

经遗传修饰生物体的研究进展 及其释放后对环境的影响*

钱迎倩 马克平

(中国科学院植物研究所, 北京, 100093)

X826

Q78

摘要 80年代以来,以基因工程为代表的生物技术突飞猛进,转移不同性状的转基因作物在美国被批准进入大田试验的有40个以上的作物,包括小麦、玉米和水稻等4种谷类粮食作物,主要的纤维作物棉花,蔬菜种类10种以上,水果9种,其它还有油料作物,牧草和花卉等。到1996年6月已被批准进入市场的已有18种,还有一批有待批准商业化。今年2月,美国农业部已第一次批准一种喂饲其它哺乳动物的转基因猪进入大田试验,第一个转基因线虫也正在申请向环境释放。已至少有25个发展中国家,10个以上作物转基因成功,GMOs作大田释放的总数在160次以上,基因工程能带来巨大的经济效益和社会效益,但是有不少数量的科学家或如“有关科学家联盟”等一些非政府组织指出基因工程的产物向环境释放会可能带来生态或环境危险,发达国家中,美国与欧洲国家的政府对GMOs批准释放的态度也是一样的,后者要比前者慎重得多,最近丹麦科学家已证实转基因油菜中的抗除草剂基因已经转入杂草中,由美国一子公司开发的转基因大豆被证实对人体过敏而其产品决定不向市场投放。

要有充分的科学实验,自然科学家与社会科学家相结合,对经遗传修饰生物体可能带来巨大经济效益和造成环境或生态危机进行充分的评估,在此基础上作出权衡,供政府决策者能作出正确的决策。这不仅在中国而是在全世界范围内已到了一个关键时刻,因此,生物安全问题是每次《生物多样性公约》缔约国会议的主要讨论议题。

关键词: 经遗传修饰生物体,大田试验,商业化,危机评估,生物安全。

环境

PROGRESS IN THE STUDIES ON GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS, AND THE IMPACT OF ITS RELEASE ON ENVIRONMENT

Qian Yingqian Ma Keping

(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100093)

Abstract Biotechnology represented by genetic engineering has been progressing at amazing speed since 1980's. In USA, over 40 different transgenic crops were tested in field, including the main cereal grains (e. g. wheat, rice and corn *et al.*), fiber crop (e. g. cotton), vegetables (e. g. broccoli, potato and tomato *et al.*), fruits (e. g. apple, grape and watermelon *et al.*), oil crops, forages and flowers. 18 kinds of products of transgenic crops incorporated

* 国家“八五”重大基础研究项目“中国生物多样性保护生态学基础研究(PD85-31)”的一部分。

收稿日期:1997-02-25。

genetic materials with different traits, such as corn, cotton, soybean and canola, have permitted to enter market until May 1996, and many other are awaiting approval on commercialization. In February, the US Department of Agriculture (USDA) approved the first field test of a genetically engineering arthropoda mite that feeds on other mites, and in winter, the USDA received a request for review of the first proposed environmental release of a genetically engineering nematode. In 25 developing countries distributed in America, Asia and Africa, the amount of releases of about 10 transgenic crops was more than 160. It is true that economic and social benefits brought about by genetic engineering are enormous. Ecological or environmental risks, however, may also be initiated from the releases of the products of genetically modified organisms (GMOs). It has been pointed out by scientists and non-governmental organizations, such as Union of Concerned Scientists (UCS). Understanding to the environmental risks between US and European countries was quite different. More prudence was taken up by the latter than the former for the releases of GMO's. Danish scientists have shown that genes from a transgenic crop move quickly into weedy population. Herbicide-tolerance genes from engineered oil-seed rape (canola) become established in weedy populations after just two generations of interbreeding in last March. Another paper, in the same month, confirmed another predicted risk of genetic engineering. Foods previously safe to eat may become dangerous as a result of the transfer of allergenic proteins. The company decided not to market the product of transgenic soybean contained the Brazil nut allergin.

The correct policy of the government must be based on the results from a large amount of scientific experiments and full assessments to the economic benefits and environment or ecological risks brought about by genetic engineering. It is the critical moment now, not only for China but also for the world. Thus, biosafety is a key subject under discussion of the every conference of the contracting parties of the "Convention and Biological Diversity".

Key words: genetically modified organisms, field testing, commercialization, risk assessment, biosafety.

生物技术与生物多样性的关系,在1992年联合国环境与发展大会签署的《生物多样性公约》^[1](下称《公约》)有关条款中有明确的叙述。第2条“用语”中的生物技术就作为《公约》的一个专门用语来加以说明。在第8条“就地保护”的(g)款中作如下的叙述:“制定或采取办法以酌情管制、管理或控制由生物技术改变的活生物体在使用和释放时可能产生的危险,即可能对环境产生不利影响,从而影响到生物多样性的保护和持续利用,也要考虑到对人类健康的危险”。实际上,在70年代初期,即重组DNA研究发展的初期就有一部分科学家对其在生物学和生态学上的危险以及释放到环境后可能带来的危险表示担心,到1992年时世界各国,尤其是发达国家已有不少产物已进入中试或田间试验,当时虽还未大规模释放或进入商业化,科学家们要求对其进行管制、管理及控制的呼声越来越高,《公约》第19条第(3)款又提到“缔约国应考虑是否需要一项议定书,规定适当程序,特别包括事先知情协议,适用于可能对生物多样性的保护和持续利用产生不利影响的由生物技术改变的任何活生物体的安全转移、处理和使用,并考虑该议定书的形式”。有关生物安全议定书的拟定从此作为届次缔约国大会的主要讨论内容,并为此还专门成立了“特设专家工作组”,多次召开会议,其任务是草拟文件供每次缔约国大会上讨论,与此同时,联合国环境署(UNEP)也十分关注

生物安全问题,在1995年组织起草了《国家生物技术安全技术准则(草案)》(下称《准则》),经过几次有关会议讨论,同年12月对《准则》进行了最后定稿。该《准则》将作为一临时机制和技术文件,与拟定好的“生物安全议定书”互为补充。议定书既有科学性、技术性,又更具有政治性。从世界范围来划分,就是涉及到发达国家与发展中国家的利益问题。可是对每一个国家内部来说,生物安全更应看作是一个环境问题,对人类健康攸关的问题,应密切关注,予以重视,开展必要的科学研究。

在《公约》中有关生物技术所涉及到的还有拥有遗传资源的发展中国家向发达国家提供遗传资源用于生物技术研究今后技术转让的优惠政策问题,以及生物技术的专利和知识产权等问题”。本文不可能涉及到这么多问题,仅围绕着生物技术产物,目前一般是用基因工程手段得到的经遗传修饰生物体(GMO)或经修饰的活生物体(LMO),释放后对环境可能带来的危险及对人体健康带来的危险进行讨论。

1 基因工程将可能是21世界的希望

读完前言部分,给人的感觉似乎生物技术给人带来的是各种各样的危险,但实际上这仅是问题的一个方面。另一方面,生物技术将可能或已经提供治疗人体疾病的药物及治疗手段,可能解决21世纪大大膨胀的人口的粮食问题以及其它环境问题。此外,生物技术这门高技术,既要求高投入,更会产出巨额的利润。

1.1 与人体健康的关系

首先该提出的是应用基因工程技术生产药物。基因工程技术第一次在实践上得到应用是把分离到的人胰岛素基因插入到大肠杆菌工程菌中,通过发酵大量生产出人胰岛素。据估计,发达国家中目前三分之一糖尿病患者治疗所用的胰岛素来自基因工程产物^[1]。还有不少生产药物的例子,在前文^[1,4]中已经提到,这里不再列举。

此外,科学家已发现了不少人体疾病的基因,如肠癌、乳腺癌基因,侏儒基因,诱发躁狂抑郁症,精神分裂症、成人糖尿病基因等等。英国科学家还在一种生活在土壤中的虫子中发现了“长寿基因”。这种虫子经毒物污染、高温或低温以及紫外线辐射后,受损细胞能很快恢复。此基因有修复受伤或衰老细胞的能力,科学家希望能进一步找到人类长寿的基因。美国有3个不同的科研组同时发现了一种“减肥蛋白”,它能在短期内减去动物体内的脂肪。给胖老鼠每天注射一种称为OB的蛋白,一个月后体重由65g下降到40g,其作用一是降低食欲,二是促使机体内储存的脂肪迅速消耗,但这种蛋白有无副作用尚待研究。上面所提到的都是当代人类的一些顽症,有可能下一步用基因工程手段来治疗。

1.2 转基因动物的进展

研究转基因动物的目的是多种多样的。希望动物个体能比正常的大,使出肉量增加,如澳大利亚等国科学家已成功的转基因猪就是这个目的。用转基因生物作为“生物反应器”生产药物又是另一种目的。较新的资料提到以色列科学家用人体血清白蛋白基因注射到羊受精卵细胞核中,再把受精卵植入母体,从而得到世界上第一头带有人体血清白蛋白基因的转基因羊。血清白蛋白是人体血浆中一种主要成分,可用于治疗休克、烧伤或补偿血液损失,白蛋白过去是从人体血液中分离得到。可是人血价值昂贵,人体血清白蛋白国际市场每公斤约2000~2500美元。整个国际市场交易可达10亿美元以上,而一升羊奶可提出10g白蛋白,一头羊每年可创造10kg白蛋白,价值达2~2.5万美元,经济效益是可观的。此外,目前人血中常常带有各种病毒,更提高了转基因羊的价值。

转基因猪是另一种引起科学家重视的动物。英国剑桥大学科学家将人的基因植入猪卵细胞,这种转基因的心脏中含有人的基因。将转基因猪的心脏移植到猴子体内,实验说明猴子几乎未产生排异反应,平均能存活40d。1995年时科学家预言到1996年底,能把猪的器官用到人体的器官移植上。由于猪的DNA与人的十分接近,猪器官的尺寸与人又基本相称,其肾、心脏、肝、肺甚至血管都有可能作为人体器官移植的供体。1996年12月17日中央电视台午间新闻30分报道了英国已用转基因猪的器官成功地用于人体的器官移植,画面上显示着医生正在进行移植手术。

蚊子本来是传染疟疾的昆虫,在德国的欧洲分子生物学实验室正在研究转基因蚊子,用它来消灭疟疾病。科学家从老鼠体内分离得一种抗体基因,它能附着在疟原虫体上,阻止其进入蚊子的消化道。如能成功地把这种抗体基因移植到蚊子体内,就可能培养出“反疟疾蚊子”。科学家们还在寻找一种“弹跳基因”,这

基因能在几代遗传中迅速扩展到所有后代上。如把抗体基因和“弹跳基因”合起来,就能迅速繁殖出大批“反疟疾蚊子”。

佛罗里达大学的科学家向美国农业部(USDA)申请要求释放第一个转基因的节肢动物——螨,这种螨是草莓和花卉害虫——蜘蛛螨的饲料,1996年2月底已批准其释放作大田试验^[2]。1995年冬,USDA已收到第一个遗传工程线虫向环境释放的要求^[2]。此外,转基因鱼及水生贝壳类动物,在不少国家正在蓬勃地开展着。

1.3 转基因植物的进展

自从1983年第一株转基因植物诞生以来^[1],转基因作物不断地走出实验室,进入大田的中间试验。1994年以来有不少数量已达到商业化的阶段。1994年时,世界上已有两种转基因作物大规模释放^[2],一个是经USDA和美国药物和食品管理署(FDA)批准的,由Calgene公司推出的转基因番茄,商品名为Flavr Savr,性能是能延长成熟时期,另一个是中国的抗病毒转基因烟草,按Kraftiger报道,从1992年起中国的抗病毒转基因烟草已用于烟草工业,到1994年时转基因烟草种植面积已接近全国烟草种植面积的5%。根据USDA的资料,美国各种不同的转基因作物进入中试的已超过40种^[2]。其中包括了如水稻、小麦、玉米等粮食作物,纤维作物棉花,大豆、花生、油菜等油料作物,南瓜、马铃薯、豌豆等蔬菜,以及杨树、云杉等木本树种。作大田试验的转基因作物种类的增长很快,不到两年种类数量增加近一倍,但大多数增加的是水果和蔬菜类的小作物。其它发达国家的进展也是非常迅速的,如英国科学家已成功地把去除木质素的基因插入到白杨树的种子中,已正在种植的转基因白杨目的是用此木材造纸,这种木材很容易从纤维素中去除木质素,从而达到节省漂白剂、减少能耗的目的。

基因工程农产品要商业化,在美国要经过3个政府部门的审批,即USDA, FDA 和环境保护署(EPA)。以1996年5月为限,经批准或无异议的能步入商业化的转基因作物已有7种,由于由不同公司或改变的性状不同,总数为14个种次(见表1)。此外还有1种抗除草剂的转基因油菜,1种雄性不育转基因油菜,2种抗除草剂玉米,1种抗钻心虫玉米和1种抗除草剂玉米,1种抗除草剂棉花,1种抗病毒木瓜,1种抗除草剂大豆,1种抗3种病毒南瓜等都已提出要求商业化的申请,正在审批中。

以上概略地介绍了能代表国际水平的基因工程进展情况,仅1994年1年GMO进入大田试验的次數就

表1 经美国政府部门批准商业化的转基因农产品(至1996年5月)

产品	公司	改变的性状	商品名	产品	公司	改变的性状	商品名
油菜	Calgene	改变油的成分——高月桂酸	1995 Laurical	玉米	Mycogen	抗玉米钻心虫(Bt毒素)	1995 Nature Gard
玉米	Ciba-Geigy	抗玉米钻心虫(Bt毒素)	1995 Maximizer	棉花	Calgene/Rhone Poulenc	抗除草剂溴苯腈	1995 BXN Cotton
棉花	Monsanto	抗除草剂草甘膦	1996 Roundup Ready	马铃薯	Monsanto	抗科罗拉多马铃薯甲虫(Bt毒素)	1995 New Leaf
棉花	Monsanto	抗棉铃虫和鳞翅目幼虫(Bt毒素)	1995 Bollgard	大豆	Monsanto	抗除草剂草甘膦	1995 Round Ready
南瓜	Asgrow	抗两种病毒	1995 Freedom 11	番茄	Calgene	延迟成熟期	1994 Flavr Savr
番茄	(Cher-Agritope)	改变成熟期	1996尚不知名	番茄	DNA Plant Technology	延迟成熟期	1995 Endless Summer
番茄	Monsanto	同上	1995 尚不知名	番茄	Zeneca/Peto-Seed	皮增厚改变果胶	1995 尚不知名

超过1987~1993年的总和。按1996年GMO商业化的发展进度,如大田试验顺利的话,有人预计到本世纪末美国市场上至少会推出50种转基因农产品,通过转基因技术产品的销售额可达到1000亿美元。基因工程巨大的活力将可能是21世纪的希望。

2 发达国家和发展中国家的进展

2.1 发达国家的进展

2.1.1 基因工程的进展,总体上看美国在实验室、中试及商业化等各个水平上在世界上是领先的。上文所提到的绝大部分是美国在基因工程方面的进展。

2.1.2 欧洲发达国家的进展也是很快的。1991~1994年,从递交的报告被批准释放的遗传工程生物体共311个(见表2)^[16]。

表2 按欧共体法律,1991~1994年被释放的遗传工程生物体数

植物	291	微生物	20
油菜	95	甜瓜	2
玉米	56	大豆	2
马铃薯	41	向日葵	2
甜菜	36	胡萝卜	1
番茄	17	菊花	1
菊苣	16	桉树	1
烟草	12	杨树	1
菜花	3	小麦	1
苜蓿	2		
总数	311		

表3 转基因植物在发展中国家释放的情况

区域	国家	被批准释放的总数	释放的总数
南美洲	阿根廷	43	43
	玻利维亚	1	5
	智利	9	17
	秘鲁	2	2
中美洲	伯利兹	—	4
	哥斯达黎加	6	8
	危地马拉	2	3
	墨西哥	20	20
加勒比	古巴	13	13
	多米尼加共和国	1	1
亚洲	波多黎各	21	21
	埃及	1	1
	印度	2	3
	泰国	1	1
非洲	南非共和国	17	17
总计		159	159

注:此外还有南美的巴西、哥伦比亚、委内瑞拉、亚洲的印度尼西亚、马来西亚、巴基斯坦、菲律宾和非洲的肯尼亚、尼日利亚和津巴布韦未得到有关释放的文件。

欧洲发达国家大多数是欧共体成员,共有15个国家组成。这些国家的GMO向环境释放要根据欧共体下设的欧洲专门事务委员会会签的“GMO审慎地向环境释放”的指令,而GMO要商业化必须经过大多数成员国的同意。到1995年底只有4份申请报告被批准,其中3个是疫苗,1个是抗除草剂烟草,还有若干个GMO或是被否定或是有待批准。GMO释放的311总次数中,释放量最大的是法国,占93个,其它依次为比利时59、英国50、荷兰44等,其中德国仅占12次。

2.2 发展中国家的进展

2.2.1 除中国以外发展中国家的情况 发展中国家的情况,Krattiger在1994年时曾有过详细的报道^[8]。Kathan报道了除中国之外至1996年9月的最新进展^[17]。发展中国家的国名及释放的次数见表3。

这些国家主要释放的转基因作物是玉米、大豆、棉花、番茄和马铃薯。这5种作物占整个释放总数159中的81%。另外30次释放的是其它的一些作物。引入基因的性状最主要的是抗除草剂,占释放总数的近一半,其它依次为抗虫、提高品质及抗病毒等等。说明发展中国家在基因工程方面已经给予了很大的关注,并已取得很可观的进展。

2.2.2 我国发展情况 除前文^[20-22]已提到的外,在转基因作物方面,已成功地把Bt基因转入棉花主栽品种,获得抗虫能力在80%以上的转基因棉花品系13个;转基因抗病小麦有的品种已进入大田试验;抗青枯病转基因马铃薯已筛选到抗性提高I~3级的株系3个^[12]。黑龙江水产研究所将牛、羊的生长激素基因移植到普通鲤鱼,得到生长速度提高20%的第一代转基因鱼,又将大马哈鱼的生长激素基因向第一代转基因鱼进行基因转移,目前后代已有上万尾转基因鱼,正在进入有控制的中试阶段。由湖北省农业科学院畜牧兽医研究所承担的转基因

猪作为器官移植供体的研究已取得很大进展。

上述情况说明,发展中国家近十年来在生物技术方面确有长足的进步,但与发达国家相比还相差甚远。从总体上看,发展中国家是属于自然资源拥有的国家,而发达国家则是资金及技术拥有的国家,《公约》第15条“遗传资源的取得”与第19条“生物技术的处理及其惠益的分配”中所涉及到的“自然资源拥有的主权权利”、“切实参与提供遗传资源用于生物技术研究活动”以及“在公平的基础上优先取得基于其提供资源的生物技术所产生的成果和惠益”等等条款都是发展中国家与发达国家谈判得到的结果。

3 GMOs 释放给环境带来的风险

缔约国1995年11月在雅加达举行第二次会议时,秘书处提供了一份“实施《公约》第6条和第8条的有关做法和经验”的文本,其中第54点指出:“从《公约》的角度来看,生物技术产生的经修饰的活生物体(LMO)引起的有关问题涉及的范围很广,它们包括植物基因的稳定性、对非针对对象产生的影响、对生态系统过程的不利影响、基因改变植物潜在脆弱性等问题,基因改变、控制基因表现、预定和非预定的改变等问题;供体生物体的表现特征,例如竞争性、致病性和毒性等问题;对人类健康产生有害影响等问题。这一段说明对GMO已有实验证实的或潜在的风险作了相当完善的概括,说明在对生物技术作为21世纪希望的同时,还不能忽视其可能带来的一系列危机。

已有相当多的文献、论文集或专著^[11-15]讨论GMOs释放的生态危机对人类影响问题。期刊“分子生态学”(Molecular Ecology)1994年第3卷出专集^[16]讨论基因植物释放的生态学影响。此外题为“经遗传修饰的植物和微生物大田试验生物安全结果”的国际会议,从1990年起每两年举行一次,至今已三次出版了论文集^[17-19]。第一次是1990年11月在美国Kiawah岛召开,被称为Kiawah Island Conference,两年后在德国Goslar举行了第二次会议,这次会议的内容不仅讨论到GMOs大田试验中释放问题,并已有文章涉及商业化后的生物安全问题。第三次会议1994年11月在美国召开。从这3次会议参加的国家数与到会人数说明世界各国对生物安全重视程度逐渐增加。第一次会议仅10个国家130个代表;第二次22个国家200位代表;第三次会议则已有32个国家225位代表,发展中国家参加第二、第三次会议的科学家越来越多。

在1994年第三次会议上法国科学家Deshayes报告中指出^[20],从1986~1994年间全世界已有1500个GMO释放做大田试验,但对GMOs向环境释放后其生态学风险和对人类健康影响确切的回答却很少,他强调了风险评估的长期性,尤其要注意的是目前可作没有影响的回答并不能保证经过一段时间的考验后还是正确的。对GMOs释放后的生态学、生物学以及对人体健康的风险,过去多数是预见性的评估,在提法上多数提的是潜在的风险,可是近年来,特别是1996年在Nature^[21]等著名杂志上登载了GMOs释放的风险的文章,一方面是对一部分风险的证实,另一方面说明生物安全问题的确要引起人们足够的重视。

3.1 对环境潜在的风险

3.1.1 上文已经提到了美国政府有关审批机构已经批准了转基因鳞释放,实际上,美国国内有反对释放的呼声。一个称为“有关科学家联盟”(Union of Concerned Scientists(UCS))的组织,他们密切关注着生物安全问题,并有一系列的出版物。该组织及其它科学家迫切要求USDA推迟批准,要求在批准前的一个公众充分参与对风险评估的过程,并要求有90d的时间可供广泛的质疑,让科学家及其它有兴趣的团体一起来讨论评估转基因节肢动物危机的原则。UCS提出美国已有相当数量的转基因节肢动物正在研究或准备提出申请,其中包括有地中海果蝇、蚊子、蜜蜂以及棉铃虫等昆虫,他们认为这些转基因节肢动物存在巨大的潜在环境风险,因为它们繁殖得快、数量又大,它们起到一系列例如作为害虫、有益的食肉动物和传粉等重要的生态学作用,而不少节肢动物还非常小、能移动的距离却相当长,一旦确证风险的存在,是不可能从环境中收回的,但USDA不顾UCS和其它人的反对批准了。

3.1.2 Rissler等^[12]和Kathen^[11]等文献中都谈到转基因作物本身可能变为杂草。这里首先讨论有关杂草的生物学特性,杂草有旺盛而顽固的生命力,从营养生长到开花这段时间可以非常短,如是多年生植物,往往有旺盛的营养繁殖或能在从断片中再生的能力;花是自交的,但往往不是专性的自花授粉,而异花授粉的花粉是通过虫媒或风媒来传播;种子存活期能保持很长,只要生长条件许可植物可连续不断、大量地在很大的环境范围内产生种子。

部分栽培植物,命名如一些高粱属的种,在一定环境下本身就是杂草,而在某些条件下它又可是作物,这类作物当插入一个例如抗病、抗虫基因,或转基因作物中基因逃逸时,可能会把本来在某些地区很安全的作物,由于改变了其平稳而趋向于杂草化,又如甘蔗、水稻、马铃薯、油菜和燕麦等作物,它们本来就有其很近的杂草性的近缘种,因某些遗传上的改变就可能使作物成为杂草。

3.1.3 某些转基因作物具抗杀虫剂的性能或者是作为生物反应器来生产药物,这一类转基因作物可能会对其它自然界的生物产生反效果,这就称为“非目标效应”。因为很少有哪一种杀虫剂能选择来杀死某一种害虫,而往往带有一定的广谱性,何况目前多数用的都是 Bt 基因,因此插入到作物中的杀虫或杀真菌的基因也可能对其它非目标生物起到作用,从而杀死了环境中有益的昆虫和真菌。带有 Bt 抗虫基因的植物,当它们的遗传在土壤中被土壤昆虫降解时,也可能使这些昆虫受到毒害。此外,例如带有几丁质酶的抗真菌的转基因作物,其遗传分解时可能减少土壤中菌根的种群。菌根是一种真菌,对植物的主要作用是众所周知的。由于几丁质酶可以消化掉带有几丁质的菌根的细胞壁。细胞壁一旦破坏,个体就自然死亡,从而土壤中的凋落物下不可能被分解,营养流被中断,整个生态系统的功能被阻滞。

目前人们期望通过转基因作物作为生物反应器来生产人类及动物所用的药物、激素和疫苗,以及工业用的酶、油及其它化学品。这些转基因作物不仅对土壤生物产生影响,还可能被其它食草动物或其种子被鸟类摄食而起到相反的作用。

3.1.4 转基因作物还可能使其野生近缘种变为杂草。由于自然界的制约,不少作物的野生近缘种虽然目前未被人类利用,但并不以杂草形式存在。可以是一旦接受到某个 GMO 逃逸的基因,在一定条件下使其大量繁殖起来而变成杂草。在美国有人反对已被 USDA 和 FDA 批准的转基因南瓜上市,就因为在美国野葫芦一类的南瓜近缘种植物是普遍存在的。这些野生近缘种由于有黄瓜斑纹病毒和西瓜斑纹病毒而不能大量繁殖,如果抗多种病毒的转基因南瓜基因通过基因流转入野葫芦,后果将不堪设想。

Mikkelsen 等^[1]作了芸苔(*Brassica napus*)的基因渐渗到其杂草近缘种野油菜(*B. campestris*)中的研究,芸苔染色体 $2n=38$,野油菜染色体 $2n=20$,但两个种能自发地杂交,在自然种群中能发现杂种。当耐除草剂 glufosinate 的转基因芸苔与野油菜杂交后得到的种间杂种与野油菜种在一起时,早在回交第一代就能发现形态上完全像野油菜,染色体也是 $2n=20$ 的高度能育的耐除草剂转基因野油菜。在刚杂交和回交二代后就出现了能育的转基因杂草状的植物,说明了芸苔的基因可能快速地向野油菜传播。这个实验是 GMO 的转基因会向野生近缘种自然转移的一个确切的证明。

3.2 转基因作物可能产生新的病毒或新的疾病

1994年,美国密歇根州立大学科学家把花椰菜花叶病毒外壳蛋白的基因插入豇豆,得到抗病毒的豇豆。当他们把缺少外壳蛋白的病毒再接种到转基因豇豆上时,发现125株豇豆中有4株又染上了花叶病。由此,他们认为插入转基因作物中的病毒可能与再接种病毒的遗传物质结合而形成新的病毒。或者说,GMO 中的病毒 RNA 有能力再组成很多新的形式。为此,Falk 等^[2]在 Science 刊物上发表了题为“转基因作物将产生新病毒和新疾病?”的文章。据报道,1996年又有实验证据说明至少在实验室条件下,原来准备作为抗病疫苗的黄瓜花叶病毒(CMV)自发地突变。这种新的突变下仅仅不能抗 CMV,反而更加剧了这种病毒对烟草的危害。闻大中^[3]也列举了改变某些动物病原体的基因,可使该病原体的毒性增强,或增加其对农药和抗菌素的抵抗力,或者因基因的改变可使与动、植物共生的微生物具有致病力的例子。

目前在发达国家转基因微生物已少数被批准释放,但应该认识到,转基因微生物的释放更是一个复杂的问题。因为目前绝大多数微生物尚未得到鉴定、定名或研究。微生物不同种、属之间的自然基因转移比较频繁,而所插入的带有明显选择优势的基因有可能在大范围的微生物界传播,这会造成对某一些转基因微生物长期影响评估带来困难。

3.3 对人体健康的影响

转基因生物作为食品对人体健康是否会带来风险一直是人们所关心的问题。过去的报道多数是由各种新闻媒体发出的,其中当然谁避谁传的可能,但有一点应该是肯定的,作为美国第一个释放上市的转基因番茄是1994年6月,至今还只有两年多一点的时间,长期效应如何及风险又可能有多大等问题是目前人

们全然不知,要有相当长的时间考验。

可就是在1996年科学期刊上发表了“在转基因大豆中对巴西果过敏原的鉴定”的文章^[24],说明基因工程大豆对人体是过敏的,这是美国 Pioneer Hi-Bred 种子公司的成果。因巴西果的蛋白质含有对人和动物营养最主要的一种氨基酸,蛋氨酸,这种蛋白质加到大豆中去是为了改良其营养成分,可是有一部分人对巴西果敏感,与人体血清有反应,实验证明当用对巴西果过敏的人的血清与转基因大豆与巴西果作试验时,反应是一样的,说明转基因大豆包含有巴西果的过敏原,不同的人对巴西果过敏反应不一样,从很轻例如心脏作无规律的跳动,直到心脏病严重发作,以至死亡。由此 Pioneer Hi-Bred 公司决定已不能作为上市的产品。

此外,新闻媒体报道,美国 Monsanto 公司研制的抗除草剂转基因大豆向欧共体出口,其中载有4万多吨的转基因大豆货船抵达德国汉堡,引起环保组织的抗议活动,绿色和平组织也发起和领导抵制这种大豆进口的宣传活动。

3.4 对生物多样性的影响

转基因生物本身是自然界不存在的人工制造的生物,释放到任何一个生态系统中都是外来种,引入外来种历来是被普遍采用的,不乏起好作用的例子,但也确实有大量由于外来种引入后,破坏了原来的生态系统,使该生态系统的物种大量消灭的例子^[25]。

中国在栽培作物和家养动物方面是具有丰富的遗传多样性资源的国家之一。为满足人口压力对粮食及食品的要求,迫使近代工农业向单一化的优质高产品种发展,这在客观上已经自然淘汰了大量具有一定优良遗传性状的农家品种及其它遗传资源,造成遗传多样性不可挽回的损失。GMO 的释放,如果处理不当可能更加剧了品种的单一化,使农业进一步处于脆弱的状态。

4 加强生物安全的措施

生物安全的措施要从风险评估的科研工作、立法以及教育与培训3个方面来加强。

4.1 风险评估的科研工作

发达国家出于种种原因或者说出于公众的压力对风险评估的科研工作是比较重视的,正像本文提到的近1~2年来,对 GMO 释放的风险评估已不仅停留在预测上而已开始有研究的论文发表。只有经过科学的证实,找到原因,才可能进一步找到克服危机的方法。

进行风险评估,研究经费的投入是重要的,以美国为例,USDA 对农业上的 GMO 的生态学风险研究的投资从1992~1995年间共计640万美元。按报道^[26],是在下列9个领域投资过40个课题。其中抗病毒转基因作物占33%,转基因流向野生植物占20%,工程植物和细菌的非目标效应占13%,转基因鱼占9%、与微生物相关的工程植物占7%、昆虫抗 Bt 作物占6%、工程动物疫苗占6%、工程昆虫病毒占3%、工程真菌占2%、可见60%以上的投资是放在转基因植物的风险评估研究上,即使这样,风险研究的投资只占到同一期间 USDA 给农业生物技术研究投资的1%。也就是说,1992~1995年间,USDA 为农业生物技术拨的研究经费为6亿4千万美元。

4.2 立法

不同的发达国家对 GMO 释放的风险的认识是不一样的,总体上欧共体国家要比北美国家更为严格。欧共体内部尤以德国最严格,使一些德国的 GMO 产物到加拿大去申请释放。发展中国家一般说来在实际行动中尤为放松一点,考虑得更多的是投资后的近期效应。

在看到生物技术带来可观的经济效益和社会效益的同时,不应忽视其潜在的或已被实验证实的危机,更应对其长期可能产生的效应、对子孙万代可能带来的后果有充分的考虑。为之,要立充分具操作性的并行之有效的法律是重要的,立法后的执法更应严格。当然法律的制定应立足于科学研究的基础上,随着科研工作的深入,立法逐步完善。《公约》生物安全议定书一旦制定,就应严格执行议定书的规定。

4.3 教育与培训

GMOs 从研究中试、大田试验—生产,中间涉及不同文化水平、不同职务或职位的人物,他们中对生物安全的认识及知识参差不齐,为了使 GMO 释放后尽可能减少对环境和对人体健康的负影响,采取不同

方式和不同水平的教育和培训是必须要强调的。

5 结束语

包括基因工程在内的生物技术是高科技,这类高科技往往会在造福于人类的同时,在一定时间内带来祸害或灾难。核技术就是最好的例子,在军事上,民用上核技术会越来越显示其重要作用,但也会出现1986年前苏联乌克兰境内的切尔诺贝利核电站的核泄漏事故,生物技术的命运应该是同样的,转基因产物的释放并走向商业化是必然的趋势,也是不以人们意志为转移的。而对其带来的负效应,对生物安全问题又必须引起高度的重视。

参 考 文 献

- 1 Convention on Biological Diversity. UNEP, 1994
- 2 钱迎倩. 生物多样性与生物技术. 中国科学院院刊, 1994, 2: 134~138
- 3 钱迎倩. 生物技术与生物多样性的保护和持续利用. 钱迎倩, 马克平主编. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 217~224
- 4 钱迎倩等. 生物技术与生物安全. 自然资源学报, 1995, 10(4): 322~331
- 5 Anonymous. First release of engineered arthropod. *The Gene Exchange*, 1996, 6(4): 7
- 6 Anonymous. First proposed release of transgenic nematode. *The Gene Exchange*, 1996, 6(4): 1
- 7 Zambryski P, et al. Ti plasmid vector for the introduction of DNA into plant cells without alteration of their normal regulation capacity. *EMBO J.*, 1983, 2: 2143
- 8 Krattiger A F. The field testing and commercialization of genetically modified plant: A review of world wide data (1986 to 1993/94). In: Krattiger A F, et al. eds. *Biosafety for sustainable agriculture. ISAAA/SEI*, 1994, 247~266
- 9 Anonymous. Field testing of over 40 different transgenic crops. *The Gene Exchange*, 1996, 6(4): 11
- 10 Anonymous. Around the world; European Union. *The Gene Exchange*, 1995, 6(2 & 3): 12~13
- 11 Kathen A. The impact of transgenic crop releases on biodiversity in developing countries. *Biotech. Developm. Monitor*, 1996, 28: 10~15
- 12 徐新来. 我国生物技术快速发展的十年. 生物工程进展, 1996, 16(3): 2~3
- 13 Rissler J, et al. Perils amidst the promise. Ecological risks of transgenic crops in a global market. *Union Concerned Scientists*, 1993. 1~92
- 14 Krattiger A F et al. Biosafety for sustainable agriculture. Sharing biotechnology regulatory experiences of the western hemisphere. 1994, *ISAAA/SEI*, 1~278
- 15 Tzotzos G T. Genetically modified organisms. A guide to biosafety. UNIDO, UNEP, CAB International, 1995. 1~213
- 16 Burke T, et al. ed. Ecological implications of transgenic plant release. *Mol. Ecol.* 1994, 3
- 17 Makenzie D R et al. *The biosafety results of field test of genetically modified plant and microorganisms*. Maryland, U. S. A., 1990. 1~301
- 18 Casper R, et al. *The biosafety results of field tests of genetically modified plants and microorganisms*. Proceedings of 2nd International Symposium. Goslar, Germany, 1992. 1~236
- 19 Jones D D. The biosafety results of field tests of genetically modified plants and microorganism. Proceedings of the 3rd International Symposium. California, U. S. A., 1994. 1~558
- 20 Deshayes A F. Environmental and social impacts of GMO's: What have we learned from the past few years? In: *The biosafety results of field test of genetically modified plant and microorganisms*. Proceeding of the 3rd International Symposium. Jones D D, ed. California, U. S. A. 1994. 5~19
- 21 Mikkelsen I R et al. The risk of crop transgene spread. *Nature*, 1996. 380: 31
- 22 Falk B W et al. Will transgenic crops generate new viruses and new diseases? *Science*, 1994, 263: 1395~1396
- 23 闻大中. 基因工程生物的生态影响及其评价. 应用生态学报, 1992, 3(4): 371~377
- 24 Nordlee J, et al. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *The New England J. Medn.*, 1996, 334: 688~692
- 25 Anonymous. USDA biotechnology risk assessment research. *The Gene Exchange*, 1995, 5(4)
- 26 Anonymous. USDA biotechnology risk assessment. *The Gene Exchange*, 1995, 6(1): 5