

转基因作物对生物多样性的影响

钱迎倩, 魏 伟, 桑卫国, 马克平

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要:转基因作物对生物多样性的影响是重要的环境问题之一, 近年来, 已有这类实验的报道。夏敬源等的研究说明大田种植转基因 Bt 抗虫棉花对棉铃虫优势寄生性天敌齿唇姬蜂(*Campoletis chloridae*)和侧沟绿茧蜂(*Microplitis* sp.) 的寄生率、羽化率和蜂茧质量造成严重的危害。国际上一些昆虫学家也做了很好的工作, 尤其 1999 年 5 月 Losey 等在 *Nature* 上发表转基因 Bt 抗虫玉米在实验室水平上引起大斑蝶死亡报道后, 世界范围内引起极大的反响。在有关遗传修饰生物体(GMOs)的潜在生态风险和人体健康影响的问题上美国始终抱抵制的强硬态度, 这次也开始有所松动。两个有影响的美国玉米加工公司宣布不再接受欧盟拒绝进口的转基因玉米品种。欧盟宣布在进一步研究得出结论前冻结转基因作物产品进口的审批。欧盟所属有关国家有的禁止进口, 有的反对欧盟审批。科技界及公众众说纷纭。建议我国政府要加强 GMOs 潜在生态风险及对公众健康的研究及商业化生产后的监测。

关键词:转基因作物; 大斑蝶; 生态风险; 生物多样性

Effect of transgenic crops on biodiversity

QIAN Ying-Qian, WEI Wei, SANG Wei-Guo, MA Ke-Ping (Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: Effect of transgenic crops on biodiversity is one of important environmental issues. Concerned experimental reports have been published recently. It was reported by Xia Jingyuan *et al.* that transgenic Bt cotton in field trial harms seriously the parasitic rate, emergence rate and quality of cocoon of *Campoletis chloridae* and *Microplitis* sp., and the dominant parasitic natural enemies of the larvae of bollworm (*Helicoverpa armigera*). Results on convincing experiments were published by entomologists, especially Losey's *et al.* results that transgenic pollen harms monarch larvae in his laboratory assay, published on *Nature* (399: 214, 20 May, 1999), caused strong repercussions worldwide. The U.S. government hold uncompromising stand on the effect of GMOs on potential ecological risks and public health, started to become flexible. USDA Secretary announced a new biotechnology advisory committee that will bring advice from a wide range of biotech stakeholders. Two U.S. processing companies that represent nearly half of the U.S. corn-processing market, announced that they will no longer accept transgenic corn varieties that are not approved by the EU. EU announced on May 21, the next day after publishing of Losey's paper, that it would freeze its approval pending further investigation. UK recently announced it would wait 3 years before approving crops with built-in Bt; Austria, Luxembourg and Norway have banned the corn in spite of EU approval; Greece voted against the EU approval. Scientific and technological circles and the public opinions vary. Related Ministries and Agencies in our country have to pay enough attention, especially to strengthen the studies on the effect of GMOs on the potential ecological risks and public health and the monitoring after release of GMOs in the commercialized scale.

Key words: transgenic crop; monarch butterflies; ecological risk; biodiversity

基金项目:“九五”国家重点科技攻关(97-925-02-04-05)资助项目

收稿日期:1999-12-12; 修订日期:2000-03-02

作者简介:钱迎倩(1932-), 男, 浙江慈溪人, 研究员。主要从事生物多样性及生物安全领域的研究工作。

文章编号:1000-0933(2001)03-0337-07 中图分类号:Q948 文献标识码:A

经遗传修饰的生物体(Genetically modified organisms (GMOs))中的转基因作物在大田作大规模释放最早的是中国。抗烟草花叶病毒和黄瓜花叶病毒双抗的转基因烟草 1992 年在河南就发展到 8600 hm²[1],按 Krittiger 报道 1994 年中国转基因烟草已发展到 100 万 hm²[2]。美国有的烟草公司一直进口大量河南烟草,后得知中国出口烟草中有转基因烟草后,停止了进口。由于不能大量出口,影响了转基因烟草的种植。可是美国的转基因作物近年来以势似破竹的速度迅猛发展,按 James 报道,全世界(不包括中国在内),转基因作物种植面积达 2780 万 hm²[3]。以美国为例,被批准能大面积生产的作物有转基因油菜、菊苣、玉米、棉花、木瓜、马铃薯、大豆、南瓜以及番茄,共计 34 个品种。

对 GMOs 及其产物的生态风险及对人体健康的影响,不同国家政府及不同阶层公众的观点历来是不同的,甚至截然相反的[4,5]。GMOs 对生物多样性或说对非目标生物的影响早几年虽已提出来,但实验证据还不多。近年来,昆虫学家做了一些出色的工作[6~8]。特别是 Losey 等有关转基因玉米花粉对大斑蝶(*Danaus plexippus*)幼虫伤害的报告发表以来,世界各国引起很大的反响,包括美国在内的有关政府部门在一定程度上调整了对转基因作物及其产物的政策,当然对这报告也有持不同观点的。本文将作全面报道,并阐明自己的观点。

1 几个案例

随着美国政府 1995 年后陆续批准转基因 Bt 玉米和棉花及抗除草剂大豆商品化生产后,有相当数量的 GMOs 产物作为食用或农用销往欧盟及包括我国在内的亚洲、南美等地。一些发达国家对 GMOs 生物安全问题的科研工作也不断深入,下面是几个案例。

1.1 转基因玉米的花粉伤害大斑蝶幼虫 转 Cry1A(b)基因抗虫 Bt 玉米的毒素是在花粉中表达的。Losey 等[6]在实验室水平上做了一个很简单但影响深远的实验。他们用一种大斑蝶,也称君主斑蝶(*Danaus plexippus*)作为实验对象,这种蝴蝶的唯一食物是马利筋属的杂草,包括马利筋(*Asclepias curassavica*)。由于这种杂草田内或田边有大量分布,玉米扬花时花粉可随风飘 60 m 远。在杂草叶片表面上撒落有相当密度的花粉。作者以撒有与自然界同样密度的转基因 Bt 玉米花粉的马利筋叶片喂饲大斑蝶,并以同样条件的正常玉米花粉和不加花粉的马利筋作为对照。每张叶片上放 5 条 3 日龄的幼虫,每个实验重复 5 次。4 d 后记录马利筋叶片的消耗量、虫子的成活率及幼虫的重量。

喂有 Bt 玉米花粉马利筋叶片的幼虫第 2 天就有 10% 以上死亡,4 d 后死亡 44%。而两个对照全部存活。幼虫对不同处理的马利筋叶片摄取量也明显不同:摄取不加花粉的叶片量最大,而加 Bt 花粉的叶片摄取量少了。由于叶片摄取量少,幼虫生长就缓慢,实验结束时摄食 Bt 花粉叶片的幼虫重量平均只有无花粉叶片的一半。

作者认为这虽是实验室的结果,但有深层的内涵。因有成亿数量的大斑蝶每年从美国的东北部经过中西部到墨西哥中部 Oyamel 森林中越冬。这一点最近已被用稳定性同位素的实验证明了[9~11]。中西部是美国的玉米种植带,大斑蝶迁移经过的时间是 6 月晚些时候到 8 月中,此时是蝴蝶幼虫叶片喂饲阶段,又是玉米扬花季节。如果实验结果能适用于大田的话,则对大斑蝶物种生存将可能造成重大的威胁。

几乎与 Losey 等的工作同时,美国 Iowa 州立大学的昆虫学家 J. Obrycni 和 L. Hansew 在网上公布了类似的大田实验的结果。他们用的马利筋叶片是玉米田内或田边收集的,用的大斑蝶的幼虫是刚孵化出来的。实验结果说明用 Bt 玉米花粉处理的 48 h 后就有 19% 死亡,而非玉米花粉处理的幼虫无一个死亡的,而没有花粉处理的对照死亡率为 3%[12]。

1.2 转基因玉米对有益昆虫绿草蛉的死亡和发育的影响 世界很多农业系统范围内,捕食其它动物的普通草蛉(*Chrysoperla carnea*)的幼虫是重要的害虫天敌,在生物防治中起到很大的作用。所以在作杀虫剂的副作用时常常是以普通草蛉的幼虫为对象。Hilbeck 等[7]的实验是用了两种食草昆虫,即鳞翅目的目标害虫欧洲玉米螟(*Plutella maculipennis*)和棉贫夜蛾(*Spodoptera littoralis*),分别喂以转基因 Bt 玉米和正常的玉米(对照)。观察绿草蛉幼虫吃了这两种经不同处理的虫子后,对其发育和死亡率的影响。结果说明绿草蛉

幼虫喂饲吃 Bt 玉米长大的欧洲玉米螟的死亡率为 62%, 而对照的死亡率为 37%。欧洲玉米螟和海灰翅夜蛾两者间的死亡率没有明显的差别。作者认为较高的死亡率是与 Bt 直接有联系的。在绿草蛉幼虫发育方面, 喂饲吃 Bt 玉米的欧洲玉米螟者发育时间延长, 成虫时间比对照平均要慢 3 d。但在海灰翅夜蛾上未看到不同。作者认为发育时间的延长, 是由于 Bt 和病了的玉米螟营养不良造成的综合效应。

1.3 瓢虫喂饲食转基因马铃薯的蚜虫出现生殖力及存活力问题 蚜虫是温带作物中的重要害虫, 估计仅在英国每年造成作物的损失达 1 亿英镑, 而瓢虫是蚜虫的天敌。Birch 等的实验^[8]发现瓢虫 (*Adalia bipunctata*) 喂以食转基因马铃薯的蚜虫者出现生殖的问题, 并死亡得比对照要早。实验用的转基因马铃薯是插入编码有雪花莲植物凝集素 (*Galanthus nivalis* agglutinin-GNA) 的抗虫基因。这种凝集素能有效地抑制蚜虫进食、生长和繁殖, 但尚未发现有致死效应。温室实验说明, 种植这种转基因马铃薯大大地减少了马铃薯的蚜虫。

实验观察到, 一旦瓢虫交配后, 喂饲吃含 GNA 马铃薯蚜虫 (处理组) 的雌性瓢虫的生殖力要比喂饲吃正常马铃薯蚜虫 (对照组) 降低 38%。卵出生后 1 星期, 孵化率也有很大差别, 不能孵化卵数处理组要比对照组高 3 倍。喂以处理组蚜虫的雄性瓢虫与对照组雌性蚜虫交配后, 所得的未受精卵数量是雌雄都喂对照组蚜虫的 4 倍。此外, 喂食处理组蚜虫存活时间也要比对照组少一半。

1.4 转基因 Bt 棉对优势寄生性天敌有严重危害 夏敬源等^[13]应用中国科学院植物所培育的转基因 Bt 抗虫棉品种中国棉花研究所 (简称中棉所) 所 29 和中棉所 30 做大田实验, 结果说明 Bt 棉对优势寄生性天敌造成严重的危害。中棉所 30 中棉铃虫幼虫寄生性天敌齿唇姬蜂 (*Camptopletis chloridae*) 和侧沟绿茧蜂 (*Microplitis* sp.) 的百株虫量分别较常规棉对照减少 79.2% 和 88.9%。用 Bt 抗虫棉饲养的棉铃虫中寄生的齿唇姬蜂的寄生率和出蜂率分别较常规棉对照减少 91.4% 和 37.5%, 茧重和蜂重分别减轻 54.0% 和 11.1%; 侧沟绿茧蜂的寄生率较对照减少 57.1%, 蜂茧重减轻 44.2%, 且其茧不能出蜂。可见, Bt 抗虫棉对棉铃虫幼虫优势寄生性天敌的寄生率、羽化率和蜂茧质量造成严重危害。

1.5 抗除草剂转基因作物对大斑蝶造成威胁 美国 Kansas 大学昆虫学家 Taylor 发表文章⁽⁹⁾认为如此快速地大面积种植抗除草剂转基因大豆和玉米, 将会造成大田中马利筋种群的减少。由于马利筋是大斑蝶类蝴蝶幼虫唯一的食物来源, 因而会对大斑蝶的生存造成威胁。

例如用草甘膦等除草剂以常规方式来除掉玉米或大田草中的杂草, 只能在下种前来喷洒, 这种方式还可让大量的马利筋照常生存。如 Monsanto 等公司开发了抗除草剂转基因作物, 在作物发芽并生长后还要喷洒除草剂, 从而大量杀死马利筋及其它难以除掉的杂草。在美国, 1999 年已有近一半的大豆面积已种植抗除草剂转基因大豆。如此大量种植后, 将使马利筋群从大大地减少, 随之而来就会威胁到大斑蝶的生存。第 1 案例中已提到 Wassenaar 等⁽¹⁰⁾已发现到墨西哥越冬的 50% 的大斑蝶是来源于中西部 Nebraska 和 Ohio 间, 这地区是美国玉米和大豆的主要产地。

2 不同结果和不同意见

上一部分的几个案例谈到的是转基因作物对生物多样性有不利的影响, 但也有实验得到了影响不大甚至有利的结果。此外, 对于转基因作物的生态风险及其对人体健康影响, 科技界及公众的不同阶层、不同的人可能持完全不同的意见。

2.1 Bt 棉能有效地保护增殖捕食性天敌 夏敬源等^[13]的大田实验结果说明转基因 Bt 棉对优势寄生性天敌有严重危害; 但却能有效地保护增殖捕食性天敌。与对照相比, Bt 中棉所 29 品种的百株七星瓢虫 (*Coccinella septempunctata*) 数量减少 14.0%、龟纹瓢虫 (*Propylaea japonica*) 减少 8.5%、草蛉 (*Chrysopa* sp.) 增加 14.0%、小花蝽 (*Orius mintus*) 减少 1.6%、草间小黑蛛 (*Erigonidium gramminicola*) 增加 15.9%, 差异均不显著; Bt 中棉所 30 品种棉田的龟纹瓢虫数量增加 11.8%、小花蝽减少 30.4%、草蛉减少 20.0%、草间小黑蛛减少 3.6%, 作者认为差异均不显著。但两种转基因棉田的捕食性天敌总量均较相应的对照明显地增加, 说明种植 Bt 棉能有效地保护增殖捕食性天敌。作者又做了饲养试验, 结果说明龟纹瓢虫、七星瓢虫、草间小黑蛛和猎蝽 (*Geocoris pallidipennis*) 对用 Bt 棉叶片饲喂 1.2h 棉铃虫初孵幼虫的日最大捕食量为对照的 1.5~3.0 倍, 处理 1 头猎物的时间为对照的 33.3%~66.2%, 瞬间攻击率为对照的 1.1~

1.4 倍。说明用 Bt 棉饲喂棉铃虫后能提高天敌对棉铃虫的捕食率。

2.2 Cornell 大学生态和农业科学教授 Pimental 和 Missouri 植物园主任 Raven 对 Losey 等工作发表了截然相反的意见^①。他们认为目前能得到高产农业的重要原因是因为大量使用杀虫剂、除草剂、杀菌剂和化肥。这些化学物对作物有利外也杀死了有益的昆虫、鸟、鱼,也污染了水并引起其它环境和公众健康问题。在美国,由于使用杀虫剂而引起环境和公众损失总值每年达 90 亿美元。农民通常就是通过斩草除根、用除草剂或改变耕作方式来除掉马利筋等杂草,并且农业上所用的杀虫剂和除草剂不仅威胁到大斑蝶,同时也威胁到有用的益虫,每年要杀掉 10% 左右在农田生活的鸟类(在美国约 6700 万只鸟)。面对这么严重的问题不顾,而去推测马利筋叶片由于污染了 Bt 玉米花粉而成为使大斑蝶种群受到威胁的一个主要原因,他们认为是一种极端的无根据的结论。他们也承认 Bt 抗虫蛋白对蛾子和蝴蝶是有损害的,并提出是否可让转基因植物的花粉中不表达毒蛋白,或转基因植物产生其它抗虫蛋白来替代 Bt 抗虫蛋白。他们也主张不管是喷洒 Bt 毒蛋白还是转基因植物表达 Bt 毒蛋白的环境效应的测试和评估应该继续做下去。

2.3 有关的生物工程公司对 Losey 等的实验是持不同意见的。Monsanto 公司发言人认为这项发现并不十分重要,由于多数马利筋不生长在玉米地附近,所以多数的大斑蝶不会受到有毒 Bt 花粉的侵害。而 Novartis 公司认为尚需进一步的证实转基因抗虫 Bt 玉米是否真会对大斑蝶或其它物种构成真正的威胁。

2.4 由于美国 EPA 在批准转基因抗虫 Bt 玉米时只要求公司做对蜜蜂及草蛉的影响,而未要求做对大斑蝶、及其它蝴蝶或蛾子的影响,因此,环境保护和消费组织联盟、有机农业生产者组织和个体有机农业生产者联合向 EPA 控诉。控诉针对以下 3 个方面,即昆虫对 Bt 抗性的增强、Bt 基因向其它植物的转移以及 Bt 作物对有益的非目标昆虫的影响等的环境风险缺乏严格的评估,以及他们的注册对有机农业生产者的影响。控诉要求在对环境风险和对有机农业生产者的经济影响有合适的评估以前,EPA 要撤消所有现有的注册,并且拒绝今后对 Bt 作物的批准。参加控告的有 70 个以上的绿色和平组织和在 100 个国家具 650 个成员的国际有机农业运动联盟以及环境保护组织等等。

3 以上案例对有关政府的冲击

3.1 美国政府对农业生物工程策略有了变化 《生物多样性公约》1992 年在巴西的环发大会上通过后,专门成立了“生物安全特设工作组”。针对转基因作物的生态风险、转基因作物产品作为食品对人体健康影响、产品贴标签、运输和知识产权等一系列所谓“生物安全”问题进行研讨,力争让“公约”缔约国取得共识。在 1999 年 1 月哥伦比亚召开的第 6 次特设工作组会议上,美国虽非“公约”缔约国,却在一系列问题上态度强硬,与发展中国家及欧盟的一些国家持相反的立场。上述案例特别是转基因 Bt 作物花粉对大斑蝶的影响引起国内公众对 GMOs 反对呼声的高潮以及欧盟国家抵制美国转基因作物的进口将给美国农民带来几亿美元的损失,从而美国农业部长作为政府最高官员在 1999 年 7 月第一次宣布,为了消除消费者对遗传工程食品的恐惧,贴标签是必须的。针对公众批评 Bt 玉米在批准释放时,没有对蝴蝶的风险进行鉴定,他要求美国农业部对生物技术批准过程要有一个独立的科学评估,并准备和美国环境保护署(EPA)一起对转基因作物及其产品长期效应的监测建立地区中心。

由于“终止子技术(Terminator technology)”^[12]是美国农部和 Delta and Pine Land 种子共同申请的专利。在公司产品是由农业部批准这一点上受到公众的批评。农业部长也表示要采取措施拉开农业部与工业界的距离,宣布成立新的生物技术咨询委员会,要求工业界要关心农民和消费者的利益,不能只顾追求利润。

当然,他最后还是重申了他相信农业生物技术在解除饥饿和解决现代农业所引起的困窘的环境问题上有“巨大潜力”的观点^[14]。

3.2 日本为保护环境严格了对 GM 作物的法规 日本的 GMOs 是由农林水产省(MAFF)负责管理,过去更多的集中在 GMOs 对人体健康的风险问题,已提出要求对 GMOs 食品贴标签^[16]。Bt 玉米对大斑蝶影响

^① Pimental 万方数据 I. Monarch butterflies, farmers and conservation, 1999 年英国皇家学会会议上散发的未发表论文

报道的发表,引起政府很大的重视。虽然日本没有这种蝴蝶,但他们担心当地的蛾子和蝴蝶也会处于危机之中,从而对 GMOs 的生态风险也立即作出反响^[17]。MAFF 在文章发表后一个月就申明他们的 GMOs 委员会计划在年底前提出修订的安全评估程序,对这类作物的安全性建立新的评估标准。在新标准实现前,对用作农业目的的 Bt 作物停止审批。日本目前已批准从美国 Monsanto 公司进口的 6 种用作食品的 Bt 玉米,但对用作农业目的的 Bt 玉米尚未批准。这是日本政府为减少 GM 作物潜在的生态风险采取的第一个重要步骤^[17]。

3.3 其它国家的态度 欧洲只有西班牙有很小的大斑蝶种群,但 Losey 等的报告发表后,英国宣布要等 3 年后再审批 Bt 玉米,法国最高法院维持暂时停止栽种 Bt 玉米的决定;奥地利、卢森堡和挪威不顾欧盟当时对 Bt 玉米的批准而禁止栽种这种玉米;希腊根本反对欧盟的审批;而欧盟在 Losey 等文章发表的第 2 天就宣布在进一步研究前冻结一切审批^[18]。

4 讨论

4.1 本文介绍的几个案例中有两个是以大斑蝶为实验对象。目前在美国大斑蝶还并不是一个濒危物种,但 Losey 为首文章的第二作者昆虫学教师 Raylor 说“大斑蝶可考虑作为一种旗舰种(Flagship species)来加以保护”^[18]。所谓的旗舰种是指那些一般为人们喜爱的、具巨大魅力的物种,这种物种可以是一种象征并激励着人们的保护意识和行动^[19]。而大斑蝶确是美国人最喜欢的昆虫,由于它们有大的体积和惹人注目的色彩,经常被人们作为自然和生物多样性的象征。美国的蛾子和蝴蝶在濒危和受威胁物种的名单上有 19 种,这些种都有可能受 Bt 有毒花粉的影响,因此以大斑蝶作为研究对象能够激励人们对濒危或受威胁物种的保护。

4.2 《中国生物多样性国情研究报告》指出,“国外文献中还常提到存在价值,即伦理或道德价值”。意思是:每种生物都有它自己的生存权利,人们没有权利伤害它们,使它们趋于灭绝^[20]。人们可以不从生存权利来理解,从几个案例中就可看到的确应该保护生物多样性。马利筋本身是一种有毒的杂草,应该说在农田生态系统中不是有益的植物,它却是大斑蝶唯一的食物来源。有人形容人类常用的植物是 200 种,再缩小一点范围是 20 种,在全世界最常用的仅 3 种,即水稻、玉米和小麦。绝大多数物种人们尚不了解其利用价值。事实已告诉人们杂草的重要用途,没有李必湖在水沟边偶然发现一株花粉败育的野生稻(简称野败)^[21],就不会有袁隆平的杂交水稻的伟大成就。更多的事实告诉人们,野生近缘种是作物育种重要的种质资源。第 5 个案例给人们的启示是种了 Bt 作物后,由于除草剂使用时间的不同,可能造成马利筋生存的威胁。当然对人们尚不知道其利用价值的其它植物,同样会造成威胁。因此,从总体上考虑转基因作物今后大规模种植后对生物多样性可能会造成什么影响,不能不说是应该列入重要议程的一个问题。国际上对此问题极为重视^[22]。

4.3 本文专门有一段落谈到不同结果与不同看法,这种不同结果与不同看法在现阶段是绝对正常,就是在今后也是不可避免的。大规模种植转基因作物是最近几年的新生事物,对 GMOs 早在 70 年代初,重组 DNA 技术发展早期,一些科学家已对与重组 DNA 研究有关的潜在生物学和生态学危险以及释放到环境中所带来的潜在危害表示担心^[23],GMOs 尤其是转基因作物商品化生产后,导致不同看法或不同观点的因素已不仅局限于科学技术观点不同,而是已深深地陷入到经济利益之争,也必然发展到政治斗争。不同的结果是由于有的是实验室的结果,有的是大田试验的结果。即使是大田试验的结果也会由于种种原因,如实验条件不同、外界因素不同等而得到不同的结果,这在目前 GMOs 大规模释放初期,或实验研究还不太多情况下是必然的。事实上人们已经有了可供参考的厚厚的风险评估的方法学的书籍^[24~26],或者已有一些有关转基因作物释放后如何监测的文章^[27]。目前人们所缺少的还是大量可得到结论的研究或监测结果的第一手资料。这已引起一些发达国家的重视,正像文中提到的日本政府已要求在 1999 年底前要提出转基因作物商品化生产后安全评估的程序。夏敬源等^[13]的工作虽然不是专门从事转基因 Bt 抗虫棉大田释放后的监测工作,他们所报道的某些实验结果,已提供了一些可贵的监测资料。

4.4 生物多样性数据 研究在国内还应更加重视。21 世纪还会有大量物种遭到灭绝或受到威胁。最近国际鸟类保护组织的一份报告指出,下一世纪将会有 1200 种鸟类灭绝,600~900 种鸟也将处于濒临灭绝境地,

其中受灭绝威胁的鸟中国就有 82 种。世界昆虫物种数还是未知数,灭绝或受威胁的物种情况更是无知。在各类生态系统的结构和功能中,在整个食物链中,鸟类和昆虫都起着重要的作用,可是人类在这方面的知识就更为贫困。近年来自然界中又加入了一个新的 GMOs,它们对非目标生物的影响、对生物多样性的影响应该考虑到并值得重视。

4.5 GMOs 商品化生产在国际范围内至多才 5~6 年的历史,其生态风险及对人体健康影响远不到明朗化程度。世界上不少国家对这一新生事物反映非常灵敏。正像 Pimental 和 Raven 文章中指出, Losey 等的报告在 *Nature* 上一发表,美国国内几乎每一报纸都头版报道,电视新闻中广泛宣传;又如“终止子技术”在国际上有广泛反响^[12],印度政府和公众强烈反对。为唤起科技界和公众重视,为保护环境和人体健康,应鼓励科技界加强这方面报道。政府有关主管部门应及时掌握国际动态并在政策上作出反应。

4.6 建议加强我国在 GMOs 生态风险及对人体健康影响的研究,安排好经费,从实验室到 GMOs 释放后大田监测有足够的科研工作。

参考文献

- [1] Zhou R, *et al.* Large scale performance of transgenic tobacco plants resistant to both tobacco mosaic virus and cucumber mosaic virus. In: Jones DD ed. *The biosafety results of field test of genetically modified plant and microorganisms*. California, The University of California, 1994, 49~56.
- [2] Krattinger AF. The field testing and commercialization of genetically modified plants; A review of worldwide data (1986~1993/1994). In: Krittigger AF, *et al.* ed. *Biosafety for Sustainable Agriculture*. ISAAA/SES, 1994, 247~266.
- [3] James C. Global review of commercialized transgenic crops: 1998. ISAAA Briefs No. 8. ISAAA; Ithaca, 1998.
- [4] 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.
- [5] 钱迎倩, 魏伟, 田彦, 等. 转基因作物在生产中的应用及某些潜在问题. *应用与环境生物学报*, 1999, **5**(4): 427~433
- [6] Losey JE, *et al.* Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 1999, **399**: 214.
- [7] Hibeck A, *et al.* Effect of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Naeuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.*, 1998, **27**(2): 480~487.
- [8] Birch ANE, *et al.* Interactions between plant resistance genes, pest aphid populations and beneficial aphid predators. *Scottish Crop Res. Inst. Annual Report*, Dundee, 1998/7, 68~72.
- [9] Taylor C. Monarch butterflies may be threatened in their North American range. *Environ. Review*, 1999, **6**(4): 1~9.
- [10] Wassenaar LI, *et al.*, Natural origins of migratory monarch butterflies at wintering colonies in Mexico: New isotopic evidence. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1998, **95**: 15436~15439.
- [11] Holden C. Monarchs and their roots. *Science*, 1999, **283**: 171.
- [12] <http://www.Pme.iastate.Edu/info/monarch.htm>
- [13] 夏敬源, 崔金杰, 等. 转 Bt 基因抗虫棉在害虫综合治理中的作用研究. *棉花学报*, 1999, **11**(2): 57~64
- [14] Union of Concerned Scientists, USDA announces new biotech policies, *The Gene Exchange*, April-August, 1999, **13**.
- [15] 钱迎倩, 马克平, 桑卫国, 等. 终止子技术与生物安全. *生物多样性*, 1999, **7**(2): 151~155.
- [16] Saegusa A. Japan may require labels on genetic food. *Nature*, 1998, **395**: 628.
- [17] Saegusa A. Japan tighten rules on GM crops to protect the environment. *Nature*, 1999, **399**: 719.
- [18] Anonymus. Possible threat to monarch butterfly posed by Bt corn set off alarms for environmentalists, farmers and seed industry. *Diversity*, 1999, **15**(1): 17~18.
- [19] UNEP. Global Biodiversity Assessment. Cambridge University Press, 1995. 1104~1119.
- [20] 《中国生物多样性国情研究报告》编写组. 中国生物多样性国情研究报告. 北京: 中国环境科学出版社, 1998. 11~12.

- [21] 李竟雄,周洪生主编. 高产不是梦. 长沙:湖南科学技术出版社,1995. 83~112.
- [22] Anonymous. Assessing the threat to biodiversity on the farm. *Nature*, 1999, **398**: 645~656.
- [23] 钱迎倩. 生物多样性与生物技术. 中国科学院院刊, 1994, (2):134~138
- [24] Kjellsson G, *et al.* Methods for risk assessment of transgenic plants I. Competition, establishment and ecosystem effects. Birkhauser Verlag, 1994, 1~214.
- [25] Kjellsson G, *et al.* Methods for risk assessment of transgenic plants. II. Pollination, transfer and population impacts. Birkhauser Verlag, 1997, 1~308.
- [26] Scientists Working Group on Biosafety. Manual for assessing ecological and human health effects of genetically engineered organisms. Part One: Introductory materials and supporting text for flowcharts, Part Two: Flowcharts and worksheets, 1998, 1~245, The Edmonds Institute. 1998. 1-158.
- [27] 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): 289~299.