

同源转基因作物育种安全吗?

——基于亨克·斯豪滕与其他育种学家的科学争论

The Safety of Cisgenesis Breeding: A Scientific Debate Between Henk Schouten and Other Breeders

肖昆 /XIAO Kun

(华南师范大学科学技术与社会研究院, 广东广州, 510006)
(Institute of Science, Technology and Society, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong, 510006)

摘要: 长期以来, 转基因作物的安全风险问题是科学界的一个关注点。亨克·斯豪滕出于对转基因作物育种监管现状的不满, 并在长期从事作物育种研究的基础上, 创新性地提出了一种基于自然的、相对安全的育种策略——同源转基因育种。本文通过系统梳理同源转基因的概念及发展历程, 分析斯豪滕与其他育种学家争论的内在逻辑, 揭示同源转基因育种的本质特征, 进而对其进行风险评估。随着全球气候危机、粮食危机愈发严重, 同源转基因育种技术将会愈来愈发挥其重要的科学价值、实用价值和自然价值。

关键词: 同源转基因育种 异源转基因育种 自然性 科学争论 安全性

Abstract: The safety risks of genetically modified crops have long been a concern of the scientific community. Henk Schouten, out of his disagreement with the strictly regulated status quo of plant breeding with transgenic technology and on the basis of his long-term engagement in a large number of crop breeding studies, innovatively proposed a nature-based and safe breeding strategy—cisgenesis breeding. In this paper, the author systematically sorted out the concept and development history of cisgenesis, analyzed the internal logic of the debate between Henk Schouten and other genetic breeders, revealed the essential characteristics of cisgenesis breeding, and then assessed its risks. As the climate crisis and global food crisis becomes more and more serious, the cisgenesis breeding technology will further play an important role in its scientific, practical and natural values.

Key Words: Cisgenesis breeding; Transgenic breeding; Naturalness; Scientific debate; Security

中图分类号: Q343.1; N031 DOI: 10.15994/j.1000-0763.2025.07.012 CSTR: 32281.14.jdn.2025.07.012

一、“同源转基因”的提出和发展

同源转基因(cisgenesis)概念最早是由荷兰科学家斯豪滕(Henk Schouten)于1999年提出。^[1]在育种研究过程中, 斯豪滕发现外源基因的来源对遗传修饰具有不同影响, 同一物种之间的基因转移对植物性状的影响较小, 不同物种之间的基因转移对植物性状的影响显

著。2000年, 斯豪滕首次在科学出版物中使用了“同源转基因”术语, 并得到了科学同行的广泛关注。([2], pp.1-2)同年, 来自挪威科技大学(Norwegian University of Science and Technology)的托尔-亨宁·伊韦尔森(Tor-Henning Iversen)教授发起了一项关于草莓植物遗传修饰的跨学科项目, 试图培育一种抗腐烂能力的草莓。([2], p.2)为了规避可能存在的安全风险, 斯豪滕作为项目参与者, 主张使

收稿日期: 2024年8月8日

作者简介: 肖昆(1991-)男, 安徽淮北人, 华南师范大学科学技术与社会研究院博士研究生, 研究方向为科技哲学、生态学哲学、生物学哲学。Email: 1687408710@qq.com

用野生草莓的遗传元件,而不是引入细菌或其他微生物的质粒。后经调查发现,与传统转基因草莓相比,同源转基因草莓更容易得到种植者和消费者的认可和接受。

何为同源转基因?同源转基因是一个生物学术语,由三个英文单词复合而成,“cis”是一个前缀,可译为“同侧的、顺式的”,“gene”可译为“基因、遗传因子”,“genesis”可译为“起源、发生”,“cisgenesis”可翻译为“顺生、自然发生、同源基因、相同起源”,考虑到这里讨论的是同一物种内部的基因转移,本文将“cisgenesis”翻译为“同源转基因”。相似地,“transgenesis”由“trans”“gene”与“genesis”三个英文单词复合而成,“trans”有“反式的;跨性别的、(有机体)异型结合的”的意思,为了体现它与“同源转基因”的对应关系,本文将“transgenesis”翻译为“异源转基因”。

传统育种、异源转基因育种与同源转基因育种有什么区分?根据斯豪滕的研究,传统育种是个体水平上杂交育种的技术,不涉及分子层面的基因转移。同源转基因育种是从可杂交的供体植物中分离出的一个或多个基因,然后转移到同种生物体内,从而完成基因重组和改造的过程。异源转基因育种的目的基因来自不可杂交生物(如细菌)的基因,或人工合成的

基因,或调控序列的人工组合和编码基因(图1)。

同源转基因育种被理解为一种“基因内变异”(intragenics)的方法。依据尼尔森(Kaare Nielsen)的分析,“基因内变异”是指目的基因及相关遗传元件取自受体生物体自身的基因修饰。^[3]当供体DNA分别与受体生物来自同一家族或同一谱系时,可以使用“家族遗传”(famigenic)和“谱系遗传”(linegeniclinegenic)这两个概念加以描述。相似地,鲁默斯(Caius Rommens)将同源转基因育种描述为一种“全天然DNA转化”(all-native DNA transformation),与传统基因工程育种方法不同,同源转基因育种只使用同种植物的DNA,而不使用其他物种的DNA。^[4]

随着科学实践的深入,同源转基因植物概念也发生微妙的变化。受到尼尔森和鲁默斯研究的启发,2004年,雅各布森(Evert Jacobsen)和斯豪滕在同源转基因草莓育种的基础上,将野生近缘种纳入了同源转基因育种的范畴。同年,沙阿特(Jan Schaart)等开发了一种有效的方法来生产去除可选择性标记基因的转基因植物,成功培育出同源转基因草莓植株,强有力地证明了同源转基因育种的确是一项消费者友好的、易接受的策略。^[5]2006年,斯豪滕等学者在吸收上述学者最新研究

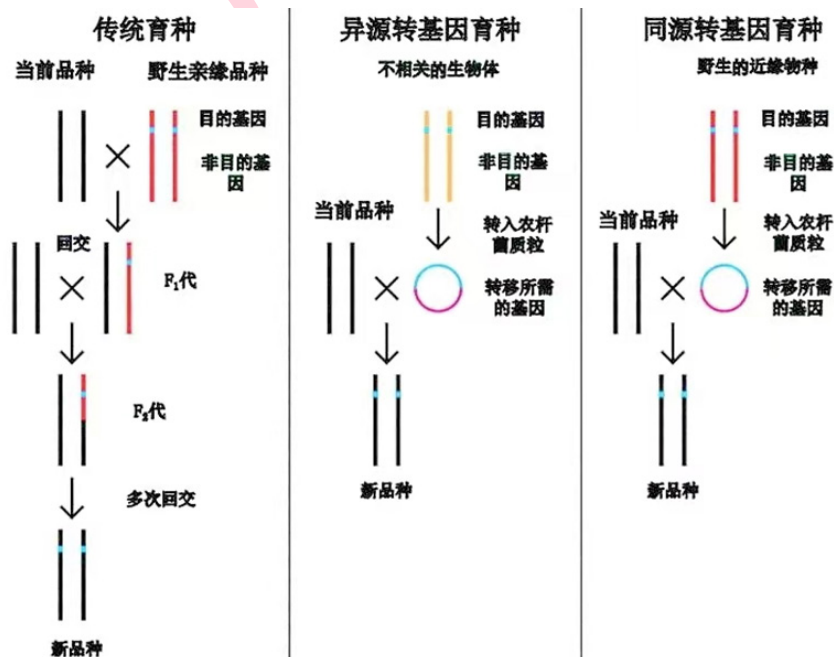


图1 传统育种、异源转基因育种、同源转基因育种的遗传物质变化的对比

成果的基础上，从基因结构-功能层面更新了同源转基因的定义，即同源转基因育种是从可杂交的供体植物中分离出来的一个或多个基因（包含内含子和侧翼区域，如在某种意义上的天然启动子和终止子区域）进行转基因的作物植物。^[6]经过反复的迭代和修正，同源转基因概念逐渐趋于成熟，并沿用至今。（[2]，pp.2-3）

二、关于同源转基因作物育种安全性争议的脉络

同源转基因作物育种安全吗？如何评价同源转基因作物育种的安全风险？这既是一个复杂而有争议性的科学难题，也是一个富有挑战性的科学社会性议题。关于这一问题，斯豪滕进行了系统的、专门的科学研究，并分别于2006年和2014年与其他育种学家进行了两次激烈的科学争论（图2）。

第一次科学争论围绕着“同源转基因育种和传统植物育种的安全性”展开。2006年同源转基因概念的创始人斯豪滕分别在《自然生物技术》（*Nature Biotechnology*）和《欧洲分子生物学组织报告》（*EMBO Report*）上发表的论文引发了科学同行的广泛关注，其核心观点是同源转基因植物与传统植物育种一样安全，建议将同源转基因作物从相关监管法规中移除，给予同源转基因植物更宽松的管控。（[7]，p.750）

同年，舒伯特（David Schubert）和威廉姆斯（David Williams）、^[8]吉丁斯（L. Val Giddings）、^[9]德科克·布宁（Tjard de Cock Buning）^[10]等学者对同源转基因植物育种的安全性进行评价，特别是对斯豪滕的核心观点和论证方法的合理性提出反驳。随后，斯豪滕对他们的质疑给出回应。^[11]2007年，威尔逊（Wilson Allison）和拉瑟姆（Jonathan Latham）试图对上述争论进行批判性的评价。威尔逊和拉瑟姆的质疑基于严谨的方法和大量的育种实验，证实了同源转基因和异源转基因植物育种方法的缺陷。他们认为，尽管同源转基因育种质料的确与传统植物育种高度相似，但是同源转基因育种也引入了一些重要的、意想不到的表型变化，这些变化在野生型亲本、传统育种的对应物或异源转基因育种中都不存在，因此风险仍然可能存在。^[12]

2008年至2013年，斯豪滕与其他科学家没有再起争论，但是在此期间发表了5篇相关的文章。斯豪滕一如既往地坚持自己的观点，宣称同源转基因技术对植物渐渗育种、^[13]诱导易位育种^[14]具有很大促进作用，声称同源转基因育种是一种有前途的、快速的、可接受的和安全的育种方法，^[15]应逐步免除对同源转基因作物的监管。直至2014年，斯豪滕与其他科学家再次展开了激烈的争论。

与第一次争论不同，第二次科学争论点聚焦在“同源和异源转基因植物育种的安全性”

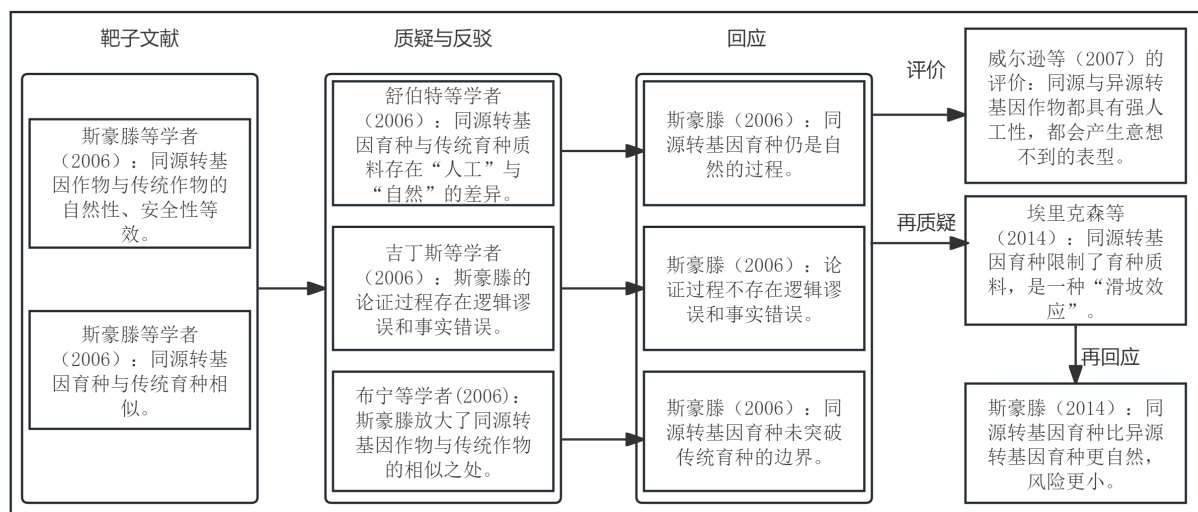


图2 斯豪滕与其他育种学家的争论：同源转基因作物育种安全吗？

上。与斯豪滕的观点相反,埃里克森(Dennis Eriksson)等学者反对同源转基因替代异源转基因的育种方案。他指出“同源转基因是一种滑坡效应”(the slippery slope)。^[16]何为滑坡效应?滑坡效应是心理学和伦理学的专业术语,它原指个体的不道德程度随着时间推移而逐渐加剧的倾向,这里它隐喻的是,免除同源转基因育种的作法是小恶,但是如果不及时制止,那么它就会随着时间的推移演变成大恶,甚至有可能给全球粮食安全和人类健康带来严重的威胁,它警醒我们要防范这种渐进性的伦理退化。同年,斯豪滕针对埃里克森等学者的批评给出了回应。^[17]

三、同源转基因育种与传统植物育种一样安全?

传统观点认为,转基因作物是自然状态下不存在的人工物,对自然环境和人类健康的影响是未知的,一直以来,国际社会往往对转基因技术人工物实行严格的审批流程。然而,斯豪滕对此并不认同,他指出,我们不能否定所有转基因作物,如同源转基因育种就是一种例外。^[6]具体体现在以下几个方面:生物完整性、自然性和等效性。

首先,尊重生物完整性和基因完整性。斯豪滕提出了一个基因改造伦理评估框架,试图从以下几个方面对转基因生物进行风险评估:(1)侵犯物种完整性的程度;(2)基因修饰目标的可用性;(3)评价范畴——从人类到动植物再到微生物;(4)食品安全和环境安全;(5)对动物福利的社会、经济影响和作用;(6)备选方案的存在。([2], p.2) 具体而言,同源转基因育种一定程度上保持原物种基因结构-功能的完整性。外显子、启动子和终止密码子都来源于原物种。另外,同源基因的插入点导致的位点突变,在侧翼区域可能会发生更多的基因重叠、重组或易位,这种情况和传统植物杂交育种一样是安全的。

其次,体现强自然性,而非强人工性。与传统育种相同,同源转基因育种的质料来自大

自然,新嵌入的优良基因能够适应本物种原生环境,相容性较好。从目的基因的来源看,同源基因都来自同一物种或亲缘植物,不存在生殖屏障,人为干预较少,人工性较弱,自然性较强。相反,异源转基因育种可能通过花粉或种子扩散而逃逸到野生亲缘物种中。如果这些外源基因恰好具有选择性优势,那么这可能导致野生亲缘关系适合度增加,在极端情况下可能导致野生亲缘关系的植被紊乱和杂草化。然而,如果我们使用同源转基因育种,那么即便相关基因逃逸到自然植被中也并没有什么害处,因为这些基因本来就是从自然植被中提取的,这也是公众为什么接受度较高的重要原因之一。

其三,同源转基因育种与传统育种范式等效。同源转基因育种并未突破传统育种的范式,在传统育种中,生物遗传修饰过程本身可能会发生基因变异和重排,从而改变基因的结构和功能,产生新的表型。以传统水稻育种为例,我们经常会选择优良表型一(如抗倒伏)的水稻和优良表型二(如抗旱)的水稻杂交,得到F1代,然后回交,得到F2代,以此类推不断杂交,最终获得具有兼具有优良表型一和优良表型二的纯种作物(抗旱抗倒伏)。同源转基因育种充分利用和模仿了上述这种传统的育种方法,未引入新的外源基因,风险较低。

综上,同源转基因育种是一种基于自然的解决方案。使用“本物种的基因”育种最大程度保留了基因结构和功能的完整,这是同源转基因育种安全性的基础。在这个意义上,同源转基因育种与传统育种无异,也正是出于这样的原因,斯豪滕建议将同源转基因植物排除到转基因法规之外。^[7]

四、同源转基因与异源转基因植物育种一样危险?

1. 同源转基因植物育种并非自然育种,仍存在风险

同源转基因育种与传统育种存在本质区别,前者是人工育种,后者是自然育种。具体

而言,舒伯特和威廉姆斯对斯豪滕等学者的反驳体现为以下几个方面。

其一,育种材料不同。虽然同源转基因育种使用的基因是自然的材料,但重组后的基因分子是人工干预的结果,与传统育种相比,原生基因的结构-功能已经发生了显著的变化。舒伯特和威廉姆斯指出,斯豪滕可能忽略了同源转基因育种遗传改变(genetic alterations)。([8], p.1328)任何转基因的插入都很可能导致基因结构的突变,而这种突变很可能就是风险的来源。因此,同源转基因植物将更容易受到不良性状连锁拖累(linkage drag)。

其二,引发免疫性反应。按照舒伯特和威廉姆斯的分析,同源转基因植物的基因重组情况决定着遗传的特异性表达,从而可能导致蛋白质结构和功能异常(如糖基化),进而导致食用它们的动物引起严重的免疫性反应。新引入的基因通常通过调控元件的共转染来控制,舒伯特和威廉姆斯认为这是非常可疑的,因为这些基因元件可能位于距离彼此很远的位置,很难实现基因的完整调控。此外,无论同源转基因植物中是否存在调控元件,基因表达的模式和水平都可能因其外源基因的插入位置的不同而有很大差异。考虑到同源转基因作物育种的基因是从原生基因材料中衍生出来的,目前并没有任何足够的科学研究证据支持同源转基因作物是完全有害的,当然也没有足够的证据说明这些作物一定存在不良影响。因此,严格的监管是必要的。^[7]

其三,同源转基因育种的人工性远大于、而非等同于传统植物育种。斯豪滕等人在《欧洲分子生物学组织报道》中指出,传统的植物育种具有诱变性,基因工程同样是一个高度诱变的过程,因此不应该担心同源转基因技术。^[7]这种类比方式显然是放大了传统育种和同源转基因育种在基因诱变相似性的方面,实际上,前者是自然选择和自然进化的结果,而后者是人工操纵和人工进化的产物。正如舒伯特和威廉姆斯所言,这一论点并不能反映现代粮食作物背景下的科学现实,因为这些作者提及的许多类型的基因修饰发生在实验室里,而不是在

自然界中。^[8]实验室的人工规律能否照搬到自然界中加以应用,这是值得怀疑的。

其四,传统诱变育种与同源、异源转基因育种的作用机理不同。同源转基因和诱变植物之间的比较是微弱的,因为它们的作用机理存在根本不同。^[8]传统育种基因诱变是物理辐照(主要是缺失)和化学试剂(通常是点突变)导致的,其实质是一种基因替换、缺失或重复,其本质仍是自然现象。而同源转基因技术育种的特征是基因结构-功能的添加或消除,其本质是人类的发明创造。异源转基因育种的目的基因来自其他物种基因库,在“性不相容性”的作用下,新嵌入的“优良基因”体现出适应性不良现象,因此“优良基因”未必会产生优良性状,相反,它还可能会影响正常基因的表达,产生不利于自然环境和人类健康的影响。

2. 支撑“同源转基因育种是安全”的论证存在逻辑谬误

虽然斯豪滕的观点是新颖的,但是不为同行认可。吉丁斯认为斯豪滕的论证过程存在不合理之处,有些地方甚至存在逻辑缺陷和事实错误。迄今为止,使用重组技术生产的植物产品不仅不是非常安全的,相反它们可能是异常危险的。无论是理论分析,还是技术实践,同源转基因植物都存在一定的潜在的安全风险和健康风险。吉丁斯继续指出,尽管斯豪滕等提出的论点都有科学文献支撑,但是这些科学案例似乎都可以被证伪。

其一,斯豪滕等人的论证是不充分的。舒伯特和威廉姆斯认为,斯豪滕等人在论述同源转基因植物安全性的过程中,有选择地使用了一些年代久远的文献。这是学术研究的规范问题,一个好的科学研究不仅要吸收以往的研究成果,更要从最新的研究中获取借鉴。其二,斯豪滕等人过于强调同源转基因育种与传统育种得到产品的相似性,而忽视了同源转基因植物育种的本质特征,更没有有针对性对同源转基因植物展开系统的风险评价,草率地认为同源转基因植物可以凭借某种相似性获取豁免权,这在逻辑上可能不够严密。实际上,早在1983年和1984年,美国国会众议院、空间

和技术委员会听证会上,科学家们探讨了DNA供体和受体之间的系统发育距离(phylogenetic distance)是否一定是风险的一个指标,他们得到的结论是否定的。^[9]在转基因育种领域,唯一确凿的普遍真理是,无论是通过体外重组DNA技术、传统育种技术还是任何基因修饰技术,它们的风险评估问题都依赖于受体的编码特征和该特征的表达模式(即表型)。这是斯豪滕等人论证过程中未考虑到的问题。正如吉丁斯评价的那样,“斯豪滕等人的论点没有基于任何可辩护的、与风险相关的评价标准,成功地在同源和异源转基因植物之间划出一个模糊的边界线。”^[9]此外,在论证过程中,斯豪滕等学者错误理解或错误描述了许多事实。事实上,加拿大的监管制度并不是唯一基于过程或程序的,还有很多国家(如澳大利亚、新西兰和美国)也采用相同或类似监管制度。同源转基因植物的风险评价可以从制造过程(manufacturing process)和基于产品的监管(product-based regulation)两方面开展实验性评估、整体性评价,这样得到的结果才能让其他科学家和哲学家无可辩驳。^[9]

理性地对待同源转基因植物育种。尽管世界上很多权威的科研机构认为,同源转基因植物的风险与传统育种产品的风险没有什么不同。^[9]这一发现和结论确实对当前的监管制度有着很大影响。但是吉丁斯指出,迄今为止,我们看到的转基因植物实际构成的风险水平与上述结论不成比例。^[9]这意味着现行的转基因监管制度有待抛弃、有待更新,以消除个人的、主观的臆断与偏见,取而代之的是理性、正确的科学常识以及全球数十亿人的粮食安全。^[9]

3. 育种策略的新颖性与高风险性并存

布宁、威尔逊等学者虽然承认同源转基因育种是一种创新性的策略,但是也正是这些新颖特性的引入,导致了高风险性。布宁对斯豪滕等学者观点的反驳可归纳为以下两点。

其一,从质料上分析,传统植物育种与同源转基因植物育种不存在本质区别,但是后者可能引入了毒性。为了说明同源转基因植物的自然性,斯豪滕等学者反复强调同源转基因植

物的基因来源于自然界,风险低。布宁等学者的反驳是,基因修饰的程度无论有多小,都有可能带来毒性。以转基因植物的毒性为例,在转基因植物产生的过程中,科学家可以通过插入额外的特异性生物碱副本,提高生物碱的浓度,这样做的初衷是抵御病虫,但是它也增加了同源转基因植物的安全风险。因此,无论同源转基因植物还是异源转基因植物都无法避免产生毒性的可能。斯豪滕对待转基因植物的态度,看似是一种环保主义者的立场,实则不然,他们所有浮夸的说辞,仅仅概述了事实的一部分,而非全部事实。^[10]

其二,同源转基因作物与异源转基因作物都存在不同程度的风险。斯豪滕等学者建议免除相关部门对同源转基因植物的严格审查,布宁等学者对此并不认同,他们指出,斯豪滕等学者的思路存在两个问题。

第一个问题是,模糊了同源转基因作物的概念。斯豪滕等学者将传统植物育种的定义扩大到了极限,虽然通过突变(mutagenesis)或传统育种生产的植物不受转基因生物法规的约束,但在欧盟法规中,突变仍然被定义为一种基因改造(genetic modification)。^[10]然而,值得一提的是,突变或传统育种生产的植物往往是自然状态下发生的,而这里斯豪滕等学者提到的同源转基因植物是人类对自然材料的重新设计和改造,因此,两者存在本质的不同。

第二个问题是,同源转基因植物与异源转基因植物存在一些相似的方面——新颖性和入侵性。同源转基因植物可以从野生的、近缘的植物中获取理想的新特性(novel traits),这些新特性来自“密切相关的物种”。威尔逊等认为,在斯豪滕等学者那里,这些潜在“危险”的基因型被简单地定义为安全的,而不被认为是“额外的特性”(extra trait),这显然是有问题的。^[12]实际上,同源转基因植物也具有“入侵性”,体现为双重属性:一方面它们为人类服务,体现为外在目的;另一方面它们为自身服务,体现为内在目的。外在目的原本是首先为内在目的服务的,但是同源转基因植物的内在目的首先服务于外在目的,这种现象是非自然、

不自然、反自然的科学设计。而非自然、不自然、反自然的产品往往被认定是不安全的、存在潜在风险的人工物。

4. 同源转基因育种是一种“滑坡效应”

针对斯豪滕等学者的观点,埃里克森等学者提出质疑,她们认为,从农业转基因育种的发展历程看,仅仅肯定同源转基因育种,否定异源转基因育种,是育种科学的倒退。

19世纪初,农业科学技术得到了快速发展,特别是孟德尔遗传学为表型批量选择为基础的农场育种模式逐渐被淘汰,杂种优势理论为探索等位基因混合优势提供理论支撑,诱导突变作为一种新方法被引入,为作物育种提供了更多的基因材料,但它存在育种效率低、成本高等缺陷。

20世纪70年代,分子生物学迅猛发展,重组DNA技术几乎为遗传变异提供了无限可能,转基因技术渐渐成为改良作物的主要推动力,自然性的观念(idea of naturalness)被认为“已经过时”。众所周知,转基因技术的显著特征就是将一个生物的遗传物质移到另外一个生物体内,并表达出优良性状。转基因育种技术关注的从来都不是目的基因的来源,而是目的基因的功能,转基因技术打开了“几乎无限的遗传变异的来源:整个生命的进化枝,而同源转基因仅限于传统育种的基因库。”^[16]从这个角度讲,同源转基因植物育种显然违背了育种学家使用转基因技术育种的初衷,如今斯豪滕等学者极力建议同源转基因育种取代异源转基因育种的做法,无异于植物育种历史进程中的一次巨大倒退。

为了规避转基因法律的监管,相关育种学家将重点放在遗传物质的来源上。同源转基因植物是通过将同一物种或近缘物种的基因和调控元件引入到受体植物中而产生的,这种方法不需要使用可选择标记物、不含有任何异源DNA,因此,目的基因、调控元件和重组质粒等之间具有较好的兼容性,但是这并不意味着同源转基因植物低风险、低成本以及高认可度。

首先,技术难度大,时间成本高。同源转基因技术并不是非常成熟,剔除丰富的、优质

的异源基因,将育种质料限定在同一物种内,可选择的选项将会大幅减少,育种技术攻关难度更大。因此,采用同源转基因替代异源转基因育种策略,意味着育种学家需要投入更多的资源、精力和时间,去发现未知的、可用的内源性启动子和终止子,以及不含可选择标记基因和载体。故言,抛弃优质的异源转基因不用,去探索未知的同源转基因,这并非明智之举。

其次,放松对同源转基因技术监管的行为,将会干扰公众对科学的理解。埃里克森等学者认为,采用同源转基因育种不能促进公众对科学的理解,反而可能被视为非科学的观点,即遗传物质的跨界转移本质上是不自然的和有风险的。^[16]换言之,一旦我们认定异源转基因植物是技术制造的、不自然的产物,那么同源转基因植物也将是人工干预和不自然的产品。类似地,如果假定同源转基因植物排除转基因作物法律法规的监管,那么异源转基因植物也不应该被有区分地对待。开展没有偏见的科学研究是真理应有之义,^[18]“(如果那样的事情发生)我们将不可避免地导致远离客观和公正的科学原则,这是科学的滑坡和倒退。”^[17]

正如德国亚琛工业大学哲学研究所的伦理学家库尔曼(Wolfgang Kuhlmann)所言,接受同源转基因作物可能会导致异源转基因作物的“敲门声”。^[17]一旦我们放宽同源转基因作物的监管力度,下一步就是要为异源转基因作物“解绑”,因为它们本质上都是技术人工物。

结 语

2014年之后,斯豪滕与其他育种学家没有再起争论,但是关于同源转基因育种的研究仍在继续。新近的研究聚焦在同源转基因育种专利性和所有权方面,^[19]这是另外一个有趣的问题,当另文讨论。

同源转基因作物是人类建构自然、改造自然的结果,体现了人类中心主义的理念。自然进化是缓慢的、渐进的;人工进化是快速的、突变的。尽管斯豪滕等学者极力建议同源转基因育种取代异源转基因育种的做法,但是无论

它被粉饰得多么自然和安全,其身份(identity)终究是转基因技术人工物。

同源转基因育种是“中庸之道”(Golden Mean)。^[20]同源转基因育种是一种顺势而为的策略。同源转基因植物有“自然”的一面,也有“人工”的一面。^[21]关于同源转基因育种的安全性问题,目前学术届尚无共识。出于对公众负责的态度,笔者仍然强调育种范式的转变和治理范式的革新,对有关基因、基因组和等位基因等信息遗传进行系统地测序和评价,在确保环境安全和安全生产的前提下,推进同源转基因植物育种,从而帮助世界上的一些贫穷落后的发展中国家的人们摆脱饥饿。随着全球气候危机、粮食危机愈发严重,同源转基因育种技术或将进一步发挥其重要的科学价值、实用价值和自然价值。

[参考文献]

- [1]Tadele, Z. *Plant Breeding of Orphan Crops in Africa: Proceedings of an International Conference*[M]. Bern: University of Bern, 2007, 201-209.
- [2]Chaurasia, A., Kole, C. *Cisgenic Crops: Potential and Prospects*[M]. Cham: Springer International Publishing, 2022, 1-13.
- [3]Nielsen, K. M. 'Transgenic Organisms—Time for Conceptual Diversification?'[J]. *Nature Biotechnology*, 2003, 21: 227-228.
- [4]Rommens, C. M. 'All-native DNA Transformation: A New Approach to Plant Genetic Engineering'[J]. *Trends in Plant Science*, 2004, 9(9): 457-464.
- [5]Schaart, J. G., Krens, F. A., Pelgrom, K. T. B., et al. 'Effective Production of Marker-free Transgenic Strawberry Plants Using Inducible Site-specific Recombination and a Bifunctional Selectable Marker Gene'[J]. *Plant Biotechnology Journal*, 2004, 2(3): 233-240.
- [6]Schouten, H. J., Krens, F. A., Jacobsen, E. 'Do Cisgenic Plants Warrant Less Stringent Oversight?'[J]. *Nature Biotechnology*, 2006, 24(7): 753.
- [7]Schouten, H. J., Krens, F. A., Jacobsen, E. 'Cisgenic Plants Are Similar to Traditionally Bred Plants: International Regulations for Genetically Modified Organisms Should Be Altered to Exempt Cisgenesis'[J]. *EMBO Reports*, 2006, 7(8): 750-753.
- [8]Schubert, D., Williams, D. "'Cisgenic" as a Product Designation'[J]. *Nature Biotechnology*, 2006, 24(11): 1327-1329.
- [9]Val Giddings, L. "'Cisgenic" as a Product Designation'[J]. *Nature Biotechnology*, 2006, 24(11): 1329.
- [10]de Cock Buning, T., van Bueren, E. T. L., Haring, M. A., et al. "'Cisgenic" as a Product Designation'[J]. *Nature Biotechnology*, 2006, 24(11): 1329-1331.
- [11]Schouten, H. J., Krens, F. A., Jacobsen, E. 'Reply to "Cisgenic" as a Product Designation'[J]. *Nature Biotechnology*, 2006, 24(11): 1331-1333.
- [12]Allison, W., Latham, J. 'Cisgenic Plants: Just Schouten From the Hip?'[J]. *Independent Science News, Blog Entry*, 2007, 288.
- [13]Jacobsen, E., Schouten, H. J. 'Cisgenesis Strongly Improves Introgression Breeding and Induced Translocation Breeding of Plants'[J]. *Trends in Biotechnology*, 2007, 25(5): 219-223.
- [14]Schouten, H. J., Soriano, J. M., Joshi, S. G., et al. 'Cisgenesis is a Promising Approach for Fast, Acceptable and Safe Breeding of Pip Fruit'[A], *Symposium on Fruit Breeding and Genetics*[C], 2007, 199-204.
- [15]Jacobsen, E., Schouten, H. J. 'Cisgenesis, A New Tool for Traditional Plant Breeding, Should be Exempted from the Regulation on Genetically Modified Organisms in a Step by Step Approach'[J]. *Potato Research*, 2008, 51: 75-88.
- [16]Eriksson, D., Stymne, S., Schjoerring, J. K. 'The Slippery Slope of Cisgenesis'[J]. *Nature Biotechnology*, 2014, 32(8): 727.
- [17]Schouten, H. J. 'Reply to the Slippery Slope of Cisgenesis'[J]. *Nature Biotechnology*, 2014, 32(8): 728.
- [18]王阳、肖昆. 论控制偏见的编辑制度革命——关于预注册遏制可重复性危机的机理研究[J]. *科学学研究*, 2022, 40(4): 594-601; 664.
- [19]van Hove, L., Gillund, F. 'Is It Only the Regulatory Status? Broadening the Debate on Cisgenic Plants'[J]. *Environmental Sciences Europe*, 2017, 29(1): 22.
- [20]Chaurasia, A., Kole, C. *Cisgenic Crops: Safety, Legal and Social Issues*[M]. Springer Nature, 2023, 255-268.
- [21]肖显静. 转基因技术本质特征的哲学分析——基于不同生物育种方式的比较研究[J]. *自然辩证法通讯*, 2012, 34(5): 1-6; 125.