

崔宁波,郑雪梅. 转基因作物产业化风险管理的国际比较及其借鉴[J]. 江苏农业科学,2018,46(23):1-5.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.23.001

转基因作物产业化风险管理的国际比较及其借鉴

崔宁波, 郑雪梅

(东北农业大学经济管理学院,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:在转基因作物产业化的全球发展趋势下,如何进行转基因作物产业化风险管理成为转基因作物种植国普遍关注的问题。美国、欧盟、巴西对转基因作物产业化风险管理侧重点不同,美国侧重于高效审批、公众参与,欧盟侧重于统一立法、全程追溯,巴西侧重于国家检测、规范标识。与之相比,我国转基因作物产业化风险管理存在诸多问题,应借鉴国外的发展经验,通过完善法律法规、加强部门合作、调整和修订审批与标识制度、完善追溯制度、制定检测标准、提高公众参与度等措施为我国转基因作物产业化风险管理提供参考。

关键词:转基因作物;产业化;国际比较;风险管理;借鉴

中图分类号: F307.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)23-0001-04

转基因技术是人类科技发展的一项重要进步,尤其在农业领域的应用引起了广泛关注。目前我国已批准棉花、番木瓜、杨树、番茄、矮牵牛和甜椒 6 种转基因作物的产业化生产,实现了转基因棉花和转基因番木瓜的大规模产业化种植,也颁发了转基因 *Bt* 水稻和转基因植酸酶玉米的生物安全证书,推进了转基因作物从纤维作物-饲料作物-粮食作物的产业化进程^[1]。然而,如任何一项新技术的出现与应用一样,转基因作物产业化在带来巨大社会经济利益的同时,关于转基因作物风险的不确定性争论从未间断,因此加强转基因作物风险管理迫在眉睫。近年来,对转基因作物产业化风险问题的讨论也一直是学术界、决策部门和社会大众关注的焦点,国内学者对转基因风险管理的研究主要集中在环境风险管理^[2-4]、政策风险管理^[5]、安全风险^[6]、风险分析^[7]、风险交流^[8]、风险防范^[9]、风险治理^[10]等几个方面。

作为已有文献的补充,本文的贡献主要从产业链的角度考虑转基因作物产业化风险管理。转基因作物产业化涉及的是整个产业链条,囊括了研发、育种、试验、转化、生产(种植)、加工、运输、贮藏、销售、消费、监管等各个环节,转基因作物产业化风险也出现在各个环节,所以转基因作物产业化风险管理的目标是确保转基因作物在产业链各个环节上的安全性。其中,产销环节是产业链上的主要环节,包含生产、加工、运输、贮藏、销售环节,即转基因作物从生产到销售的全过程。监管环节是贯穿整个产业链的环节,是政府立法行政监管和公众积极参与的环节,更是推进产业化的关键环节。本文主要针对监管环节上国外转基因审批制度、标识制度、检测制度和追溯制度进行分析,对比国内转基因作物产业化风险管理中存在的问题,有针对性地提出我国转基因作物产业化风险管理的政策选择。

收稿日期:2018-03-15

基金项目:国家自然科学基金青年基金(编号:71303038);黑龙江省普通本科高校青年创新人才培养计划(编号:UNPYSCT);黑龙江省社会科学基金一般项目(编号:17JYB080)。

作者简介:崔宁波(1980—),女,黑龙江哈尔滨人,博士,教授,博士生导师,从事农业经济理论与政策研究。E-mail:1084565721@qq.com。

1 国外转基因作物产业化风险管理对比分析

一系列转基因风险事件的暴发使得转基因作物产业化发展进程与其风险的矛盾日益凸显,建立适合我国国情的转基因作物产业化风险管理模式,确保转基因作物产业化稳定有序发展是各国政府在转基因作物风险管理上的通行做法。在国际社会中,美国、欧盟、巴西等国家在应对风险的历史进程中,制订并完善风险管理制度,虽然政策侧重点各不相同,但对我国具有重要的参考价值。

1.1 美国

美国作为最早对转基因作物实施监管的国家,一直致力于建立灵活、成熟、高效的风险管理制度,在积极推进转基因作物产业化发展的同时不断加强对转基因产业化各环节的风险管控。

1.1.1 立法监管 美国早在 20 世纪 70 年代就加强对转基因作物的风险管理,最早对转基因作物实施监管。由于监管的对象是生物技术产品而不是生物技术本身,美国并没有对转基因作物单独立法,而是在 1986 年颁布的《生物技术管理协调大纲》的基础上增补有关转基因作物风险管理的规定,以确保每种转基因作物都找到相应的法律规定。在科学和实质等同性指导原则下,通过农业部(USDA)、环境保护局(EPA)和食品药品监督管理局(FDA)3 个部门的监管逐渐建立起覆盖转基因研究、开发、生产、销售、进出口全过程的管理模式^[11]。其中,USDA 主要是通过其下属的动植物卫生检疫局(APHIS)对转基因作物建立全面的监管体系^[12];EPA 依照《联邦杀虫剂、杀菌剂和杀鼠剂法案》对转基因作物的农药残留标准进行管理^[13];FDA 依照《联邦食品、药品和化妆品法案》对转基因作物加工成的食品、食品添加剂、饲料进行安全管理^[14]。

1.1.2 制度建设 美国实行的是一种高度行政化许可批准和非强制标签管制。FDA 负责上市前的评估以及标识,为转基因作物引入一种简化的审批程序,一旦被认为是安全可靠的就不必接受上市前的风险评估。FDA 还根据 2016 年颁布的《国家生物工程食品披露标准》法案,要求标签只有在某转基因食品与其相应的传统食品在成分、营养或安全上不再是

实质性等价时才是强制的。具体对以下 2 种强制标识:一是通过转基因技术研发的农产品含过敏成分甚至毒素,或者在构成上与传统农产品存在显著差异;二是资源食品生产商在已经产业化的转基因食品包装上进行转基因成分标识^[15]。此外,美国各州政府为更好管理转基因产品设立了不同规模的转基因检测机构,未设立国家层面的转基因检测机构。

1.1.3 公众参与度 美国本着公开透明、尊重民意的思想,主要通过以下形式吸引公众的参与:一是各联邦机构制定有关转基因生物管理的相关法律法规时要在联邦注册公告中发布,在固定时间寻求公众评议;二是召开与转基因生物安全管理研讨会时通常对公众开放;三是不定期举办听证会以寻求公众在某一问题上的态度;四是联邦咨询委员会每年定期向公众举办关于农业生物技术的会议^[16]。

1.2 欧盟

欧盟作为世界上最大的区域性政治经济一体化组织,其转基因作物产业化风险管理也是牵一发而动全身,近年来暴发的转基因安全事件使得欧盟加大对转基因作物产业化风险管理的管理力度,不仅充分发挥政府的主体作用,而且非常重视公众、科研机构等多方力量的积极参与和配合。

1.2.1 立法监管 欧盟极力主张采取预防为主的态度,采取产品和过程管理模式^[17],转基因作物只有经过政府主管部门严格审批和官方授权下才可以进入欧盟市场。对转基因作物单独立法,分为水平和垂直两大类立法。水平立法把转基因作物从封闭试验、环境释放、产业化生产、销售、监督管理等各阶段均纳入立法体系。垂直立法明确了每一种转基因作物整个生产程序的法律要求,有利于个案审查,也能够保护消费者的知情权。欧盟分 2 个层次进行行政管理,一是欧盟统一的管理机构,主要由欧洲食品安全局(EFSA)和欧盟委员会(EC)相互配合共同管理转基因作物的相关事务,欧洲食品安全局独立评估审核任何可能的转基因作物对人类和动物健康和环境的风险^[18],欧洲委员会负责制定与转基因作物风险管理相关的法律法规,为欧盟的立法、监督提供执行的准则和标准,并提供有关安全管理的咨询。二是各成员国的主管当局,包含各国卫生部或农业部所属的国家食品安全相关机构,其主要职责是执行欧盟的相关法规,并根据本国的国情特点开展转基因作物风险管理^[19]。

1.2.2 制度建设 欧盟作为法制化程度最高的地区,率先建立了世界上最为严格的注重生产过程的追溯制度,涵盖了投放市场前的授权、上市后的监督和标识管理。欧盟通过“有关转基因生物追溯性及标识办法以及含转基因生物物质的食品和饲料的追溯性条例”,建立了转基因食品可追溯性框架,要求转基因授权必须经过申请、环境评价、EFSA 的评估、公众评议和委员会评议 5 个步骤。欧盟转基因农产品安全检测完整体系包括各成员国专业人员进行检测的机构—欧盟转基因生物检测网络实验室和各成员国自己的检测机构用来辅助欧盟的检测机构,除此之外,一些大学和科研机构及商业性的检测机构也对转基因农产品进行安全检测。转基因食品投入市场之后实施严格监管,只有经过授权的产品才可以进入市场,且每 10 年更新授权。欧盟要求根据转基因食品如何产生进行标签,批准对转基因食品进行强制标签的限度为 0.9%,标签清楚地标明“本产品为转基因产品”^[20]。

1.2.3 公众参与度 欧盟在《关于转基因生物有意环境释放的指令》中非常重视公众的参与度,各成员国必须进行相关的部署之后,转基因农产品才能进入市场销售。转基因农产品与公众都有密切的关系,通过相关的探讨使公众认识并了解转基因产品,有时间和空间发表自己的看法,不仅可以让公众更容易接受转基因产品,而且能科学地进行转基因管理^[21]。

1.3 巴西

巴西关于转基因作物产业化风险管理争议不断,但巴西仍签署了新的《生物安全法》来规制风险^[22],积极加强产品审批、检测方面的建设,在转基因作物产业化进程方面取得了显著的成就。

1.3.1 立法监管 巴西遵循个案分析原则针对不同转基因作物的情况具体分析,并将转基因作物风险管理纳入到现行的法律法规之中。尽管巴西关于转基因生物的立法争议不断,但巴西总统仍于 2005 年签署了新的《生物安全法》^[22],对转基因作物风险管理机构、职责、任务和运转机制作出了明确的规定^[23]。规定由 11 个与转基因问题有关的部长组成国家生物安全理事会(CNBS)进行转基因最终决策,对未经允许进行转基因的活动进行 2 000 ~ 1 500 000 雷亚尔(约合人民币 4 200 ~ 3 120 000 元)罚款,创建国家生物安全技术委员会(CTNBio)并建立转基因生物及其衍生物活动的安全标准和执法机制。巴西转基因作物行政管理机构包括 CNBS、CTNBio 以及其他政府相关部门^[24]。CNBS 在国家层面上制定和实施国家生物安全法规、指南及评估转基因作物的经济社会效益、机遇,即负责与国家利益相关的转基因问题^[25]。CTNBio 主要为联邦政府制定和实施国家转基因生物安全政策提供技术支撑,在检测转基因生物及其产品对动植物与人类健康、环境风险的基础上,建立关于批准转基因生物和产品研究、产业化应用的安全技术准则,即从研究活动或遏制试验或产业化中的大规模生产衍生的遗传转化生物学意义^[26]。

1.3.2 制度建设 巴西根据 2003 年的《新转基因标识法规》规定采取定量强制标识,规定产品含转基因成分超过 1% 的必须注明并在标签上附转基因标志(黄色三角形中含有字母 T)^[27],所有包装、散装及冷冻产品均适用此法。巴西对未经审批的转基因作物及食品实行零容忍政策,要求在巴西境内的所有转基因作物及食品均须要经过安全审批。2005 年签署新的《生物安全法》要求基于科学标准和分析方法重新设置转基因作物的审批程序,要求审批在 120 d 内完成,特殊情况下最多延长至 180 d。巴西还建立了生物安全信息系统(SIB)发布与转基因生物技术及其产品有关的分析、批准、注册、监控、调查活动等信息,具体成立了巴西国家计量、标准化和质量委员会,负责有关转基因的认证、技术标准的监督和建立检测检验网络。

1.4 对比分析

1.4.1 共性 通过对以上国家转基因作物风险管理情况进行比较分析,可以得出一些共性特征:一是重视政府的主导作用并强调各部门之间的力量整合。转基因作物产业化的风险不确定性争论要求政府发挥主导作用,鼓励各公共部门与公众进行交流与合作,积极获取所有利益相关者的支持。二是积极完善产业链各环节制度建设。应对风险,必须针对各环节制定不同的制度,保证转基因作物产业链风险管理的效率。

1.4.2 差异 美国、欧盟和巴西在转基因作物产业化风险管理方面的差异见表 1。

表 1 美国、欧盟和巴西转基因作物产业化风险管理差异

国家	差异				
	立法	监管	审批	标识	检测
美国	统一立法	分散监管	简化高效	自愿标识	州政府负责
欧盟	单独立法	专门监管	严格复杂	强制标识 (>0.9%)	专门机构 负责
巴西	统一立法	多元主体	严格	强制标识 (>1%)	国家负责

2 我国转基因作物产业化风险管理现状

我国转基因作物风险管理从属于农业转基因生物安全管理范畴,依据科学原则、个案分析原则和预防原则,采取产品管理和过程管理模式,制订了一系列法律和规章制度。但是“黄金大米”“雀巢案”等风险事件的暴发,对比以上国家的发展经验,暴露出我国在转基因产业化风险管理方面还须改进完善。

2.1 缺乏硬性规定,监管形同虚设

2.1.1 政府立法不权威 我国于 1996 年颁布《农业生物基因工程安全管理实施办法》之后相继补充了《农业转基因生物安全管理条例》《农业转基因生物安全评价管理办法》《农业转基因生物进口安全管理办法》《农业转基因生物标识管理办法》《农业转基因生物加工审批办法》和《进出口转基因产品检验检疫管理办法》,对转基因作物进行全程管理。并从法律层面颁布《种子法》《农产品质量安全法》《食品安全法》辅助转基因作物风险管理。总体看来,现行的立法多为行政法规和部门规章^[28],尚未出台一部专门针对转基因生物的、全面的、系统的且具有权威性的法律。立法层次较低,权威性不够,没有为转基因作物风险管理立法提供原则性、框架性指导。此外,没有设置专门的立法整改小组,立法缺乏集体性,难以保证立法的及时性、准确性和通用性。如现行立法中对转基因作物在研发、试验过程中出现的基因污染等问题仅有政策性指导,出现问题难以得到解决,导致在实际的管理工作中无法真正做到“有法可依,有据可循”,缺乏实际可操作性。转基因相关产品一旦被消费,规制似乎也到了终点。一旦出现转基因相关的安全事故,国家没有完善的强制召回制度来禁止问题食品在消费市场流通,也没有有力的赔偿制度来保障消费者的权益。

2.1.2 行政监管混乱 我国为应对转基因新技术的冲击和新型贸易模式的挑战,已经建立起综合全面的国家层面监管形式,即上下一体、中央到地方、1 个部门领导多个部门协调工作的纵横结合的形式^[29]。国务院批准设立了部际联席会议制度,由农业部统筹协调发改委、科技部等 11 个部委工作,负责转基因规章制度、标签标识等一系列产业化政策制定^[30]。我国现行的行政管理结构看似种类齐全、多部门分管,但实际上由于每个部门只对其所在管辖的领域进行独立监督管理,部门之间协调性差、效率不高、聚合力差。农业部虽为主管部门,但是其只负责安全审批、标识申报和进出口安全管理,其余部门如环保部、商务部、卫计委虽然都介入管理,但都只是各自建立标准安排执法人员等,造成监管资源的极大浪费,同时也使得监管过程混乱,监管的职责不明,衔接处

出现“真空地带”。

2.2 任重道远,制度建设尚处在初级阶段

2.2.1 审批进程冗杂漫长 在我国转基因作物种植前的审批须经过试验研究、中间试验、环境释放、生产性试验和申请安全证书 5 个阶段,不同于美国的种子获得安全证书就可以大面积种植的情况,我国审批过程太过繁琐,致使玉米等转基因作物的安全证书已经失效,还须再次审核通过才能批准种植。在漫长的审批过程中,极可能出现有些农户为了获得高投入产出比,偷种来源不合法的转基因作物,扰乱作物市场秩序。

2.2.2 检测机构分散,标准不统一 我国已经筹建了 49 个农业部转基因生物安全监督检测机构,通过国家认证的已有 41 个,且发布了 160 多项转基因生物安全标准^[29]。但在转基因检测方面研究较晚,起步较慢,资金投入不足,在一些重要的转基因作物检测制度上的研究还是空白,而且一些欠发达地区的管理部门会受限于检测成本过高难以对转基因作物进行严格检测^[31]。“雀巢案”的检测结果暴露出我国没有强制统一的检测标准,且尚未建立权威的检测机构,这样转基因产品的供应商和销售者为了使自身利益最大化通常选择最低程度的检测标准,那么消费者的健康标准也被降低了。

2.2.3 标识不规范 我国实行强制按目录标识制度,但在可行性和操作性上存在问题。在种植和运输环节,我国的农业生产方式是以家庭小农户经营为主,在作物种植、运输和储藏环节很容易把转基因作物和常规作物混杂在一起,难以测定出转基因作物所占比重。在加工和销售环节,我国农产品加工销售企业多为中小型规模,强制标识要花费巨额成本。企业为了方便对含有转基因成分的产品统一标识为“转基因”,这种行为干扰了产品生产和流通贸易,增加了监管控制成本。

2.3 公众理性不足

在我国官方渠道上媒体和公众很难获得有关转基因的信息,容易出现非官方信息偏差^[32]。由于关于转基因作物是否安全的信息主要通过我国社交媒体如微信和微博广泛传播,且有调查结果显示,我国公众接受转基因技术的程度正在下降^[1],充分反映消费者对转基因食品的认识不够深刻。消费者本身对转基因食品辨别能力差且态度反复易变,容易受到绿色和平等反转基因性质组织的舆论影响,极有可能动摇其对转基因食品的信心,降低消费者购买倾向,并最终影响到我国转基因产业化发展。近年来,我国的立法中没有涉及到公众参与,与转基因相关政策都是在政府的主导下由专家进行决策的,这些专家都是来自转基因领域的相关人员,根本没有民间团体或者消费者的参与。

3 我国转基因作物产业化风险管理的政策选择

3.1 专门立法,严格监管

3.1.1 制定全面性、权威性的法律 我国应提升转基因食品管理立法层次,使相关的法律法规与国际惯例接轨。一是由全国人民代表大会制定《中华人民共和国转基因食品安全法》,该立法应明确立法原则、立法目的和立法意义,为我国转基因作物产业化风险管理提供原则性、框架性导向。二是将转基因领域各个学科的专家集中起来成立一个法规整改意见小组,定期从事前规制措施、流通中管理措施、事后救济措施、相关责任承担等方面进行立法完善,并且不定期地对每次

发生的或可能发生的风险事件产生的影响进行法律修改完善,稳步推进转基因作物产业化进程。

3.1.2 各部门之间应当加强交流和合作 农业部作为监管转基因产业链的源头,应该具有绝对的话语权。一方面,通过农业部分配好各部门具体的工作和职权范围,形成依法遵照章程的监管机构,进而提升政府政策的执行效率。另一方面,与其余 11 个部门定期进行积极地沟通,各方积极投入到转基因产业链全程追踪的建设中。

3.2 完善产销过程中的制度

3.2.1 简化审批制度 可以借鉴美国获得种子安全证书就准许种植的做法,优先进行非粮食转基因作物的审批发展,在确保转基因作物安全性后再批准主粮转基因作物。通过加快转基因种子的审批进度来防范农户的偷种行为,对于已经偷种的情况,采取没收销毁非法种植的转基因作物并进行现金处罚。

3.2.2 统一检测制度 一是建立以国家监督和检测委员会为最高检测机构,以国家法律授权认可的检测机构为辅的地方检测机构,形成覆盖全国的农业生物技术管理监督和检测网络体系。转基因产品只有通过转基因成分含量检测之后才可以上市,且检测人为直接的责任人。二是政府投入专项资金研发检测技术,提高转基因食品的检测水平,从而保证转基因食品的质量和安全性。通过强制规定检测标准,按照目前国际通用标准的 5% 对所有准予上市的转基因食品设立严格的国家标准,并随着检测技术进步逐步加强和完善检测标准。此外,还要对转基因食品进行上市前严检和上市后抽检。针对转基因食品上市前的检测,必须交由国家最高检测机构进行检测,并出具检测报告,公布检测结果。当转基因食品上市后,由法律授权的当地检测机构不定期进行检测,出具检测报告,公布检测结果,向上级检测机构备案。

3.2.3 修订标识制度,改为定性与定量相结合 一是借鉴食品安全“QS”(质量安全)认证的标准,对标识的字体、颜色、字号、放置的位置、转基因产品安全等级等细节进行法律规范。二是设置转基因标识阈值^[33]。此外,针对未按照国家标识制度要求进行标识的个体和企业,除了强制其进行标识之外,还要加大现金处罚力度以提高违法的成本,借鉴巴西高额的罚款制度,使违法个体和企业承担相应的法律责任,维持整体市场的稳定平衡。

3.2.4 完善可追溯制度 可追溯制度可以明确转基因产品在整个产业链上的源头、流通和去向,一旦出现风险事件,监管部门能迅速采取措施把风险损害降至最低。一方面要求整个转基因产业链上相关者都积极认真参与进来,供应链中所有提供者必须具有良好的企业信用和良知,上市流通过程中相应的责任者应包含试验阶段的责任者、安全审批者、检测者、生厂商、运输商、销售商、消费者等。另一方面追溯记录应当向公众公开,并实时更新,将转基因产品置于公众监督之下,对转基因产品从起始研究到最终消费者手中进行实时监控,一旦出现问题能又快又准确地找到问题发生的源头,找到相关责任人承担责任。

3.3 提高公众认知水平

政府在抓好转基因食品安全管理的同时应加强科普宣传,不断提高公众对转基因食品的认识水平和信息鉴别能力^[34]。一是利用电视、广播、网络、报纸等媒体向公众宣传教

育和普及知识,使消费者尽可能全面、客观地了解转基因食品,增强他们对有关转基因食品的了解以及突发事件的鉴别能力。媒体的宣传应当保持科学严谨的态度,不要制造任何不严谨的宣传和舆论炒作。二是建立公众参与机制,开展多方位、多层次、多形式的渠道了解和对话机制,具体通过展览、科普讲座、专家论坛、听证会等形式来增强转基因食品的透明度和公众参与。

参考文献:

- [1] Michael W. China agricultural biotechnology annual;2017 [EB/OL]. (2017-12-29) [2018-02-20]. https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Beijing_China%20-%20Peoples%20Republic%20of_12-29-2017.pdf.
- [2] 李云河,彭于发,李香菊,等. 转基因耐除草剂作物的环境风险及管理[J]. 植物学报,2012,47(3):197-208.
- [3] 吴孔明,刘海军. 中国转基因作物的环境安全评介与风险管理[J]. 华中农业大学学报,2014,33(6):112-114.
- [4] 牟文雅,贾艺凡,赵宗潮,等. 转基因作物外源基因漂移风险及其控制技术进展[J]. 生态学杂志,2016,35(1):243-249.
- [5] 刘述良. 复杂性视野下中国转基因政策风险区别组合管理[J]. 南京农业大学学报(社会科学版),2010,10(4):58-64.
- [6] 梁 靓,李毅然. 转基因植物及其产品的应用价值和安全风险展望[J]. 食品安全质量检测学报,2015,6(11):4373-4377.
- [7] 李建平,肖 琴,王吉鹏. 转基因作物的风险分析及我国的应对策略[J]. 中国食物与营养,2013,19(1):5-9.
- [8] 刘培磊,康定明,李 宁. 我国转基因技术风险交流分析[J]. 中国生物工程杂志,2011,31(8):145-149.
- [9] 高建勋. 论我国转基因风险防范机制的完善[J]. 太原理工大学学报(社会科学版),2015,33(6):15-19.
- [10] 马 奔,韩 璐. 转基因风险治理:国外的经验回顾与借鉴[J]. 国外理论动态,2017(8):119-126.
- [11] 李 宁,付仲文,刘培磊,等. 全球主要国家转基因生物安全管理政策比对[J]. 农业科技管理,2010,29(1):1-6.
- [12] 于 洲. 各国转基因食品管理模式及政策法规[M]. 北京:军事医学科学出版社,2011.
- [13] Dotzel M M. Guidance for industry: voluntary labeling indicating whether foods have or have not been derived from genetically engineered plants[R]. U.S. Food and Drug,2015.
- [14] McHughen A. A critical assessment of regulatory triggers for products of biotechnology: product vs. process[J]. GM Crops & Food,2016,7(3/4):125-158.
- [15] 孙卓婧,刘沛儒,徐琳杰,等. 浅析世界农业转基因商业化应用现状[J]. 世界农业,2017(7):74-77.
- [16] 旭日干,范云天,戴景瑞,等. 转基因 30 年实践[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2012.
- [17] Sprink T, Eriksson D, Schiemann J, et al. Regulatory hurdles for genome editing: process - vs. product - based approaches in different regulatory contexts[J]. Plant Cell Reports,2016,35(7):1493-1506.
- [18] 陈 旸. 欧盟转基因产品政策探析[J]. 国际研究参考,2013(1):20-24.
- [19] 韩永明,翟广谦,徐俊峰. 欧盟转基因生物管理法规体系的演变及对我国的启示[J]. 浙江农业科学,2013(11):1482-1485,

李莉,任红艳,毕延震,等. 基因编辑技术的新进展及展望[J]. 江苏农业科学,2018,46(23):5-10.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.23.002

基因编辑技术的新进展及展望

李莉,任红艳,毕延震,华文君,华再东,张立革,郑新民

(湖北省农业科学院畜牧兽医研究所/动物胚胎工程及分子育种湖北省重点实验室,湖北武汉 430064)

摘要:随着生物技术的不断发展,传统的转基因技术由于其不能定点整合、遗传不稳定等难以解决基因定点改良与改造问题,所以科研工作者一直致力于寻找简单、高效率、低成本、精准定位等优势的新型转基因技术,掀起了一股基因编辑技术研究的热潮,新的基因编辑技术不断涌现。本文从成簇有规律间隔的短回文重复序列及相关蛋白(CRISPR/Cas)的技术改进与新应用以及一些新出现的技术,如NgAgo技术、结构引导的核酸内切酶(SGN)、腺苷脱氨酶(ADAR)、肽核酸(PNA)、5'末端突出的复合物DNA(TD)等方面,阐述基因编辑技术的新进展,并展望基因技术的应用前景,希望能够为相关研究者提供参考

关键词:基因编辑技术;CRISPR/Cas;NgAgo;SGN;ADAR;PNA;TD

中图分类号: Q78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)23-0005-06

基因编辑技术可以让科学工作者对特定基因进行编辑改造,如进行突变、敲除,或进行基因的定点整合等,为分子生物学技术进行基因功能研究、物种改良与改造提供了机遇和条件。基因编辑技术经过初期的同源重组,历经锌指核酸酶

(ZFN)、转录激活因子样效应物核酸酶(TALEN)技术,发展到现在广泛使用的规律成簇间隔短回文重复(CRISPR)及其相关蛋白(Cas)技术,使得任意物种、任意细胞的基因编辑成为可能。因此,基因编辑技术的应用更为广泛,其影响力也更为强劲,已经在畜牧业中应用于多种动物的基因改造和改良^[1],甚至应用于人类细胞基因的编辑和基因治疗等。然而,目前广泛应用的CRISPR/Cas9技术由于其固有的缺陷,使其更为精确的基因编辑和任意基因的编辑受到阻碍。因此,科学工作者需要寻找新的、更为可靠的基因编辑技术。本文就对基因编辑技术的最新进展加以介绍,并对未来的基因编辑技术加以展望。

收稿日期:2017-07-26

基金项目:国家自然科学基金(编号:31772577);转基因生物新品种培育重大专项(编号:2016ZX08010003-006);湖北省农业科技创新计划(编号:2018-620-004-001);湖北省农业科学院竞争性项目(编号:2016jzjxh013);东南大学生物电子学国家重点实验室开放研究基金。

作者简介:李莉(1972—),女,湖北红安人,副研究员,主要从事动物生物技术研究。E-mail:136286125@qq.com。

通信作者:郑新民,研究员,主要从事动物生物技术研究。E-mail:anbit20@163.com。

1489.

[20] Desquilbet M, Bullock D S. On the proportionality of EU spatial ex ante coexistence regulations: a comment[J]. Food Policy, 2010, 35(1): 87-90.

[21] 马琳. 转基因食品标识与信息的政策效应研究: 基于中国消费者的实验经济学实证分析[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2014.

[22] Silva J F, Rubio N. Brazil agricultural biotechnology annual: 2017 [EB/OL]. (2017-12-28) [2018-02-20]. https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Brasilia_Brazil_12-28-2017.pdf.

[23] 郑庆伟. 巴西多措并举推动转基因作物发展[J]. 农药市场信息, 2016(16): 44.

[24] 詹琳. 全球转基因作物商业化进展情况及有关问题的分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.

[25] 祁潇哲, 贺晓云, 黄昆伦. 中国和巴西转基因生物安全管理比较[J]. 农业生物技术学报, 2013, 21(12): 1498-1503.

[26] de Sousa G D, de Melo M A, Kido E A, et al. The Brazilian GMO regulatory scenario and the adoption of agricultural biotechnology [R]. The World of Food Science, 2013.

[27] 徐琳杰, 刘培磊, 熊鹏, 等. 国际上主要国家和地区农业转基因产品的标识制度[J]. 生物安全学报, 2014, 23(4): 301-304.

[28] 孙静. 美日欧转基因食品安全管理对我国的借鉴[J]. 蚌埠学院学报, 2014, 3(1): 100-103.

[29] 王灿. 中国是怎么进行农业转基因生物安全管理的[EB/OL]. (2017-05-08) [2018-10-08]. <http://news.163.com/17/0505/19/CJMQ4D45000187VE.html>.

[30] 农业部农业转基因生物安全管理办公室. 农业转基因生物安全管理条例(2017年10月7日修订版)[EB/OL]. (2017-12-22) [2018-10-08]. http://www.moa.gov.cn/ztzl/zjyqwgz/zcfg/201007/t20100717_1601306.htm.

[31] 芦骞. 我国转基因主粮产业化的困难[J]. 中国粮食经济, 2012(6): 25-27.

[32] 薛达元. 转基因生物安全离不开公众参与[J]. 中国改革, 2010(4): 82-83.

[33] 谭涛, 陈超. 我国转基因农产品生产、加工与经营环节安全监管: 政策影响与战略取向[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2011, 11(3): 132-137.

[34] 秦向东. 消费者行为实验经济学研究: 以转基因食品为例[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2011.