

文章编号: 1003-8701(2002)04-0051-06

# 转基因植物杂草化问题及其对策

程焉平

(四平师范学院生物系, 吉林 四平 136100)

**摘要:**转基因植物杂草化问题已成为目前转基因植物研究和利用中必要的组成部分。从转基因植物杂草化的方式、生态风险和发生机理三个方面综述了转基因植物的杂草化问题,并在此基础上提出了一系列相应的对策。

**关键词:**转基因植物;杂草;生态风险;预防对策

**中图分类号:**Q943.2

**文献标识码:**A

1986年,具有抗虫及抗除草剂特性的转基因棉花首次获准进行田间试验;1993年,Calgene公司的延熟保鲜转基因蕃茄(Flavr Savr)在美国被批准上市,从此,转基因植物从研究室中走向田间并进入市场。到2000年底,全世界仅大豆、棉花、油菜和玉米4种主要转基因作物的种植面积已达到4 420万 $\text{hm}^2$ 。目前,我国的转基因作物达50万 $\text{hm}^2$ 以上<sup>[1]</sup>。转基因作物的种植面积在全球急速增加,在客观上说明种植者和消费者对其已有较高的认可度,同时,在解决食物短缺等方面也起到了积极的作用。然而,随着转基因植物的大面积种植,其所携带的各种适应特定环境的基因也随其“转入载体”,大量的甚至是缺乏控制的基因进入到生态环境中。为此,人们担心具有各种抗性的转基因植物释放到环境中后,会引发包括杂草化在内的一系列生物安全问题。

## 1 转基因植物的杂草化的方式及其生态风险

按照美国杂草科学委员会(WSSH)的定义:对人类行为或利益有害或有干扰的任何植物均为杂草。仅美国每年因杂草所造成的损失就达180亿美元<sup>[2]</sup>。而转基因植物若是对人类生产活动产生不利影响,当然也可视其为杂草。转基因植物杂草化对人类的影响主要是生态学上的。

所谓生态风险(Ecological Risk, ER)指一个种群、生态系统或整个景观的正常功能受到外界因素的压迫,从而在目前和未来减少了该系统健康、生产力、遗传结构、经济价值和美学价值的现象<sup>[3]</sup>。由于杂草可对人类的经济活动(特别是农业生产)产生重大的负面影响,并可将产生严重的不良生态效应,所以,转基因作物的杂草化便成为转基因研究的主要风险之一<sup>[4]</sup>。

转基因植物释放到环境中之后,主要以三种方式发生杂草化:

### 1.1 转基因植物在原生态区成为杂草

收稿日期:2001-12-21

作者简介:程焉平(1954-),男,四平师范学院生物系副教授,从事遗传学及生物技术的教学工作。

转基因植物本身可能变为杂草<sup>[5]</sup>。当某些种类的植物插入抗虫、抗病、抗除草剂等具有更强适应性的基因时,其本身对亲本植物或其野生近缘种具有更强的生存竞争能力。有些植物种类其本身就具有很强的杂草特性<sup>[6]</sup>。用这类植物作为遗传转化的受体,其杂草化的几率更高。此类植物主要包括:甘蔗、苜蓿、大麦、水稻、莴苣、土豆、小麦、燕麦、高粱、花椰菜、油菜、菜花、芥末、卷心菜和萝卜等<sup>[7]</sup>。以这些植物作为转化受体所获得的转基因作物进行释放和扩散后,由于其具备了比原亲本植物更强的生存能力而有更多的机会变为杂草,从而引起种群爆炸并破坏自然界植物的多样性。研究表明,具有某种抗性的、成功的转基因植物具备了成为一个更为成功的杂草的所有条件。因此,转基因植物本身的杂草化问题可能比转基因逃逸更为严重<sup>[8]</sup>。

## 1.2 转基因植物对新生态区的入侵

转入各种抗性基因的受体植物,由于具有竞争优势而使其可以“侵入”到原本不能生存的生态空间,或将“优势基因”扩散到新生态区域中的野生近缘种中,从而提高后者的繁殖能力并扩大其适应范围,造成更严重的草害。例如,抗旱、耐盐碱的转基因植物向干旱、盐碱地区释放<sup>[9]</sup>;抗寒、耐低温及早熟的转基因植物向低纬度或高海拔地区释放<sup>[10]</sup>;抗虫、抗病的转基因植物向病、虫害多发区释放等<sup>[11]</sup>,均能引起不同程度的生态风险。具有某种“优势基因”的转基因植物进入新的栖息地后,将排挤原有的植物类型,改变新生态区中的生态动力学<sup>[12]</sup>。这种改变必然影响该生态系统中的能量流和物质循环,最终将对生态系统的“健康”产生无法治愈的损伤<sup>[13,14]</sup>。

## 1.3 引发“超级杂草”的产生

转基因植物在其释放过程中完全有可能将插入的各种抗性基因通过花粉交流等途径,转入到其野生近缘种的杂草中去,从而使后者成为具有高度抗性的“超级杂草”。例如,在使用除草剂数年后,于1986年首次发现杂草 *Kochia Scoparia* 和 *Lactuca Serriola* 产生了抗磺酰脲类的活性,并引发了极为严重的草害<sup>[15]</sup>。再有,Thomas R, Mikkelsen 等人将包含抗除草剂基因的转基因油菜种植在一个近缘的杂草种 *Brassica campestris* 的田边。研究发现,42%的第二代新生植物耐受除草剂<sup>[16]</sup>。

转基因植物杂草化对生态系统产生不良效应的原因还应从进化上考虑。自然生态系统的形成是长期自然进化的产物。即便是农业生态系统也是人类在自然生态系统长期进化的基础上,依照自然规律,经过上万年的发展而形成的。在生态系统中各因子间的相互关系十分协调和稳定,而转基因植物的杂草化是在相对短暂的时间里,外源基因对生态系统中的某些原有因子产生较大影响过程。这种时间和空间上的巨大反差必然会使生态系统产生不适应,从而破坏生态系统原有的平衡性。

## 2 插入基因从转基因植物进入自然生态环境的机制

转基因植物中的插入基因主要是通过花粉和种子的传播进入到自然生态环境的。这种转基因植物与非目标植物之间的基因流(gene flow)发生的可能性大小及其扩散范围与相关非目标植物的亲缘关系、杂交的适合性、花粉的授粉模式和种子的传播方式等均有十分密切的关系<sup>[17]</sup>。

### 2.1 转基因的逃逸与花粉传播

花粉传播是转入基因在空间上逃逸的主要途径,也是转基因植物与其野生近缘种之间发生基因流动的主要渠道。一般认为,当转基因植物被大量种植,且附近存在可杂交的近缘

种或杂草时,转入基因就会通过花粉传播流向近缘植物,产生转基因植物和这些近缘野生植物的杂种<sup>[18]</sup>。例如:玉米的野生近缘种为玉米草(Teosinte)<sup>[19]</sup>。除了 *Z. perennis* 外,所有玉米草都可能与栽培玉米形成杂交种<sup>[20]</sup>。水稻可与其野生近缘种红水稻<sup>[21]</sup>和 *O. perennis* 杂交。

转基因通过花粉传播进行扩散的几率大小取决于转基因植物与非目标植物之间的有性杂交亲合性、花粉的传播距离和传粉方式三种因素<sup>[22]</sup>。

### 2.1.1 转基因植物与非目标植物间的杂交亲合性

不同植物与其相应野生种的杂交率不同。根据两者之间杂交亲合性的差异,可将其划分为三类<sup>[23]</sup>。第一类:扩散风险几乎为零的植物,有土豆、玉米、小麦、黑麦、蕃茄、黄瓜、向日葵和几种豆科植物。第二类:扩散风险较低的植物,包括油菜、亚麻、木莓、莴苣等。第三类:高度扩散风险的植物,如甜菜、胡萝卜、甘蓝,木本植物有白杨、松树、苹果树、梨树以及牧草、苜蓿等。

### 2.1.2 花粉传播距离和方式对转基因扩散的影响

研究表明,花粉的传播距离与转基因扩散的几率成反比。此外,还应该具体考虑花粉的传播方式,如风媒还是虫媒,杂交还是自交<sup>[24]</sup>。一般认为,风媒传粉的有效距离可达数百公里,而虫媒传粉的有效距离在一公里以上<sup>[25]</sup>。虽然远距离的花粉传播并最终完成授粉和产生杂交种子的几率不会太高。但这种低频率的杂交一旦发生,同样会引发转基因植物的杂草化。基于这一点,Dale 等<sup>[26]</sup>认为,从转基因植物的小规模田间释放试验所获得的数据不足以作为商业释放的依据。

## 2.2 种子传播与转基因逃逸

种子传播造成转基因逃逸有两方面:一是自然传播,二是人为传播<sup>[27]</sup>。

### 2.2.1 自然传播

种子自然传播的主要方式有:种子靠翼羽等在气流的作用下漂流传播,如槭树、蒲公英等<sup>[28]</sup>;借助刺等粘在动物皮毛上由动物携带传播,如苍耳、鬼针草等<sup>[29]</sup>;外壳坚硬的种子通过动物消化后的排泄物传播,如草梅及一些瓜类的种子<sup>[30]</sup>。

### 2.2.2 人为传播

随着人类生产活动的日渐增加,各种植物种子在世界各地传播的数量和范围都大大增加了,而且传播的速度更是惊人。快速发展的全球贸易和国际旅行,使得在一个地区污染了的转基因杂草最终会进入另一地区,将遗传污染传变全球<sup>[31]</sup>。所以,不论从理论上讲还是从实际出发,一个性状优良的转基因作物品种在最短的时间里传播到世界上任何生态区域都不是一件难事。从一定意义上说,转基因由于人为因素所发生的扩散要比因自然因素更加广范和难以控制。

## 3 关于转基因植物杂草化的对应策略

近 20 年来,转基因植物的研究及其产业化进程在全球的许多国家都得到了迅猛发展,转基因技术的安全性研究应该成为转基因技术研究中不可缺少的组成部分<sup>[32]</sup>。因此,有关转基因植物杂草化的研究应该在人力、物力和资金投入上受到更多的重视。

### 3.1 加强转基因植物杂草化问题的理论研究

目前,与转基因植物的研究和开发相比,世界各国对转基因植物杂草化研究的关注均显不足。即便是转基因植物研究及其产业化居全球领先的美国也是如此。美国农业部(US-

DA)在生物技术风险评估上的资金投入也只占其生物技术研究经费的 1%。即每年实际投入的资金也只有 100 万~200 万美元<sup>[33]</sup>。有关国家的决策层应该从战略的高度出发,加大对转基因植物杂草化风险的理论研究力度,从而在理论上对转基因植物释放的研究给予更多的指导。

### 3.2 避免转基因逃逸的技术措施

为减少转基因植物在释放过程中的“基因逃逸”现象,可采取以下方法:

- (1)在转基因植物释放的区域周围设立足够距离的隔离区;
- (2)用有效的栽培技术使转基因植物与邻近植物的开花期相互避开;
- (3)用没有亲缘关系的植物在转基因植物释放区域周围建立隔离区;
- (4)可采用雄性不育植物对转基因植物释放区域进行隔离;
- (5)对转基因植物的种子等相关产品的运输、出入境及储藏严格管理。

需要注意的是,各种预防措施都具有一定的局限性,如远距离隔离对虫媒传粉的隔离作用效果不明显等。因此,在实施过程中,应视具体情况而定<sup>[34]</sup>。

### 3.3 对转基因植物释放的安全性进行评价和监测

为确保将转基因植物杂草化的风险减低到最小程度,同时,又使转基因植物有一个良好的研究环境和开发空间,应该对转基因植物的释放进行客观的评价和严格的监测。负责评价与监测的部门应该与转基因植物的研究机构,特别是与研究的投资方没有利害关系。

### 3.4 转基因植物的释放必须在严格的管理下进行

安全管理是控制转基因植物杂草化的关键环节,因此,建立系统的转基因植物释放管理体系至关重要。目前,世界各国虽然制定了许多相关的政策与法律,但投资商们和各国的政府部门在巨大的商业利益及本地区、本国发展利益的诱惑下,能否严格地执行这些法规,则是能否控制转基因植物杂草化关键中的关键<sup>[35]</sup>。

### 3.5 对社会公众加强生物安全方面的教育

应利用各种教育手段对社会公众进行生物安全方面的宣传和教育,尤其应该对从事与转基因植物研究、开发以及经营、运输、储藏转基因植物产品的有关人员,更应进行比较系统的培训和教育。此外,还应该在农、林等院校和其它院校的生物科学专业中专门系统开设生物安全课程。只有首先在相关从业人员中提高对生物安全的认识,才能带动整个社会生物安全意识的提高<sup>[36]</sup>。

### 3.6 对转基因植物的研究与开发进行有效的调控

研究转基因植物杂草化的最终目的并非为了限制转基因植物的研究与利用,而是要使其尽可能做到利多弊少。只有在保证转基因植物安全性的前提下,才能促使其种植面积持续增加及其产品市场不断扩大。任何科学技术的发展速度与规模都应该具有一定限度,否则,科学技术给人类带来益处的同时,人类也必将付出惨痛代价。这一点在生物世纪之前的工业技术时代已得到了充分证实。为了不重蹈覆辙,世界各国,特别是转基因植物研究居领先地位国家应该首先对此项研究及其开发做出战略上的调控,从而使其发展更加健康有序。对于发展中国家来说,更应该最大限度地保护本国的遗传资源<sup>[37]</sup>,尽量避免转基因植物研究和利用所产生的生态风险,尤其要防止杂草化对植物多样性的不良影响,从而保证转基因植物的研究及其产业化的可持续发展。

#### 参考文献:

[1] Clive Jamse. 2000 年全球转基因作物商品化概述[J]. 生物技术通报, 2001, (3): 41-44.

- [2] Foy C D, Forney D R and Colley W E. History of weed introductions. In wilsons, C. and Graham, C. L. (eds), Exotic Plant Pests and North American Agriculture. Academic, New York, 1983, 65—92.
- [3] Barthouse L W, et al. Assessing the transport and fate of bioengineered microorganisms in the environment. In Fikcel, J. et al (eds). Biotechnology risk assessment. Peogamon Press. New York, 1986, 109—128.
- [4] 刘 谦, 朱鑫泉. 生物安全[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [5] Rissler J, et al. Perils amidst the promise. Ecological risks of transgenic crops in a global market. Union Concerned Scientists, 1993, 1—92.
- [6] Kathen A. The impact of transgenic crop releases on biodiversity in developing countries. Biotech Developm Monitor, 1996, 28, 10—15.
- [7] Anonymous. First proposed release of transgenic nematode. The Gene Exchange, 1996, 6(4), 1—3.
- [8] Leary Warren E. Gene inserted in crop plant is shown to spread to wild. New York Times, 1996, 3, 14—16.
- [9] Mikkelsen T R, et al. The risk of crop transgene spread. Nature, 1996, 380, 31—33.
- [10] Weiss Rick. Genetically engineered rice raises fear: As plants produce one insecticide, resistance buildup could occur. The Washington Post, 1996, 2, 9—12.
- [11] Steinbrecher Dr, Ricarda A. From gene revolution: The environmental risks of genetically engineered crops. Ecologist, 1996, 11, 277—279.
- [12] Burke T, et al. Ecological implications of transgenic plant release. Mol. Ecol., 1994, 3, 1—3.
- [13] Barrett S C H. Crop mimicry in weeds. Econ. Bot., 1983, 37, 255—282.
- [14] Barthouse L W, et al. Assessing the transport and fate of bioengineered microorganisms in the environment. In Fikcel, J. et al (eds). biotechnology risk assessment Peogamon Press, New York, 1986, 109—128.
- [15] Qian Y-Q, Tian Y, Wei W. Ecological risk assessment of transgenic plants. Acta Phytoecol Sin, 1998, 22, 289—299.
- [16] Tiedje J M, et al. The Planned introduction of genetically engineered organisms: ecological considerations and recommendations. Ecology, 1989, 2, 302—305.
- [17] Linder C, Schmitt J. Assessing the risks of transgene escape through time and crop wild hybrid persistence. Moleccular Ecology, 1994, 3, 23—30.
- [18] Simpson D M, Duncan E N. Cotton pollen dispersal by insects. Agron J., 1956, 48, 305—308.
- [19] Mepartlan H C, Dale P J. An assessment of gene transfer by pollen from field-grown transgenic potatoes to non-transgenic potatoes and relate species. Transg Res, 1994, 3, 216—225.
- [20] Doebley J. Molecular evidence for gene flow among *Zea species*. Bioscience, 1990, 40, 443—448.
- [21] Langevin S A, Clay K, Grace J B. The incidence and effects of hybridization between cultivate rice and its relate weed red rice (*Oryza sativa*). Evolution, 1990, 44, 1000—1008.
- [22] Pederson M W, Hurst R L, Levin M D. Computer analysis of the genetic contamination of alfalfa seed. Crop Sci., 1969, 9, 1—4.
- [23] Dale P J. Spread of engineered genes to wild relatives. Plant Physiol, 1992, 100, 13—15.
- [24] Snow, Allison A. Commercialization of transgenic plants: potential ecological risks. Bio-Science, 1997, 2, 94—100.
- [25] Scheffler J A, Parkinson R, Dale P J. Evaluating the effectiveness of isolation distance for field plots of oilseed rape (*Brassica napus*) using a herbicide-resistance transgene as a selectable marker. Plant Breeding, 1995, 114, 317—321.
- [26] Dale P J, Scheffler J A, Irwin J A. The transition from the small-scale field release of transgenic crop plants to their widespread use in agriculture. In: Jones D D ed. Proceedings of the 3rd International Symposium on the Biosafety Results of Field Tests of Genetically Modified Plants and Microorganisms. Oakland, California, USA; University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 1994. 57—67.
- [27] Jeremy Rifkin. The Biotech Century: Harnessing the Gene and Remaking the World. Big Apple Tuttle-Mori Agency, Inc. 1998, 104—110.
- [28] Parkes H C, Rogers H J. Transgenic plants and the environment. J. Exp. Bot, 46, 467—488.
- [29] Bergelson J C B, Wichmann G. Promiscuity in transgenic plant. Nature, 1998, 395, 25—27.
- [30] Carwley M, Rees H M, Kohn D, et al. Ecology of transgenic oilseed rape in natural habitats. 1993, 363, 620—623.
- [31] 沈孝宙. 基因污染——新世纪的忧虑[A]. 高技术发展报告[C]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [32] 朱作言, 等. 转基因安全与对策建议[A]. 高技术发展报告[C]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [33] Martin Enserink. The lancet scolded over puztai paper. Science, 1999, 286, 656—658.
- [34] Chevre A M, Eber F. Gene flow from transgenic crops. Nature, 1997, 389, 924—925.
- [35] Losey J E, Payor L S. Transgenic pollen hams monarch larvae. Nature, 1999, 399, 224—225.
- [36] 桑卫国, 马克平, 魏 伟. 国内外生物技术安全管理机制[J]. 生物多样性, 2000, 4, 413—421.

# Problems of Transgenic Plants Turning into Weeds and Corresponding Resolving Strategies

CHENG Yan-ping

(Department of Biology, Siping Normal College, Siping 136000, China)

**Abstract:** Transgenic plants turning into weeds has become the essential part in studying transgenic plants. In the paper, we discussed some problems of the way, the ecological risk, and the mechanism of transgenic plants turning into weeds. On the basis of it, we put forward a series of solvable methods.

**Key words:** Transgenic plants; Weed; Ecological risk; Prevention measures

(上接第 50 页)

表 2 全国北方大豆高产记录

品 种	年份	地 点	产量(kg/hm <sup>2</sup> )
诱变 4 号	1993	河南省泌阳县席村	4 588.5
MN91413	2000	安徽省农科院作物所	4 726.2
石大豆 1 号	1996	新疆农垦科学院作物所	5 021.3
石大豆 1 号	1999	新疆农垦科学院作物所	5 407.8
新大豆 1 号	1999	新疆农垦科学院作物所	5 956.2
辽 21051	2000	辽宁农科院作物所	4 908.0

出现过公顷产量 4 803.0 kg 和 4 973.4 kg 的高产情况。说明吉林省的大豆生产有高产潜力。只要我们把大豆的的科研重点放在新品种培育和新的栽培技术上,经过 3~5 年的努力,大豆的产量达到 3 500 kg/hm<sup>2</sup> 时就不需要政府的补贴了。总之,大豆振兴计划是省政府的民心计划,需要有相关的规章制度和监督机构作为保障。要以农业科技为先导,努力提高大豆产量,减少农民种豆对政府的依赖性。

## 参考文献:

- [1] 罗赓彤. 新大豆 1 号和石大豆 1 号高产记录的创造[C]. 第七届全国大豆学术讨论会论文集.
- [2] 宋书宏. 大豆超高产技术研究[C]. 第七届全国大豆学术讨论会论文集.
- [3] 雷景贵. 关于对黑龙江省大豆产业化工程建设的建议[J]. 大豆通报, 2001, (6): 2-4.
- [4] 孙贵荒. 辽宁省大豆生产现状和发展建议[J]. 大豆通报, 1999, (5): 2-3.