

转基因植物及其产品的应用价值和安全风险展望

梁 靛*, 李毅然

(陕西出入境检验检疫局, 西安 710068)

摘 要: 随着转基因工程的飞速发展和转基因作物的种植推广, 转基因植物及其产品逐渐深入人们的生活。本文介绍了转基因植物及其产品的应用价值和安全风险, 从备受争议的环境和食品安全角度进行阐述, 转基因植物的种植可能导致基因漂流、自然生物种群变化、病毒异源重组等环境影响, 还可能产生过敏源、转基因作物抗性等威胁人类健康的不利影响。此外本文列举了各个国家关于转基因植物安全管理的相关法律法规, 从安全风险监管角度出发, 介绍了转基因食品的检测方法, 并对转基因植物及其产品的安全风险管理提出了建议。

关键词: 转基因植物; 检测技术; 安全风险

Application value and safety risk expectation of transgenic plants and their products

LIANG Liang*, LI Yi-Ran

(Shaanxi Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Xi'an 710068, China)

ABSTRACT: Along with the rapid development of transgenic engineering and the transgenic crops cultivation, the genetically modified crops and their products are more in-depth in people's life. This paper mainly introduced the application value and safety risk of transgenic crops and their products. From a environment and food safety controversial point of view, it was discussed from the cultivation of transgenic plants leading to the environmental problems, i.e. gene drift, natural population changes and heterologous recombinant virus. Moreover, the transgenic plants could produce allergens, transgenic crops resistance and other adverse effects to human health. In addition, this paper listed the laws and regulations of the safety management relevant to transgenic plants. From aspect of safety risk supervision, the detective methods of transgenic food and suggestions about the safety risk management were also put forwarded.

KEY WORDS: transgenic plants; detection technology; safety risk

1 引 言

基因, 是具有遗传效应的 DNA 片段, 记录着生物的遗传信息, 是控制生物体性状的基本单位, 因此又叫作遗传因子。1969 年科学家成功分离出世界上第一个基因。随着科学技术的迅猛发展, 1983 年人类首次培育出世界上第一个转基因植物, 慢慢地转基因植物产品便充满了人们的生

活^[1]。所谓的转基因植物是以分子遗传学为理论基础, 以分子生物学和微生物学的现代方法为手段, 通过离体构建重组 DNA 分子并将其转入受体植物细胞基因组中, 从而获得目的基因性状的植物。转基因植物研发的目的一方面是使种植的植物具有抗虫性, 另一方面还可能是为了抗旱、抗盐碱地等恶劣生长环境, 从而来提高作物产量等。转基因食品是在转基因技术的基础上以转基因生物原材料

*通讯作者: 梁靛, 农艺师, 主要研究方向为植物检疫及植物产品转基因检测。E-mail: liangliang20042230@163.com

*Corresponding author: LIANG Liang, Agro-technician, Shaanxi Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Xi'an 710068, China. E-mail: liangliang20042230@163.com

加工制成的^[2]。转基因植物食品是其中之一,此外还包括转基因动物食品和转基因微生物食品。由于技术所限,目前转基因植物食品的发展远远领先于其他2类食品^[3]。

2 转基因植物及其产品的应用价值

转基因植物问世30多年来,植物转基因技术发展迅速。成功的转基因植物已达60多种,在世界上批准进入田间试验的转基因植物已超过500例,截至2014年全球转基因植物种植面积达1.82亿 hm^2 ^[4,5,6]。目前,全球有27个国家种植转基因植物,其中19个为发展中国家,8个发达国家。美国是世界最大的转基因植物种植国,平均种植率达90%。我国的转基因植物种植面积排在世界第6,主要种植转基因棉花和转基因抗病毒木瓜。其他被世界各地大规模种植的转基因植物还有大豆、棉花、玉米和油菜等,其他产业化的植物还有水稻、马铃薯、苜蓿、甜菜、番茄等。转基因植物在提高作物产量、改善作物品质、减少农药使用量等方面发挥着重要作用^[7-9]。例如转植酸酶玉米品系可以解决动物对玉米饲料的磷元素吸收,消除玉米饲料的植酸抗营养作用,减少磷在环境中的排放;高抗鳞翅目害虫转基因水稻品系具有抗病虫害功能,可提升产量,减少农药施用量,缓解农药使用后的环境污染;双价转基因抗虫棉具有稳定持久的抗虫性,增产潜力大等;将多种病毒的外壳基因导入烟草、番茄、马铃薯等多种作物中,不同程度上可减轻植物的病症;将高分子量谷蛋白亚基(HMW)基因导入小麦,可以提高烘烤品质;将水仙中的部分基因转移到水稻中,生产的大米富含 β -胡萝卜素,有益于人体合成维生素A,以防儿童失明和贫血症等。显而易见,转基因植物的种植在农业产业结构变化上发挥了巨大作用。从经济效益角度来看,据推测,1996~2015年全球转基因植物将为全世界的农民累计增收超过1700亿美元,累计粮食增产将超过5.7亿吨^[6]。

总体来说转基因植物的应用可分为食用、药用和工业用途。食用主要是由转基因植物加工成食品或者动物饲料。药用主要用来生产重组蛋白,以人类及动物疫苗为主。在转基因植物中成功表达的用于疫苗研究的病原基因主要包括:乙型肝炎表面抗原(HBsAg)基因、大肠杆菌热敏肠毒素B亚单位(LT-B)基因、狂犬病病毒糖蛋白(G蛋白)基因、口蹄疫病毒(VP1)基因、轮状病毒基因等^[10-13]。近年来,利用转基因植物表达的重组疫苗还有在番茄中表达Norwalk病毒衣壳蛋白和口蹄疫病毒多聚蛋白及蛋白酶;在烟草中表达结核菌抗原和新城疫病毒血凝素以及SARS冠状病毒蛋白;在大麦中表达鸟甲型流感病毒血凝素;在甜菜中表达结肠直肠癌相关抗原等^[14-22]。工业用途主要是用作生物燃料或者利用转基因植物的代谢物生产化工原料。瑞士研制的转基因玉米Event3272内的微生物 α -淀粉酶能迅速将淀粉分解为糖,可以用来生产乙醇。我国研究培育的高油高

芥酸能源油菜新品系含油量在50%以上,可作为生物柴油行业的原料使用^[23]。

3 转基因植物及其产品的安全风险

近年来转基因植物的环境和食品安全问题引起了国际社会的广泛关注。英国有报道称转基因植物可能不利于蜜蜂的生存和发展。某些具有抗病虫害能力的转基因植物通过花卉驱赶或杀灭害虫的同时也可能通过花朵损害蜜蜂,使蜜蜂患病,数量逐渐减少^[24]。转基因植物对环境产生的影响还体现在物种遗传多样性方面。由于转基因植物没有经过自然选择和遗传进化,转基因植物一旦释放到自然环境中,将会受自然群体中遗传结构的影响,通过与其有亲缘关系的同属植物的种内传播扩散,造成基因漂移^[24,25]。超级杂草就是通过基因漂移,使野生近缘种杂草的遗传信息受到抗除草剂转基因植物的基因污染,而获得具有抗除草剂的特性,难以治理。另外,转基因植物还可能引发植物病毒之间的异源重组,导致由新病毒而致新的危害,可造成病毒传播途径的改变以及病毒危害症状的加重^[26]。引发争议主要还是关于转基因食品的安全风险性。转基因植物的食品安全问题主要集中在过敏性蛋白、标记基因以及其它不可预见的种种可能影响到人类健康的因素^[27-32]。首先,转基因植物的所转基因、外源目的基因可能含过敏蛋白而影响人类健康。其次,标记基因通常与抗生素有关。当标记基因长期在人体内积聚也可能通过基因漂移转给人体肠道细菌或上皮细胞,导致人体及肠道细菌对抗生素的抗性增强。再次,转基因植物食品是否会由于目的基因的插入而产生不利于人类健康的蛋白或次生代谢物,都是不可预见的。

4 转基因食品检测方法

目前,虽然还没有足够证据能证明转基因食品会对人类健康造成危害,但是其安全隐患还是颇具争议。自2000年开始欧盟等40多个国家和地区开始纷纷建立转基因产品市场准入和标识管理制度,要求对转基因食品进行监管。为保障农产品进出口国际贸易能够顺利进行,转基因检测技术逐渐成熟,发挥着重要作用。

转基因食品检测主要包括核酸和蛋白质检测。(1)核酸检测方法主要有定性PCR、定量PCR、印迹法、基因芯片技术、恒温扩增技术、生物传感技术、数码PCR等。定性PCR法是针对外源基因的启动子、终止子来设计引物,经PCR反应对待测食品DNA样本进行扩增,经凝胶电泳分析靶标PCR产物的有无。具有灵敏度高,检测范围广等优点。但由于灵敏度高,所以易出现假阳性结果,目前广泛用于样品初筛。定量PCR法弥补了定性PCR法的不足,具有能实现多重反应,无污染,实时和准确等特点。印迹法是模板DNA经酶切、凝胶电泳分离、转膜等步骤后,再用标

记的单链 DNA 探针杂交检测的一种技术。但其过程复杂, 成本高, 对实验条件要求也较高。基因芯片技术是转基因食品检测的前沿, 能一次性单独分析样品中大量的不同种类的转基因物。由于造价高, 故应用阻力较大。恒温扩增技术检测限可达 0.01%, 甚至可检测到单拷贝的目的序列。该方法更加快速灵敏, 且不需要昂贵的 PCR 仪及电泳设备, 还可与核酸试纸条技术结合, 建立可视化、快速、灵敏、特异的检测方法。缺点是引物的设计较复杂, 易发生交叉感染。生物传感器技术是将生物识别元件和信号转换元件相结合来检测目标化合物的分析装置。具有高选择性、响应快、操作简单等优点。缺点是稳定性、重现性和使用寿命等受限制^[33-44]。(2) 蛋白质检测方法包括 ELISA、测流型免疫测定、蛋白质印迹法和试纸法等。ELISA 和试纸法是利用抗原抗体的特异性反应来进行判断, 操作简单, 适用于初筛。由于加工过的食品蛋白质容易失活, 所以 ELISA 只适用于原料性食品的检测。测流型免疫测定方法是建立在一种膜支持物上, 标识过的抗原-抗体复合物侧向迁移, 与一种固定表面上的抗体结合, 此法操作简单。蛋白质印迹法是将电泳分离、抗原抗体特异性结合及酶显色反应三者结合用以检测复杂混合物中特异的目的蛋白质, 可用于不可溶蛋白质的分析。其他转基因食品检测方法还有色谱、毛细管电泳、近红外波谱等^[44-47]。

5 各国转基因植物安全管理的法规制度

2000 年 62 个国家联合签署了《卡塔赫纳生物协定书》, 2001 年 130 个国家联合签订了《生物安全议定书》。美国管理转基因产品的法律法规包括《联邦食品、药品、化妆品法》、《植物保护法》、《关于生物技术食品上市前公告的建议》、《转基因食品知情权法案》、《转基因生物责任法案》、《转基因食品管理草案》、《基因工程安全法》等。美国的《生物技术管理协调大纲》规定了转基因产品的监管部门主要有农业部、环境保护局等 5 个部门, 他们之间既独立运作又相互配合^[48]。欧盟国家对转基因技术本身监管严格, 所以对转基因产品的立法尤为注重对环境的影响。主要法令包括欧盟 1990/220 指令、2001/18 指令、2004/35 指令。这些法律要求转基因植物的种植必须经过环境风险评估, 确保对环境无影响才能获得许可。对转基因种子的要求更为严格, 必须经过科学论证、评估和审批, 确保对人类及动植物健康、环境安全无影响才能得到许可。欧盟对转基因产品采取严格的风险监管措施, 并且给予公众对转基因产品更多的知情权。日本对转基因种子有完善的法律体系, 包括《种苗法》、《主要农作物种子法》、《农作物检查法》等, 有效的对各个环节进行监管。日本还通过《规制转基因生物保护生物多样性法》加大对转基因种子相关企业的自我监管^[49]。

20 世纪末我国有了关于转基因产品的管理制度。1996

年 7 月开始实施《农业生物基因工程管理实施办法》; 2001 年 5 月国务院颁布了《农业转基因生物安全管理条例》; 2002 年卫生部发布了《转基因食品卫生管理办法》; 同年, 农业部发布了《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》。2004 年国家质检总局颁布了《进出口转基因产品检验检疫管理办法》。2007 年农业部转基因生物管理办公室编写了《转基因植物安全评价指南》。2007 年 6 月~2008 年 9 月, 农业部连续发布了 41 项转基因植物检测标准。以上规章的制定都是为了规范转基因植物的生产、检测, 以对其进行有效的风险管理^[50]。

6 转基因植物及其产品的安全风险

如前所述, 关于转基因植物及其产品的安全风险还没有太多的试验研究成果能证明其能够对生态环境和人类健康造成巨大影响。但不意味着转基因植物及其产品不存在潜在的风险, 仍需继续加强科学研究。

1) 加强建立转基因植物及其产品安全管理的法规制度。对转基因植物及其产品的标识方法、检测、风险评估程序、风险管理措施等进行规定。

2) 要长期对转基因植物的生态效应进行监测。利用短期、小规模试验积累评价数据, 以对环境风险进行分析。

3) 建立健全转基因植物及其产品检测体系。加强各地区实验室检测技术研究和标准化工作的开展, 确保监控工作的科学性、权威性和公正性。大部分商业化的转基因作物如大豆、玉米、马铃薯等都已经有了抗病毒、抗虫及除草剂基因等检测标准, 但转基因花卉、水果和林木的相关检测标准还很少, 有待于制定。

7 结 语

转基因技术在生物科学、生产实践、动植物育种等方面发挥了巨大作用。应该正确评价其对人类和社会产生的影响, 让转基因技术在解决人类农业和生态环境、医学、物种等方面问题上发挥有益作用。

参 考 文 献

- [1] 张启发. 转基因作物: 研发、产业化、安全性与管理[J]. 中国大学教学, 2003, 3: 35-40.
Zhang QF. Genetically modified crops: research and development, industrialization, security and management [J]. Chin Univ Teaching, 2003, 3: 35-40.
- [2] 唐德强. 转基因食品的发展概况及其安全性[J]. 食品研究与开发, 2004, (1): 93-95.
Tang DQ. Developmental Summarization and Safety of Transgenic Food [J]. Food Res Dev, 2004, (1): 93-95.
- [3] 孟书燕. 转基因食品及其安全性评价研究现状[J]. 农学学报, 2015,

- 5(5): 89–93.
- Meng SY. Research status of genetically modified food and its safety assessment [J]. *J Agric*, 2015, 5(5): 89–93.
- [4] 万建民, 黎裕. 高效、安全、规模化转基因技术: 机会与挑战[J]. *中国农业科学*, 2014, 47(21): 4139–4140.
- Wan JM, Li Y. Efficient, safe and large-scale transgenic technology: opportunities and challenges [J]. *Sci Agric Sin*, 2014, 47(21): 4139–4140.
- [5] 尹明智, 李桐. 共转化法及其在转基因植物研究中的应用[J]. *作物研究*, 2008, 22(5): 305–309.
- Yin MZ, Li X. co-transformation and its application in the study of transgenic plants [J]. *Crop Res*, 2008, 22(5): 305–309.
- [6] 盛耀, 贺晓云, 祁潇哲, 等. 转基因植物食用安全评价[J]. *保鲜与加工*, 2015, 15(4): 1–7.
- Sheng Y, He XY, Qi XZ, *et al.* Food safety assessment of genetically modified plants [J]. *Storage Process*, 2015, 15(4): 1–7.
- [7] 王鹏, 赵强, 刘蕾, 等. 植物源杀虫基因在作物育种中的应用[J]. *山东农业科学*, 2007, 2: 16–20, 36.
- Wang P, Zhao Q, Liu L, *et al.* Application of insect-resistant genes from the plant to crop breeding [J]. *Shandong Agric Sci*, 2007, 2: 16–20, 36.
- [8] 侯丙凯, 陈正华. 植物杀虫基因工程研究进展[J]. *植物学通报*, 2000, 17(5): 385–393.
- Hou BK, Chen ZH. Progress of anti-insect genetic engineering of plants [J]. *Chin Bull Botany*, 2000, 17(5): 385–393.
- [9] 严萍, 赵树进. 转基因技术在植物抗体上的应用[J]. *生命的化学*, 2006, 26(1): 20–22.
- Yan P, Zhao SJ. The application of transgenic plant to plantibody [J]. *Chem Life*, 2006, 26(1): 20–22.
- [10] 梅晓宏, 许文涛, 贺晓云, 等. 新型转基因植物及其食用安全性评价对策研究进展[J]. *食品科学*, 2013, 34(5): 308–312.
- Mei XH, Xu WT, He XY, *et al.* Research progress in countermeasures of food safety assessment to new type of genetically modified plants [J]. *Food Sci*, 2013, 34(5): 308–312.
- [11] Kumer GB, Srinivas L, Ganapathi TR, *et al.* Expression of hepatitis B surface antigen in transgenic banana plants [J]. *Planta*, 2005, 222(3): 484–493.
- [12] Shekhawat UKS, Ganapathi R, Kumer GB, *et al.* Sucrose-inducible expression of hepatitis B surface antigen using potato granule-bound starch synthase promoter [J]. *Plant Biotechnol Rep*, 2007, 1(4): 199–296.
- [13] Karaman S, Gunnick J, Wang K. Analysis of immune response in young and aged mice vaccinated with com-derived antigen against *Escherichia coli* heat-labile enterotoxin [J]. *Mol Biotechnol*, 2006, 32(1): 31–42.
- [14] Sun M, Qian K, Su N, *et al.* Foot-and-mouth disease virus VP1 protein fused with cholera toxin B subunit expressed in *Ghلامydomonas reinhardtii* chloroplast [J]. *Biotechnol Lett*, 2003, 25(13): 1087–1092.
- [15] dos Santos MJ, Wigdorovitz A, Trono K, *et al.* A novel methodology to develop a foot and mouth disease virus(FMDV)peptide-based vaccine in transgenic plants [J]. *Vaccine*, 2002, 20 (7/8): 1141–1147.
- [16] Li HY, Ramalingam S, Chye ML. Accumulation of recombinant SARS-CoV spike protein in plant cytosol and chloroplasts indicate potential for development of plant-derived oral vaccines [J]. *Exp Biol Med*: Maywood, 2006, 231(8): 1346–1352.
- [17] Zhang X, Buehner NA, Hulson AM, *et al.* Tomato is a highly effective vehicle for expression and oral immunization with Norwalk virus capsid protein [J]. *Plant Biotechnol*, 2006, 4(4): 419–432.
- [18] Dorokhov YL, Sheveleva AA, Frolova OY, *et al.* Superexpression of tuberculosis antigens in plant leaves [J]. *Tuberculosis: Edimb*, 2007, 87(3): 218–224.
- [19] Bruchmuller A, Marthe C, Hensel G, *et al.* Expression of influenza A(H5N1)vaccine in barley grains for oral bird immunization [J]. *Verbraucherschutz Lebensmittelsicherheit*, 2007, 2(Suppl 1): 118.
- [20] Pan I, Zhang Y, Wang Y, *et al.* Foliar extracts from transgenic tomato plants expressing the structural polyprotein,P1-2A,and protease,3G,from foot-and-mouth disease virus elicit a protective response in guinea pigs [J]. *Veter Immunol Immunopathol*, 2008, 121(1/2): 83–90.
- [21] Brodzik R, Spitsin S, Golovkin M, *et al.* Plant-derived EpCAM antigen induces protective anti-cancer response [J]. *Cancer Immunol Immunother*, 2008, 57(3): 317–323.
- [22] Perea AI, Loza RE, Rojas AE, *et al.* Expression of the rabies virus nucleoprotein in plants at high-levels and evaluation of immune responses in mice [J]. *Plant Cell Rep*, 2008, 27(4): 677–685.
- [23] 陆艳婷. 转基因超高油油菜新品系的选育与产业化对策[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- Lu YT. Breeding and industrialization strategy of transgenic high oil rape varieties [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004
- [24] 骆飞, 田娜. 试论转基因植物对遗传多样性的影响[J]. *科技创业月刊*, 2014, 1: 155–156, 159.
- Luo F, Tian N. The effect of transgenic plants on genetic diversity [J]. *Pioneering Sci Technol Mon*, 2014, 1: 155–156, 159.
- [25] 张永军, 吴孔明, 彭于发, 等. 转基因植物的生态风险[J]. *生态学报*, 2002, 22(11): 1951–1959.
- Zhang YJ, Wu KM, Peng YF, *et al.* The ecological risks of genetically engineered plants [J]. *Acta Ecologica Sin*, 2002, 22(11): 1951–1959.
- [26] 莽克强. 转基因植物的生物安全性的商榷[J]. *生物工程进展*, 1996, 16(4): 2–6.
- Mang KQ. Discussion on the biological safety of genetically modified plants [J]. *Biological Eng Progress*, 1996, 16(4): 2–6.
- [27] 李志亮, 吴忠义, 王刚, 等. 转基因食品安全性研究进展[J]. *生物技术通报*, 2005, (3): 1–4.
- Li ZL, Wu ZY, Wang G, *et al.* Advancement of the safety of genetically modified food [J]. *Biotechnol Bull*, 2005, (3): 1–4.
- [28] 贾士荣. 转基因植物的环境及食品安全性[J]. *生物工程进展*, 1997, 17(6): 37–42.
- Jia SR. Environment and food safety of genetically modified plants [J]. *Biol Eng Prog*, 1997, 17(6): 37–42.
- [29] 李永春, 王静英, 尹钧, 等. 转基因作物的生物安全性分析[J]. *安徽农业科学*, 2006, 34 (23): 6077–6078.
- Li YC, Wang JY, Yin J, *et al.* Analysis of the bio-safety of transgenic plants [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2006, 34(23): 6077–6078.
- [30] 马祥建, 郝德荣. 转基因植物的安全性问题及其解决途径[J]. *江苏农业科学*, 2011, 39(6): 501–504.
- Ma JX, Hao DR. Safety problems and their solutions of genetically modified plants [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2011, 39(6): 501–504.
- [31] 张丽霞, 刘慧. 转基因生物安全性新探[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(3): 678–679.
- Zhang LX, Liu H. Discussion on the security of transgenic organism [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2007, 35(3): 678–679.

- [32] 史梅娟. 转基因作物的现状和对策[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(9): 63, 80.
Shi MJ. Current situation and countermeasures of genetically modified crops [J]. Anhui Agric Sci Bull, 2010, 16(9): 63, 80.
- [33] Singh OV, Ghai S, Paul D, *et al.* Genetically modified crops: success, safety assessment, and public concern [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2006, 71(5): 598–607.
- [34] Craig W, Tepfer M, Degross G, *et al.* An overview of general features of risk assessments of genetically modified crops [J]. Euphytica, 2008, 164(3): 853–880.
- [35] Shelton AM, Zhao JZ, Roush RT. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of bt transgenic plants [J]. Ann Re Entomol, 2002, 47(1): 845–881.
- [36] Reuter H, Middelhoff U, Graef F, *et al.* Information system for monitoring environmental impacts of genetically modified organisms [J]. Environ Sci Pollut Res, 2010, 17: 1479–1490.
- [37] Dona A, Arvanitoyannis IS. Health risks of genetically modified foods [J]. Critical Rev Food Sci Nutr, 2009, 49: 164–175.
- [38] Key S, Ma JK, Drake PM. Genetically modified plants and human health [J]. J R Soc Med, 2008, 101: 290–298.
- [39] Malatesta M, Caporaloni C, Rossi L, *et al.* Ultrastructural analysis of pancreatic acinar cells from mice fed on genetically modified soybean [J]. J Anat, 2002, 201: 409–415.
- [40] Malatesta M, Caporaloni C, Gavaudan S, *et al.* Ultrastructural morphometrical and immunocytochemical analyses of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean [J]. Cell Struct Funct, 2002, 27: 173–180.
- [41] Malatesta M, Biggiogera M, Manuali E, *et al.* Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on genetically modified soybean [J]. Eur J Histochem, 2003, 47: 385–388.
- [42] Vecchio L, Cisterna B, Malatesta M, *et al.* Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean [J]. Eur J Histochem, 2004, 48: 449–454.
- [43] Brake DG, Evenson DP. A generational study of glyphosate-tolerant soybeans on mouse fetal, postnatal, pubertal and adult testicular development [J]. Food Chem Toxicol, 2004, 42: 29–36.
- [44] 王庆华, 吕振岳, 黄东东. 转基因食品及其检测技术的发展现状[J]. 粮油加工与食品机械, 2002, (3): 35–37.
Wang QH, Lv ZY, Huang DD. Genetically modified food and detection technique [J]. Mach Cereals Oil Food Process, 2002, (3): 35–37.
- [45] 陈颖, 葛毅强, 苏宁, 等. 食品中转基因成分检测方法的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(6): 82–86.
Chen Y, Ge YQ, Su N, *et al.* Progress of detection methods for genetically modified food [J]. Food Ferment Ind, 2003, 29(6): 82–86.
- [46] 邵碧英, 陈文炳, 江树勋, 等. 转基因产品检测方法概述[J]. 生物技术通讯, 2004, 15 (5): 516–518.
Shao BY, Chen WB, Jiang SX, *et al.* The summarization of the detection methods of genetically modified products [J]. Lett Biotechnol, 2004, 15(5): 516–518.
- [47] 吴清平, 董晓晖, 张菊梅, 等. 转基因食品检测技术研究进展[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(10): 1910–1911.
Wu QP, Dong XH, Zhang JM, *et al.* Research progress of detection technology of genetically modified food [J]. Chin J Health Lab Technol, 2007, 17(10): 1910–1911.
- [48] 陈俊红. 美国转基因食品安全管理体系[J]. 中国食物与营养, 2004, (8): 17–19.
Chen JH. The safety management system of transgenic food in america [J]. Food Nutr China, 2004, (8): 17–19.
- [49] 南海燕. 发达国家转基因产品安全法规对我国相关立法的启示[J]. 河南工业大学学报(社会科学版), 2015, 11(1): 24–28.
Nan HY. The enlightenment of GMO safety regulations in developed countries to the relevant legislation in China [J]. J Henan Univ Technol: Soc Sci Ed, 2015, 11(1): 24–28.
- [50] 黄大昉. 关于植物生物技术的发展与思考[J]. 中国农业科技导报, 2002, 4(1): 61–64.
Huang DF. Development and thinking of plant biotechnology [J]. Chin J Agric Sci Technol, 2002, 4(1): 61–64.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



梁 靓, 农艺师, 主要研究方向为植物检疫及植物产品转基因检测。
E-mail: liangliang20042230@163.com