

本文不涉及转基因研究领域里的学术争论，只提供来自权威机构的统计数字，结论由读者判断。 绘图 / 小四

谈谈美国的转基因玉米

撰文·供图 王大元

美国所有的玉米食品（除了甜玉米外，下同）都含有转基因成分，因为法律规定10%的非转基因玉米必须与转基因玉米混种，其结果就是非转基因玉米与转基因玉米混种，混收，混加工，混出口。

所谓的BT“毒蛋白”在美国已经不归为农药范畴，没有残留量指标，任何食品和饮用水中的BT蛋白含量已无需监测，不仅不是毒蛋白，而且属于食品蛋白范畴。

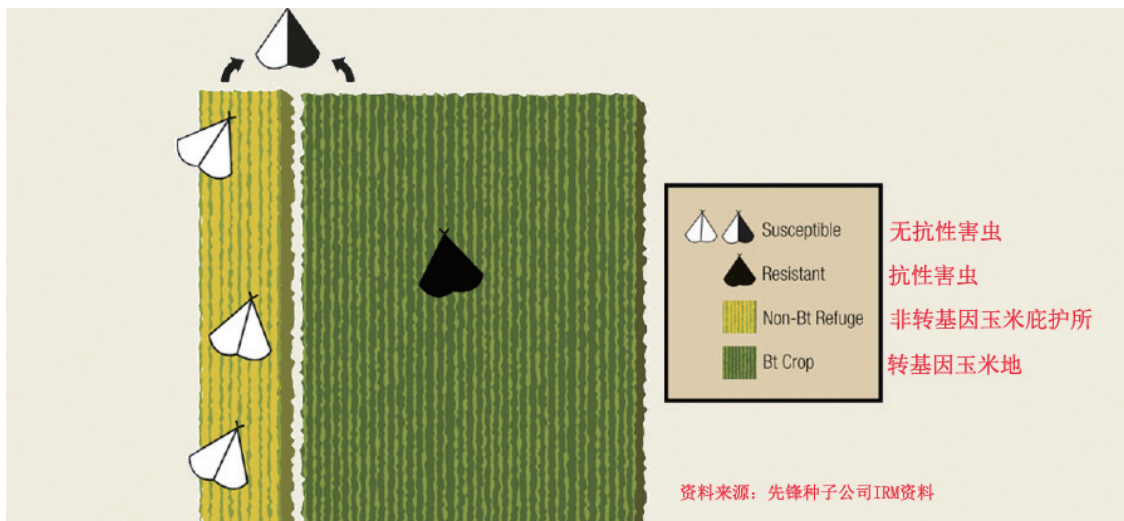
美国第一代的转基因玉米和大豆的专利保护期已经到期，任何人现在都可以合法随意栽种。



美国现在种植的10%非转基因玉米是法律规定的

美国转基因玉米栽种面积占玉米栽种总面积的90%，剩下的10%是非转基因玉米。转BT基因的玉米能杀死鳞翅目和鞘翅目的害虫，但也存在少量存活下来的害虫，经过几代繁殖后，可能产生抗BT蛋白的抗性害虫。为了解决害虫产生抗药性的问题，美国国家环境保护局（EPA）制定了一个必须种10%的非转基因玉米的法规，称之为庇护所（Refuge）法规，其要点是：

所有出售转BT基因玉米的公司（美国玉米种子的销售单位是按袋来计量，每袋可以种植1英亩农田），在销售转BT基因玉米时，必须在销售袋里附有10%的非转基因玉米的小口袋。农民购买种子时要签合同，同意按规定栽种10%的庇护所玉米（非转基因玉米），其目的是让非转基因玉米成为害虫的庇护所，绝大部分的害虫在转BT基因的玉米上被杀死后，还有10%的害虫在非转基因玉米上没有死，保证了没有抗性的害虫群体占统治数量。



庇护所消除抗性害虫产生的原理示意图

即使在转基因玉米地里有少量存活的抗性害虫，与占统治数量的非抗性害虫交配后也被稀释得没有了。

如果农民不按合同规定种植庇护所非转基因玉米，第一次犯规会接到种子子公司警告书，第二次违规，种子子公司将取消该农民3年购买转基因玉米的权力。

如果美国EPA发现很多农民都不遵守庇护所规定，就会吊销这个公司转BT基因玉米的生产销售证书。

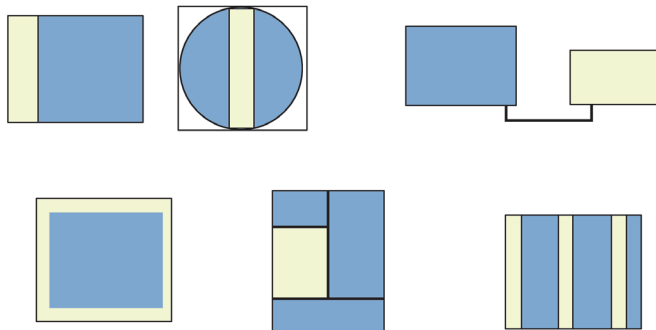
庇护所的安排布局有多种，取决于害虫的种类。转基因玉米与非转基因玉米混栽的排列，在机械化程度很高的美国无法分开收获，所以送到工厂去做食品和饲料的玉米，全是转基因和非转基因混在一起的。

美国所有玉米食品基本上都含有转基因成分

由前述美国转基因玉米与非转基因玉米混栽的庇护所法规措施可以知道，美国这10%的非转基因玉米是与90%的转基因玉米一起收获后，混在一起，送到各个不同加工点，混杂在一起加工成食品或饲料

的。可以说美国的所有玉米食品都至少含有90%的转基因玉米成分，这些食品包括玉米淀粉、玉米糖浆、玉米饮料、各种玉米谷片、饮用玉米酒类、食用玉米油等等。那些说美国的玉米食品是用10%的非转基因玉米生产的，是没有根据的。关于美国转基因玉米混栽、混

- 高价转基因玉米（高价指转了2个以上基因）
- 非转基因玉米庇护所



庇护所几种可能的安排方式

收、混加工和混出口，我还有几个根据。

(一)美国EPA测定了市场上销售的各种玉米食品中的BT成分，结果是基本都有BT蛋白(BT蛋白有很多种类，用Cry后面跟数字和英文字母来表述)。

湿磨玉米产品：

中纤维BT含量为 $0.46 \mu\text{g mCry3A/g}$ ，细纤维为 $0.26 \mu\text{g mCry3A/g}$ ，玉米面筋为 $0.24 \mu\text{g mCry3A/g}$ 。

干磨玉米食品：

各种级别的grits (grits是把玉米打碎的产品，但又不是粉，有点像我国的玉米碴，且有不同大小)都含有BT蛋白：flaking grits含 $2.12 \mu\text{g mCry3A/g}$ ，corn hulls含 $1.42 \mu\text{g mCry3A/g}$ ，coarse grits含 $0.92 \mu\text{g mCry3A/g}$ 。

玉米面、蛋卷冰淇淋的玉米蛋卷、玉米粉的BT蛋白含量为 $0.32\sim 0.69 \mu\text{g mCry3A/g}$ 。

在玉米油中没有检测到mCry3A蛋白。

(二)美国农业部(USDA)给我的私人回信。

2012年6月，我给USDA经济服务处(USDA, ERS)等部门发函索要美国转基因与非转基因作物出口的统计数字，USDA的一个官员给我的回信说美国出口的玉米是不区分转基因和非转基因的。实际上就是转基因和非



美国超市上可以买到的几种玉米食品，都含有BT成分(1.玉米碴 2.玉米片 3.玉米淀粉 4.玉米粉)

转基因是混在一起出口的。

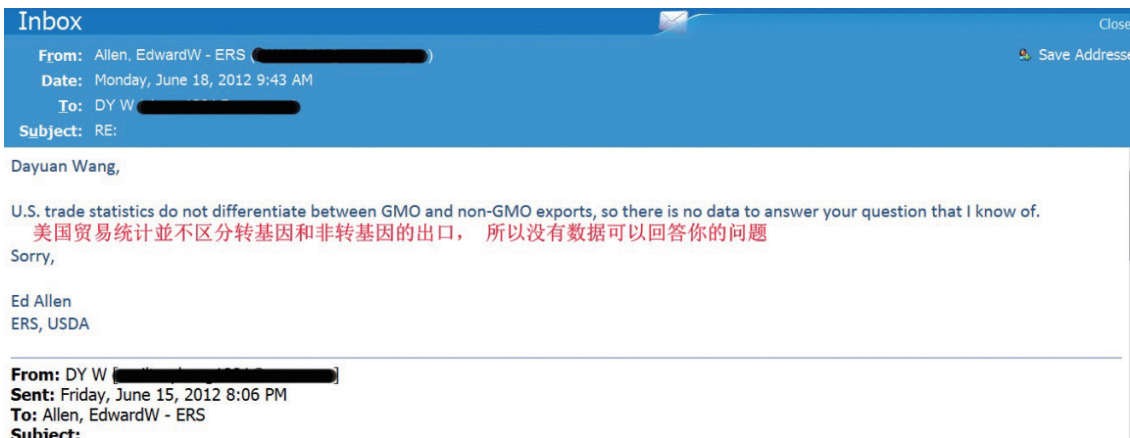
(三)日本从美国进口的玉米绝大多数都是转基因与非转基因混在一起，日本称之为 GMO-not-Segregate，这类玉米基本上是不标识的。

个别日本食品公司如Zen-Noh，为了标明它的食品是非转基因的，与杜邦先锋种子子公司签订了每年供应50万吨非转

基因玉米的5年供货合同。

此外，美国最大的食品供应公司General Mills，一年前声称其主要产品之一-Cheerios(燕麦食品)，是没有转基因成分的，但后来发现花了上千万美元购置新设备想要回避转基因玉米和甜味剂几乎是不可能的。

总之，现在美国生产的所有食品，只要含玉米，就含有转基因成分。除非跟玉米生产公



这个美国官方回信也表明了美国转基因玉米是混种，混收，混加工，混出口的

司签订长期供货合同，到一个偏远的隔离地区去种植非转基因玉米，用专用的交通工具运输，在加工工厂用专用的加工生产线生产，否则没有人敢标识自己是非转基因的（查出来有转基因成分，你就是欺骗消费者）。

BT蛋白的毒性

转BT基因玉米的安全性主要集中在其表达的BT蛋白的毒性上，真的是“虫吃了都要死，人吃了还不死吗”？过去的回应是BT蛋白经高温变性后失活没有毒，pH=2的胃酸15秒就可以分解BT蛋白，加上哺乳类动物肠道没有BT蛋白受体，所以吃转BT基因的玉米是安全的。可是普通读者不容易理解的是什么叫变性，什么叫受体结合。本文从科学试验的结果来说明BT蛋白就是蛋白，对人毫无毒性，甚至可以作为饮用

水和饮料来补充氨基酸营养。

BT蛋白的毒性检查测定

EPA对所有批准的转基因玉米都做了一次急毒试验检测：给小鼠一次性喂食高剂量的纯BT蛋白。现举MON810为例，转进去的BT基因是Cry1A(b)，其结果是：一次性喂食纯Cry1A(b)蛋白的试验，喂食剂量达到4000毫克/千克体重以上时，非但没有做出LD50，连最大耐受量都没有做出来。换算为人时，人的体重以50千克来计算，即使每个人吃20000毫克（已经除以10了）时，也没有毒性。MO810玉米粒中BT蛋白[Cry1A(b)]含量是0.46毫克/千克，换言之，一次性吃下43478千克转BT基因玉米，也不会有毒性。

之所以用MON810做例子，是因为MON810栽培面积最大，栽种时间最早，我国和

大多数国家都批准其进口做饲料和加工食品。其实每一个美国批准的转基因玉米都做了类似的急毒试验，而且还有很多其他模型的毒性试验数据（包括喂食3代的动物实验）。迄今为止，所有蛋白类的食品和药品的试验，如果有毒性，都会在低剂量的急毒试验中表现出来。BT在高剂量的急毒试验中并没有表现出任何毒性。

BT蛋白已经从监管的农药名录中撤销

美国EPA2014年年初发文公告（EPA-HQ-OPP-2013-0704），BT蛋白没有残留量的上限指标，在食品和饲料中，已经不再需要做残留量分析。意思就是说“毒蛋白”BT，不仅不是低毒农药，而且不是农药了。而FDA已经把转BT基因的作物视作与原来作为食品的非转基因玉米等

BT 类型	最大耐受量 (mg/kg体重)	玉米粒含量 (ug/gdw体重)	转基因事件
mCry3A	>2 377	0.7	MIR604
Cry1Ab	>4 000	1.7	BT11XMIR604
Cry3Bb1	>3 200	43	MON863
Cry1A (b)	>4 000	0.46	MON810
Cry34Ab1	>2 700	50	DAS-59122-7
		61.1	MON863XMON810
Cry3Bb1	>3 200	9.3	MON88107XMON810
Cry1Ab	>2 072	0.39	MON88107XMON810

EPA对所有批准的转基因玉米都做了一次性高剂量急毒试验，每一个审批报告都长达250页左右，美国现在批准的转基因玉米事件在100个左右，我不可能一一查看，就选择几个常见的转基因玉米事件的急毒试验的最大耐受量给读者作为参考数据

同，所以现在在美国，BT蛋白实际上就是一种蛋白类的食品或饲料，在饮用水中也不测定BT蛋白的含量了。

与抗草甘膦除草剂的转基因大豆相比，草甘膦虽然是低毒农药，但仍然有残留量指标，需要测定其最大允许的残留量。在大豆等油料作物中，草甘膦的最高残留量是40毫克/千克食品。我国现在大量（2013年进口6 900万吨）进口大豆做食品加工和饲料，但对于美国已经归类于食品的所谓“BT毒蛋白”的作物玉米却一直迟迟不予批准种植是一件不合理的做法。

美国第一代转基因玉米和转基因大豆的专利期已经于去年过期

根据孟山都2013年的年报（MONSANTO COMPANY 2013 ANNUAL REPORT），孟山都第一代转基因大豆Roundup Ready的专利保护已经到期，美国市场的专利保护2014年到期。孟山都第一代转基因玉米FieldGard的专利保护已经到期，美国市场的专利保护2014年到期。孟山都的2013年年报还提到，他们目前的主要战略是推广多价的转基因玉米，并已在巴西、阿根廷、印度等国获得成功。

我在转基因玉米最近13年种植面积变化图中标注了单价转基因玉米是我们现在推广种植的空白点，这里我还要说明的是，这也是我国在世界转基因玉米种业中占领一席的唯一机会了。因为只要我们发现了一个优良农艺性状的基因，转入这个专利期已经过了的单价转基因玉米之后，我们的新优良农艺性状的基因就有了专利保护，而且可以跟孟山都的多价转基因玉米做专利相互授权使用的交易。

根据这个信息，我们现在可以直接把美国的转基因玉米和大豆的基因在国内做杂

交转换,找到我国地域适栽的品种。我国现在市场上销售的西药,基本上都是美欧等国专利已经过期的药,专业用语称之为Generic Drug(专利过期药)。本人建议在现阶段两条腿走路(仿制与创新),在转基因作物和食品上,我用“Generic GMO”这个概念,开发我们的转基因作物和食品。

这一点,“国际玉米小麦改良中心”(CIMMYT)已经在做了。比尔盖茨与墨西哥电信大亨卡洛斯·斯利姆共同捐款2 500万美元于CIMMYT

开发转基因玉米,在谈到专利问题时,比尔盖茨说道,可以先把专利快要过期的玉米开发出来。

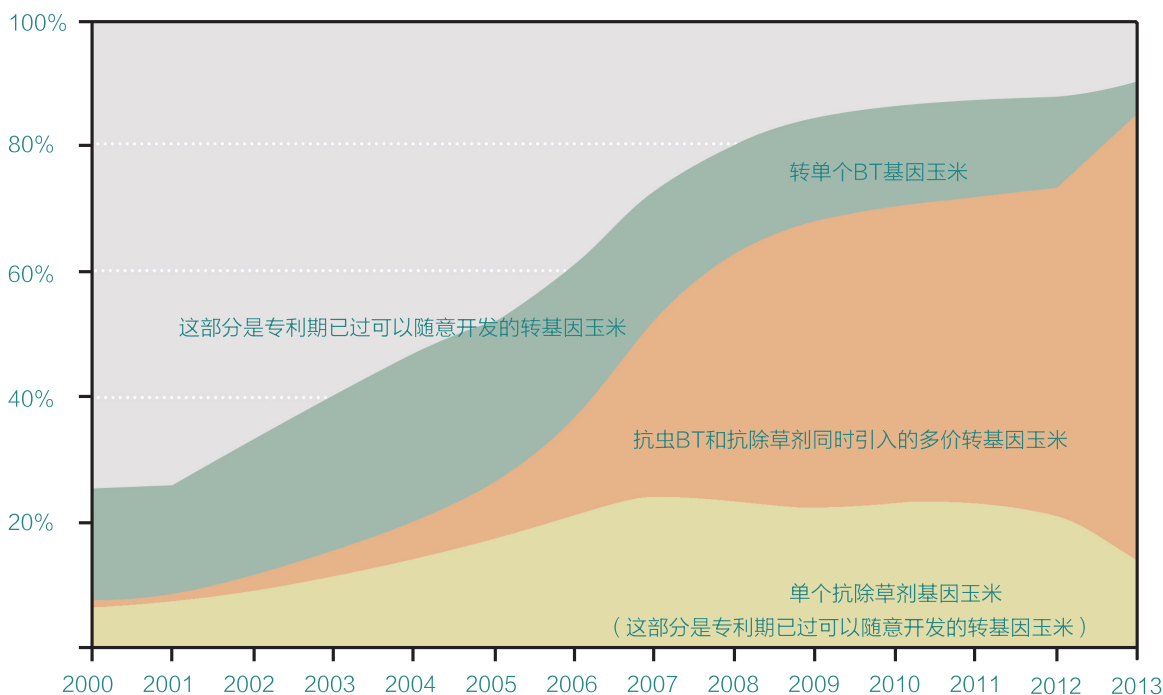
除美国外,全世界只有中国拥有自主知识产权的转基因棉花,中国曾经在转基因作物研发行业是世界第二强国,但现在只能使用人家已过期的专利,也是不得已而为之的。转BT基因的玉米和大豆在未来新开发的转基因作物中保存下去是必然的,因为新开发的转基因性状(如抗旱,抗寒,改善品质等)都需要保持BT的这种

抗性。BT基因引入的作物会保存相当长的时期,是一个不可改变的事实。■

作者简介

王大元,曾任中国水稻所生物工程系第一任系主任,中国农科院第二届学术委员会委员,洛克菲勒基金会中国水稻生物工程项目首任首席科学家、项目负责人,国际水稻遗传工程学会常务理事。

(责编 桑新华)



2000—2013年美国采用转基因玉米性状的变化