍的强大压力。联合国于1998年所作的世界人口展望报告书中指出：到了公元2050年，世界总人口将超过一百亿。人口增长率高的发展中国家，在全球总人口的比率将从1990年的77%，提升到2050年的86%。未来的半个世纪，全球每年将增加7千600万人，其中亚洲占的比率最高，每年将有4千500万人出生。人口迅速增长将进一步加剧贫穷国家粮食供不应求的严峻威胁。人口膨胀加上贫穷导致资源过度消耗，生态环境失衡，农业发展缺乏协调而日益退化。

世界三大谷物，即水稻、小麦和玉蜀黍是人类最重要的食粮。由于全球约一半的人口以稻米作为热能的主要来源，我们在此以水稻作为讨论的焦点，分析生物科技对未来粮食生产与环境的影响。

全球的耕地中，超过10%是用来种植稻米，绝大部分的稻农来自发展中国家。目前以稻米为主要食粮的人数约30亿人。在亚洲，农业技术的广泛推展令人振奋。白米产量由1966年的2亿4000万吨，跃升至1999年的5亿3000万吨，增长率约121%。在同一个时期，亚洲人口几乎增加了一倍。由于粮食增长率超越了人口增长



率，亚洲终于回避了预测会出现的粮食危机。不但如此，亚洲一些传统的白米进口国，如印度、印尼、孟加拉与菲律宾，也显著地减低了对进口白米的依赖。整体而言，亚洲于过去卅年对白米的进口需求，已从全球白米进口总量的60%下降至20%。

白米的增产应归功于高产稻种的培育。许许多多早熟、矮秆、抗病、抗虫、耐肥的优良品种，使稻作的生育期从过去的150至160天，降低到90至100天，方便双季稻的推广，使单位面积的米产，较过去增加了二至三倍。

未来的卅年，我们是否有足够的能力，持续提高稻米的产量，克服不断困扰人类的粮食问题呢？

要回答这个问题，首先，我们必须客观地分析稻米未来的供求趋势。

根据国际水稻研究所(IRRI)的估计，到了公元2020年，全球产米国必须努力生产，增加2亿2000万吨的白米，才足以应付未来剧增的人口对粮食的需求。也就是说，未来廿年，米产必须每年维持1.7%的增长率。由于各种稻作生态系统中，平原灌溉系统的增产潜能最佳，因此全球拥有灌溉设施的水田，必须将平均产量由现在的每公顷五吨，提升到2025年的9.9吨，才可以达致米粮供求平衡的目标。倘若未来卅年稻作研究无法突破增产的瓶颈，许多落后的地区，只好继续砍伐森林来扩大耕作面积，森林资源将因此而不断缩小，水土流失范围不断扩大，淡水供应不断下降，生物多样性不断受





到破坏，生物物种不断消失，人类也将因此而自取灭亡。

当传统的育种法仍然在探索稻作的增产途径时，植物基因工程随着分子遗传学（molecular genetics）的出现与发展，让我们在黑暗中看到了一线曙光。生物技术将某个生物体内控制优良性能的基因，转移入稻米的细胞内，能使这些经过基因改良的稻种抗病、抗虫、抗逆、抗倒伏，并且具有提高白米产量与品质的潜能。



美国华盛顿大学的研究员于2000年宣布：经过多年的实验，科学家终于培育出一种转基因超高产水稻品种，这种GM水稻比常规水稻的平均产量超出35%。在培育这个GM稻种的过程中，科学家将玉蜀黍的高产基因转移入水稻，增强水稻的光合作用（photosynthesis）。植物学家依据光合作用的生理与化学活动，将植物分为C3植物与C4植物两大类型。大部分重要的农作物，如水稻、大麦、小麦、燕麦、番薯、木薯、大豆等都属于C3植物，而玉蜀黍则属于少数的C4农作物。C3植物的特点是：生理上对水分的需求较C4植物为高。一般上C3植物平均需要六百廿八克的水分来生产一克干物质（dry matter）。反之，C4植物如大部分顽劣的杂草，包括对阳光、水分、营养竞争能力强大的稗草、千金子、白茅、香附子等，在生长繁殖的整个过程中，水分利用效率高，只需三百克的水分，就能生产出一克干物质。此外，C4植物对空气中二氧化碳（CO<sub>2</sub>）的吸收与利用，比C3植物更有效率，因此



对碳水化合物 (carbohydrate) 的合成能力也更强大。

华盛顿大学的科学家将玉蜀黍的基因转入水稻，使这个新稻种如C4植物一样的进行光合作用。科学家在中国、韩国与智利进行的田间试验，一再证实这个GM超高产稻种，比常规稻从空气中吸取的二氧化碳，超出了30%。这种转基因水稻不但产量高，而且耐旱、耐热，并且在大面积种植时，能协助减低空气中二氧化碳所造成的温室作用。

生物技术培育的转基因水稻，配合其他科学方法培育出来的稻种如杂交水稻等，加上高效率的管理方式大量生产品质优良的种籽，以低廉的价格售卖予贫穷国家的农民，肯定比发生大饥荒之后才将有限的救济品运送给饥民，更能改善穷国人民朝不保夕的宿命。



# 转基因作物与食品安全

随着基因改良作物在美国、阿根廷、加拿大和中国大面积栽种，以及现代生物技术生产的食品源源出现于市场之后，食品安全性的问题已愈来愈受到消费人的广泛关注，尤其在欧洲，公众对转基因食品（GM food）更加敏感。欧洲生产的食品，曾受到沙门氏菌（*Salmonella*）以及剧毒的二恶啉（dioxin）污染。近年来由蛋白质粒“普利子”（prion）引发的脑部疾病疯牛症，更令整个欧洲人心惶惶，甚至在心理上产生集体恐慌。在英国，反对将基因改良生物引入食物链的声浪此起彼落，欧洲食品工业界也要求将基因改良的产品与非转基因的产品分开，并且要求另加标签详细说明。好几个国家的反基因激进人士，更企图袭击与捣毁正在进行转基因作物研究的实验场。

反对转基因食品的学者，也不断在报章和杂志上发表长篇大论。他们认为用生物工程研制的产品，潜伏着许多灾难性的威胁。这些坚持异议的人士最常引用来突显转基因负面影响的一个例子，就是转基因细菌合成的色氨酸（L-tryptophan），很可能是造成嗜酸细胞增多肌痛



综合症 (eosinophilia-myalgia syndrome, 简称EMS) 的祸首。这种疾病于1989年在美国导致卅七人死亡, 一千余人半瘫痪, 五千余人暂时残障。反对生物科技的人士强调, 基因工程产生基因突变已危害人体健康。支持生物科技的科学家针对这项指控, 进行了深入调查之后, 一再重申转基因细菌并非引发这种综合症的导因。

为了进一步说明整个事件的来龙去脉, 我们必需先了解色氨酸的制造过程。色氨酸是一种人体不可或缺的必需氨基酸 (essential amino acid), 因为色氨酸是合成一种称为烟酸 (niacin) 维生素的重要原料, 缺乏烟酸会造成糙皮病 (pellagra) 的出现。由于动物无法合成烟酸, 因此必须从植物中获取。

1980年代期间, 一些医学界人士相信服用适量的色氨酸, 能够帮助失眠症患者克服与睡眠有关的问题, 并且对月经来潮时的情绪波动与压力起舒缓的作用。

引发 EMS 综合症的色氨酸来自一间日本的药剂公司昭和电工 (Showa Denko)。这间药剂公司为了提高色氨酸的生产效率, 采用了转基因解淀粉芽孢杆菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) 来进行发酵活动, 同时以崭新的过滤法来净化合成的色氨酸。

EMS 综合症发生后, 科学家进行追查工作时, 通过化学分析证明, 该药剂公司生产的色氨酸受到五十至六十种杂物污染, 其中一种化学杂物被证实是肇祸的主原。由于该药剂公司尝试将过滤程序中所需的活性碳 (activated carbon) 成分减少一半以降低生产成本, 结果出

现了致命的污染问题。换言之，EMS综合症不是由转基因杆菌造成，而是生产过程中进行过滤时出了岔子而造成人命伤亡。值得一提的是，Showa Denko药剂公司未采用转基因杆菌生产色氨酸之前，也曾出现过与色氨酸有关的EMS综合症。

另一个与食品安全有关的论点是：基因工程改变了食物原有的基本性质，因此可能在食品中产生前所未闻的过敏原（allergen）。过敏原亦称变应原，几乎所有食品过敏原都由蛋白质构成。食物中所含的蛋白质种类，目前已被识别的约三千至四千种，未知的领域仍然非常辽阔。相对而言，过敏蛋白极少，在植物体内的分布也有很大的差异，同时也会因为环境因素与生理因素而产生变化。根据联合国粮农组织（Food and Agriculture Organisation of The United Nations，简称FAO）的报告显示：人群中约有1%至2%会真正受到过敏作用影响，其中儿童受过敏原造成的危害比成人高。容易引起过敏反应的食物包括：鱼类、甲壳类、蛋类、牛奶、大豆、花生、小麦以及核果等。

为了确保转基因食品的环境释放安全性，经济发展合作组织（Organisation for Economic Cooperation and Development，简称OECD）于1993年提出了食品安全性分析的原则——实质等同性（substantial equivalence）原则。中国科学家贾士荣说：实质等同性是以转基因食物与传统市场上销售的食物作相对的安全性比较。分析的内容包括：表型性状、分子特性、主要营养成分、毒性



物质及过敏原等。若某种转基因食品与市售食品有实质等同性，则应认为这种转基因食品与市场销售的食物一样安全，不需作进一步的安全分析。由于生物技术公司的科学家在转基因的过程中，都以实质等同性原则作为指南，一旦发现过敏现象出现，例如，从巴西坚果中提取基因转入大豆之后，发现会引发过敏作用，有关的基因研究工作即刻终止。因此，目前能在市场上销售的转基因食品，与同类的自然食品一样可以安全食用。

谈到食物安全性，我们常有这种错觉，以为凡是天然的、未经加工的食品就肯定可以安全食用。事实上，自然的食物并非绝对无害，在此试举数例来说明：

例一：未经煮熟的蛋中含有一种抗生物素蛋白 **avidin**，这种有机化学物与维生素H(**biotin**)结合成复杂的化合物，能造成皮疹与表皮脱落。经过加热之后，熟蛋中的**avidin**完全分解，人体对维生素H的吸收不再受到干扰，上述的皮肤病就不会出现。

例二：有些豆类含有蚕豆素蛋白 **favin**与**phasin**，能引起肠炎、腹部绞痛、呕吐，严重中毒可能造成死亡。这些豆类蛋白质所造成的蚕豆病(**favism**)，通常是因为食用了未经加热煮熟的豆类而患上。

例三：花生与大豆在潮湿的自然生态环境中，很容易受到曲菌 (**Aspergillus flavus**) 的感染，这种曲菌所产生的黄曲霉毒素 (**aflatoxin**)，能引起肝脏的病变。在非洲，一些以花生与其他豆类为主要食粮的部落民族，过去常因肝癌而丧生。自从引进了控制曲菌的农

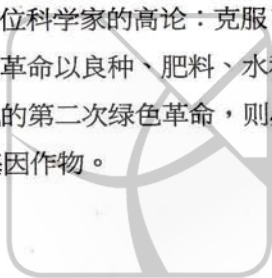




药，以及改善贮藏农作物的环境之后，二十余年间，黄曲霉毒素致癌的病例已回降至较低的水平。

一些反对转基因食品的人士认为，许多损害健康的影响短期内往往无法查明，潜伏的害处可能要经过十多二十年之后才会慢慢出现。然而，先进国如美国与加拿大对食品安全检测的法令与规则非常严格，转基因食品必需通过重重检验，并且必需确保在申请批准上市的数年期间，一再被证实与同一类非转基因食品的安全性无异，才有机会继续获取售卖权。

我同意一位科学家的高论：克服1960年代粮食危机的第一次绿色革命以良种、肥料、水利为主；克服廿一世纪粮食危机的第二次绿色革命，则必须依靠生物技术所研发的转基因作物。





## Bt 作物对抗虫的贡献

自从绿色革命于1960年代引进了耐肥与高产的作物品种后，氮肥（**nitrogen fertilizers**）在农田里的应用直线上升。氮是叶绿素分子中重要的元素，提高氮在叶子中的含量能使叶片翠绿、柔软，也因此对害虫有更大的吸引力。为了减少有害生物（**pests**）造成的损失，农民于1970年代开始大量施用农药。广谱性剧毒杀虫剂不但使害虫产生抗药性，也同时造成水源、空气和土壤污染，破坏生态平衡。由于人类对永续性农业与环境保育日益重视，近年来生物农药（**biopesticides**）的研发已获得广泛支持。

生物农药是利用细菌、真菌与病毒施用于作物上，使害虫吞食之后染病死亡。在各种以菌治虫的农药中，利用最早、最多、最普遍的是苏云金芽孢杆菌（**Bacillus thuringiensis**，简称 **Bt 细菌**）。**Bt 细菌**的菌体呈短杆形，单细胞，体积非常细小。细菌学家估计 30 兆（30 **trillion**）个 **Bt 菌**细胞才只有大约一安士重。**Bt 菌**生存于世界各地的土壤中。这种细菌本身需要充足的空气来生长和繁殖。在恶劣的环境中，菌体会于细胞的一端形

成椭圆形的芽孢(spores)，而另一端形成伴孢的结晶体毒蛋白(crystal-shaped protein)。当害虫吞食了 Bt 菌之后，芽孢便在害虫体内大量萌发，制造含毒蛋白的结晶体。这种晶体在害虫，尤其是鳞翅目昆虫体内高碱性(high pH)的肠液中溶解。毒蛋白从晶体释放出来，遍布于肠道内膜，使内膜细胞破裂，让芽孢自由进入害虫消化系统的内部，然后重新活跃，成为带着单鞭毛(flagellum)的杆状细菌四处游走。害虫在吞食了 Bt 菌数

分钟后，即停止进食，全身麻痺，肠道变黑，然后溃烂，继而死亡。

Bt 菌于三十多年前经过农业机构的研究，大量生产，并向农业领域广泛推介后，已有多个菌种(strains)被培育出来。其中以 Bt kurstaki 最常施用于鳞翅目的害虫如菜青虫、棉铃虫、玉米钻心虫、水稻螟虫等，以致防治目标；Bt aizawai 对属于鳞翅目的吊丝虫与夜盗螟

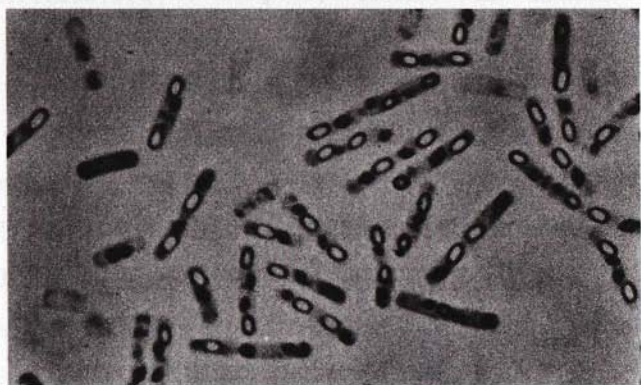


图 4：Bt 苏云金芽孢杆菌



的杀伤力最令人瞩目：*Bt tenebrionis* 是马铃薯甲虫（Colorado potato beetle）的克星，而 *Bt var. israelensis* 对属于双翅目害虫如蚊子与黑蝇的治理，也受到高度肯定。目前，全球超过一百五十种害虫可以由 *Bt* 菌有效控制。由于人类的胃所分泌的消化液酸性很高，胃部又无毒蛋白结晶的受体（receptor），因此 *Bt* 不会伤害人体。由于 *Bt* 需要特殊的环境来发挥潜在毒性，人类和牲畜完全不受 *Bt* 影响，甚至很多益虫都不因 *Bt* 的使用而受到破坏。农田里的工人可以在施用 *Bt* 四小时后，重回曾经洒药的地点工作，而作物也可以在使用 *Bt* 的同一天内进行收割，因此，很多有机农场皆利用 *Bt* 来防治害虫。

自从生物科技学家掌握了 DNA 的重组技术，以及深入了解基因与各种性状的关系之后，基因工程的研究终于在理论与实践方面取得更进一步的发展，将 *Bt* 菌中具有杀虫性能的基因分离，通过载体，将分离出来的细菌基因拼接到启动子上，然后将这个基因转移到作物细胞内，使这种来自外源的遗传物质，成为作物基因组的一部分。经过转基因的作物，如 *Bt* 棉、*Bt* 玉米和 *Bt* 水稻的组织，能够自动合成 *Bt* 毒蛋白（*Bt toxin*）。害虫在侵袭这些转基因作物时，吞食了植物本身制造出来的 *Bt* 毒素而死亡。*Bt* 作物的大面积种植，能在经常受到虫害破坏的农田里，提升作物的抗虫能力，减少农作物的产量损失，降低农药的应用，改善农田的生态环境，提高农产品的品质与生产效益。

根据刘荣乐编著的科普书籍：《第二次绿色革命



转

基

因

转

乾

坤

——21世纪的农业》，比利时的科学家最先于1985年成功从Bt菌中分离出杀虫毒蛋白基因，并通过土壤杆菌的Ti质粒(plasmid)，将修饰后的Bt基因转入烟草中，使转基因烟草植株内的Bt毒蛋白含量，高达每一克植物组织含有五毫克的毒蛋白。这种转基因Bt烟草在实验田里，成功的促使烟草天蛾幼虫于廿四小时之内停止进食，并于三天内全部死亡。反观非转基因的对照烟草植株，在四至六天内遭受到天蛾幼虫的严重危害，十二天后植株被啃嚼至片叶不存。

美国于1987年培育的Bt番茄，在抗天蛾和夜蛾幼虫的田野实验中，防效竟高达100%。

美国接着于1990年至1991年间，成功培育Bt棉。田野实验证明Bt棉在对抗鳞翅目害虫如棉铃虫和红铃虫等非常有效。在1990年，这些虫害对Bt棉的侵害所造成的损失，低于百分之一；Bt棉的虫害发生率，也低于施用化学杀虫剂的常规棉花。

中国的河北是主要的植棉省，也是纺织工业的重镇。1990年代初期，由于农药的长期广泛施用，造成抗药性强的棉铃虫出现，四处猖獗危害，棉花产量随之剧降，严重影响农民的生活，不少农民也因为过度依赖农药来抗虫而令健康受损。

1995年，河北省科技人员积极引进了将Bt杀虫蛋白基因导入棉花植株的Bt棉新品种，终于再次推动了河北省的棉花生产，快速地从低谷中走出来，重新实现棉花增产与农民增收的理想。

40



根据《河北科技报》的报导：美国抗虫棉是最好的棉花品种。自1995年从美国引进，经过三年的试验和示范，证明Bt棉抗虫性佳、产量高、品质好、农产性强、费用低，效益好以及管理简便。1998年，河北省共植Bt新棉33B品种120万亩，平均亩产皮棉七十多公斤，比正常用药的非转基因抗虫棉增产近20%，每亩节省农药开支90元人民币，每亩增经济效益近300元人民币，全省增收节支人民币3亿6000万元。

河北省农业环境保护监测站的田间调查结果显示：Bt棉田的害虫天敌数量明显高于对照田，证明Bt棉有利于棉田生态平衡。

纵观各种转基因抗虫作物的表现，我的结论是：转基因作物能节省大量的化学农药，降低农业生产成本，减少农药对生态环境和农民健康的危害。因此，转基因作物是可持续农业（sustainable agriculture）中一个重要的环结！



## 星联玉米的启示

国际农业生物技术获取与应用协会 (ISAAA) 于最近出版的报告中宣称：人类的文明发展史里，从来未曾出现过一项农业技术，能够像基因工程那么快速与广泛地被大农庄与小农户普遍接纳，并且显著地提高作物的生产效率。根据 ISAAA 最新的统计数据，全球于 2001 年总共栽植了 5 千 260 万公顷的转基因作物，等于 1996 年这类基因改良作物面积的 30 倍。

在各种转基因作物中，耐除草剂的大豆 (herbicide tolerant soybean) 最受农民欢迎，种植面积高达 3 千 330 万公顷，占全球转基因作物总面积的 63%。其次是抗虫的 Bt 玉蜀黍，种植面积约 590 万公顷或 11%。此外，Bt 棉与兼具耐除草剂特性的 Bt 玉蜀黍与 Bt 棉，合计约 610 万公顷或 12%。换言之，全球约四分之一的转基因作物含有 Bt 抗虫蛋白质，这些作物在减少施用杀虫剂的情况下仍能抵御害虫的侵袭。

正当研发基因改良种籽的公司全面推广这类高科技产品时，美国亚文提期公司 (Aventis) 培育的星联转基因玉米 (Starlink)，虽然只获准作为牲畜饲料，却出乎



意料地混杂于人类的食品中。星联玉米内源自Bt菌的抗虫DNA Cry 9C片段序列，经过测试证实存留于Taco Shell这种商标的玉米饼内。这项消息于2000年9月中旬发布后，即刻在舆论界引爆强烈的连锁反应。亚文提斯公司于同年10月宣称自愿收回星联玉米的注册，并且保证不再种植与出售星联玉米。至于三百余种含有Cry 9C蛋白的食品，也通过所有管道从市场回收。

星联玉米确实令许多公众人士对含有Bt基因的作物产生疑虑。生物科技专家曾经一再保证转基因作物对人体无害，为何星联玉米却不获准进入人类直接食用的物品呢？

欲进一步解开这个疑团，我们必须深入探索星联玉米的研发背景，与整个事件发生的前因后果。

苏云金芽孢杆菌（*Bacillus thuringiensis* 或 Bt）含有多个菌种，星联玉米所含的Cry 9C抗虫蛋白质基因，来自Bt多窝亚种（*subspecies tolworthi*）。美国孟山都公司Monsanto的转基因玉米所含的抗虫蛋白质则属于Cry 1A，这两种化学结构不同的Bt蛋白质，皆以破坏鳞翅目昆虫消化系统内的细胞，来达到控制虫害的目的。两者的主要差异是：进入昆虫的胃腔后，这两种蛋白质会于不同位置与接受点（midgut binding sites）接合。由于引发毒性作用的位置不同，应用不同的Bt蛋白质将能更有效与更持续地抗玉米蛀心虫的破坏。

由于Cry 9C蛋白质的分子结构在胃部内需要较长的时间来分解，而这种蛋白质是否具有引发食物过敏的潜



在可能性仍然处于研究阶段，美国环境保护局（Environmental Protection Agency，简称EPA）决定只发出暂时准证，允许含有Cry 9C蛋白质的星联玉米用于饲料中。至于星联玉米作为人类食物成分的申请，则需要等待进一步的科学实验完成后，提呈完整的安全数据，有关部门将再行定夺。

星联玉米于2000年开始由农民广泛种植。这些只准用作饲料的转基因玉米，在收割、贮藏与加工时，由于疏忽，竟然出现了与专供人类食用的玉米混杂的问题，结果引起了反对转基因食品的团体作出强烈抗议。美国三个对食品安全有直接监督责任的政府机构，即环境保护局、食物与药品行政局（Food and Drug Administration，简称FDA），和美国农业局（United States Department of Agriculture，简称USDA）立即采取行动，拟定策略追踪星联玉米以防扩散，并指示所有星联玉米必须只局限于供国内牲畜食用与其他非食品的工业用途，例如，生产酒精等产品而已，不可供人类食用。为了严防星联玉米花粉随风飘浮，污染其他非基因改良的玉米品种，科学家鼓励农民采取下列的步骤：

- 播种之前必须先测试与验证玉米种籽不含Cry 9C蛋白质。
- 若怀疑自生玉米（volunteer corn）萌芽自上个季节含Cry 9C的品种，必须即刻以除草剂杀灭。
- 采用轮作方式（crop rotation）以别种作物暂时取代玉蜀



黍。

- 收割与运输玉蜀黍的过程中，必须小心处理。所有联合收割机、运载谷物卡车、贮藏库和其他加工设备，必须全面清理，确保不受星联玉米混杂与污染。

亚文提斯公司于2000年10月下旬曾向美国环境保护局提呈请愿书，要求给予有时限的批准，让1998年至2000年间以星联玉米制造的人类食品，可以在市场上出售。

究竟星联玉米是否真的如反对基因改良的人士所形容那样，会令人类哭足九个世纪（Cry 9 Centuries）那么恐怖呢？我想，以下这几份报告或许可以为我们解惑：

第一份报告是日本农业森林渔业部采用星联玉米作为饲料，以两百六十只鸡与八头牛进行五至六星期的试验，结果发现这些试验动物与食用非转基因玉米的动物对照之后，健康状况无异。试验动物所生产的蛋与牛奶也没有Cry 9C蛋白质的痕迹。

第二份报告来自美国科学谘询委员会（Scientific Advisory Panel）的分析。这个委员会审阅了刚提呈的实验数据后，虽认为尚不能作出最终结论，然而基本上同意Cry 9C在食物中可能出现的含量，若经过食用，于人体内引起过敏反应的可能性低微。

第三份报告来自美国环境保护局。这个拥有高度权威的机构认为：并无证据显示含星联玉米的食物在人群

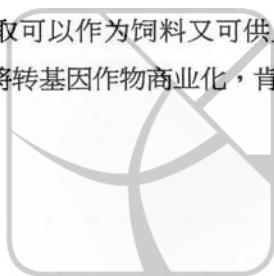




中造成过敏反应。EPA因此深信这种玉米的危险性即使存在，其程度亦非常低微。(EPA does not have any evidence that food containing starlink corn will cause allergic reaction in people, and the agency believes the risks, if any, are extremely low)。

星联玉米面对的真正困境，并非食物安全，而是这种转基因玉米在种植、收割、运输、贮藏、加工的过程中，出现了与非转基因玉米混杂而引起的犯规问题。

星联玉米的事件让所有种籽公司上了宝贵的一课：若未同时获取可以作为饲料又可供人类食用的准证之前，就仓促将转基因作物商业化，肯定欲速不达，甚至得不偿失！





## Bt 玉米无损帝王蝴蝶

苏云金芽孢杆菌经过卅年的广泛使用，已经证实对人类和牲畜无害。然而，自从转基因的Bt作物于1990年代中期，由经营种籽的农业公司向农民积极推介，并且获得热烈反应之后，反对基因改良技术的团体，开始不断质疑这类新作物品种的安全性。美国康耐尔大学(Cornell University)里以卢西(Losey)为首的一组研究员，将转基因Bt玉米花粉涂抹于马利筋属(Asclepias, milkweed family)杂草的叶片上，在室内进行了一系列生物喂食实验。卢西与他的同僚完成实验后，将研究论文发表于1999年5月份的《自然》学术期刊里。这篇报告特别强调两个论点：

47

- Bt玉米花粉散布于马利筋叶片上，在实验室里令44%帝王蝴蝶(Monarch Butterfly)的幼虫死亡。
- 与嚼食非转基因玉米花粉的幼虫比较，帝王蝴蝶幼虫吞咽Bt玉米花粉后，食欲普遍下降，生长缓慢，死亡率升高。

这篇论文在学术界引起很大的回  
响。很多关心蝴蝶生态的环  
保人士担忧，大面积种植 Bt  
玉米，很可能严重威胁蝶类的生  
存。

帝皇蝴蝶亦称单原型蝴蝶，拉  
丁学名是 (*Danaus plexippus* 大桦斑 图 5：帝皇蝴蝶栖  
蝶)。这种被喻为“飞翔火焰”的 于马利筋上

蝴蝶，彩翼斑斓。在热爱大自然的美国人眼中，这些色  
彩绚丽的昆虫，是他们心目中珍贵的品种。帝皇蝴蝶只  
产卵于马利筋属的植物叶片上。孵化之后，幼虫以马利  
筋为主食。马利筋不只为蝴蝶幼虫提供所需的营养，而  
且还让幼虫咀嚼嫩叶时，从植物胞液中获取一种称为  
*cardenolides* 的有机物自卫，免受其他捕食者  
(predators) 侵害。帝皇蝴蝶由卵至羽化为蝶约需卅  
天。蝴蝶在夏天能存活二至六周。至于冬季迁飞避寒的  
蝴蝶，寿命可能长达七至九个月。

在美国洛矶山脉以东的地区，帝皇蝴蝶每年11月至  
翌年3月，开始向南迁飞至墨西哥的冷杉密林中越冬。  
夏天到来之后，三至五代的蝴蝶又相继回归北方。在长  
达三千哩的回程中，这些蝴蝶常常群聚于广袤的玉米地  
带产卵繁殖。位于玉米地带中的爱荷华州与明尼苏达  
州，许多田地都种满 Bt 玉米。

由于卢西的实验只在室内进行，而他本身也在结论  
中强调：不宜单凭这些实验的数据，来推断 Bt 玉米在大



图 5：帝皇蝴蝶栖  
于马利筋上



田中对蝴蝶造成的冲击。有鉴于此，另一批昆虫学家与杂草学家决定于1999年夏季在不同地区进行深入调查与考察。这些田野研究的成果，皆发表于同年11月在芝加哥举行的帝王蝴蝶研讨会。出席这个大会的科学家之中，包括了美国环境保护局（EPA）与美国农业局（USDA）的代表。

由于卢西在实验室中以塑胶容器饲养蝴蝶幼虫，并且只以含有Bt玉米花粉的叶片，作为幼虫的唯一食物，其他昆虫学家认为这个实验的设计并不妥善。因为根据菲律宾的研究，以转基因Bt稻与稻螟进行的喂食试验证明，稻螟在进食过程中，尽量回避Bt稻秆而选择非转基因的稻株作为食物。卢西没为幼虫提供其他食物，在没有选择的情况下，蝴蝶幼虫只好吞食含高量Bt花粉的叶片充饥，结果死亡率奇高。

田野实验也证明，在风速每秒五公尺（即每小时十一哩）的情况之下，大部份玉米花粉主要掉落于玉米田边沿。根据加拿大Guelph大学环境生物学系主任马克·薛尔思（Mark Sears）的实验，90%的玉米花粉

在田内与田外五公尺的范围内坠落，在五公尺之外，仅能于每平方厘米寻获一颗玉米花粉而已。

另一项由爱荷华大学约翰·白臣氏（John Pleasants）进行的研究也证明：风速与风向对花粉的飘



图6：帝王蝴蝶幼虫

浮有很显著的影响。一般情况之

下，在玉米田两公尺之外，玉米花粉不寻常的超高密度（即每平方厘米一百五十个花粉颗粒）很少出现。

在美国，50%的玉米田和大豆田都有马利筋属杂草的踪迹，不过，这类杂草与作物竞取阳光、水分与营养，同时叶内的毒素会伤及牲畜，一般上农民都会采取轮作、重犁与施用除草剂来灭除田内的马利筋。在美国玉米地带，约15%至41%野生的马利筋与玉米田为邻。以爱荷华州为例，仅19%的马利筋在离玉米田边一至三公尺的范围内生长，因此，总括而言，少于8%的野生马利筋会让蝴蝶幼虫吃到较多的玉米花粉。然而，不同品种的Bt玉米，其花粉内的毒蛋白成分有很大的差异。爱荷华州立大学与美国农业局的研究显示：孟山都公司的Bt玉米Yield Gard (MON 810)与亚文提斯公司的星联玉米Starlink (CBH 351)花粉，在密度高达每平方厘米一百五十个颗粒的情况下，对帝皇蝴蝶幼虫仍然不会产生负面影响。

那么，究竟是什么因素造成帝皇蝴蝶的数目于过去数年不断下降呢？Kansas大学的泰莱教授（Orley Taylor）胪列六个主要因素来阐释蝴蝶在繁衍过程中可能遭遇的风险：

- 墨西哥中部的森林砍伐后，帝皇蝴蝶在越冬时失去庇护所，风雨和低温造成蝴蝶伤亡。
- 城市发展与杂草管理水平提升，令马利筋属植物锐减。由于马利筋的胞液含有毒素，不利畜牧业的发展，因此牧场常以除草剂来控制这种杂草，以防扩散蔓延。



- 帝皇蝴蝶在其他作物的农场中，可能因为农民施用杀虫药来控制别的虫害时，遭受误伤而不幸死亡。
- 帝皇蝴蝶遭受到鸟类、鼠类以及蜘蛛等天敌捕食。其他病原菌与寄生虫也会侵袭帝皇蝴蝶。
- 生理因素如食物来源缺乏造成体内脂肪不足，抵抗力弱，翅翼受损。
- 气候骤变造成亢旱、风雪、与反常低气温，都会令蝴蝶无法适应而死亡。

正当赞成与反对转基因作物的双方激烈辩论的当儿，昆虫学家进行的田野观察发现：北美的帝皇蝴蝶于1999年数目骤增，与往年比较，竟然提高了40%。与此同时，蝴蝶出现的地区里，转基因Bt玉米的种植面积也增加了30%。科学家认为Bt玉米的广泛种植，促使农民在防治玉米螟虫时减少依赖杀虫剂。由于Bt玉米助农民降低化学制剂的使用率，目标害虫（target pests）以外的生物，包括帝皇蝴蝶，都回避了遭受无辜滥杀的厄运。



科学家也建议：为了让帝皇蝴蝶能于可持续的生境中自由繁衍，农民应在田里设立生物避难区（refuge area）。在这个避难区里，农民完全不种植Bt玉米，也完全不施用农药。此外，育种学家在进行基因改良的过程中，应避免转基因玉米的毒蛋白在花粉中表现出来。目前，一些Bt玉米品种已具备这种特性。

昆虫学家也一再呼吁：禁止广谱性杀虫剂的应用，

以减低目标害虫以外的生物无端受到伤害。

真理愈辩愈明。美国农业部科学家修文思 (Advianna Hewings) 说得好：让科学通过讨论而达成美好的决定吧。(Allow the science to work its way through discussions to good decisions.)



图7：帝王蝴蝶有“飞翔火焰”的美誉



## 耐除草剂作物与环保

田园中恶性杂草 (noxious weeds) 丛生, 与农作物争夺阳光、养料和水分, 常常直接或间接影响作物的成长和发育, 并且降低作物的产量和品质。美国的杂草学家发现: 每一平方呎中出现一至五株稗草, 水稻将减产18%至35%。每一株稗草平均能结出五千至七千颗种籽; 在马来西亚, 肥沃的水田里, 每株稗草甚至能结出一万颗种籽。若不及时控制, 整片水田在稗草入侵三四个季节之后, 就完全由稗草覆盖。杂草滋生不但能使棉花减产, 还能造成棉花的纤维变短, 种籽的含油量下降。此外, 杂草能让害虫栖息、繁衍, 然后大量迁移到田里危害作物。杂草也能



图8: 稗草在直播田中为害最烈

传播病害，例如稗草感染的纹枯病，可以侵害稻禾，令稻叶枯槁。一些杂草内含有毒素，花粉能引发枯草热 (hay fever) 与其他疾病，影响人类与牲畜的健康。

由于杂草适应性广泛，繁殖能力特强，并且比作物更能于恶劣的环境中生存，因此治理田间草害，保持地力，确保作物丰收是所有农民都关注的课题。

农田除草是一项非常繁重的劳动。在直播水田里，每公顷消耗两百小时来进行人力拔草，仍然无法将所有杂草芟除。近年来农村人口逐渐向城市外移，农业劳工短缺造成工资上涨，许多国家的农民深深体会到，人工除草已无法适应现代农业快速发展的需求。为了提高控制杂草的效率，许多农民已采用化学除草剂 (chemical herbicides) 来取代人工拔草。

除草剂虽然效果快速良好，不过由于各种杂草具有不同形态特征，并且对除草剂有不同的生理反应，农民往往需要在同一个季节里，施用数次不同性能的除草剂

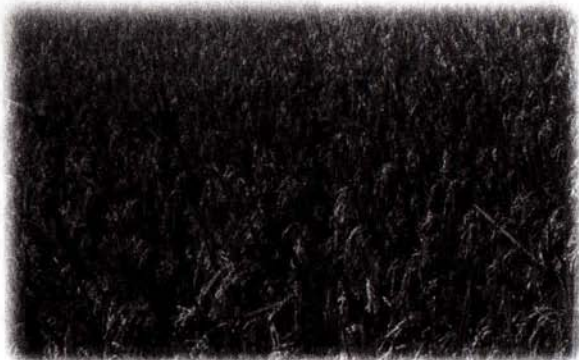


图9：有效控制虫害与杂草，有助于水稻的生长



来消灭不同种类的杂草。

除草剂的杀草机制，主要是破坏与干扰植物的生理过程。基本上，除草剂以下述的方法来控制杂草：

- 抑制光合作用以耗尽幼苗组织内贮存的养料。
- 干扰植物的有氧呼吸，造成能量亏缺，细胞内新陈代谢的生化过程无法进行。
- 抑制蛋白质的合成，造成细胞分裂、生长、分化的紊乱。
- 破坏植物组织内水分的均衡，最后凋萎枯死。
- 破坏细胞膜和细胞壁，以及其他植物组织，阻碍营养物质的运输。

在美国的大豆田里，有人估计杂草所造成的破坏，比所有病虫害造成的损失总和还庞大。为了克服杂草带来的祸害，美国农民在 95% 以上的大豆田里施用除草剂。由于大豆对许多直接喷洒于叶面上的除草剂高度敏感，因此常受到药害伤损。为了减轻药害，农民必须以土壤处理法将除草剂于大豆萌芽前直接施于土壤上，形成含药土层，杂草根芽接触药剂而被杀灭。然而各种除草剂都有其局限性，对各种杂草的控制范围，也常常因为吸收、传导方式、作用部位，和机制有异而无法全面清除杂草。

科学家通过生物技术的应用，将能够耐除草剂的基因导入作物的染色体中，使杀草谱较广的除草剂无法在

转基因作物体内发挥作用，这样一来，将这种除草剂以喷雾器喷施于田里，各种杂草皆被杀灭。至于转基因耐除草剂的作物，由于能将这种除草剂分解，因此毫无损伤。

根据ISAAA的报导，2001年各种转基因作物中，耐除草剂作物（herbicide-tolerant crops）所占的耕作面积最大，共4千60万公顷，约等于全球转基因作物总面积的77%，其中以耐草甘膦（glyphosate）的大豆品种 Roundup Ready 最为普遍。

这个转基因大豆品种由美国的孟山都公司成功培育出来之后，于1996年向美国农民推介。除草剂 glyphosate 是目前使用最广泛的非选择性除草剂（non selective herbicide）。这种除草剂能抑制植物代谢作用中一种重要的酶（enzyme）。这种酶称为 5-enolpyruvyl shikimate-3-phosphate synthase，简称 EPSPS 酶。这种 EPSPS 酶在各种植物、细菌、真菌的细胞内能催化数种氨基酸的合成。由于动物体内没有 EPSPS 酶，因此除草剂 glyphosate 对人类与其他动物的毒性非常低。有的药毒学家认为 glyphosate 对哺乳动物的毒性甚至低过食盐。

耐 glyphosate 的转基因大豆是从一种土壤杆菌 *Agrobacterium sp.Cp4* 中，获取一个能产生突变蛋白 mEPSPS 酶的基因。这种突变酶与原来的 EPSPS 酶几乎完全一模一样，唯一的差别是组成 mEPSPS 酶的四百四十四个氨基酸中，有两个氨基酸与原来的 EPSPS 不同。



这个小小的变化，使转基因大豆能化解除草剂 glyphosate 对细胞的破坏。

除了大豆之外，孟山都公司于1998年再接再厉，推介耐 glyphosate 的转基因玉蜀黍。各项食品安全试验与环境评估一再证明：这些耐除草剂的作物不含毒素与过敏原。mEPSPS 在转基因玉蜀黍中的含量低于 0.001%，并能于短短数秒钟里，在胃部内由胃液迅速分解，因此对人、畜都毫无负面影响。此外，转基因玉蜀黍在萌芽、生长、形态、抗病虫能力，以及产量等方面，与传统的玉蜀黍品种毫无二致。

转基因工程目前已培育了数种能耐不同除草剂的作物，例如能耐 glufosinate 的作物含有产生 phosphinothricin acetyltransferase (PAT) 的改良基因；能耐 sulfonyleurea 的作物则含有产生 acetolactate synthase (ALS) 酶的改良基因。

反对基因工程的一些学者担心，耐除草剂作物若大面积种植，将造成非选择性除草剂被滥用，最终减低农田生态环境中的生物多样性 (reduction of biodiversity)，并且可能引发“超级杂草”的出现，征服其他植物的生境 (habitat)，然后毫无节制地疯狂繁衍，成为大自然中的潜在灾难。

赞成基因工程的科学家经过多年的观察之后，认为转基因超级杂草在大自然中的发生机率低微。英国科学期刊《自然》内曾有研究论文指出：“从来没有发现转基因作物比传统的非转基因作物具有更强的韧性或繁



殖能力。”

转基因作物的特点，只局限于导入基因所具有的某种特殊性能而已，例如，mEPSPS酶只能抗 glyphosate 除草剂；这种酶的其他性能，与蔬菜、水果和酵母中的同一种酶一样，对食物与环境毫无负面影响。

耐除草剂转基因作物的广泛种植，不但能减少作物因药害而受损，更能减少除草剂的用量与施用次数，大大节省劳力和资源，并且成功控制其他除草剂无法消灭的寄生杂草。另一个对生态的重要贡献是，耐除草剂作物配合保持性农耕法（conservation tillage），能减低水土流失，令可持续农业能够顺畅推行。





# 基因改良是 控制病毒的新防线

地球上的芸芸众生中，微生物（microorganisms）这个类群分布范围最广泛，种类也非常复杂繁多。这些人类肉眼无法看见的小生命，虽然体积微小，结构简单，然而它们无处不在，无孔不入。有的高温菌，能在90℃的温泉中生存，而有的嗜冷菌，能忍耐-60℃的酷寒。在微生物的世界里，有一种比细菌(bacteria)还细微的生物，这种最简单的生命形式，被生物学家归类为病毒(virus)。

细菌与病毒在生理结构方面，有以下数种明显的差异：

- 细菌的体形比病毒大，能于光学显微镜下现形。病毒的形体微小到能穿越细菌滤器，曾经一度被称为过滤性病毒。微生物学家必须凭藉电子显微镜技术，将其形体放大，始能窥其全貌。
- 细菌属于单细胞原核生物(prokaryote)。细胞由细胞壁(cell wall)覆盖，其下有细胞膜(cell membrane)。细胞质中没有明显的细胞核，其中的核物质由大型双链DNA分子组成。有的细菌含有质粒(plasmid)，内

蓄遗传物质；可以作为基因工程的载体。反观病毒，这种最小的微生物完全没有细胞的结构。病毒颗粒(virus particles)的核心由核酸(nucleic acid)组成。这些遗传物质由外壳蛋白(coat protein)包裹。

- 细菌体内含有DNA与RNA两种类型的核酸作为遗传信息的载体。病毒颗粒内只含有一种类型的核酸而已。带着DNA核酸的称为DNA病毒，含有RNA核酸的则称为RNA病毒。

- 细菌的繁殖以细胞分裂(cell division)的方式进行，由一变为二，由二变成四，由四变成八，由八变成十六……这种裂殖方式繁衍。病毒的繁衍方式与细菌完全迥异。当病毒吸附于宿主(host)的组织内之后，即刻将蛋白质外壳里的病毒遗传物质(即DNA或RNA)注入宿主的细胞内，利用宿主的遗传物质来复制无数的新病毒。这种繁殖法，与饼干厂的操作方式相似：入侵的病毒DNA或RNA，根据自己的结构制造饼印，然后利用宿主细胞内的遗传物质作为面粉和其他制饼原料；通过饼印，许许多多一模一样的饼干，在很短的时间内就能经过复制而出炉。

病毒虽然卑微渺小，然而病毒感染却能影响人类与其他生物的存亡。克服病毒带来的破坏，一直是人类文明的大挑战。影响人类健康的数种严重疾病如：天花、肝炎、脑炎、狂犬病、爱滋病、小儿麻痹症等，都由病毒造成。

病毒也威胁牲畜的健康与生命，例如引起牛类口腔



与蹄部发炎的口蹄症，能在牛群中快速感染，构成流行病疫，危害农民的生计。

植物病毒种类繁多，豆科、禾本科与十字花科的作物经常受到病毒感染，轻则减产，严重时甚至毫无收成，令农民蒙受巨大的损失。

过去廿余年，病毒感染对马来西亚农民构成的威胁，确实不容忽视。1981年至1984年间全国最大稻产区：慕达农业计划中的大片水田，曾受东格鲁病(tungro virus disease，亦称红稻病 *penyakit merah*)侵袭，数万公顷的水稻枯萎凋黄，据估计四年内共损失2千450万马币。病毒学家发现：这种由叶蝉(*green leafhoppers*)作为传媒的病毒，其实由两种不同的病毒组合而成，即杆状的RTBV与球状的RTSV。其中RTBV含有双链DNA，而RTSV则只含环状RNA而已。当以上两种病毒个别潜入不同的稻株，水稻所受到的破坏比较轻微；然而当两种病毒颗粒一起出现于水稻的细胞里，水稻将严重失收。

马来西亚的辣椒也经常受到各种病毒感染，使菜农苦恼万分。其中辣椒叶脉斑病毒(*chili veinal mottle virus*)、黄瓜杂斑病毒(*cucumber mosaic virus*)皆由蚜虫(*Aphis spp*)作传媒，而番茄斑萎病毒(*tomato spotted wilt virus*)则



由蓟马(*thrips*)作为媒介体。图10：蚜虫是数十种植物病毒的媒介体

以上这几种病毒都能令辣椒

减产，到目前为止，仍然缺乏经济效益高的防治方法。



图 11：正常成长的辣椒（左）与受病毒感染辣椒的比较

马来西亚种植的木瓜，近年来由于国外需求大增，木瓜园圃迅速扩展。木瓜于2000年大量出口，为国家赚取了6千100万元的外汇，其中55%的收益来自 Eksotika 这个香木瓜品种。可惜这个质优品种对木瓜轮点病毒 (papaya ringspot virus) 缺乏抗性。自从这种病毒于1991年在柔佛州被发现之后，如今已蔓延到柔佛州四个县，即新山、笨珍、居銮与哥打丁宜。这种通过蚜虫传播的病毒，已严重威胁南马的木瓜农。为了防止病毒感染范围继续扩大，农业局指示瓜农砍伐与摧毁所有染病的木瓜树。

为什么对于病毒感染，必须采取如此严厉的措施呢？

原来病毒进入木瓜的细胞之后，利用细胞作为病毒加工厂，以木瓜细胞内的遗传物质作为原料，大量装配新病毒颗粒。木瓜细胞内的遗传物质被消耗殆尽而死亡之后，病毒又继续侵入邻近的细胞内循环繁殖，直至木



瓜树枯死为止。由于病毒的生长与复制过程，与木瓜细胞的生理活动紧密结合，互相联系，任何化学治疗的药物，若在施用后能破坏病毒的生理活动，也同时会摧毁木瓜细胞，使它们同归于尽。

面对病毒的侵袭，人类必须依赖人体内的免疫系统产生的抗体(antibody)，来阻止病毒的扩散。克制病毒的方法之一，就是采用干扰素(interferon)。干扰素的化学本质是可以通过诱导而产生的糖蛋白。干扰素能激活细胞内固有的抗病毒蛋白基因，促使病毒核酸降解，达致防治病毒感染的目的。

由于干扰素只能由哺乳动物的一些细胞，如淋巴细胞(lymphocytes)等产生，对于植物病毒的防治，不能发挥作用。

生物科技学家发现，利用基因改良技术，将木瓜轮点病毒的外壳蛋白基因(coat protein gene)分离出来，通过载体导入木瓜的基因组中，这种转基因木瓜及其后代都会以高水平的能力来复制病毒外壳蛋白，并且拥有明显的抗病性。这种以转基因来抑制病毒的方法，有的微生物学家称之为反馈抑制作用(feedback inhibition)。简而言之，病毒的外壳蛋白基因在木瓜细胞里制造了无数外壳蛋白之后，当真正的木瓜轮点病毒入侵木瓜树，并且传达命令，促使木瓜细胞根据病毒的遗传密码制造模板(template)，大量复制新的病毒时，木瓜细胞的反应是：细胞里的病毒外壳蛋白已达到饱和点，因此拒绝再复制病毒。由于外壳蛋白不含遗传物质，就像空的子弹

壳内没有弹药一样，不会引发疾病感染的风险。

美国以基因改良方法培育的彩虹木瓜(rainbow papaya)，于1991年开始进行田野实验。经过六年的研究，终于成功将这种抗轮点病毒的木瓜向农民推介。美国的农业局、环境保护局，以及食品与药物行政局一致认为，基因改良的木瓜，对人类与环境毫无不良影响。

无可否认，善用基因改良技术，农民在面对病毒的挑战时，将增添一道新的防线。



图 12：疑遭受病毒感染，被破伐的木瓜植株。



图 13：木瓜轮点病毒使果实表面出现圆形或椭圆形，连续或不连续轮纹。



# 转基因作物的 抗生素抗性基因危险吗？

在生物圈(biosphere)里，微生物(microorganism)是人类最好的朋友，同时又是人类最畏惧的敌人。几千年前人类已懂得利用微生物来酿制酒、醋、酱、面包、酸奶、泡菜与豆豉等日常食品；几千年来无数病人也因为感染了天花、肺癆、鼠疫、流行性感冒等微生物所引起的疾病而丧生。

微生物基本上由六个主要类群组成，即细菌(bacteria)、霉菌或丝状真菌(fungi)、酵母菌(yeast)、放线菌(actinomycetes)、原生动物(protozoa)和病毒(virus)。

在物竞天择，适者生存的生态环境中，许多微生物为了抵抗顽敌以自保，都会在细胞内产生各种抑制另一些微生物成长与繁衍的化学物质，这些形成于代谢过程中的产物，统称抗生素或抗菌素(antibiotic)。自从英国微生物学家弗林明(Alexander Fleming)于1929年发现了第一个抗菌物质“青霉素”或盘尼西林(penicillin)之后，科学家不断努力创新，利用诱导微生物突变和人工合成的技术，制造了大约八千余种抗生素。根据估计，每年

转

基

因

转

乾

坤

全球药剂市场上生产的抗生素超过10万吨。

除了青霉素之外，广为人知的抗生素包括四环素(tetracycline)、万古霉素(vancomycin)、卡那霉素(kanamycin)与新霉素(neomycin)等。

由于抗生素能够阻止正在进行细胞分裂的细菌长出细胞壁，并且能够干扰蛋白质的合成，因此抗生素杀灭细菌的功效非常显著。许多由细菌造成的疾病，如肺结核(tuberculosis)、痢疾(dysentery)、梅毒(syphilis)与沙门氏菌病(salmonellosis)等，都需要仰赖抗生素来进行药疗。

抗生素在遗传工程的研发过程中，也扮演了重要的角色。1972年，美国一位生物科技学家伯格(Paul Berg)成功将两个不同种类的微生物细胞内的基因拼接，完成了第一个重组DNA的实验。在这个实验中，他首先选取了来自一种微生物细胞内能抗四环素的基因，然后利用根瘤土壤杆菌(*Agrobacterium tumefaciens*)内的环状质粒为载体(vector或carrier)，将这个抗四环素的抗性基因移植入大肠杆菌内。经过转基因的大肠杆菌，能够无碍地存活于含有四环素的培养基(culture media)之中，而其他非转基因的大肠杆菌，全被四环素杀灭。

这种抗生素抗性基因(antibiotic resistance gene)，在生物技术的研究中，常扮演标记(selectable marker)的角色，因为能在含有特定抗生素的培养基中，准确无误地将成功转基因的细胞，从众多非转基因的同类细胞中分辨出来。



在培育转基因作物的过程中，最常用的抗生素抗性基因标记是 *npt II* 基因。这个特殊的基因能抗卡那霉素。卡那霉素由卡那霉素链霉菌 (*Streptomyces kanamyceticus*) 所产生，具有广谱性灭菌作用，能非常迅速灭除沙门氏菌、志贺氏菌 (*Shigella*) 和葡萄球菌 (*Staphylococcus*)。由于卡那霉素不易由肠胃吸收，大部分口服剂中的卡那霉素，会随粪便排出体外。因此，在医疗上，这种抗生素主要以注射剂的方式来处理。卡那霉素的副作用包括皮疹、瘙痒、腹泻，并且可能破坏耳部神经与肾脏。

1994年卡尔基因公司 (Calgene) 成功培育的延迟成熟型番茄 *Flavr-Savr*，就是以 *npt II* 基因来鉴定成功转基因的番茄细胞。科学家在进行研究的过程中，首先将延熟基因 (*polygalacturonase gene*) 与作为标记的 *npt II* 基因连接，然后导入根瘤土壤杆菌的质粒。质粒能够在细菌的细胞里自我复制，同时可以自由进出细菌细胞。这些准备工作完成后，科学家开始在培养基里培育番茄细胞，同时将上述转基因的根瘤土壤杆菌引入培养基，以便感染散布其中的番茄细胞。这些经过处理的细胞，随后被转移至含有卡那霉素的培养基中。那些没有受到转基因根瘤土壤杆菌感染的番茄细胞，全受到卡那霉素抑制；而成功受感染的转基因番茄细胞，因为获得 *npt II* 基因保护，所以能够存活，其中少数继续生长，最终形成具有延迟成熟的基因改良番茄 (GM tomato)。

从1980年开始，科学家广泛应用 *npt II* 基因来进行

基因工程的研究工作，而npt II基因也成为筛选转基因作物的重要标记。反对基因工程的人士日益担心，这些能耐抗生素的“抗药基因”，如卡那霉素抗性基因(kanamycin resistance gene)通过基因工程，源源不绝地在生态环境中扩散，将来可能会形成抗生素无法灭除的超级病菌，引发失控的恐怖大瘟疫与“基因污染”，严重地影响生态平衡，甚至威胁到全人类的安全。

这个令人不寒而栗的梦魇真的会出现吗？

要解答这个问题，我觉得生物学家麦赫由根(Alan Mc.Hughen)所列出的十一个步骤值得我们思考：

- 1、转基因食品必须被食用或丢弃。
- 2、完整的抗生素抗性基因，能于转基因食品中释放出来。
- 3、周围的细菌能够通过机缘巧合，将这个基因纳入细胞内。
- 4、细菌需要启动这个基因，使其对于抗生素的抗性获得表达。
- 5、与这个基因相应的抗生素，必须存在于恰当的环境中，使这个接受了这种抗生素抗性的细菌与其他细菌竞争时，能够脱颖而出。
- 6、这些细菌随后能将抗生素抗性基因传递予病原菌(pathogen)。
- 7、接受这个抗生素抗性基因的病原菌，于过去未曾由别处获取同类基因。



- 8、与这个基因相应的抗生素必须存在上述病原菌的周围，使这个经过增强的病原菌在竞争中成为胜利者。
- 9、上述病原菌有机会感染附近的人。
- 10、病人在接受治疗时，与这个基因相应的抗生素必须被应用于病人身上。
- 11、这个具有抗生素抗性的病原菌，获得良机四处扩散。

除非以上十一项步骤能于现实中全部顺序发生，否则，由转基因食品将抗生素抗性基因传递予病原菌的可能性微乎其微。纵观上述各项步骤，除了第一项之外，其他步骤出现的机率非常小；而作为决定性的第二、第三项，即完整的抗生素抗性基因通过食品进入细菌体内，虽然曾经在实验室的人造胃中出现，然而在自然生态环境中，仍未有证据显示这种现象曾经发生。

事实上，许多研究已经证实：自发性突变 (spontaneous mutation) 能令细菌产生抗生素 (antibiotic resistance) 抗性能力。这种突变发生的机率，介于百万分之一至十亿分之一。

此外，在转基因作物出现之前，已有科学家提出论据，证明有些抗生素的抗性早已存在于微生物群中。一位微生物学的权威人士估计：人类每天通过普通食物吞入超过100万个抗卡那霉素的细菌。即使你完全不食用转基因食品，抗卡那霉素的细菌仍然无所不在，令你完

全无法逃避。因此，如果病原菌获取抗卡那霉素基因，其来源将是长期存活于我们肠胃中和自然环境中具有抗生素抗性的细菌，而不是转基因食品。

最近科学家在纽西兰一个没有转基因作物与基因改良食品的地区里，进行了一项土壤化验工作。科学家赫然发现几百种细菌中，三分之一对安卑青霉素（ampicillin）具有抗药性，而三分之二对青霉素（penicillin）同样具有抗药性。

长期以来，人类滥用抗生素已使到侵入体内的细菌经过自然淘汰，产生对药物具有抗性的新品种；不少常用的抗生素也已失去对疾病的疗效。卡那霉素多年前因为具有抗生素抗性的病原菌出现，已不再用于人类疾病的治疗。因此，以抗卡那霉素的基因，作为转基因作物的标记，不可能威胁到人类的健康。



# 固氮生物工程对 水田生态有益

为了响应绿色革命的推行，许多亚洲的发展中国家于1960、1970年代不断大幅度增加国内的农业投资。各国政府通过向国际银行获取贷款，在主要的水稻种植区里积极兴修水利，提升科研水平，以及改善农村基本设施。现代科技的引介，结合农田的精耕细作，终于实现了一年两熟的理想。有的国家不但在稻米生产方面达到自供自给的目标，而且还有余粮出口。

由于这些早熟、高产的水稻品种，对肥料与水供的要求条件比传统稻种高，因此紧随着水稻一年两熟的耕作法如火如荼地推展，水田里的施肥量亦急遽上升。以马来西亚最大稻产区——慕达灌溉计划内的水田为例，1960年代末，稻农的氮肥用量约每公顷50公斤而已。然而到了1970年代末，当96%的水田已能进行双季种植，氮肥每季平均用量跃升至每公顷80公斤左右。1980以及1990年代，农村劳动力外流至城镇之后，农民为了克服工资上扬及劳工短缺的难题，纷纷改变耕作技术，以直播的种植方式取代秧田培苗的移栽法。直播水田里，稻株的密度比插秧水田高，因此需肥量也更

大。近年来，很多稻农的氮肥用量已提高至每公顷90至120公斤。整体而言，水田内施用的氮肥在短短卅年里，平均增加了一倍。

水稻在生长与发育的过程中，需要六种主要营养元素和一些微量元素，其中通过光合作用构成葡萄糖的碳(carbon)、氢(hydrogen)、氧(oxygen)、完全来自水分与空气中的二氧化碳(carbon dioxide)。其他对植物生理能起重要作用的三种元素：氮(nitrogen)、磷(phosphorus)、钾(potassium)，则必须由土壤供应。由于这三种元素在土壤中的含量，无法完全满足稻作的需求，因此农民必须施用含氮、磷、钾的肥料来达致增产的效果。

这三种主要元素中，水稻对氮肥的需求量最高。在马来西亚的水田里，每季平均每公顷需要90至100公斤氮肥、40公斤磷肥，以及30公斤钾肥，以期达致每公顷5至6公吨的谷产。氮是蛋白质、核酸(DNA和RNA)以及叶绿素(chlorophyll)的组成元素。氮也是植物体内许多酶和维生素(vitamins)的重要成分。缺乏氮素，稻株会变得枯黄、萎缩，无法正常成长。

氮肥固然重要，一旦施用不当，效果将会适得其反。过量的氮肥会引发氨气(ammonia)的毒害，造成叶绿素解体。植物的根系也会因为氮肥浓度过高，渗透阻力增大而造成吸水困难，细胞甚至会因为严重脱水而死亡。氮肥用量太多与太迟，造成稻禾生长过于嫩绿，吸引水稻害虫如褐飞虱到来大量繁殖。偏施氮肥，加上过度密植，往往形成诱发稻瘟病(rice blast)与水稻纹



枯病 (sheath blight) 的主要因素。

长期过量施用氮肥,不但会降低其使用效率,而且将造成农业生态系统失衡,污染环境,破坏农业的永续发展。高氮量的施肥方式,加速河川的富营养化(eutrophication),令水生杂草茂长,同时引起藻类大面积爆发,堵塞取水管。过量的氮肥随着水体迁移,污染地下水源。饮用水和食物的硝酸盐(nitrate)大量进入人体后,被还原为亚硝酸盐(nitrite)可能导致癌症病变,危害无穷。

为了减少稻农对化学肥料的依赖,有的农学家倡议以有机水稻农耕系统(organic rice farming system),来取代以化学肥料为主导的耕作系统。

一般上,有机肥料可以归纳为以下几大类:

- 人类与牲畜的排泄物,包括人、畜、禽、鸟的粪便尿液。
- 农作物的副产品,如棕油厂废水(POME)和稻秆与谷壳制成的堆肥。
- 微生物组合,包括有效微生物群(effective micro-organisms 或简称 EM)。
- 沼渣肥提炼的腐植土酸(humic acids)。
- 海藻提炼品(sea weed extracts)。
- 绿肥(green manure),包括豆科植物和水生蕨类如满江红(Azolla sp.)等。

有机肥在腐化过程中形成的胶体物质





haemoglobin)，所以能与根瘤(root nodules)中的固氮微生物如根瘤菌(Rhizobium sp.)共生，并具有固氮能力。水稻以及其他禾本科植物虽然缺乏豆科植物特有的化学物质，不过科学家可以驯化新的、不需豆血红蛋白的根瘤菌，然后将这些菌种诱导至水稻根部，促其结瘤定殖，并且通过遗传工程，使这些菌种不受其他环境因素影响，不断固定氮素以供水稻应用。

根据刘荣乐于《第二次绿色革命》一书中报导，英国学者于1989年采用蜗牛肠内一种特殊的酶，将水稻根部尖端的细胞壁消除，再以根瘤菌接种，曾使根部结出类似豆科植物的根瘤。

固氮生物工程目前仍然处于探索阶段，不过随着基因改良技术一日千里的发展，很可能于未来创造出具有自身固氮能力的水稻。这些转基因水稻配搭了有机与无机肥，互相结合成综合作物养分管理体系，肯定能为农业的持续发展与环境保育，作出积极的贡献。

## 自然真的不可改良吗？

科学和技术的推广，与人类社会的演进息息相关。自从工业文明为大规模的经济活动推波助澜，令生产高速增长，人类的生活环境也因此出现了全球性的变化。工业革命为人类创造了庞然的社会财富，同时也给地球带来了严重的创伤。放眼世界，处处可见自然生态日趋恶化，环境污染迅速蔓延。环境保育学者审视了生态灾区后，赫然发现问题的症结主要源自人类的乖戾和狂妄，处心积虑要驾驭和征服大自然。为了永保持续、平衡的发展，环保主义者近年来积极倡议“绿色哲学”。他们认为：若要阻止生态环境继续退化，就必须采取主动，改善自然与人类的关系，放弃奴役和控制大自然，接受“自然不可改良”的思想。

在建设精神与物质文明的过程中，宣扬尊天敬地，天人合一的思想，维持与大自然和谐相处的关系，是正确的做法，值得提倡和奉行。然而，如果误解自然不可以改良，以为一切必须听从大自然的摆布，不敢运用智慧去克服生态环境中的重重障碍，那么，人类未来的生活肯定缺乏保障，社会亦将因为缺乏创造力而毫无进



展。

历史发展的进程中，人类能够从渔猎和采集自然物产充饥的原始生活，逐渐进步到培育作物，饲养牲畜的农牧生活，皆因人类从劳动中学会了遵循自然的节奏与规律，运用智慧来干预自然，进而改造自然，以便安居乐业，生息繁衍。

先民驯化野生稻成为栽培稻的艰辛过程，就是改良自然以哺育人类的最佳例子。亚洲栽培稻(*Oryza sativa*)的祖先，是广泛分布于东南亚的多年生普通野生稻(*Oryza rufipogon*)。这些繁衍于沼泽地带的禾本植物，分蘖力强，茎段再生力高，对于光周期反应敏感(photoperiodic sensitive)。由于种籽生产力弱，每穗仅能结实十余粒；加上种籽落粒率很高，成熟时仍然留存于稻穗上的谷粒寥寥无几。多年生的普通野生稻经过长时期的演化，形成一年生的普通野生稻(*Oryza nivara*)，并于八千至一万年由先民逐步驯化为亚洲栽培稻。由于野生稻休眠期(dormancy period)漫长，萌芽不一致，结出的种籽也很不均匀。如果不经过精心选择优良的亲本，并且对育种的原始材料，进行很有系统的观察、筛选、选配，培育出株型良好、适应性强、穗大粒多，高产稳产的品种，农民肯定无法大面积种植水稻，更不可能为不断增长的人口，提供充足的米粮。

根据初步估计，全球一百余个种植水稻的国家，经过长期的稻作品种改良，已培育了十余万个性状各异的水稻、旱稻、浮水稻品种。这些稻种依饭粒的黏性强

弱，可分为粳粘、粳糯、粳粘和粳糯。为了适应不同的气候、不同的水分状况，以及不同的土壤条件，育种学家不断改良稻种，研究出矮秆、抗病、抗虫、耐寒、耐倒伏、耐盐鹼和优质高产的品种。多采多姿的遗传多样性(genetic diversity)，增强了稻作持久的生产力，纵使历经很多个世纪的各种自然灾害，依然生机勃勃，生生不息。

78 由于农业学者勇于改良大自然，水稻的研发工作在漫漫的四十年里，成功达致三次重大的突破。第一个突破来自早熟性高产品种的引介，将单季稻转化为双季稻，使单位面积的稻产大大提高；第二个突破是通过矮化育种，以矮秆、耐肥、抗倒伏的良种，取代了传统高秆稻种，减少稻谷的损失；第三个突破是通过选择雄性不育系，以及育成保持系和恢复系的育种材料，实现了具有杂交优势(hybrid vigour)的水稻三系配套。根据中国杂交水稻之父袁隆平的报导：从1976年至1991年，杂交水稻为中国增加了二亿公吨的米产。杂交水稻的单位面积产量，比常规稻高逾30%。1999年的统计数据显示：每年杂交水稻在中国的种植总面积平均1530万公顷，约等于中国水田总面积的一半，然而产量却超过总产的60%。

根据最新的报导，袁隆平日前联合香港与美国两地的学者，共同利用尖端的生物技术，深入探索水稻基因密码，研究控制高产稳产的遗传讯息。通过选优去劣来培育新种，期盼进一步改良杂交水稻，成为“超级杂



交水稻”(super hybrid rice)，让产量更上层楼，再增长10%至15%。

提起生物技术，强调自然不可改良的环境保育人士，向来对这些转基因作物存疑。他们内心最大的隐忧之一，是这些经过遗传改良的稻米，可能会意外导入了过敏原 (allergens) 和有损营养价值的物质 (antinutritional substances)。

其实，自然界里许多的植物，包括目前人类食用的农作物，在漫长的进化过程中，常常为了抵御有害生物如昆虫、线虫以及病原菌的侵袭，不断地利用新陈代谢作用产生的毒素(toxins)来进行自卫。中国古籍中记载：象征农业文化的神农，曾经尝过百草以区别植物的属性。神农尝百草之滋味，是为了“令民知所避就”，因为他在尝百草的过程中，曾经“一日而遇七十毒”。初民由狩猎畜牧的肉食生活，演化到以植物为食的历程中，不知多少人因误食有毒植物而蒙受疾病毒伤之害。

以番茄为例，许多野生番茄内含毒性很强的生物碱 (tomatine)；马铃薯在生长过程中，如果块茎得不到足够的泥土覆盖而暴露于阳光之下，块茎



图 14：毒蛋白是植物的保卫工具

将发绿变青，并且产生剧毒的龙葵鹼（solanine），吃后令人呕吐、发冷，严重中毒会造成死亡。因此，即使是来自有机农场，完全未受化学肥料与农药污染的马铃薯，一旦发青、发芽之后，就千万不可食用。

我们日常食用的蔬菜水果，包括苹果、杏子、豆类与木薯等，其野生品种皆含有生氰糖苷（cyanogenic glycosides），能于特殊情况之下转化为氰化物（cyanides），令人中毒。即使被公认为高营养食品的大豆，有些未经改良的品种含有外源凝集素（lectins），这种存在大豆细胞内的天然农药（naturally-occurring pesticides），对人体有害。

自然界中，处处都潜伏着危机。我们的先人通过很多世代的经验累积，逐渐改良了大自然，并且化危机为生机，人类才能够繁衍生息。每当我听到人们以“自然不可改良”的论调，来抗拒基因改良作物的研究与开发，我就会想起尼日利亚农业部长哈山阿塔慕（Hassan Adamu）语重心长的一席话：“自以为懂得什么东西对饥民最有益，而拒绝让他们掌握自己未来的命运，这种做法不但专横，而且犯了道德错误！”（To deny desperate, hungry people the means to control their futures by presuming to know what is best for them, is not only paternalistic but morally wrong.）



# 谁从基因改良中获益？

英国首相东尼·布莱尔(Tony Blair)曾说过一句发人深省的话：“缺乏科学的进步永远不存在。然而，每当新的科学发现克服了重重障碍，并且获得发展之际，人类社会又常常出现一些人对此感到恐惧与不安。”

布莱尔这番话，非常贴切地反映了当前生物技术激烈论争的实况。基本上，反对基因工程的人士最大的疑虑，是因为他们深信以下几个论点：

81

- 转基因食品违反自然。
- 基因工程会制造出怪物。
- 转基因植物在农田中会危害环境。
- 基因工程改变了食物的结构，可能损害人类的健康。

此外，他们认为经营基因工程和推广改良基因作物，其后隐藏着西方大财团的经济利益。在他们心目中，这些纵横无忌，企图独霸全球基因食品市场的跨国公司，投入庞大的资金来改造作物的基因结构，最主要的动机就是为了牟取暴利，而农民最终将蒙受损失与伤

害。

究竟谁从生物科技的发展中获取最大的利益呢？

自从卡尔基因公司 (Calgene) 成功培育了遗传改良的番茄，并于1994年成为第一个在市场上出现的转基因食品之后，大部分研究基因改良的工作都集中于发达国家。在这些位于北美和西欧的发达国家里，不少新兴的生物科技公司，包括 Aventis、Dow Agro Science、Dupont / Pioneer、Monsanto 和 Syngenta 等，已经把遗传改良作物技术应用于农业上。生物科技公司所出产的转基因种籽，因为具有抗虫与耐除草剂的特性，很受农民欢迎。这些公司也确实从售卖转基因种籽的营业中获取可观的利润。

农民在采用这些生物科技产品之后，是否也获得好处呢？

自从人类于大约八千至一万年开始农耕活动以来，农民的生计不断受到害虫、杂草和其他有害生物威胁。联合国粮食与农业组织 (FAO) 的专家估计：全球八种主要作物（即：水稻、小麦、玉米、马铃薯、棉花、大豆、大麦与咖啡）于1988年至1990年间，每年因为虫害、草害、病害和鼠害，总共损失了大约2千500亿美元。这些损失是农民花费了大约300亿美元，购买农药来保护作物之后，仍然无法回避的破坏所造成。整体而言，这八种作物因为有害生物的侵袭而平均减产42%。

过度依赖农药往往弊大于利，因为农药能杀伤有益



图 15：大量喷洒浓药，不但无法有效控制虫害，反能破坏生态平衡。

生物，污染食品和环境，破坏生态平衡。农药通过接触，由人体大量吸收后，会产生中毒现象，危害人体神经、循环、呼吸、生殖、消化和排泄等系统，造成不安、疼痛、痉挛、昏迷、呼吸障碍、心搏骤停，中毒严重则能令人死亡。

转基因作物能够协助农民减少对农药的依赖，同时也帮助他们回避农药污染和健康受损。

根据美国的国家粮食农业政策中心(National Centre for Food Agricultural Policy, NCFAP)于2001年初所作的估计，自从美国农民广泛采用 Bt 棉之后，单单在1999年内就减少应用120万公斤的杀虫剂，施用杀虫剂的频率也减少了1千500万次。美国全境种植Bt棉的农民所获得的净利增加了9千900万美元。

中国的田野调查显示：耕作面积约一公顷的小棉

农，通过 Bt 棉的种植可获得比大农户更多的利益。Bt 棉使他们的生产成本降低 20% 至 23%。完全采用 Bt 棉的农民每公顷只用 10.3 公斤杀虫剂，这些农民因施用农药而出现中毒现象只占 Bt 棉农的 4.7%。反之，完全不用 Bt 棉的农民，施用的杀虫剂每公顷高达 57.8 公斤，因施用农药而中毒的农民约 22.2%。

在墨西哥，Bt 棉的种植不但使农民减少施用 50% 的杀虫剂，而且还让他们获得更高的收成。种植 Bt 棉所获得的经济效益，84% 归农民享有，其余 16% 则由 Bt 棉的种籽发展商获取。

NCFAP 对能够抗虫的 Bt 玉米进行研究后揭露：美国的玉米常常受到欧洲玉米螟虫 (European corn borer) 的侵害而令农民蒙受损失。这种螟虫在孵化之后，迅速钻入玉米的茎秆内，使传统的杀虫剂无法有效的控制螟虫繁衍。由于应用杀虫剂的经济效益不高，美国农民一般上很少喷洒农药来防治这种害虫。NCFAP 估计：欧洲玉米螟虫每年在美国造成的产量损失是 30 亿蒲式耳（一蒲式耳玉米等于 24 公斤玉米）。自从 Bt 玉米在美国大面积种植之后，玉米产量剧增。Bt 玉米茎秆内的毒蛋白，对属于鳞翅目的欧洲玉米螟虫具有很强的杀伤力。就以 1999 年为例，转基因作物的广泛种植，使农民增收 6 千 600 万蒲式耳的玉米。

玉米螟虫除了破坏茎秆之外，也能引发真菌对玉米穗的感染，最常见的穗霉病是由 *Fusarium moniliforme* 和 *Aspergillus flavus* 两种真菌所造成。镰刀孢菌 *Fusarium*



能产生称为fumonisin的毒素，严重危害马匹和猪只。科学家认为这种毒素在人体内积累可能致癌。曲菌 *A. flavus* 和 *A. parasiticus* 能产生黄曲霉素 (aflatoxins)。乳牛食用了曲菌感染的玉米后，会令黄曲霉素出现于牛乳中，人类饮用含有黄曲霉素的牛乳可能会患上肝癌。美国的食物与药品行政局 (FDA) 规定：玉米的黄曲霉素含量不可超过20ppb (parts per billion)，对猪只的安全量必须少过10ppm (parts per million)。美国南部的农场，常因黄曲霉素含量过高而影响玉米的价格。

转基因的 Bt 玉米品种如 MON 810 与 BT11，因为对玉米螟虫抗性强，因此受真菌感染的机率也大大降低。这两个转基因玉米品种所含的fumonisin毒素水平，不及非转基因玉米内同类毒素的10%。此外，黄曲霉素的含量，也远较非转基因玉米内同类毒素的水平低。为了减少玉米受到这些毒素污染，美国的玉米农近年来纷纷改种 Bt 玉米。

耐除草剂的转基因作物，为农民带来更大的便利和更高的利润。能抗 glyphosate 除草剂的 Roundup Ready 大豆于1996年的产量，已超越美国大豆市场总销量的一半。由于转基因大豆的普遍种植，施用于大豆的除草剂总量因此减低了超过10%。全美国于1999年除草剂的施用频率减少1千900万次，农民从而节省了2亿1千600万美元治理杂草的开销。

一项独立的评估证实，广泛种植Roundup Ready大豆所获的利润中，76%归农民享有，生物科技的发明者

分享17%，美国国内消费人获益4%，转基因种籽公司取得的利润是3%。

在非洲，贫穷与饥饿常年累月折磨着撒哈拉沙漠以南千千万万的人民。造成饥荒的一个主因是病害对作物的蹂躏。木薯是非洲人的重要食物，由于病毒的侵袭，60%的木薯于1998年无法收成。番薯也祸不单行，产量因羽状斑驳病毒（feathery mottle virus，简称SPFMV）的传播而剧降。在一些主要的番薯种植区内，病毒造成的损失高达80%。到目前为止，植物病理学家仍然研究不出防治病毒的特效药剂。由于一旦发病即无法控制，病毒感染的植病，在农民心中有如不治的癌症，唯有经过转基因的抗病毒作物品种，才有办法为绝望中挣扎的农民，带来一线突破困境的希望。

难怪尼日利亚的农业部长哈山阿塔慕（Hassan Adamu）悲切的呼吁：“严酷的现实昭示，没有农业生物技术之助，许多人将无法生存！”（The harsh reality is that, without the help of agricultural biotechnology, many will not live.）



# 操控基因会 威胁人类吗？

生物技术近年来突飞猛进的发展，为科研开拓了新的疆域，也同时为社会、经济、法律和伦理，带来前所未有的困惑和挑战。当基因工程在农业、粮产与医疗方面接二连三获得重大突破的当儿，关心环境保育的人士却开始忧心忡忡：任由科学家将控制生物遗传性状的基因，从一个物种转移至另一个物种，会不会为人类以及整个自然生态，造成万劫不复的重创？

1999年，苏格兰阿伯汀大学的普士泰教授(Arpad Pusztai)在一份医学期刊《Lancet》中发表一篇科学报导，宣称幼鼠食用转基因马铃薯后，内脏和脑部受到破坏，免疫系统失常。这篇论文引发强烈的争议。经过其他科学家深入分析与探讨之后，英国皇家学会终于宣布：普士泰的实验出现严重的漏洞，因此转基因马铃薯破坏生物健康的论点不能成立。

差不多在同一个时候，另一批反对基因工程的科学家担心：利用源自花椰菜杂斑病毒(cauliflower mosaic virus，简称CaMV)的DNA，将其导入作物中制造转基因作物，可能引发超级病毒的出现，并将威胁人类的

生存。这个令人不寒而栗的大灾难真的会出现吗？

要解答这个复杂的问题，必须先明了基因的结构。

每一个基因都具有三个组成的部份：

- 位于基因前端的启动子(promoter)，其功能有如控制电流的电钮(switch)，使基因开始操作。
- 负载制造蛋白质遗传讯息的一段DNA序列。
- 位于基因末端的终止符(terminator)；其功能是命令基因终止操作。

在进行转基因的研究过程中，科学家发现花椰菜杂斑病毒内一个称为CaMV 35S promoter的启动子，能有效地将导入的外源基因激活，并能将该基因的性状强烈表达。因此，到目前为止，超过80%的转基因作物，都以花椰菜杂斑病毒的这个启动子，来进行基因改良工作。

反对转基因的学者最大的隐忧是：CaMV 35S启动子含有一个容易与其他DNA配搭和分离的接合点。这个DNA重组热点(recombination hot spot)可能会激活其他处于静止状态的病毒(dormant virus)，甚至可能制造新病毒。他们认为花椰菜杂斑病毒与B型肝炎病毒有许多相似之处。若CaMV 35S启动子与这类危险的病毒结合，其后果将不堪设想。

英国挪威治研究园(Norwich Research Park)的三位资深科学家，为了解惑，将他们多年来对病毒的研究心得公之于世：



花椰菜杂斑病毒属于球状DNA病毒，由蚜虫(aphids)作为传媒，能侵袭卷心菜、芥蓝菜、菜心和其他十字花科(Brassicaceae)的作物。这种病毒遍布世界各地，并且存留于受感染的作物制成的食品中。花椰菜杂斑病毒侵入作物的细胞后，能于每个细胞中复制105个左右的病毒颗粒(virus particles)。照此类推，每个受感染的作物细胞里，将含有大约105个CaMV 35S启动子。若与转基因作物内仅含有一个或数个同类启动子比较，受花椰菜杂斑病毒感染的非转基因作物，产生新病毒的可能性将更高。然而植物病理学家经过多年的研究，从未发现通过基因自然重组(natural recombination)而产生的新病毒。

这三位科学家也认为：CaMV 35S启动子在重组过程中，必须准确无误地与能够引发疾病的基因前端结合，才有可能激活这个基因；正如电钮必须装在电线的前端，才能够调节电流。由于十字花科的蔬菜最受欢迎，同时受到人们普遍食用，因此花椰菜杂斑病毒多年来一直不断随着食物进入人体。然而，从来未有任何人质疑：这种病毒的启动子，会否在自然重组中引发癌症或其他痼疾？

至于CaMV 35S启动子是否能与引发爱滋病的病毒(human immuno-deficiency virus，简称HIV)结合，病毒学家罗哲·豪(Roger Hull)的高见是：这两种不同的病毒，除了拥有相似的逆转录酶(reverse transcriptase enzyme)之外，其他遗传特征皆有重大的差异。花椰菜杂斑病毒由DNA构成，不与宿主的基因组交融





生物科技学家通过基因工程，已成功利用大肠杆菌（*E.coli*）大量合成胰岛素。这种转基因细菌的生产效益很高，一千公升的含菌发酵液能生产二百克的胰岛素，相等于一千六百公斤猪或牛的胰腺提取物。此外，转基因大肠杆菌合成的胰岛素，比提取自动物体内的胰岛素更精纯，价格也较低廉，不但为病人作出重大贡献，也同时避免无谓的杀生。

基因技术企业与其他生物科技公司多年来研制了许多转基因药品，如治疗侏儒症的生长激素（*human growth hormone*），治疗血友病的 *factor VIII*，以及治疗囊肿性纤维化（*cystic fibrosis*，一种遗传性胰腺病）的药物。令人深感疑惑的是：转基因作物与食品引起的争议若波浪滔天；反之，对转基因药物的反应却毫无异议，波平如镜。

目前，基因治疗已取得长足的进步，生物学家正努力不懈，通过转基因香蕉发展出一套疫苗输送系统（*vaccine delivery system*）。由于一些穷乡僻壤缺乏医药设施，加上路途崎岖遥远，乡区的幼儿受到传染病如霍乱、痢疾、肝炎等的侵袭后，常常因为延误就医而丧生。

在这些贫穷落后的地方，香蕉是最容易栽植，也同时是价廉物美的食品。因此，科学家差利·安生（*Charlie Arntzen*）决定与美国康耐尔大学的科研人员互相合作，利用香蕉细胞携带传染病的疫苗，来激发人体的免疫系统产生抗体，从而达到预防疾病的功能。疫苗在烹煮过程中，会受到高温的破坏，由于香蕉可以生

吃，因此疫苗受热分解的问题就能轻易解决。

除了香蕉，美国的研究所以积极培育能预防白喉(diphtheria)的萝卜，以及其他含疫苗的水果和蔬菜、番茄、大葱、苹果。将来，这一系列转基因食物，肯定能取代传统的疫苗注射来抗病。

操控基因是否对人类完全没有威胁呢？那也不能妄下定论，因为生物技术是一把双刃剑，倘若丧心病狂的人间恶魔，掌握了操控基因的技术，并且大规模生产能通过空气、水源和食物传播的转基因病原菌，然后藉这些恐怖的生物武器引发流感，以及其他根本预想不到的疾病，那么，未来的人类将面临严重的生存威胁。

92 美国的彼得·布鲁克史密斯(Peter Brooksmith)在《未来的灾难》这本震惊世界的科学前沿报告中明确昭示：“任何一个拥有几千美元设备和大学程度的生物学知识的疯子，都能成批地生产病毒，就像在公园散步一样轻松。”

他也引用1984年发表在《大墙街》杂志上一篇文章的话来警惕世人：

“苏联科学家正在尝试将眼镜蛇毒的基因，与普通流感病毒和细菌组合起来，产生麻痹神经的毒素。”

如果人类不以道德伦理规范，来作为科学和技术研究的指南；如果人类任由贪欲、嗔恚、痴妄蒙蔽良知，为了满足私心而不择手段，那么，人类肯定会像躲在煤矿坑内狂吸大麻的愚人一样，最终引火自焚，自取灭亡！



# 少耕免耕法 保持土壤肥力

如果说地球是一粒浑圆的苹果，那么地壳(**crust**)就是那层单薄的果皮。地壳只有地球半径0.5%的厚度。这层由不同岩石组合而成的岩石圈(**lithosphere**)，在陆地上的厚度约35公里，在海底则只有5至10公里而已。覆盖了地球表面70%的海洋、河流与湖泊，形成地表的水圈(**hydrosphere**)。水圈的97%是海水，2%是冰层，只有1%左右是可供人类饮用与灌溉农作物的淡水。笼罩着地球的气体，形成大气圈(**atmosphere**)。在岩石圈、水圈和大气圈相互接触之处，千变万化的生物群落不断繁衍生息，构成了充满神奇色彩的生物圈(**biosphere**)。

岩石圈在陆地上受到水分、空气与各种生物活动的影响，结构上慢慢出现物理与化学上的改变。经过千万年的风化碎裂(**weathering**)，岩石圈的表层逐渐形成由各种无机质、有机质、水分与气体构成的土壤(**soils**)。如果将地壳形容为苹果的果皮，那么土壤就是比果皮上的蜡层还要单薄千百倍，而且极易破损的薄膜。

在漫长的历史进程中，土壤随着复杂的自然条件不

断演化与发展，最终形成了具有提供植物养分的客观实体。植物在良好的自然生态环境中生长，从土壤中汲取足够的养分而枝繁叶茂。来自植物的有机质和凋落物回归土壤后，经过微生物的分解，释放出各种养分，让植物再度吸收。这种生物和土壤之间的物质与能量循环，为土壤带来了生生不息的“生物自肥”作用，也令土壤获得持续不辍的生机。

然而，自从人类于大约八千至一万年前，开始摆脱自然生态体系的限制，推行农耕和放牧活动来满足粮食的需求之后，地球表面的形貌慢慢地出现重大的变化。最初在河流三角洲与两岸肥沃的冲积平原兴起的农业，随着人口不断增长而逐渐扩展至辽阔的原野与起伏的山林。

过去几千年，人类由于耕地逐渐紧缺，只好尽力设法多方干预和改造农业生态环境，如兴建灌溉系统、修筑梯田、平整土地，复种间作以增加生产。在不少国家



图 16：大肆开伐森林，将造成表土流失

了令人不寒而栗的地步。1930年代在美国发生的恐怖黑风暴，就是一个最值得后人反省的例子。

根据彭廷柏在《生态农业奇观》这本书里的描述：1934年5月12日，美国西部大平原刮起强烈的狂风，卷起4千500余万亩农田里肥沃的表土，形成由西向东长达2千410公里，从北向南宽约1千450公里，高达3.2公里的庞然尘暴区，横跨美国三分之二的国土。由于每立方公里的含尘量约四十吨，纽约市白天的透光率锐减50%，天空一片昏暗，高楼大厦在尘暴中隐形。这阵可怕的黑风暴连续猛刮三天，风暴过后，西部平原的水井、溪流干涸，农舍积聚了厚甸甸的尘土，大部分作物凋萎，牛羊成群渴死。这场震惊世界的黑风暴，是全球农业史中最严重的风灾。

为什么黑风暴会在美国出现呢？

原来从十九世纪末到廿世纪初，美国人大举开发中西部的沃土，种植玉米、小麦、棉花和烟草。他们砍伐的森林愈多，开垦的田园愈阔，土壤风蚀的情况就越严重。土壤学家估计：在一块天然草原上，刮走18厘米厚的表土，约需两千多年时间。如果在草原上种植玉米，刮走同样数量的表土，只需四十九年，如果土地完全裸露，风蚀加速，则只需十八年时间而已。

为了防止农耕地的土壤因为风蚀而继续恶化，最终沦为荒漠，农业科学家积极向农民推介能够保护耕地的少耕(minimum tillage)和免耕(zero tillage 或 no-till farming)栽培技术，这种涵盖了保持植物养分与避免土



壤大量流失的新概念，统称为保持性农耕地法 (conservation tillage)。

农民耕犁土地，除了翻松土壤，促进作物根系发育生长之外，另一个重要原因就是防治杂草。

耕耘的第一种方法是掩埋杂草。这些机械方法对一年生杂草有效，然而要铲除那些含有地下茎或根部能发芽的多年生杂草，则有必要重复切割和掩埋，直至地下部分耗尽细胞中的营养而死亡。

耕耘的第二种方法是破坏根系。这种机械法利用铁耙或旋转锄等浅耕设备，使经过切割的根系曝晒于炎阳之下，然后脱水致死。

耕耘搅动土壤后，在炎热干燥的气候影响下，土壤松散易碎，风暴侵袭时，表土很容易被刮走。免耕和少耕栽培法若能配合恰当的除草剂，可以减弱杂草再度定植重生的能力，同时也能降低风蚀摧毁表土和破坏土壤肥力。

在推行保持性农耕地法的过程中，除草剂的选择是一个关键性的步骤。适合应用于免耕与少耕法的除草剂必须具有以下几个优良的特性：

- 属于非选择性除草剂 (non-selective herbicides)，有效范围宽广，对一年生禾本科杂草与多年生阔叶杂草以及莎草的治理效益高。
- 挥发性低 (low volatility)，不轻易化为气体飘移到敏感的植物上，伤害非目标作物。

- 不轻易随着水分通过土层向下游移，污染水源。
- 低毒性，不损害人类与牲畜的健康，同时不在动物体内积累(low bio-accumulation)。

常用于少耕与免耕法的除草剂是草甘膦(glyphosate)和百草枯(paraquat)。

草甘膦在美国的市场很大，原因是这种易于传递的化合物施放于叶部后，能转移至植株各个部分，造成全面凋萎。草甘膦在土壤中快速降解(highly degradable)。草甘膦受到吸附(adsorption)影响，在土层里不会移动，因此绝不污染水源。由于草甘膦的蒸气压很低(low vapour pressure)，蒸腾量小，不会轻易在空气中飘移，也不会伤害敏感的作物。

草甘膦的除草功能，主要来自对植物细胞内一种称为EPSPS酶(醇素)的抑制作用(inhibition)。根据嘉渥斯基(E.G.Jaworski)的研究，草甘膦干扰了芳香族氨基酸(phenylalanine)的生物合成，使到蛋白质代谢作用受到搅乱而枯槁。由于人类和其他动物体内不制造这类氨基酸，因此草甘膦对哺乳动物的毒性非常低微。

1990年代中期，生物科技学家成功通过转基因工程，使经过基因改良的大豆、棉花、玉米、油菜、甜菜等作物产生耐草甘膦的作用。这种不受草甘膦杀灭的转基因作物被称为Roundup Ready作物。

根据美国大豆协会(The American Soybean Association，简称ASA)对少耕与免耕法所做的调查



显示：73%的大豆农采纳转基因大豆后，将更多作物的残留物(crop residues)保存于土壤中，增加土壤的有机质。48%的大豆农于过去六个季节持续扩大免耕田的面积。由1996年至2001年，采用免耕法的大豆田面积占了大豆总种植面积的49%，而少耕法的大豆田面积也占了总种植面积的33%。

整体而言，由于减少耕耘，大约2亿4千700万吨大豆田里的表土于2000年获得保存，免受风蚀与水土流失的破坏。此外，由于缩减耕耘活动，农民不但节省了耕犁、除草、操作机械的时间，也同时节省了2亿3千400万加仑的燃油。

有一位学者说：上帝创造人时使用泥土，上帝赐给人类最大的恩物也是泥土。能够保护泥土的新科技，你猜，上帝会反对吗？



## 转基因细菌

### 会毁灭所有植物吗？

农作物在生长过程中，从土壤和大气摄取所需的物质和能量，通过光合作用(photosynthesis)与其他生化作用，合成有机物来建构各种细胞和组织，以便维持正常的生理功能。作物长出来的果实、叶片和块根等由农民收割、采集或掘挖之后，有的直接输送到市场销售，有的转移至工厂加工。残留的秆茎、枝叶与其他毫无经济价值的部分，则多数散布于农田里，任由土壤中的微生物慢慢分解，或放火将这些废弃的物质化为灰烬。

在马来西亚的主要水稻生产区里，每逢收割季节过后，农民都会在田里燃烧稻草。广袤的田野上，处处是舞蹈的烟火，弥漫的浓烟严重污染空气，往往引起稻田附近的居民怨声载道。飘过高速公路的浓烟，常常干扰司机的视线，导致车祸频频发生。

将这些有机物还田，然后加速腐化，是处理农田废料的最佳方法。因为这种方法不但能够避免空气污染，而且还能将宝贵的肥料元素如氮、磷、硫等在土壤中还原，让作物的根部吸收。

科学家多年来一直不断探研，寻求最有经济效益的

途径，利用微生物将农田废料发酵，从而提取具有经济价值的产品。近年来的研究证明：运用生物技术将含有纤维(cellulose)的物质，如稻秆、杂草、木屑等进行特殊的加工，可以制造出高蛋白的物质，以及其他具有经济价值的工业原料。

1990年代末，美国奥利根州立大学(Oregon State University)的科学家依莲·英翰博士(Elaine Ingham)与一位研究生，利用一种经过生物技术改良的克雷白氏杆菌(Klebsiella planticola)进行试验，成功将植物废料(plant waste)转化为酒精。这种转基因细菌因为导入了酒精基因(alcohol gene)，因此能够通过发酵作用进行草秆酒精生产(grass straw alcohol production)。这项科学研究成果意义重大，因为许多农作物的废料如残叶和枯枝将可以转化为绿色燃料，并且可以避免焚烧造成的环境污染。

为了进一步研究经过发酵以及提取了酒精后的残渣(sludge)，是否适合作为肥料，依莲博士将这些残渣施用于实验室里的小麦。出乎她的意料之外，七天之后，这些小麦竟然全部枯萎死亡。经过详细调查，她和参与这项实验的研究生发现，存活于残渣里的转基因克雷白氏杆菌，继续生产大量的酒精，进而破坏小麦的根部。反之，以非转基因的克雷白氏杆菌进行同样的试验，小麦都能正常生长。

依莲博士将这些资讯与纽西兰的绿党(New Zealand Green Party)分享，并且向该国的基因改良皇家委员会(New Zealand Royal Commission on Genetic Modification)

提呈报告书。依莲博士在报告书中强调：若允许以这类转基因生物制造的残渣在田野间进行试验，将有可能毁灭陆地上的植物。她也同时宣称：由于她发表于《应用土壤生态学》(Applied Soil Ecology)的论文将上述研究成果公之于世，终于及时令美国环境保护局(EPA)批准的田野实验停止进行。

依莲博士的言论，引发反对基因工程人士激烈的反应，报章杂志的渲染更引起人心惶惶。纽西兰黄昏邮报(Evening Post and Christchurch Press)于2001年2月2日以大标题刊登这则新闻：“美国专家指出转基因细菌能杀灭所有生命！”其他令人心惊胆跳的报导包括：“这个星球上的生命，几乎在微差数周的危急期间覆灭！”

位于威灵顿市的生命科学家网络(New Zealand Life Science Network)即刻进行严密调查，并且迅速作出回应。这个网络的科学家威廉·罗烈士顿博士(William Rolleston)义正词严地阐释：依莲博士的报告书出现谬误，并且与事实不符。她宣称曾在《应用土壤生态学》中发表的研究论文，事实上并不存在。同时，调查的结果也显示：美国环境保护局从来不曾批准依莲博士提起的田野试验。

生命科学网络在回应中提呈的几个重要论点，很值得探讨和深思：

- 用来作为转基因的亲本细菌(GM parental bacteria)，是由野生种克雷白氏杆菌突变而成的弱种，在自然环

境中不易获得优势发展。

- 在八周的实验期间，克雷白氏杆菌的数目下降了100万倍，从而显示这个经过突变的细菌在实验环境中也不易生存。
- 用于实验的酒精基因，源自运动发酵单胞菌（*Zymomonas mobilis*）。这种能制造酒精的细菌，若与其他细菌，例如，遍布各方的大肠杆菌混杂，已被证实能够在自然环境中互相交换基因。
- 科学界普遍认同：细菌的基因在自然环境中，可以轻松由一个物种转移至另一个物种。这种称为横向转移（horizontal transfer）的现象，促使细菌基因组不断进化。克雷白氏杆菌通过互相交换遗传物质，已在进化过程中，从不同物种的细菌获取了超过一千个基因。
- 依莲博士认为转基因克雷白氏杆菌生产酒精，并且改变土壤微生物群的结构，是造成小麦死亡的主因。事实上，酒精基因存在于许多不同种类的细菌内，因此，理论上克雷白氏杆菌即使不通过基因工程，也能在自然情况下以横向转移方式，从别类细菌获取酒精基因。
- 转基因克雷白氏杆菌制造出来的酒精浓度，比能够危害植物生长的酒精浓度低了数百倍。因此，小麦在实验中枯萎，并非由于转基因克雷白氏杆菌生产出超量的酒精造成。
- 过去的科学文献证实：野生种（wild type）的克雷白氏杆菌能将木糖（xylose）发酵成酒精。因此，认为

转基因细菌生产大量酒精，会毁灭陆地上所有植物的论点不能成立。

- 小麦在实验室中死亡，很可能是太多克雷白氏杆菌在土壤中促使植物根部产生不良的变化。若实验者能以较低的细菌密度来进行研究，或许能寻获发酵残渣作为肥料的安全水平。

经过深入的探索，参与讨论的科学家们一致判断依莲博士的论据出现严重疏漏，绿党与依莲博士也终于在2001年3月6日向纽西兰政府致歉。

绿色和平(Green Peace)的首席科学顾问曾经提醒科学家：必须避免凭藉单一的生物体来进行试验，从而预测对整个生态系统所起的作用(avoid extrapolating from tests on a single organism to predict effects on an entire ecosystem)。依莲博士以转基因克雷白氏杆菌的试验数据，来预测所有陆地上的植物，将因细菌生产酒精而形成生态浩劫，不但是危言耸听，误导世人，同时也违反了“大胆假设，小心求证”的科学精神。



## 浅谈标签和专利权

市场上的食品，并非全部都贴上标签。一般上，厂商会为经过包装的食品附上简单的说明，以便消费者选购食品的当儿，能够知晓其中的营养成分，如蛋白质、脂肪与维生素等的含量。消费者可以在作出决定之前，先将各种品牌的同类食品拿来详细比较，从而购取价廉物美的食品。标签的另一个好处，是方便消费者了解制造食品过程中所采用的各种原料，如花生、大豆、肉类或乳类等，顾客可以通过文字说明，挑选合乎口味，而同时又能回避饮食禁忌的东西。此外，标签上志明的日期，可以帮助消费者避免错误购买已经逾期的陈旧食品。



105

自从基因改良食品于数年前大量出现之后，负责协调联合国粮农组织（FAO）和世界卫生机构（WHO）之间有关食品规格事务（food standards）的 Codex Alimentarius 委员会，开始针对转基因食品标签这个课题，进行了漫长而且激烈的辩论（GM labelling debate）。

这个专为一百六十五个成员国提供食品安全谘询服务的 Codex 组织，在处理转基因食品的课题时，分裂为

两大阵营。其中一个阵营积极鼓吹强制标签 (mandatory labelling)，这个阵营的代表，主要来自欧洲和印度。另一个阵营则认为：只有那些可能引起健康与安全问题，或营养成分产生品质变异，或具有崭新用途的食品才需要标签。既然转基因食品与市场上同类食品相互比较时，具有“实质等同性” (substantial equivalence)，换言之，这类食品与市场上同类的传统食品，无论在形态、营养价值、食用方式上毫无差异，因此没有必要对转基因食品实施强制标签。这个阵营的代表，主要来自美国、加拿大以及一些南美洲国家。

在美国和加拿大，市场上出现的转基因食品，很少附上GM标签。美国的看法是：标签应针对食品本身，而不是其生产方式。因此，在美国，所有转基因食品皆需通过严格的卫生安全评估，始获准进入市场。同时，无论是否以基因改良技术来生产，只要有相关的食品内含新过敏特性 (new allergenic properties)，制造商就必须遵循食品法令作出详尽标签，以保护对这类食品可能产生过敏反应的消费者。

在马来西亚，有关当局目前正着手修改食品规则 (Food Regulations 1985)，以纳入转基因食品需要GM标签的条文。根据食品法令 (Food Act 1983)，所有食品制造商必须确保标签中不含虚假的资料。一切出现于标签上有关质量的数据，必须能够以化学或物理方法来鉴定。

根据报导，这项食品修正案要求所有内含GM成分

的食品，皆须明确标签。这个措施与食品必须明确标示有无猪肉或酒精成分的做法无异。

在执行有关法令之前，有关当局首先必须设立测试基因改良成分含量的标准。目前，各国对不含转基因(GM Free)的定义不同，有的国家坚持绝无转基因成分(zero-tolerance)，有的国家则允许在不经意情况下掺入1%至5%的转基因成分。

鉴定食品中是否含有转基因成分的最准确方法，是通过测试有关的DNA片段序列是否存在于食品中。这段DNA来自以生物技术导入的基因。在测试的过程中，若转基因作物是制造食品的主要成分，如豆腐和玉蜀黍片等，鉴定工作通常不致于面对重大的技术问题。然而，倘若从转基因作物中提炼油脂、淀粉与糖分，然后以这些提取物来制造食品，例如，从转基因玉蜀黍中提取糖浆，再以这些糖浆来制造饮料；那么，由于这些提取物(extract)不含DNA，因此，无论以任何化学或物理方法，都不能确定这些食品所用的油、糖和淀粉，是否源自转基因作物。

马来西亚若实施GM强制标签，食品制造商将面对两个重要的选择：

- 以更高的价格购入不含转基因成分的原料（一般上转基因作物价格较廉宜）。
- 以含转基因成分的原料制造食品，并且依法标签。

估计 GM 标签将造成食品的生产成本增加 9% 至 30%，而消费者最终必须承担这些开销。

值得一提的是：素食者以较高的价格购取“纯净”食品，并不能完全确保这些食品不含丝毫动物蛋白。麦赫由根在《消费者 GM 食物指南》一书中指出：英国进行一项食品测试后，赫然发现五百六十七种谷类食品中，21% 含有螨（小蜘蛛）。来自这些节足动物的 DNA，肯定远远超越通过转基因技术进入食物中的动物 DNA。（按：目前，市场上的转基因作物，皆不含动物基因。）

108 另一个经常引起争议的课题是：赋予转基因作物专利权（patents）是否合理？反对者认为生命是神圣的，基因原本就存在于自然中，无人有权将这些属于自然母亲的瑰宝据为己有。

科学家在科研中寻获极具经济价值的创见与发明之后，有两个选择可以使他们从中获取实惠：

- 将这些创见与发明保密，独自研发出市场上独一无二的产品。最好的例子是可口可乐（Coca Cola）与肯德基家乡鸡（Kentucky Fried Chicken）的密方。
- 将这些创见与发明注册以获取专利权。一般上发明者能享有十四至廿年的专利权。美国孟山都公司的耐除草剂作物，如 Roundup Ready 大豆就是一个很好的例子。

一项新产品欲获取专利权，必须符合以下三个基本条件：

- **新颖概念(novelty)**：即过去从未出现，也从未被人设计出来的发明。有人误以为财雄势大的跨国公司，可以任意到发展中国家去，然后将当地一些稀有和独特的植物注册，以获取专利权，而当地的农民从此将永远失去种植这些传统植物的权利。事实上，这种可怕的现象，在法律范畴中不可能存在。因为一项发明若被发现在注册前，已存在于世界上任何一个地方，这项发明的专利权将立即失效。
- **具备实益(utility)**：只有能带来实际效益的发明，才会获得顾客的青睐。没有经济价值的新产品，将无法开拓新市场。发明者即使获得专利权，也无法说服有远见的商家到来投资。
- **创意发明(inventiveness)**：发明者必须将创意与步骤详加说明，以证实这项发明确实未曾由任何人先他构想出来。这些技术上的细节，将使公众可以在专利期过后，凭藉获取的资讯，参与这项发明的生产，使整个社会从中受惠。


第一个转基因生物通过法律获得专利权，是由1980年的扎卡峇蒂事件开其先河。科学家阿难陀·扎卡峇蒂(Ananda Chakrabarty)，以生物科技研发出一种能将原油(crude oil)消化的转基因假单胞菌(Pseudomonas)。

美国负责办理专利权的官方机构最初拒绝了他的申请，因为当年的法律条文不将生物体（包括微生物），归纳为可赋予专利权的物品。扎卡峇蒂不因此而气馁，他通过一切可行的法律途径，将案件呈交法庭。美国最高法院最后判决这个转基因细菌应获得专利权，因为这个细菌并不存在于自然界中，其用途对人类与生态系统有益，并且展现了发明者的智识创造力（intellectual ingenuity）。

110 这项突破鼓舞了许多科技工作者，随之而来的许多生物学新发现，如与人类健康息息相关的基因序列（gene sequence）、蛋白质、新疫苗、诊断仪（diagnostic kits）等，纷纷获得专利权。

由于负责专利权的机构不能完全掌握一些自然物质在传统社会中的用途，因此偶尔会出现差错。最明显的例子是：美国一所大学获得以姜黄（*Curcuma longa*）治疗伤口的专利权。印度知悉后，即刻提出抗议，并呈上文献，以证实多个世纪以前，古印度的人民，已懂得利用姜黄来治疗伤口。

专利权能激励本地的科学家，多利用我们丰富的天然资源，创造很有经济潜能的新产品。如果我们不善用生物技术来开拓这个充满商机的领域，并且任由外人捷足先登，那么，当我们发现大好资源早已丧失殆尽时，我们只能低回叹息，悔不当初！



# 让贫农从生物技术的发展中受惠

美国科学家励富金(Jeremy Rifkin)在《生物科技世纪：驾驭基因重塑世界》(The Biotech Century :Harnessing the Genes and Remaking the World)这本书里明确指出：DNA双螺旋结构的发现，不但奠定了生物技术革命的基础，同时也促进了信息科学 (information science) 和生命科学 (life science) 之间的交汇与融合，并且形成一股强劲的经济力量。许多跨国公司已经积极建立大型的生命科学联合企业，满怀信心地迎迓一个焕发着无限商机的生物工业世界莅临。

励富金进一步阐释：自从1980年美国最高法院批准了第一个基因改良生物的专利后，这项历史性的裁决，为遗传公产的私有化和商业化，铺陈了非常重要的法律基础。生物技术从此脱下了纯朴的学术外衣，快步跃入充满商机的市场；从事遗传工程的私营企业，纷纷在股市中粉墨登场，成为万人争购的热门股。

正当世界经济紧锣密鼓地朝向私营化的方向迈进，世界银行决定于1989年进行一项意义重大的研究，深入评析正在不断扩张的私营企业，对发展中国家农业领域

带来的冲击。这项研究的结论强调：为了进一步加强公共与私人界的伙伴关系（public-private partnership），确实需要建立一个新的国际机构，以便私营企业掌控拥有权的科学（proprietary science），亦能为发展中国家里贫穷的小农户带来实惠。

在数个慈善机构，如洛克菲勒兄弟基金（the Rockefeller Brothers Fund）、麦克阿瑟基金会（the Mac Arthur Foundation）、麦耐特基金会（the McKnight Foundation），以及瑞典与美国的官方机构鼎力襄助之下，一个非营利的新组织——国际农业生物技术获取与应用协会（ISAAA），于1991年7月在美国申请注册，并于1992年3月正式成立。为了使协调工作能够顺畅进行，ISAAA设立了位于康耐尔大学的美洲中心（Ameri Center）。此外，非洲中心（Afri Center）、欧亚中心（Euro and Asia Center），以及东南亚中心（SE Asia Center）也相继设立于世界各地。

经过数年的运作，ISAAA逐渐将重点由富裕的北方迁移至南方，东南亚中心因此成为非常活跃的据点。ISAAA以互惠的方式，将源自北方的生物技术传授予南方的农业国，以催化这些国家的经济发展。由于科技应用的主导权，已委托予发展中国家内的有关机构，各国可以根据国内的情况将资源与讯息分配，以便贫穷的小农户真正从这些新科技的发明获益。

ISAAA的运作哲学有三大特点：

- 开拓新颖和可持续的管道，以方便生物技术的转移。
- 鼓励国家、区域和国际层面的政策变更。
- 创造新机遇以加强公共和私人界的协作。

由于ISAAA的服务对象是缺乏资源的小贫农，而不是资源充沛的富农，因此，各项计划的推行都得深入考量两个基本层次，即技术转移（technology transfer）与技术传达（technology delivery）。前者将技术由私人界转移至发展中国家的研究机构；后者则戮力确保这些新科研成果，能递送至小农户的田园。ISAAA的宏愿并非以新科技来完全取代传统的农耕法，而是期盼发展中国家的农户，能采纳适当的新科技，然后将这些新技术融入优秀的传统耕作制度中，并于多样化的农业生态系统中和谐运作。

ISAAA在推行生物技术计划时，采纳了三项重要策略：

- 集中精力于那些已经在工业国实行，而且已经证实最有可能成功转移至发展中国家，并将受到当地农民广泛应用的短期技术。
- 汇聚力量推行能够提高园艺、森林和粮食作物产量的技术。
- 专注于三类技术，即组织栽培（tissue culture）、疾病诊断（diagnostics）和转基因植物（transgenic plants）。

目前，ISAAA在世界各地积极推行了多项计划，成绩斐然。

在拉丁美洲，影响深远的计划包括：

- 引介先锋种籽公司（Pioneer Hi-Bred International INC.）捐献的技术，改善玉蜀黍的产量与抗虫能力。
- 引介孟山都公司捐献的技术与训练设施，提高墨西哥的马铃薯对病毒的抗性。
- 引介Novartis种籽公司提供的生物标志（selectable marker）mannose-6-phosphate isomerase，来培育抗病性强的木薯。

在非洲，积极推行的计划包括：

- 引介杜乐依实验室（DuRoi Laboratories）的组织栽培技术，改善肯雅国内香蕉的品质与产量。
- 引介英国约翰因中心（John Inns Center, UK）和Novartis种籽公司的技术，诊断肯雅与撒哈拉沙漠以南诸国的玉蜀黍条斑病毒，以及深入了解病毒的遗传特性。
- 引介孟山都公司的技术，以增强肯雅与邻近国家的番薯对病毒的抗性。

在东南亚，多项重大计划已如火如荼地通过多国协作方式积极推行，如：

- 引介孟山都公司与夏威夷大学 (University of Hawaii) 的技术，在印尼、马来西亚、泰国、菲律宾和越南培育抗轮点病毒 (papaya ringspot virus) 的木瓜。
- 引介 Zeneca 公司与英国诺丁翰大学 (University of Nottingham) 的技术，培育延熟木瓜 (delayed ripening papaya)。多个东南亚国家，包括马来西亚参与了这项计划。
- 引介 Novartis 种籽公司的技术，提升越南的番薯对害虫的抗性。
- 引介美国华盛顿州立大学与亚洲蔬菜研究发展中心对十字花科黑腐病 (black rot in Crucifers) 的疾病诊断法。
- 引介 Novartis 公司的技术，加强印尼对番茄病毒的诊断。
- 引介 Cargill 公司的技术，在菲律宾进行抗虫玉蜀黍的生物安全性研究。

以上各项计划，皆由多个国际慈善团体拨出巨资赞助，使贫农能够真正受惠。

由于基因改良作物已进入发展中国家的农田里，生物安全性 (biosafety) 已成为全球普遍关注的重大课题。ISAAA 目前的行政方针是，将重点集中于协助发展中国家成立生物安全委员会，以制定有效的生物安全政策、规则和步骤。

ISAAA 深切了解，日新月异的生物技术，将造成知



转

基

因

转

乾

坤

识产权的管理变得日益繁复。发展中国家在专利权的处理方面，常常因为缺乏专才而表现欠佳，因此，ISAAA 尝试通过其广大的网络，积极为发展中国家提供高效率的知识产权与技术转移的谘询服务。

这些年来，ISAAA 坚定公正的立场与令人钦佩的专业精神，已使这个年轻的非营利组织在向前迈进时，顺利转化拦路的石块，成为可供跳跃的踏脚石 (transforming whatever stone lies in its way into a stepping stone to greater achievements ! )

(本文主要参考文献：Anatole F.Krattiger 著 “An Overview of ISAAA from 1992 to 2000”. ISAAA Briefs No.19-2000)



1.1.1



# 一粒粟中藏世界

## ——浅析基因中涵容的禅理

每次重读诗人布莱克(William Blake)那首含义深远的小诗：“从一粒砂砾窥望世界，凭一朵野花凝眸天堂，握无限于您掌中，含永恒于一小时”，我总会不期然地想起“一花一世界，一叶一如来”这句深蕴禅趣的慧语。布莱克的小诗与禅宗慧语皆含蓄昭示：只要以心灵的眼睛来观览万物的真貌，以及用心灵的耳朵来聆听宇宙的脉动，我们将豁然贯通黎巴嫩诗人纪伯伦(Kahlil Gibran)所体悟的境界：“一粒砂也是一片沙漠，一片沙漠也是一粒砂”，我们也将恍然彻悟，为什么在禅师心中，卑微的芥子，亦能容纳巍峨的须弥。

生物学家伦斯伯格(Boyce Rensberger)写过一本精采绝妙的科普读物《一粒细胞见世界》，作者以生动有趣的叙述，将小小的细胞内具体而微的缤纷世界活泼地描绘出来。读者可以从这本书所展现的生命奥秘，窥探到无形无体，遍一切处的禅机。

根据生物学家们的研究，人体内约有一百余种形态和任务各异的细胞。一个成年人的躯体，由大约六十兆个细胞组成，这几乎等于全球总人口的一万倍。这些细胞



虽然形貌不同，然而各种细胞的基本结构，却展现出许多令人惊讶的相似之处。

人体的细胞由一层薄薄的细胞膜(cell membrane)包裹，里面含有细胞质(cytoplasm)与细胞核(nucleus，红细胞和血小板无细胞核)。此外，细胞内还有多种小器官，统称胞器(organelles)。细胞核是最大的胞器，内含染色体(chromosomes)与核仁(nucleolus)。



图 18：细胞由许多具有独特形状和功能的微小胞器所组成

染色体由长链脱氧核糖核酸(DNA)和一些连接DNA上的结构蛋白质所形成。DNA记录了生命的遗传讯息。基因(gene)由DNA序列所构成，里面贮存了合成核糖核酸(ribonucleic acid，简称RNA)和蛋白质所需的遗传密码。换言之，基因是位于染色体上负责遗传工作的基本单位。生物体的细胞内整套染色体所携带的所有基因，合称基因组(genome)。

每个生物物种(species)都具有一定数目的染色

体，例如：每个洋葱细胞核中的染色体是八对（十六条），水稻是十二对（廿四条），番薯是四十五对（九十条）。人类的染色体数量是廿三对（四十六条）。

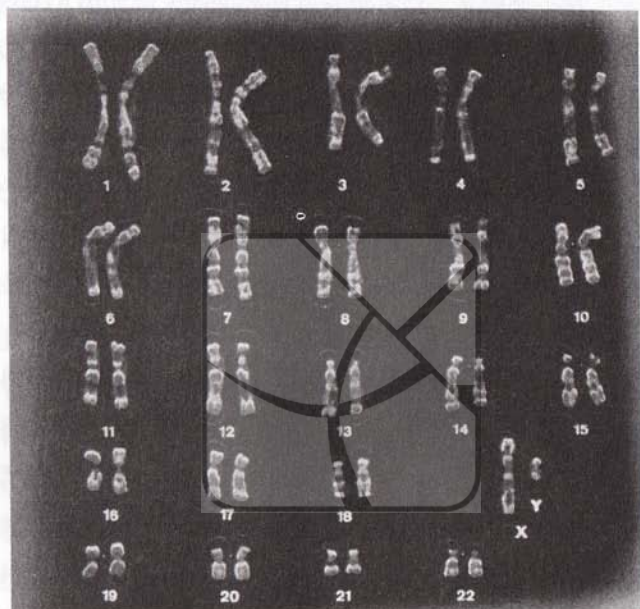


图 19：人类廿三对染色体内藏着大约三万个基因的遗传密码

蕴藏着遗传讯息的DNA分子，由五碳糖与磷酸交互连接为两条螺旋状的长链，两条长链之间由碱基结合成一体。碱基在DNA分子中共有四种：腺嘌呤（Adenine，代号A）必须与胸腺嘧啶（Thymine，代号T）排列成对，而鸟粪嘌呤（Guanine，代号G）必须与胞嘧啶（Cytosine，代号C）互组成双。如果将

五碳糖与磷酸组成的两条长链形容为绳梯的麻索，那么由A配T，由G配C的四个碱基，就相当于梯子中的那一级一级的踏板了。

每三个连续排列成一组的碱基，编成一个遗传密码子，每个密码子决定一种氨基酸的形成。例如由ATG这三个碱基组成的密码子，代表一种称为蛋氨酸(methionine)的氨基酸。所有生物体内各种蛋白质，全部由廿种氨基酸(amino acid)构成。蛋白质是建构身体的要素，同时也是促进催化作用的酶(enzymes)，以及引发特殊生理作用的荷尔蒙(hormones)的材料。因此，蛋白质可以说是构成生命之源的主要物质。

生物的基本单位是细胞，而细胞内的生命现象与运作，全由基因来决定。人类的基因密码，由大约卅亿个碱基(即A, T, G, C)储存，并且组成三万余个基因。如果以这四个碱基写出人类基因的全部遗传讯息，编辑成书，可以合订成一套共有一千本，而每本厚达千页的丛书。然而，这么繁多的遗传讯息藏于细胞内，其质量却只有两千亿分之一克重而已。日本筑波大学教授村上和雄形象地指出：若把现在地球上所有六十亿人口的DNA全部集中起来，大约也只是一粒米的重量而已。村上 and 雄的话，不是和“纳须弥于芥子”以及“一粒粟中藏世界”毫无二致吗？

遗传学家也发现：不只所有人类，皆由这四个遗传密码谱写出全部遗传讯息，所有生物的基因，在基本的构造上，竟然完全相同。换言之，人类的细胞，与沟渠

里子子的细胞，不但在基本构造、生理作用以及化学反应方面非常接近，而且在传达遗传讯息时，也使用共同的语言。因此，来自老鼠细胞内的基因，不但人类的细胞，甚至植物的细胞，都能完全无误地解读这个基因的密码，并且能够根据这个基因的密码，制造出同样的蛋白质。例如：一小段DNA上的碱基密码ATGGCCCTG，所有生物，从卑微如细菌，到繁复如人类的细胞，都会按着这些密码建构三种氨基酸，即蛋氨酸(methionine，根据ATG而构成)，丙氨酸(alanine，根据接下来的GCC而形成)和白氨酸(leucine，根据最后的CTG制造出来)。

另一个更令人诧异的发现是：人类体内的DNA，与非洲森林里的黑猩猩和大猩猩的DNA，竟然99%相同，人类与一些低等动物的DNA，几乎50%相同。佛陀说：一切有情众生皆具佛性，平等无二。然而，由于强烈的我执，令人以为自己那具由色、受、想、行、识这五蕴集合而成的假我与众不同，结果心萌颠倒邪见而终日浮沉于苦海中，不能自拔。

佛陀的教诲中，常常强调生死事大，无常迅速，光阴可贵，时不待人，深入观察细胞的成长，我们将能够更彻底了解苦、空、无常、无我的真谛。当生物进行有性生殖(sexual reproduction)的过程中，生殖细胞就会进行减数分裂(meiosis)，使卵子和精子的染色体数目仅为体细胞的一半。以人类为例，人体细胞的染色体数目是 $2n$ （等于四十六），而精子和卵子这两种生殖细胞的

染色体数目，在形成的过程中减少一半，成为 $n$ （等于廿三）。当卵子受精之后，雌雄生殖细胞融合为一体时，染色体数目又变回 $2n$ 。人类的染色体与基因的总数，经过很多世代的繁衍，依然保持不增不减。这种细胞分裂与整合的生命现象，常常使我想起佛陀回答外道问及关于轮回观点时的慧语：“不常不断”。染色体在生命形成的过程中，让基因随着无常的变化分离之后又再重新组合，印证了佛陀所说的“不常不断”即“中道”。王亭之说过：中道不落于常边，亦不落于断边。一切法无自性（本体空），所以不常，然而一切法都有它的实际功能，所以不断。对于生命的诠释，知其不常，同时又知其不断，就不会再执著于自我，也不再执著于外物了。

精子与卵子结合成为合子(zygote)之后，新的生命由一个基础细胞，经过染色体上的DNA不断地自我复制，与细胞的不断自我分裂，形成由细胞团组成的囊胚(blastocyst)。这团细胞不断分化，最终在母体中成长为一个完整的胎儿。人类的整个生命历程，多姿多彩，充满希望，同时也充满挑战。一个正常人的身体内，每一分，每一秒，基因都在细胞内操纵着新陈代谢作用(metabolism)。每一天，我们体内有数亿个红血球死亡。每一天我们体内也有几乎相同数量的红血球诞生。我们的胰脏，每隔廿四小时就将整个器官内全部细胞更换，也就是说，每一天，我们体内都有一个全新的胰脏在操作。我们的肾脏、肝脏，以及心脏的蛋白质，在每

一天里也以极快的速度分解，然后又在代谢循环中再生。这一切生理活动，都受到基因的操纵。只要人类活着，基因就不断以不可思议的速度与力量在体内运作。基因与生命的无常息息相关。正因为无常，陈旧与老朽的废物可以从体内排除出去。正因为无常，生命才有机会萌芽与茁壮。

另一个有趣的现象是：生物躯体内的每一个细胞，都涵容了完全相同的基因，即携带着整套完全相同的遗传讯息。因此，理论上，从人体中任何一个部分取出一个体细胞(somatic cell)，就可能用来培育一个复制人。然而，每一个细胞在生物体内正常操作时，却严守岗位，只扮演自己的角色。因此，在人体内的肝细胞与皮肤细胞所携带的DNA虽然一模一样，共同持有一个生命运作时所需的所有遗传讯息，不过，肝细胞绝对不制造皮肤所需要的蛋白质，皮肤细胞也绝不制造肝脏所需的蛋白质。原来基因的运作有点像家里调节电流的开关一样，肝细胞在操作时，只掀(on)了肝细胞专用的电钮，将固定属于肝的讯息发挥出来；而制造皮肤与其他组织的电钮，则完全处于关(off)的状态。科学家已证明：每一个细胞内有制造蛋白质的构造基因，同时也有调节这些基因的活动，专门负责进行开关(on和off)工作的调节基因。


了解基因开关的运作状况，将能帮助我们诠释为何有的人面临危机时，能于瞬间发挥出完全无法想象的庞大力量。最近中国日报网站消息报导了一则令人惊叹的

新闻：美国佛罗里达州的小镇里发生一起车祸，一辆轿车撞倒了一个在路旁步行的小孩。正在车祸现场散步的老太太朱莉·凯莱为了救人，竟然有如神助，奋不顾身地举起了那辆重达两吨的轿车，让车祸中受困的小孩逃生。这类平时无法表达出来的异能，与基因操控的酶于细胞内的反应有着直接关系。当酶于千钧一发之际，以超高速将必要的物质转化为能量，这些仿佛完全由魔力来启动的化学反应，能够于刹那间创造出意想不到的奇迹。

人的心念能够影响基因的操作，而基因的操作又控制了能够发挥神奇力量的酶。心的运作能够影响基因的表达，恰恰印证了一切唯心造的真谛。明白了心念对基因的影响，我们就更能深入体悟临济宗的荣西禅师对心的赞叹：“大哉心，天高不可极，而心出天上。地厚不可测，而心出地下。日月光不可逾，而心出于日月光之表。大千沙界不可穷，而心出于大千沙界之外。”人心能够跨越日月星辰，遨游于无穷的太虚。能够将心量扩大，并且展现出生命的光辉，那么心就能够与宇宙共存。

科学家通过对基因的探索，以及对密码序列与功能的识别后，终于在1973年发展出将个别基因分离出来的方法，并于1980年代成功研发出将一个物种的基因剪接，然后导入另一个物种的基因组的技术。这种重组DNA的科技，被广泛称为基因改良或基因工程。


今天，基因工程已将医药、农业与粮食生产引入了



一个崭新的领域。在医学上，经过基因改良的动物、植物、细菌，及酵母能为人类大量生产药物与疫苗，并能更简便快捷地为人类诊断疾病。最好的例子是将未分化的干细胞（stem cells）培育，然后移植入病人体内，使干细胞启动修复机制，治疗脑部损伤与帕金森氏等脑痼疾。

在农粮发展方面，基因改良技术能加强植物抗虫、抗病，及抗逆的能力，并且可以提升作物的产量和食物的品质。目前，受到农民热烈欢迎的转基因作物中，抗除草剂大豆、玉蜀黍和棉花，已为农业生产带来巨大的便利。由于这些作物获得耐除草剂基因（herbicide tolerant gene），因此不受除草剂伤害，而田间各种杂草则轻易地被除草剂灭除。

这类转基因作物于2001年由全球超过350万农民广泛种植之后，总面积已达5千260万公顷，比两个英国的陆地面积总和还大。很多反对基因改良的人士日益担心，经过强化的作物在自然生态环境中抗性极强，或许将征服其他植物，并且毫无节制地繁衍，最终变异为疯狂蔓延的超级杂草。由于有关论题引起人们的疑虑，英国一群科学家从1990年开始，尝试将专用于研究的转基因玉蜀黍、甜菜、油菜和马铃薯，栽种于伦敦以西四十公里的帝国学院的试验田里。这种转基因作物在不同的田野自然环境中，与其他非转基因作物一块儿生长。经过十年的观察，研究员发现：短短四年期间内，几乎所有有作物都自然死亡，而存活下来的马铃薯，皆为非转基



因的品种。研究员在英国科学期刊《自然》里指出：第一代转基因作物在田野自然条件下不能很强壮地存活。这批转基因作物并不比传统的非转基因作物更具耐逆性，同时也并不具备更高的繁殖能力。

凡一事一物之产生，皆由因缘和合而成。转基因作物的种籽为因，而土壤、阳光、水分、农田管理为助缘。转基因作物在试验田的自然环境中，因为缺乏刻意的照顾，结果受到病虫害的侵袭与野草的包围而凋萎。

这项研究的结论，印证了大般若经里的启示：“诸法皆是因缘生，因缘生故无自性。”转基因作物由因缘而生也由因缘而灭，因为“此有则彼有，此生则彼生；此无则彼无，此灭则彼灭”。

根据人口学家估计，世界人口将从2000年的大约六十二亿人，于未来五十年内，激增至一百亿人，平均每年增加七千六百万人。曾获诺贝尔和平奖的科学家诺曼·波洛(Norman Borlaug)说：到了2030年，粮食产量必须要比1990年增长60%，才可以保持目前的人均食品消费量。但是如果全球约十亿饥寒交迫的贫民，改善了他们的饮食，那么，每年的粮食需求量，必须再增加约10%，才足以达致供求平衡。

倘若未来卅年谷物的单位面积产量无法增加，许多森林将被砍伐以扩大耕作面积，而自然生态也将进一步受到破坏。波洛认为基因工程能帮助人类满足廿一世纪日益增长的粮食需求。生物学家可以将许多尖端科技应用于一粒种籽上，例如，将抗病、抗虫的基因导入种



籽，从而减少化学农药的应用。因此，基因工程在提升农作物质量的同时，也直接减少对环境的损害。波洛也肯定地说：到目前为止，并无证据显示基因工程已带来危害人类的风险。他说：上帝知道，大自然母亲已应用这个方式运作多年了。

佛教强调“无缘大慈，同体大悲”，佛陀的慈心悲愿，普济一切有情众生。证严法师分析“慈济”二字时说：慈就是“与乐”，济就是“拔苦”。转基因作物能帮助常闹粮荒的穷国农民，更有效地抵抗病虫害，并且能够帮助贫农减少施用农药，避免污染，保持健康。这些优良的新科技，真正为农民作出“与乐拔苦”的贡献。

任何新兴的科技都有潜在的风险，转基因作物也不例外。这些危险性包括意外导入食物中的过敏原，会影响人们的健康。此外，经过转移的基因，也可能从栽培种逃逸至野生种。转基因作物内的抗生素基因，亦可能造成威胁人类与家畜的病菌，对某些药用抗生素(antibiotics)产生抗性。以上的潜在风险，经过严格的立法与精密的检测制度全面推行之后，将可以获得避免。

有些反对基因改良的学者不断鼓吹“零度风险”(zero risks)的概念，他们认为转基因作物必须达到零度危险的水平，才可以在市场上销售。其实，在生命历程中，零度风险是不存在的。就以食盐为例，是否有益或有损健康，全由剂量与应用方法来取决。苏清强在〈烦恼萌生智慧〉这篇小品文中有一句意义深长的话：

“烦恼与菩提，原来是一个铜板的两个面，是毫无二致的人生本质。”在悲苦人间里，有危机的挑战，才有突破瓶颈的希望！

吴惠国博士在《我家也有多莉羊》一书中，也有一句发人深省的话：“生物科技发展至今，最矛盾的地方，最严重的黑暗面，正是其最得意之处：操控基因。”他认为人类步入廿一世纪之际，必须运用高度智慧来解决或避免新科技带来的伤害。为了确保转基因食品的环境释放安全性，科学家提出了实质等同性(substantial equivalence)的概念，作为分析与判断食品安全性的原则。若某种转基因食品与市场上销售的食品一样，皆具有实质等同性，那么，两者在食用上将一样安全。目前，能在市场上销售的转基因食物，都经过非常严格的检验与测试，因此与同类的自然食品一样，可以安全食用。

基因工程近年来进展神速，这些出神入化的新科技给人类带来了新希望，也同时为人类社会的道德规范带来了前所未有的冲击。我非常同意约翰·奈思比(John Naisbitt)在《高科技·高思维》中的忠言：人类要了解与运用新科技，就必须建立新的伦理架构。

# 名词解释

## actinomyces · 放线菌属

为厌氧的革兰氏阳性 (anaerobic gram positive) 杆菌属，外形上经常可见分歧的细枝状结构。是人类的致病原。

## aflatoxin · 黄曲霉毒素

一种毒性很高的霉菌毒素。谷类如玉米，豆类如花生等受到污染时，容易滋生黄曲霉菌 (*Aspergillus flavus*)，这种霉菌产生的黄曲霉毒素，是最强的肝脏致癌物之一。

## Agrobacterium · 土壤杆菌属

生存于土壤中，为需氧 (aerobic) 革兰氏阴性 (gram negative) 细菌。能使植物茎干或根部滋生肿瘤。

## Agrobacterium tumefaciens · 根瘤土壤杆菌

这种杆菌含有环状质粒 (plasmid)，称为 Ti 质粒，其中具有特殊基因，科学家把 Ti 质粒作为载体，将外



转

基

因

转

乾

坤

源基因导入作物DNA序列中，形成转基因作物。

### alanine · 丙氨酸

是20种氨基酸之一，侧链为直链烷基。

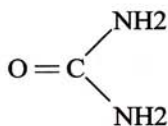
### Amino acid · 氨基酸

构成蛋白质的基本物质。蛋白质中可发现20种不同的氨基酸，基本分子结构是：



### Ammonia · 氨

氨 (NH<sub>3</sub>) 是由氮和氢两种元素组成的化合物。自然界中存在的氨，主要由含氮有机物如蛋白质、尿素等分解而成。尿素的分子结构为：



### ampicillin · 氨苄青霉素

盘尼西林类的抗生素。由于有氨基的加入使其用途更多样化，能抑制细菌细胞壁的形成，进而杀灭细菌。



### antibiotic resistance · 抗生素抗性

微生物天生或后天对某种抗生素产生抵抗性，造成这种抗生素失去杀菌能力。滥用抗生素是造成抗生素抗性的其中一个主要原因。

### antibiotic resistance gene · 抗生素抗性基因

存在于微生物细胞内，负责制造特殊的酶，以化解某种特定抗生素的基因。

### antibiotics · 抗生素

通常由微生物分泌，可杀死其他微生物，主要用于医疗。



### antibodies · 抗体

能与抗原（如细菌、病毒或毒素）结合的蛋白质，通常由免疫系统的细胞所产生，在血液中循环，协助免疫系统消灭病原。

### antigen · 抗原

通常由蛋白质形成，能够刺激细胞产生专一性抗体。

### Bacteria · 细菌

单细胞原核生物（prokaryote）其染色体为单倍体（haploid），有异于高级生物的双倍体（diploid），细胞内无核膜（nuclear membrane）。



转

基

因

·

转

乾

坤

## biodiversity · 生物多样性

任由不同物种的生物自由分布于生态系统中的状况。

## Biotechnology · 生物技术

亦称生物科技、生物工艺或生物工程等，涵盖任何按照特定目的改造植物、动物和微生物的技术。

## biotin · 生物素

亦称维生素 H 或辅酶 R (coenzyme R)，属于水溶性维生素 B 群 (vitamin B complex) 的一种。人体肠内的细菌能自然产生身体所需的生物素，因此无需额外补充。主要功能是帮助脂肪代谢，维持皮肤、毛发和神经组织的正常功能。

## Blastocyst · 囊胚

哺乳动物的合子 (zygote) 于成长过程中形成的一团细胞，其中一端由增厚的细胞构成，其他部分则由单层细胞将囊胚腔包住。

## cell · 细胞

生物体 (organism) 的基本单位，能互相合作形成组织 (tissues) 和器官 (organs)。

## cell membrane · 细胞膜

位于细胞边缘，并且区隔细胞与外在环境的构造，由

双层磷脂质 (phospholipid) 构成。



### cell wall · 细胞壁

细菌、藻类、真菌及植物等细胞膜外层的坚硬或半坚硬结构。植物的细胞壁由纤维素 (cellulose) 构成。

### cellulose · 纤维素

由 1000 个以上的葡萄糖 (glucose) 构成，是组成植物细胞壁的碳水化合物 (carbohydrate)。

### chromosome · 染色体

由DNA和DNA上的组织蛋白构成，位于细胞核内，贮存著生物体的遗传讯息。



### cloning · 复制或克隆

生物体通过体细胞 (somatic cells) 进行无性繁殖 (asexual reproduction)，并形成基因型 (genotype) 完全相同的后代。

### coat protein · 外壳蛋白

形成病毒外套的蛋白质。

### codon · 密码子

连续的三个核苷酸碱基序列，每个密码子内含制造一种氨基酸的密码。



## dicotyledon · 双子叶植物

有两个子叶胚胎的植物，具有四或五瓣的花，叶脉呈网状 (reticular venation)。

## dioxin · 二噁啉

亦称戴奥辛，化学简称为TCDD，毒性很高，可在除草剂如2, 4, 5T的生产过程中出现，是最可怕的致癌与致畸毒素。

## DNA · 脱氧核糖核酸

亦称去氧核糖核酸，含有磷酸、鹼基，和少了一氧原子的五碳糖，内贮细胞的遗传讯息。

## E.coli · 大肠杆菌

亦称大肠埃希氏菌 (Escherichia coli)，在正常人肠道中发现的一种细菌，能在最基本的培养基中快速生长，遗传结构亦众所周知。

## Effective microorganisms(EM) · 有效微生物群

以光合细菌、乳酸菌、酵母菌和放线菌为主的十个属、八十余种微生物复合培养而成的一种新型微生物活菌制剂，能改善土壤性质，促进作物生长和减少农用化学品用量。

## enzyme · 酶

亦称酵素，能够催化（加速）化学反应的蛋白质。在生物系统中，几乎所有化学反应都有酵素参与。

## essential-amino acids · 必需氨基酸

生物体无法从其他物质合成的氨基酸。人体内的必需氨基酸包括色氨酸（tryptophan）、缬氨酸（valine）、白氨酸（leucine）、异亮氨酸（isoleucine）、苯丙氨酸（phenylalanine）、离氨酸（lysine）、蛋氨酸（methionine）和苏氨酸（threonine）。

## eukaryotic cell · 真核细胞

细胞里的染色体与所有基因位于核膜包裹的细胞核中。动物界与植物界的所有细胞皆为真核细胞，然而细菌及病毒除外。

## eutrophication · 富营养化

水体因为矿物质与有机养分（organic nutrients）增加而减低溶解于水中的氧气，营造了适合植物甚于动物的生态环境。

## evolution · 演化

亦称进化，在物竞天择的过程中，族群中的某一部分，较整个族群更能适应某种特殊环境所提供的生存条件，最终逐渐改变族群的组成。



转

基

因

转

乾

坤

## favism · 蚕豆病

对豆类蛋白过敏而产生的疾病。

## feedback inhibition · 负反馈抑制

以代谢产物 (metabolites, 通常是终产生物) 来抑制代谢过程 (metabolism) 的酵素活动。

## fertilization · 受精

精子与卵子以其核互相融合, 由单倍体的配子形成双倍体 (diploid) 的合子 (zygote)。



136

## fungi · 真菌

亦称霉菌, 单细胞或多细胞丝状菌, 属于简单的真核生物 (eukaryote), 不含叶绿素。

## gene · 基因

携带遗传讯息的一段DNA序列。

## genetic engineering · 基因工程

亦称遗传工程, 即利用重组DNA的技术 (DNA recombinant technology) 改变生物遗传特性的方法。

## genetics · 遗传学

研究遗传现象的学问, 亦即研究生物的亲代传递给子代的科学。

### genome · 基因组

在单倍体 (haploid) 染色体上所携带的所有遗传讯息，例如人类的基因组由大约3万个基因组成。

### glyphosate · 草甘膦

是一种非选择性除草剂 (non-selective herbicide)，对哺乳动物的毒性非常低微。

### GM crops · 基因改良作物

亦称转基因作物，通过基因工程导入外源基因而形成。Bt棉和耐除草剂大豆等都是基因改良作物。

### horizontal transfer · 横向转移

即基因在自然环境中，由一个物种转移至另一个物种。细菌可以通过横向转移互相交换遗传物质。

### hormone · 激素

亦称荷尔蒙，由内分泌腺 (endocrine glands) 制造，通过血液循环到另一个组织或器官去，并引起特殊生理作用。

### hotspot · 热点

特别容易发生突变的基因位置。



转

基

因

转

乾

坤

## hybrid · 杂种

由不同基因型 (genotype) 亲化交配所产生的子代。

## hybrid vigour · 强势杂种

亦称heterosis或杂交优势，意即子代从亲代获得更佳的性状组合，而更适于特定的生存环境。

## insulin · 胰岛素

由胰脏或称胰腺 (pancreas) 内的兰氏小岛 (islets of Langerhans) 制造。其功能为控制血糖进入细胞。缺乏胰岛素能导致糖尿病 (diabetes)。



138

## interferon · 干扰素

细胞在感染病毒后产生的糖蛋白，可以用来抑制病毒的活动。

## kanamycin · 卡那霉素

亦称康那霉素，由卡那霉素链霉菌 (Streptomyces kanamyceticus) 所分泌，是一种广效性抗生素，可对付革兰氏阳性和阴性细菌以及数种真菌。

## Klebsiella · 克雷白氏杆菌

亦称克雷伯氏菌，是一种重要的固氮 (Nitrogen fixation) 土壤菌。



## L-tryptophan · L-色氨酸

氨基酸中的一种，是动物神经传递物质血清素（serotonin）以及植物激素吲哚乙酸（IAA）的前驱物（precursor）。

## lectins · 外源凝集素

为植物蛋白，可凝集表面带有特定多糖类的细胞。

## leg-haemoglobin · 豆血红蛋白

由豆科植物制造，使根瘤（root nodules）里的固氮微生物在共生（symbiosis）中进行固氮作用。

## leucine · 白氨酸

是氨基酸中的一种。



## lymphocyte · 淋巴细胞

白血球细胞（leucocyte）的一种，负责免疫反应。淋巴细胞主要存在于胸腺（thymus）、淋巴结（lymph nodes）、脾脏（spleen）和盲肠（appendix），可进一步分化成T淋巴细胞和B淋巴细胞。

## meiosis · 减数分裂

发生在生殖组织，使精子和卵子的染色体数目等于体细胞的一半。

### methionine · 蛋氨酸

亦称甲硫氨酸，是两种含硫的氨基酸之一，亦是必需氨基酸（essential amino acids）的一种。

### mitosis · 有丝分裂

发生在体细胞的组织，经过分裂之后的子细胞内，染色体数目不变。

### molecular genetics · 分子遗传学

以遗传分子为基础，研究DNA序列的结构和功能，以及基因调控蛋白质表现的学问。

### monocotyledon · 单子叶植物

具有单一子叶特征的植物，水稻、小麦、玉蜀黍皆为单子叶植物。

### neomycin · 新霉素

自链霉素衍生出来的合成抗生素。

### nitrogen fixation · 固氮作用

将大气中的氮，转化为有机氮化合物的过程，一些土壤细菌和蓝绿藻（blue green algae）有固氮能力。

### non-selective herbicides · 非选择性除草剂

有效范围宽广的杀草化学物，对一年生禾本科杂草

(grasses) 与多年生阔叶杂草 (broad leaved weeds) 以及莎草 (sedges) 的防治效益高。



**nucleic acid · 核酸**

即 DNA 或 RNA 分子。

**nucleotide · 核苷酸**

由五碳糖加上磷酸与鹼基形成的化学物，是组成 DNA 和 RNA 的基本单位。

**nucleus · 细胞核**

位于真核细胞中央，内含染色体的胞器。



**organelle · 细胞器**

细胞内的小器官，最大的细胞器就是细胞核。

**patent · 专利**

发明者对其发明的使用、贩卖和执照的专属权与享有的利益。

**pathogen · 病原**

任何致病或产生致病条件的微生物。

**pesticides · 除害剂**

包括除草剂 (herbicides)、除虫剂 (insecticides)、



转

基

因

,

转

乾

坤

杀菌剂 (fungicides) , 和灭鼠剂 (rodenticides) 等化学物。

### pH · 酸硷值

水溶液的酸度计算。水的pH是7, pH值小于7为酸性, 大于7为硷性。

### plasmid · 质粒

细菌细胞质中不依赖细菌染色体而能自行复制的DNA, 是基因工程中重要的载体。



142

### prion · 普利子

一种蛋白质粒, 能引发疯牛症这类脑部疾病。

### promoter · 启动子

靠近基因起头的一段特别DNA序列。启动子就是以DNA为模板合成RNA起点的碱基序列。

### receptor · 受体

镶嵌在细胞膜上的蛋白质, 可与形状相符的外来分子结合, 而启动细胞内的生理反应。

### restriction endonuclease · 限制核酸内切酶

亦称限制酶(restriction enzyme), 由细菌所分泌的酵素, 能在特定的DNA序列位置切割核酸。

### reverse transcriptase enzyme · 逆转录酶

亦称反转录酶，由反转录病毒（retrovirus）制造，可催化RNA模板（template）合成DNA的反应。

### ribosome · 核糖体

细胞质中的小胞器，是蛋白质进行合成的所在。转送RNA（transfer RNA或简称tRNA）在核糖体的控制下，按照mRNA从DNA转录过来的密码，将游离状态的氨基酸，带到成长中胺基酸链的特定位置，形成蛋白质。

### RNA · 核糖核酸

由一条核苷酸单链构成的分子，其中传讯RNA（mRNA）为DNA转录作用的信使，mRNA所携带的遗传讯息，可翻译为氨基酸的序列，以构成特定蛋白质。

### somatic cell · 体细胞

非生殖细胞，不会产生精子或卵子的任何细胞。

### species · 种

同一个种的生物个体，染色体数目相同，能通过交配产生子代（offsprings）。

### spontaneous mutation · 自发性突变

DNA未经突变剂的作用，于自然环境中进行复制



转

基  
因


时，出现的基因密码变异。

转  
乾  
坤

### spore · 孢子

由某些低等生物产生，具有繁殖与休眠作用的细胞，离开母体后能形成新个体。

### stem cell · 干细胞



组织中未成熟的细胞，能通过细胞分裂而成为成熟细胞。骨髓是干细胞的典型例子，能分化为红血球、巨噬细胞及免疫系统的抗体生成细胞。



144

### strain · 系

微生物通过有性繁殖形成的亚种。

### symbiosis · 共生

两种生物为了彼此利益而一起生长，并且互相提供营养物质的现象。

### syphilis · 梅毒

由梅毒螺旋体 (*Treponema pallidum*) 引起的性病。

### target pest · 目标害虫

亦称靶心害虫，能威胁人畜和作物的主要有害生物，所有防治策略皆以其为焦点。



## tissue · 组织

构成器官的单位，由许多形态和功能相同的细胞，按一定的方式结合而成。高等动物体内有7类组织，即皮膜组织、结缔组织、肌肉组织、神经组织、骨骼组织、血液组织，和生殖组织。

## toxin · 毒素

生物为了自卫而分泌的毒性化学物质，以蛋白质为主。

## tuberculosis (TB) 结核病

由结核分枝杆菌 (*Mycobacterium tuberculosis*) 所造成的慢性肺部疾病。



## urea · 尿素

从氨 ( $\text{NH}_3$ ) 与二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ ) 衍生而来的化合物 [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ]。从氨基酸分解而来的氨会以尿素形式从尿液中排除。

## uric acid · 尿酸

嘌呤 (purine) 核苷酸分解后的废物。鸟类和爬虫类以尿酸作为清除氨的主要形式。

## virus · 病毒

比细菌更小，用电子显微镜才能观察的病原体，必须寄生于细胞内才能存活。

## vitamin · 维生素

俗称维他命，功能是调节新陈代谢。例如：维生素A掌管视力和抵抗力，维生素B1掌管神经，维生素C掌管保卫细胞的工作，维生素D保护与加强骨骼。

## vaccine · 疫苗

从减弱毒力（attenuation）的致病微生物制备而成，可用于疫苗接种（vaccination），以诱发对某致病微生物的免疫反应能力。

## X-chromosome · X-染色体

两个性染色体之一。受精卵内若带有两个X染色体，会产生雌性（female），若带一个X和一个Y染色体，则会产生雄性（male）。

## yeast · 酵母菌

属于真菌的一个亚纲（sub-class），成员皆为单细胞及具有真核。

## zygote · 合子

精子和卵子融合后发育中的胚胎（embryo）称为合子。

## Zymomonas · 发酵单胞菌

能将碳水化合物（carbohydrate）发酵，制造酒精（alcohol）的细菌。



# 生物技术 Q&A

## 1 · 什么是基因？

基因是遗传的基本单位，由脱氧核糖核酸（DNA）序列所构成。基因含有合成蛋白质和 RNA 所需的完整遗传密码。

如果基因不同，遗传密码的顺序就不同，所产生的蛋白质就有差异，新陈代谢和生理反应就有差别，而形成的遗传性状也就出现巨大的变化。

生物界的千姿百态全由基因操控。同样是狗，有的直发，有的卷发；同样是人，有的白肤，有的黑肤。这些遗传性状互不相同，是因为基因不同，所以组成毛发与皮肤色素的蛋白质也不一样。

## 2 · DNA 和 RNA 有何分别？

DNA 和 RNA 都是由核苷酸（nucleotide）构成。核苷酸的分子由磷酸、五碳糖和含氮碱基这三个部分组合起来。RNA 的五碳糖是核糖（ribose），而构成 DNA 的是脱氧核糖（deoxyribose），两者相差一个氧原子。

DNA 是由两条核苷酸链组成的双螺旋结构，而 RNA 一般由一条核苷酸单链构成。

组成 DNA 的四种碱基是腺嘌呤（简称 A）、胸腺嘧啶（简称 T）、鸟粪嘌呤（简称 G），和胞嘧啶（简称 C）。组成 RNA 的碱基中没有胸腺嘧啶（T），取而代之的是尿嘧啶（uracil，简称 U）。换言之，DNA 的遗传密码是 A、T、G 和 C；而 RNA 的遗传密码是 A、U、G 和 C。

### 3 · 蛋白质是如何合成的？

基因指导蛋白质的合成，而蛋白质由 20 种氨基酸组成。

基因指导蛋白质合成的过程是：

DNA（基因）→ mRNA（信息）→ 蛋白质（遗传性状）

DNA 的讯息由一个酵素（酶）转录至传讯 RNA（或称信使 RNA，即 messenger RNA，简称 mRNA），mRNA 从细胞核移往细胞质的核糖体（ribosome）来进行蛋白质的合成。在合成过程中，转送 RNA（transfer RNA，或 tRNA）的分子，会带著 20 种氨基酸中的其中一种至核糖体，按照遗传密码和其他氨基酸连接起来，制造蛋白质。

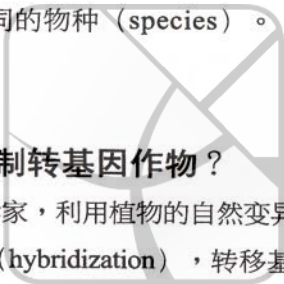
根据 DNA 里的讯息制造 mRNA 的过程称为转录（transcription），而由 mRNA 到制造蛋白质的过程称

为转译 (translation) 。



#### 4 · 什么是转基因作物？

转基因作物 (transgenic crops)，亦称基因改良或遗传改良作物 (genetically modified crops，简称 GM crops)。这种通过生物技术 (biotechnology) 培育出来的农作物，由人工导入外源基因而形成。这些外源基因可能来自无亲缘关系的植物 (non-related plants)，甚至其他完全不同的物种 (species)。



#### 5 · 为什么研制转基因作物？

传统的育种学家，利用植物的自然变异，通过两种植物之间的杂交 (hybridization)，转移基因来获得具有优良性状的后代。传统的方法是将基因从父本 (即花粉 pollens) 向母本 (即卵子 ova) 转移，受精之后，融合为合子 (zygote)。这种杂交只能局限于相同物种或亲缘关系非常相近的物种之间，例如：栽培稻 (*Oryza sativa*) 能与野生稻 (*Oryza rufipogon*) 进行杂交，然而却无法与玉蜀黍 (玉米 *Zea mays*) 交配。传统育种法需要长时间来筛选，才能够获得具有优良性状的后代。有些性状在近缘种 (related species) 中无法获得，那么这种杂交育种就无能为力了。



转基因技术能够打破物种间的限制，利用一种工具

酶（即限制核酸内切酶，简称限制酶 restriction endonuclease 或 restriction enzyme），在特殊的核酸序列位置切割DNA，然后通过载体，由一个物种导入另一个物种母本的细胞核中，重组母本的DNA，培育出转基因植株。经过选择和基因鉴定等繁复的步骤，逐渐形成具有优良性状的新品种。

转基因育种技术，大大减少了常规育种的限制，缩短了优良品种和品系的育种周期。

## 6 · 转基因作物是如何研制而成呢？

150 目前，有两种方法可以将具有优良性状和商业价值的基因，从一个物种的生物体，转移至另一个物种的生物体内。

第一种方法是利用基因枪（gene gun）仪器，将含有外源DNA的微小黄金子弹射向细胞，使母本获得新基因，这些黄金子弹非常微细，重量只有0.000001克而已。

第二种方法是利用土壤杆菌（Agrobacterium）的Ti质粒（Ti plasmid）作为载体，携带外源DNA进入双子叶植物内，然后通过土壤杆菌感染植物，将外源基因导入植物细胞中，令不同种属的动物的基因重组，从而达到改良或创造新品种的转基因作物。

## 7 · 谁在研制转基因作物

转基因作物的研究工作，主要集中于发达的工业国家，如美国、加拿大和西欧国家。许多发展中国家，例如中国，也具备了这种能力。

发达国家中的生物技术公司，包括 Monsanto、Syngenta、Aventis、Dow Agro Sciences、Du Pont / Pioneer 等，已经把转基因作物商业化。

## 8 · 全球有多少个国家种植转基因作物？

根据国际农业生物技术获取与应用协会 (ISAAA) 的简讯，全球于 2001 年共有 15 个国家积极推广转基因作物，其中四个主要国家是美国 (68%)、阿根廷 (22%)、加拿大 (6%) 和中国 (3%)，其余的 1% 来自南非、澳大利亚、墨西哥、保加利亚、乌拉圭、罗马尼亚、西班牙、印尼、德国和法国。

全球转基因作物于 2001 年的总面积为 5 千 260 万公顷，比两个英国 (2 千 440 万公顷) 的陆地总面积还大。

在 2001 年，共有 550 万的农户参与转基因作物的种植。

## 9 · 有哪几种转基因作物已经商品化？

在 2001 年，已经商品化的转基因作物包括大豆、玉蜀黍、棉花、油菜、马铃薯、南瓜和木瓜，其中转基因

大豆约占全球转基因作物面积的63%，玉蜀黍19%、棉花13%，以及油菜5%。

## 10 · 已经商品化的转基因作物有哪些遗传特性？其面积有多大？

在2001年，具有耐除草剂特性的转基因作物如大豆、玉蜀黍和棉花，约占全球5千260万公顷转基因作物总面积的77%。具有抗虫特性的Bt作物如玉蜀黍和棉花约占15%，而同时具备除草剂与抗虫基因的棉花和大豆约占8%，其余是抗病毒、熟期改良、提高淀粉含量、油质改良，和蛋白质改良的转基因作物。

## 11 · 转基因作物如何获取耐除草剂特性？

一些植物和微生物的细胞内，含有化解除草剂作用的酶，例如土壤杆菌（*Agrobacterium sp Cp4*）能产生一种特殊的蛋白mEPSPS酶，这种酶不受除草剂“草甘膦”（glyphosate）所抑制。因此，生物技术专家将生产mEPSPS酶的基因导入作物的DNA序列中，经过转基因的作物，因为拥有了抗草甘膦突变的mEPSPS酶，并使这种酶活性大大提高，草甘膦就无法杀灭这种转基因作物。其他杂草因为不含mEPSPS酶，结果皆被草甘膦这种非选择性的除草剂杀灭。

## 12 · 转基因作物如何能抗虫？

自然界中许多植物和微生物，为了抗拒其他生物的危害，常常利用新陈代谢作用中产生的毒素来自卫。例如：苏云金芽孢杆菌（*Bacillus thuringiensis*，简称 Bt），能产生结晶体毒蛋白来克制鳞翅目的害虫。

生物技术专家将 Bt 菌中制造毒蛋白的基因分离，然后通过载体，将这个细菌基因导入作物的 DNA 上。经过转基因的 Bt 棉和 Bt 玉蜀黍，能够自动合成 Bt 毒蛋白。害虫侵袭这些转基因作物时，吞食了由植物制造的毒蛋白而死亡。

Bt 需要特殊环境来发挥潜在毒性，对人类、牲畜和益虫不会产生负面影响。

## 13 · 转基因技术如何增强作物的抗逆性？

自然界中含有多种适应性强的基因，如抗旱、抗盐、抗寒、抗缺氧等基因。将这些具有特殊遗传性状的基因善加利用，导入优质高产的作物品种，将能扩大这些良种在劣质土地和其他恶劣生态环境的种植面积。

美国科学家发现苔鲜和地衣（lichen）含有高度耐旱基因，利用这些非作物基因改良作物，能使这些转基因作物在沙漠类型的生态环境中生存。

## 14 · 转基因作物有什么优点？

自从1994年转基因作物成功培育和商品化之后，经过多年的大面积种植，已经明确证实这些基因改良作物能提高产量、降低成本、增加利润和改善环境。

ISAAA 董事会主席克莱夫·詹姆斯 (Clive James) 在 ISAAA 2001 年的第 24 号简讯中详细地阐释了应用转基因作物的好处：

- 更持续与高效益地应用资源的管理措施，令能源与燃料的需求量缩减，从而保存天然资源。
- 更有效率地防治虫害与杂草。
- 全面减少除害剂在作物生产方面的应用，为生物多样性带来正面的影响，保护捕食性有益生物与非目标生物，对营造更安全的生态环境作出贡献。
- 减少对传统除害剂的依赖，这些化学物品可能威胁生产者与消费者的健康；Bt棉在中国使农药中毒的案例下降，从而带来潜在的保健效益。这是一个重大的发现，同时也强烈暗示：其他发展中国家的农民，特别是小农户，也可能面对大量与超量施用传统除害剂所带来的类似风险。
- Bt 玉蜀黍减低了玉蜀黍内一种霉菌毒素 (fumonisin) 的含量，使玉米颗粒成为更安全与健康食品和饲料。
- 在施用除草剂和除虫剂时，时间的安排有更大的操作伸缩性。
- 保持土壤中的水份，土壤结构，植物养份和防范水土



流失。这些好处皆能通过免耕或少耕措施而取获。由于较少的农药残毒，地下水与土面上的水质将获得改善。

## 15 · 基因工程改变了作物原有的基本性状后，这些转基因作物会带来风险吗？

任何新兴的技术都有潜在的风险，例如手提电话会出现与辐射有关的问题，转基因作物也不例外，例如：

- 意外导入食物中的过敏原 (allergens) 和有损营养价值的物质。
- 可能出现转移入作物的外源基因 (transgenes)，从栽培种逃逸到野生种。
- 转基因作物内的抗生素基因，可能造成家畜和人类对某一类抗生素 (antibiotics) 产生抗性。
- 可能令有害生物，如害虫和病菌在进化过程中，对转基因作物内的毒蛋白产生抗性 (resistance)。
- 对非目标生物 (non-target organisms) 如蜜蜂、蝴蝶和其他益虫等，可能带来中毒的风险。



有鉴于此，各国义务通过立法和推行相应的制度，确保精密的检测严厉执行，使风险获得避免。

此外，生产转基因作物的机构和政府，必须确保这些基因改良食品的安全性，以及对环境具有良性影响。

至今，严密的措施使市场上的转基因食品与同类的传统食品一样，具有毫无二致的安全性。

## 16 · 如何确保转基因作物在未来继续为人类作出更大的贡献？

为了维持转基因作物在未来的安全性，各国政府可以通过全球科学和国际发展机构的协助，确保从外引入转基因作物时，持续进行有系统与高效率的安全措施和鉴定测试，并且实施能够加强公众信心的监管程序和计划。

在国际层面，国际科学团体和发展机构必须致力领导，鼓励讨论，促进交流，积极地与整个社会各阶层分享转基因作物的知识和学问，使人民获得足够和正确的资讯，并且参与对话，讨论有关技术对环境、食品、安全、永续性和全球粮食保障等所造成的冲击。



## 延伸阅读

以下这些书籍和报告，将带领读者进一步深入细胞生物学和生物技术的领域，窥探生命科学缤纷绚丽，千姿百态，充满希望，也充满了挑战的世界。

刘荣乐编著：《第二次绿色革命——21世纪的农业》  
(中国北京科学技术文献出版社，1995年)

157

这本书所涵盖的内容包括：农业面临的时代挑战和发展机遇，农作物基因工程和改良成果，高效的动物、植物繁殖技术体系，病害诊断与防治，农业生产新领域，以及持续农业在21世纪的发展方向等。

陆光华等编著：《绿色生活与未来》(中国北京化学工业出版社，2001年)

这本书综合了生态学和环境科学等领域最新的研究成果，并展示了人类在21世纪面临的全球性危机。其中有关绿色农业与转基因食品、转基因技术与农业生产，以及环境安全性评价的章节，深入浅出，值得一读。



转

基

因

,


转

乾

坤


村上和雄：《生命的暗号：人体基因密码译解》（台湾台北市佳言文化事业有限公司，1997年）

这本书译解生命之奇，讨论基因运作的原理。其中有关环境导致基因产生变化，与生命设计图的分析，令人对不可思议的生命现象深思。



伦斯伯格 Boyce Rensberger 著，涂可欣译：《一粒细胞见世界》（台湾台北市天下远见出版，1998年）

这本书从细胞透视生命本质，读者可以跟随作者悠然缓行的脚步，进入意象丰富的细胞世界畅游，饱览微观世界中各种精致的建筑结构，巧妙的功能运作和严密的调控机制。



琼斯 Steve Jones 著，胡舜元译：《遗传学》（台湾台北市立绪文化事业有限公司，1996年）

这本书以精彩的漫画，说明 DNA 如何由科学家发现，生动有趣。这本书也让读者了解：没有人是完美的，几乎每一个人都带著一份具有破坏潜力的基因，而且大部分人都死于他们自己先天的缺陷。

里夫金 J. Rifkin 著，付立杰、陈克勤和昌增益译：《生物技术世纪——用基因重塑世界》（中国上海科技教育出版社，2000年）

这是一本信息充沛，深入讨论即将来临的生物技术世纪的著作。里夫金探究了生物技术和信息科学融为一

体之后所引发的问题，以及遗传工程正日益将人类DNA视为软件密码，而社会将面对未曾遭遇过的困境。

**曾溢滔著：《基因和转基因动物》（中国上海，上海科技教育出版社，1999年）**

这本学术专著探讨的层面包括：基因决定遗传特征，突变产生的遗传变异，转基因动物和生物育种以及医学研究。作者也对经典的技术路线与克隆技术路线作出比较。

**张树庸、徐家立和张启先合著：《生命科学与生物工程》（中国南宁市，广西教育出版社，1999年）**

这本书介绍了生物工程研究的领域，包括基因工程、细胞工程，及发酵工程。这本书的特色是图文并茂地展示了生物工程在农业、医学、食品、轻工业和环保等方面的应用前景。

**吴惠国著：《我家也有多莉羊：基因革命大事记》（中国北京市，中国纺织出版社，2000年）**

这本书捕捉了20世纪末进步神速的生物技术的高度成就，大量事例涉及21世纪最引人关注的问题——基因革命。这本书令读者深入思考：基因改良将如何改变人类的生存和生活方式，作者也和读者共同探讨新科技对人类社会道德规范的冲击。

王敬东、于启斋编著：《画说生物技术》（中国济南市，山东科学技术出版社，1999年）

这本书以轻松活泼的笔触和生动有趣的漫画，为读者展示了生物技术令人憧憬的美好前景。

麦赫由根 Alan McHughen 著：“*A consumer's guide to GM food: from green genes to red herrings*”，Oxford University Press, Great Britain, 2000

这本书以非常生动活泼的文字，介绍遗传学与基因工程的发展，并以许多实例来解答反对基因改良的人士常常提出的问题。书中有关食物风险、食品、标签、知识产权，以及有机农业的篇章，都值得一读再读。

克莱夫·詹姆斯 Clive James 著，何乃健译：《预观：2001年全球商业化转基因作物的回顾与前瞻》（国际农业生物技术获取与应用协会 ISAAA 出版，美国纽约，2001年）

这本简讯详述了2001年全球转基因作物的面积和分布状况，结论评语中阐释了转基因作物对粮食生产与生态环境的贡献，让读者深入思考生物技术对食品安全、永续性和全球粮食保障所造成的冲击。

王汎森、戴华策划：《打开潘朵拉的盒子？——基因科技的人文议题》（台北市，时报文教基因会丛书，2001年）

这本书中的论文针对基因科技的重要发展，及其在伦理、法律、社会等方面所可能衍生的各项议题，作一系列深入浅出的分析和讨论。

**李绍武主编：《基因探奥秘——生物科技》（北京理工大学出版社，2002年）**

这本书介绍了近一百年来遗传学的发展脉络。书中对基因的概念、基因工程的成就和应用前景，以及人类基因组计划等课题，作出条理分明的论析。

**潘重光、缪戎音编著：《农业生物工程》（上海教育出版社，2001年）**

这本书收入多篇彩图，对生命的基本单位、细胞工程、基因追踪、基因工程、酶工程、蛋白工程，以及生物经济等课题作出简明的介绍，选题新颖，文字活泼。

**约翰奈思比John Naisbitt、娜娜奈思比Nana Naisbitt合著，尹萍译：《高科技·高思维》（大将出版社，2000年）**

一本预警的书，告诉我们如何善用科技的好处，减少它对文化的不良副作用。从电脑、网路与电讯等资讯科技，一路谈到基因科技与其对艺术的影响，《高科技·高思维》归结到我们对对自己命运逐渐萌生的主控意识，并指出我们需要道德上的指引。



# 大将事业社书目

## 大将财经 (MC)

- 001 马来西亚开店的第一本书/林谷焯/29.00 (6印)
- 002 成功的高速大道/何书忠/16.00 (3印)
- 003 广告:说真话的谎言/游川/28.00 (3印)
- 004 马来西亚成功上班族的第一本书/林谷焯/18.00
- 005 彩手兴家/本社策划编辑/25.00
- 006 马来西亚成功主管的第一本书/林谷焯/24.00
- 007 一流管理/洪庆铭/20.00 (新书)
- 008 马来西亚华人生意/E. T. Gomez/28.00 (新书)

## 大将校园 (ME)

- 001 嗨!孔子/傅佩荣/15.00
- 002 咄!孟子/傅佩荣/15.00
- 003 傅佩荣教授与汶莱朋友谈孔子/傅佩荣/(繁体)
- 004 傅佩荣教授与汶莱朋友谈孟子/傅佩荣/(繁体)

## 大将 FUSE (MF)

- 001 大话西游/曾毓林/15.00 (2印)
- 002 单身俱乐部/许慧珊/16.00 (3印)
- 003 新新寓言/曾毓林/15.00
- 004 无聊才结婚/许慧珊/15.00 (2印)
- 005 停车站接吻/李系德/15.00
- 006 平旦漫画(1)疯狂校园/王德志/12.00 (5印)
- 007 平旦漫画(2)生活很废/王德志/12.00 (4印)
- 008 平旦漫画(3)我和我的爱/王德志/12.00 (5印)
- 009 傅老开讲(1)逛逛书/傅承得/14.00 (2印)
- 010 不一样的爱情故事/傅承得/14.00 (2印)
- 011 爱情贩卖机/许慧珊/15.00
- 012 熊情猫爱/周本兴/14.00
- 013 美丽书打拼/叶宁/15.00
- 014 射雕人语/翁诗杰/16.00
- 015 生命有精灵/陈绍安/16.00
- 016 性是有缘/欧阳文凤/15.00 (2印)
- 017 活该他垮台/黄子/16.00
- 018 心事红红/张惠思/18.00
- 019 迷幻元年/萧丽芬/16.00
- 020 最美的书·最爱的人/田思、傅承得编/14.99 (2印)
- 021 解马/林福南/16.00
- 022 傅老开讲(2)泡泡梦/傅承得/15.00
- 023 秘密与谎言/郑秋霞/15.00
- 024 马来西亚笑爆/卢奕霖/10.00 (2印)
- 025 快乐小女人/许慧珊/16.00
- 026 学海双响炮/吕敬娴等/15.00
- 027 法庭恩仇录/周本兴/12.00
- 028 出位 Idea Show It Out!/欧阳文凤/15.00
- 029 医院璇风/林韵璇/14.00

- 030 背叛人民／黄子／16.00  
031 喂！脑袋该洗了／杨善勇／16.00  
032 笑声如雨／傅承得／14.00（新书）

### 大将康健（MH）

- 001 你的健康·你的尊严／詹瑞兰／16.00  
002 我家孩子不一样／郑心梅／16.00

### 大将TIPS（MM）

- 001 马来西亚成功小故事（1）／本社编／12.00（特价7.90）（2印）  
002 马来西亚成功小故事（2）／本社编／12.00（特价7.90）（2印）  
003 马来西亚成功小故事（3）／本社编／12.00（特价7.90）（2印）  
004 马来西亚美丽DIY／徐国评／15.00  
005 马来西亚留日DIY／陆培春／15.00（新书）  
006 高手高招考高分／本社编（编辑中）

### 大将童心（MP）

- 001 爸爸和风签合同（亲子诗画册）／傅承得等／30.00  
002 简单有趣学童诗／郑秋萍／14.00（2印）  
003 母亲像月亮／许秀华／14.00  
004 令堂物语／叶宁／12.00  
005 童真备忘录／程可欣／14.00  
006 浪漫母子情／柏一／12.00  
007 简单有趣学童诗（2）／郑秋萍／14.00

### 大将POP（MQ）

- 001 一粒球的故事／史美星等／10.00  
002 快乐Walau200招！／王德志／10.00（2印）  
003 乐弹乐有Feel／张国祥／30.00（特价16.00）  
004 平旦心情书／王德志／8.90（漫画笔记本）  
005 我们不是坏学生／王德志／12.00（2印）  
006 减轻考试压力的200个够力秘诀／王德志／12.00

### 陈漱石系列（MS）

- 001 华文独中：传承与超越／陈漱石／20.00  
002 风暴前的寂静／陈漱石／30.00  
003 拨开云雾见清真／陈漱石／30.00（新书）

### 大将悠游（MT）

- 001 呼唤新疆／雷子健、曾秉钧／28.00  
002 吃在柔甲／叶宁编／19.90  
003 吃在吉隆坡／叶宁编／19.90  
004 雪隆好吃地图／陈志伟编／15.00

### 大将观点（MV）

- 001 格局·决定结局／高希均／18.00

- 002 有所不为·有所为/陈亚才/24.00  
003 打造新政治文化/翁诗杰/20.00  
004 文化人的心事/温任平/20.00  
005 炉火中的沈思/祝家华/20.00  
006 看谁在反人民/郑云城/20.00(2印)  
007 高科技·高思维/约翰·奈思比/24.00(2印)  
008 千禧新观/约翰·奈思比/20.00  
009 首相先生·我们要好好谈谈/冯久玲/30.00(2印)  
010 荷兰街口夕阳斜/张木钦/25.00(中英双语)(2印)  
011 留根与遗恨/陈亚才编/24.00  
012 阅读马来西亚/傅承得/20.00(2印)  
013 理智与哀伤/陈淑彬/20.00  
014 新新关系/陈嘉荣等/20.00(5印)  
015 批判机会主义的批判/丘光耀/25.00  
016 倒退二十年/吴木炎/20.00  
017 不团结就是力量/郑云城/20.00  
018 你为什么怕?/谢爱萍/24.00(新书)  
019 国会乐与怒/章瑛/20.00(新书)  
020 文化第一方程式/陈再藩/20.00(新书)  
021 现场真性情/钟天祥/22.00(新书)

#### 童玉锦文丛(MX)

- 001 脱色爱情/朵拉/20.00  
002 民间传奇/李天葆/20.00  
003 恶狗杀人事件/毅修/16.00  
004 月亮从来不说谎/萧丽芬/20.00  
005 床上春秋/文征/18.00  
006 回忆拷贝/佩韦/18.00  
007 风雨榴槤坑/原上草/18.00  
008 深情海/麦秀/25.00  
009 那乳头上的毛/方昂/16.00  
010 风雨中的一枝笔/张光达/18.00

#### 大将风流(MZ)

- 001 平旦心情卡一下(明信片)/王德志/3.00  
002 平旦T恤/王德志/29.90  
003 平旦够力空气棒/王德志/15.00  
004 平旦DIY夹书卡/3.20  
005 平旦家族身份证/7.70  
006 大将百书庆典藏书票/25.00  
007 平旦创意故事拼图/3.20  
008 平旦超贴/3.20

#### 千秋文学(TC)

- 004 风生不谈笑(杂文)/梅雨天/7.00  
012 与诸神畅饮狂欢(散、论文)/曾庆豹/12.00

- 013 且酿彩虹 (散文、小说) / 晨砚 / 20.00
- 016 给我一片天空 (诗) / 田思 / 15.00
- 017 关于文学的思考 (文学评论) / 陈雪风 / 15.00
- 018 有梦如刀 (诗) / 傅承得 / 18.00
- 019 美国可乐中国佛 (诗) / 游川 / 20.00 (2印)
- 021 假寐持续著 (诗) / 林金城 / 18.00
- 022 在我万能的想像王国 (诗) / 吕育陶 / 15.00
- 023 眼睛与星光的暧昧关系 (诗) / 张光前 / 15.00
- 024 相思扑满 (诗) / 周若鹏 / 15.00
- 025 无非关心 (杂文) / 梅雨天 / 15.00
- 026 走月光 (散文) / 郭莲花 / 16.00
- 027 扇形地带 (中巫双语诗选) / 温任平 / 14.00
- 028 甘之若饴 (诗) / 黄建华 / 15.00
- 029 侦缉陈年 (大专文学) / 梁靖芬等 / 12.00
- 030 梦土亚细安 / 碧澄编 / 30.00
- 031 告诉阳光 / 黄灵燕 / 18.00
- 032 惊起一滩鸥鹭 / 何乃健、秦林 / 16.00
- 033 田思诗歌自选集 / 田思 / 20.00 (新书)

#### 千秋精典 (TJ)

- 001 吻印与刀痕: 40年家国 (诗选) / 游川等 / 10.00 (5印)
- 002 千年莲子 (诗) / 游川 / 12.00
- 003 退稿精选 (杂文) / 欧阳文风 / 15.00 (2印)
- 004 歪论精选 (杂文) / 欧阳文风 / 12.00
- 005 你的美不可分析 / 张健 / 12.00
- 006 谵谵精选 (杂文) / 欧阳文风 / 12.00

#### 千秋自然系列 (TN)

- 001 马来半岛山岳经典 / 朱海波 / 20.00
- 002 陈兰芝的自然对话 / 陈兰芝 / 18.00
- 003 高玉梅的绿色笔记 / 高玉梅 / 18.00
- 004 含泪为大地抚伤 / 田思、何乃健 / 16.00
- 005 转基因·转乾坤 / 何乃健 / 16.00 (新书)

#### 千秋文化 (TR)

- 001 深情记事 / 叶逢仪 / 15.00
- 002 画外闲游 / 黄乃群 / 16.00
- 003 热潮戏·潮戏热 / 宋扬波 / 16.00 (新书)

(以上订价均以马币计算)

订购办法: · 向全国各大书局选购

· 国内邮购每本另加平邮 RM0.70; 挂号 RM1.80

· 支票志明: MENTOR PUBLISHING SDN BHD

· 外坡支票另加手续费 RM0.50

· 读者服务专线: 03-61883266

千  
秋

自然

01 马来半岛山岳经典 朱海波 RM 20.00

02 陈兰芝的自然对话 陈兰芝 RM 18.00

03 高玉梅的绿色笔记 高玉梅 RM 18.00

04 含泪为大地抚伤 田思·何乃健 RM 16.00

05 转基因·转乾坤 何乃健 RM 16.00





- ▶ 所谓基因改造技术，就是：  
将一个物种细胞内的个别基因分离，然后把遗传物质转接到另一个物种上。
- ▶ 今天，基因工程已将医药、农业与粮食生产引入了一个崭新的领域。例如，在农业上，除了提升作物的质量，也解决了人口剧增引起的饥荒问题。
- ▶ 基因工程近年来发展神速，这些新奇的科技给人类带来新希望，也同时为道德规范带来了前所未有的冲击。
- ▶ 当我们深入探索这些细胞内由造物主设置的哑谜，进一步了解遗传学的基本原理，我们会更能体悟众生平等的禅机。

ISBN 983238567-9



9 789832 385677

RM 16