

# 生物技术对生物多样性的潜在威胁\*

## Potential Risk of Biotechnology on Biological Diversity

周 泓                      阚培翔  
Zhou Hong                Kan Peixiang

(广西大学动物科技学院 南宁市秀灵路 13号 530005)

(College for Veterinary Science and Biotechnology, Guangxi Univ.,  
13 Xiulinglu, Nanning, Guangxi, 530005; E-mail: pxkan@gxu.edu.cn)

**摘要** 以保护生物多样性为宗旨,分别从生物技术涉及的遗传多样性、物种多样性及生态多样性等方面来阐述其潜在威胁,指出在发展生物技术的同时应尽量减少其负面效应,并建立和完善相应的法规,以防患于未然

**关键词** 生物多样性 生态环境 潜在危险 生物技术

中图法分类号 Q 143

**Abstract** The adverse effects in biotechnology were discussed. We shall, especially, be aware of the potential risk of biotechnology on biological diversity in the aspects of genetic diversity, species diversity, and ecological diversity. Laws and regulations on research and application of biotechnology shall be established whilst we are encouraging scientists to develop biotechnology for our society. We should prevent the negative impact of biotechnology in advance.

**Key words** Biological diversity, ecological environment, potential risk, biotechnology

分子生物学、发育生物学、神经科学、生态学等学科的迅速发展,将使人类更有效地改良生物性状与品质,提高动植物的生产力,有利于保护资源。在看到生物技术产物的巨大经济效益的同时,不可忽略其对生态环境的潜在威胁。其中值得关注的是用生物工程手段得到的转基因生物释放后对生物多样性的潜在威胁,而且这种威胁随生物技术的发展而增加。

生物多样性是地球上所有生命形态的总和,包括生物的遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性等,是人类社会赖以生存与发展的基本食物、药物和工业原料的主要来源。因此,是保护生态环境的重要因素之一<sup>[1]</sup>。

基因工程技术通过多种方式将对人类有益的基因导入生物体而获得转基因生物,或者通过现代生物技术手段获得一些具有独特性状的经遗传修饰生物体。由于它们不是经过漫长的遗传进化与自然选择获得的,这样的新生物体一旦放到自然环境中其生态行为是难以预料的<sup>[2]</sup>,很有可能对群落结构和生态系统

的功能造成影响。本文拟从生物多样性保护的角度来看生物技术潜在的负面效应。

### 1 生物技术对遗传多样性的潜在威胁

遗传多样性是指每一物种内基因和基因型的多样性。遗传多样性保护就是保存品种(或类型)的基因库,即保存种群所具有的基因组合的基础体系,利用其中优良性状基因育成高产、优质、抗病、抗虫、适应性强的品种,使生产力大大提高。例如,稻种基因丰富的多样性对栽培稻的改良提高作出了巨大的贡献。被誉为引起第一次“绿色革命”的世界矮秆稻的培育成功,就是由于选用了中国的地方品种“低角乌尖”等矮秆资源<sup>[3]</sup>。杂交水稻的培育成功是因为发现和转育了多年普通野稻中雄性不育的资源,并将其进行了三系配套<sup>[3]</sup>。在病虫害育种方面还有许多野生稻种的抗性基因成功地转移到栽培稻品种的例子。

但是,由于动植物品种的改良一般仅限于少数农作物和畜禽,且性状单一,遗传基础较狭窄。其大面积推广,削弱了遗传多样性<sup>[4]</sup>。例如在推广杂交水稻的同时,地方水稻品种很大程度被取代,在快大鸡种大量涌进我国的同时,一些地方品种的基因流失掉了<sup>[5]</sup>。由于地方品种的一再缩小,它们往往因近亲繁

1998-09-25收稿,1998-10-26修回。

\* 中国国家自然科学基金资助项目(NSFC第39760058号),广西自然科学基金匹配项目(桂科配第9824010号)和中国国家教育委员会留学回国人员科研启动基金资助项目(教外司留第[1997]832号)。

殖,遗传漂变,基因随机固定和丧失,从而使基因多样性枯竭。农业生态系统因此变得结构简单、功能削弱、易受病虫等自然灾害的危害,也阻碍了个体和种群间遗传物质的交换和进化。

此外,转基因生物通过竞争和干扰,也可能使某些野生种和其他自然物种消失<sup>[2]</sup>。因为自然生物的原产地有许多限制因子,譬如捕食的和寄生的天敌控制着它们的种群密度,并维持着相对平衡,而环境对转基因生物不一定具备这种制约力,反过来,转基因生物可能会影响环境。

## 2 生物技术对物种多样性的潜在威胁

物种多样性指种与种之间的多样性,即物种在分类学上的多样性。当今大多数重要的农作物都是从野生物种中选择和培育而成的。畜禽、鱼等许多重要的农业动物也是如此。目前,利用野生物种培育优良品种仍是育种工作的重要手段。例如甜西红柿 (*Lycopersicon esculentum*),就是从秘鲁的一个野生种培育而成的<sup>[4]</sup>。对中国水稻增产起重要作用的杂交水稻,也是利用野生稻的不育基因培育而成的<sup>[4]</sup>。从发展的观点来看,许多物种的潜在价值尚未被认识,保护多样化的物种并对其进行深入的研究,是生物资源开发利用的前提,也是优化农业生态系统结构的基础。同时,物种多样性的保护和研究利用在病虫害综合治理,保护生态环境上也有重要作用。

转基因生物对物种多样性也有潜在威胁。转基因生物若有很强的适应性与竞争能力,如转基因植物由于导入了耐除草剂、抗病毒、抗虫、抗特殊环境胁迫等性状,就可能取代其他物种,产生复杂的生态效应。

中国的抗病毒转基因烟草,从1992年起已经用于烟草工业,到1994年时转基因烟草的种植面积已经接近全国烟草种植面积的5%<sup>[6,7]</sup>。美国 Monsanto 公司培育的抗虫转基因棉花1995年被批准上市,其商品名称为 Bollgard,1996年种植面积达800 000 hm<sup>2</sup>,占全美棉花种植面积的12%,覆盖面积已相当大<sup>[8]</sup>。要是不加控制地任意由转基因生物加入自然环境中,可以推测,由于种植转基因作物的经济效益高,随着这些转基因作物的推广,原有的品种将会逐渐消失。最终将可能出现人工物种取代天然物种的现象,自然界的生物多样性将会受到严重破坏,由此可能会改变自然界的营养循环,同时也就改变了自然界的生物链。

可以设想,当商品母牛群能由一头高产母牛克隆的后代所形成,或者许多母牛克隆与同一克隆的公牛交配,将会发生什么事呢?其一近亲繁殖;其二更高

产<sup>[9]</sup>。与此同时,物种变得更单一,并且难以保证这种高产的畜群能将其高产性状世代相传而不退化。

## 3 生物技术对生态系统的潜在负面效应

生态系统多样性指生物群落与生态环境类型的多样性。随着人类对自然界的不断干扰,全球性的自然生态环境破碎化,生态系统解体的现象日趋严重<sup>[5]</sup>。由于以工业化为特征的农业带来的环境问题,人们把科技发展的焦点,对准了生物工程。同其他任何一项技术一样,它具有显著的成效的同时,也具有不可忽视的负面效应。转基因生物有可能对生态环境产生的负面影响有:

### 3.1 转基因生物扩散到释放区外,可能会造成生态入侵

生态入侵等同于引种不当,其造成的爆发性蔓延发生,破坏了当地物种的生存环境,使受胁物种濒危或灭绝。如果要举引种不当的例子则屡见不鲜,像在具有许多特有品种的非洲裂谷省的一些湖泊中,引进鱼种已使当地土产鱼等物种濒临灭绝<sup>[10]</sup>。据1998年上海科技报第1795期载,80年代初,福建东部沿海地区从国外引进一种“大米草”,10多年后,大米草已侵占了闽东近4 000 hm<sup>2</sup>滩涂,破坏了原先由红树林、贝、蟹、鱼组成的生态环境,还造成港道淤塞,目前大米草正以每年几百公顷的速度蔓延。这说明引入的生物会对原有物种产生一定的副作用。通过基因工程技术获得的生物也有类似潜在威胁。由于转基因生物具有较强的竞争能力,当它扩散到释放区外,一旦对生态环境造成负面影响,要消灭它是非常困难的,往往需要耗费巨资。

### 3.2 转基因生物通过基因转移,出现新的有害生物或增强有害生物的危害性

用基因工程技术培育出的能抗多种除草剂的作物品种,其本身就有可能成为难以清除的杂草。例如,稗、阿拉伯高粱和某些狗尾草,在特定环境下是牧草。但是,在某种意义上来说,它们又是杂草。当这种作物被导入抗病毒或者耐除草剂性状,可能会使某些地区的作物由于改变了与环境的平衡,而趋于杂草化。如果这种能抗多种除草剂的作物品种与野生植物杂交,又有可能使这些抗性基因转移到野生植物种群中。像这样的基因交换存在于亲缘关系植物或者微生物之间<sup>[11]</sup>。

一些杂草近缘种,因遗传上的改变可能会使作物本身形成杂草。例如,高度抗盐的转基因水稻,就可能侵入到港湾中去大量繁殖<sup>[12]</sup>。由于无意中改变了某些动物病原体的基因,可能会使该病原体的毒性增

强,或者增加其对防腐消毒药和抗菌素等药物的抵抗力。有时因基因改变可使与动植物共生的微生物具有致病力。例如,目前已经发现有原来没有毒性的单纯疱疹病毒组合起来所产生的重组体会对寄主有严重的毒害作用<sup>[13]</sup>。可以由此设想,病原菌如果获得了转基因生物的抗药性状,其竞争力将会增强,甚至会引起疾病流行。

转基因植物的释放或者作田间试验,对环境最主要的潜在负面影响是基因转移到野生近缘种植物中去。一般而言,外源基因来源于无任何亲缘关系的物种要比来源于有亲缘关系的同一物种的潜在威胁要大得多。如果转入基因能表达以合成新的基因产物,它更可能在生态系统中起新的作用。对于微生物,DNA片段插入质粒的基因产物比DNA片段插入染色体的基因产物更容易传播和扩散<sup>[8]</sup>。

环境中的大多数细菌都能与附近的细菌交换遗传信息。由于质粒能够频繁地转移,不宜将这类转基因微生物广泛地释放到环境中。然而,它们易于操作,常常作为重要的基因工程载体,具有广泛的用途。很多商品化的基因工程载体携带着一种以上的抗药基因,例如,德国宝灵曼(Boehringer, Mannheim)公司生产的pHB6 pVB6, pXB pBH pBV和pBX细菌表达载体(bacterial expression vectors)携带着一种抗氨基青霉素基因,pHM6 pVM6 pXM pMH pMV, pMX哺乳动物表达载体(Mammalian expression vectors)携带着两种抗药基因——抗氨基青霉素基因和抗新霉素基因<sup>[13]</sup>。因此,质粒的转移问题涉及到转基因生物的安全性。另外,分子生物学实验室应该安装能防止质粒转移和释放到环境中的正压通风装置。实验人员在实验室操作时也应该戴手套,不能疏忽大意。

用于生产外源基因和工程菌苗的质粒或者噬菌体向环境泄漏,造成环境污染。譬如沙门氏菌载体菌苗,比传统的全细胞肠道菌苗副反应少,成本低,但它是否会产生潜在的病原菌(毒力返祖)或扩散含有抗药基因乃有害基因的质粒或者噬菌体呢?疑问仍然存在。

**3.3 转基因生物对病虫害的抗性会使害虫产生抗抗性,导致杀虫剂的使用增加**

转基因水稻虽然对病虫害可产生很强的抗性,但其潜在问题是抗性的持久。据模拟显示一个核性基因转入受体植株并大面积栽培后,其病虫很快就会产生对其抗性<sup>[14]</sup>。印度谷螟(*Piodia interpunaella*)在长期饲喂含有杀虫结晶蛋白(ICP)的人工饲料后,其后代产生了对ICP的抗性,ICP的半数致死剂量提

高了250倍。除此之外,至少有8种昆虫在实验室条件下也产生了对ICP的耐受性<sup>[15]</sup>。美国农民种植转基因农作物3年,该作物表达了苏云金杆菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)的毒蛋白基因的产物。该作物不断释放出的Bt毒蛋白抵御了害虫的侵袭,但也导致害虫加强了对农药的抵抗能力。为了减轻这种抗性,目前专家提出的补救措施是在转基因农作物种植区内开辟“害虫避难所”,种植非转基因农作物,以便在不同农田内的同种害虫能顺利交配,从而稀释害虫抗性基因库,减轻对农药有抵抗能力害虫的危害。

抗虫转基因作物大多数都相似地采用了苏云金杆菌毒素(Bitoxin)基因<sup>[11]</sup>。在许多作物上广泛地使用如此单一的抗性来源,势必会造成作物设防单薄,害虫或者病原体一旦对药物产生抗性,不但会导致杀虫剂的使用量增加,还会导致作物大面积减产,形成灾害。

**3.4 转基因生物的作用范围过广而对非目标生物造成危害**

某些转基因植物具有分泌杀虫剂的性能,或者是作为生物反应器来生产药物。这一类转基因植物可能会对其环境生物产生相反效果。这就称为“非目标效应”。因为很少有杀虫剂仅专一杀死一种害虫,而往往具有广谱性。比如微生物通过转基因,将苏云金杆菌的毒蛋白在作物中表达,扩大了宿主范围,就可以在侵染目标害虫的同时也感染有益的昆虫<sup>[2,16]</sup>。因为插入到作物中的杀虫或者杀真菌的基因也可能对其他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抗虫基因的植物表达成分在土壤中被土壤昆虫降解时,也可能使这些昆虫受到毒害。

目前人们常常利用转基因植物有目的地生产某些杀虫药物。转基因植物如果能表达潜在的有毒物质(如苏云金杆菌Bt的毒蛋白),这些植物将对其他生物造成危害。如果这些转基因植物被草食动物或者鸟类等有益生物误食,将会造成中毒,甚至死亡。

**3.5 转基因生物作用不完全,或者本身能在生物体内引起生理上的反应,产生意外的负效应**

对于生物技术产品的安全评价,Zbinden认为有些生物制品“原有毒性”是其分子特性所致。此外“生物毒性”,即在生理过程中产生的抗原抗体反应时由于介质和细胞素的释放所致。譬如引发花生四烯酸前列腺素逐渐释放,会导致可见的负面效应。一般对药品检验所侧重的药物动力学原理的药物毒力试验不足以说明问题,对药品在体内的生理反应也要有足够的重视<sup>[17]</sup>。

另外,转基因微生物降解三氯乙烯和四氯乙烯,由于降解不完全,可产生更毒的乙烯氯化物<sup>[10]</sup>。

### 3.6 影响生态系统的能量流动与物质循环

由于转基因作物的高产,促使种植者采用单一的连作方式而放弃了具有综合生态效益的作物轮作方式,造成严重的土壤侵蚀。假如转基因根瘤菌能显著提高固氮能力,则氮很可能在土壤中富集起来,过量的土壤氮可能引起新的杂草种群的建立,加大硝酸盐的流失,增加进入大气的氮氧化物的量<sup>[18]</sup>。由于人造的转基因作物的参与,一些关键物种消失或者改变了性状,使生态系统的能量流动发生变化<sup>[7]</sup>。

### 3.7 对于转基因生物作为食品对人们的健康的影响

转基因生物作为食品对人体健康的影响是公众关注的问题。美国 Pioneer Hi-Bred 种子公司培育的一种转基因大豆,经研究证明这种大豆所含的巴西果过敏原可引起人体过敏。实验表明,当用对巴西果过敏的人的血清与转基因大豆的巴西果做试验时,反应是一样的,说明转基因大豆包含巴西果的过敏原。其对人体的伤害有个体差异。轻者心脏无规律跳动,重者心脏病严重发作,以至死亡。因此,Pioneer Hi-Bred 公司决定停止出售这个产品<sup>[16, 19]</sup>。

遗传工程实验室的操作及其质粒释放到环境,尤其是转基因生物作为食品时对人体健康的影响,一直是人们关注的焦点。科学界及新闻媒介都时常有报道。虽然不排除其中一些报道存在一定程度的讹传,但潜在威胁的阴影并没有排除<sup>[11]</sup>。

此外,据 Burkhardt<sup>[20]</sup>报道转基因植物产品对人类健康产生不利影响。尽管有待于进一步证实,但也应当引起足够的重视。

因生物技术有能力以比自然快得多的速度操纵和改变遗传材料,所以要制定适当的规则来控制它,特别要强调发展中国家生物技术的负面效应,不仅因为发展中国家占有丰富的遗传多样性资源,更容易受到生物技术的潜在威胁,而且因发展中国家更需要有保护生态的意识来维护农业的可持续发展,以减轻人口压力对食物生产量的需求。应该由国际性的统一法律来保证生物技术在全球范围内更公正、更安全、对环境更有益地应用<sup>[21]</sup>。应当建立和完善分子生物学法规,以确保防止有潜在威胁的分子生物学实验中的中间产物和质粒转移和释放到环境中。关注生物技术负面效应对生物多样性的潜在威胁,目的在于防患于未然。

致谢

作者借此机会对他们的导师, Dr. M. A. Mitchell (英国 Roslin 研究所), Dr. S. Y. Wang

(美国哈佛大学医学院), Dr. T. H. Lee (美国哈佛大学公共卫生学院), Dr. V. R. Young (美国麻省理工学院), Dr. A. J. Smith (英国爱丁堡大学)和同事们表示感谢。

### 参考文献

- 1 赵士洞. 生物多样性科学的内涵及基本问题. 生物多样性, 1997, 5 (1): 1~4.
- 2 陈进红, 王兆骞. 农业生物技术与生态环境. 生命科学研究与应用. 杭州: 浙江大学出版社, 1996. 38~42.
- 3 卢宝荣. 稻种遗传资源多样性的开发利用及保护. 生物多样性, 1998, 6 (1): 63~72.
- 4 吴建军, 李全胜. 生物多样性保护和研究利用与农业生态系统发展. 生命科学研究与应用. 杭州: 浙江大学出版社, 1996. 199~204.
- 5 Kan P. The Hormonal Basis of Decreased Growth Rate in Broiler Chickens Exposed to High Environmental Temperatures. Ph. D. Thesis, University of Edinburgh. 1994.
- 6 Krattger A F. The field testing and commercialization of genetically modified plant: a review of world wide data (1986 to 1993/1994). In: Krattger, A. F. et al., Biosafety for sustainable agriculture: sharing biotechnology regulatory experience of the western hemisphere ISAAA & SEI, Stockholm, 1994. 33~46.
- 7 钱迎倩, 马克平. 经遗传修饰生物体的研究进展及其释放后对环境的影响. 生态学报, 1998, 18 (1): 1~9.
- 8 钱迎倩, 田彦, 魏伟. 转基因植物的生态风险评价. 植物生态学报, 1998, 22 (4): 280~299.
- 9 Lauderdale J W. Industry's responsibility to the consumer. J Nutrition, 1996, 126 (4 Suppl): 1007S~1009S.
- 10 颜亨梅. 物种濒危的机制与保护. 生命科学研究, 1998, 2 (1): 10~15.
- 11 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.
- 12 钱迎倩, 马克平. 生物技术与生物安全. 自然资源学报, 1995, 10 (4): 322~331.
- 13 Javier R T et al. Two avirulent herpes simplex viruses generate lethal recombinants in vivo. Science, 1986, 234: 746~748.
- 14 Boehringer Mannheim Inc. 1998 Biochemicals catalog, Boehringer Mannheim Inc., 1998. 192~193.
- 15 严菊强. 转基因水稻研究进展. 生命科学研究与应用. 杭州: 浙江大学出版社, 1996. 11~16.
- 16 周兆澜, 朱祯 (1996). 植物抗虫基因工程研究进展. 生物工程进展, 1994, 14 (4): 18~24.
- 17 Zbinden G. Safety evaluation of biotechnology products. Drug Safety, 1990, 5 (Suppl 1): 58~64.

(下转第 263 页 Continue on page 263)

一,在发射系统和接受系统参数无误差下,两种同步方式在相同的信噪比下对信息信号的掩蔽能力相同。但在驱动响应同步方法中,信息信号是直接加在混沌载体上,这时,由混沌信号和信息信号之和共同强迫接收机,发射机仅由混沌信号驱动,发射系统和接收系统近似同步,恢复出来的信号有一定误差。而主动被动分拆同步,信息信号是注入到作为发射机的动力学系统中,因此,发射系统和接收系统能准确同步,信息信号被准确恢复。第二,在满足同步条件的情况下,主动被动分拆同步方法采用灵活多变形式,且该同步方式对系统参数比驱动响应同步敏感,有更好的保密性和更高的抗破译能力。但驱动响应同步由于其结构简单,且易于实现亦有其实用的价值。

### 参考文献

- 1 Ott E, Grebogi C, Yorke J A. Controlling chaos. *Physical Review Letters*, 1990, 64 (11): 1196~ 1199.
- 2 方锦清. 非线性系统中混沌控制与同步及其应用前景. *物理学进展*, 1996, 16 (1): 1~ 74.
- 3 Chua L O, Hasler. Special issue on chaos in nonlinear electronic circuits. *IEEE Transactions on CAS*, 1993, 40 (10, 11): 637~ 884.
- 4 Kennedy M P, Ogorzalek. Special issue on chaos synchronization and control: theory and application. *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, 1997, 44(10): 853 ~ 1039.

- 5 Pecora L M, Carroll T L. Synchronization in chaotic systems. *Physical Review Letters*, 1990, 64 (8): 821~ 824.
- 6 Cuomo K M, Oppenheim A V, Strogatz S H. Synchronization of lorenz-based chaotic circuits with applications to communications. *IEEE Trans. On CAS*, 1993, CAS-40 (10), 626~ 633.
- 7 Kocarev L, Halle K S, Eckert R et al. Experimental demonstration of secure communications via chaotic synchronization. *Int J Bifurcation and Chaos*, 1992, 2 (3): 709~ 713.
- 8 Ponnitz U, Chua L O, Kocarev L et al. Transmission of digital by chaotic synchronization. *Int J Bifurcation and Chaos* 1992, 2 973~ 977.
- 9 Dedien H, Kennedy M P, Hasler M. Chaos shift keying, M: modulation and demodulation of a chaotic carrier using self-synchronizing chua's circuits. *IEEE Trans, on CAS*, 1993, CAS-40 (11): 634~ 643.
- 10 Halle K S, Wa C W, Itoh M et al. Spread spectrum communication through modulation of chaos. *Int J Bifurcation and Chaos*, 1993, 3 (2): 469~ 477.
- 11 Frey D R. Chaotic digital encoding: an approach to secure communication. *IEEE Trans, on CAS*, 1993, CAS 40 (10): 660~ 666.
- 12 Kocorev L, Parlitz V. General approach for chaotic synchronization with applications to communication. *Physical Review Letters*, 1995, 74 (25): 5028~ 5031.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 258页 Continue from page 258)

- 18 张尚通,许崇任.转基因微生物生态学及大田释放风险评估研究. *应用生态学报*, 1994, 5 (3): 325~ 330.
- 19 Nordlee J et al. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *The New England J Medicine*, 1996, 334: 688~ 692.

- 20 Burkhardt P K. Genetic engineering of provitamin A biosynthesis in rice endosperm. In: *International Rice Research Institute. Proceeding of the III International Rice Genetic Symposium, Abstract*. 1995. 178.
- 21 Meek S D. Letter to the editor. *Aust J Biotechnology*, 1991, 5 (1): 25~ 29, 47.

(责任编辑: 蒋汉明)