

◆ 专论:转基因与农药(特约稿) ◆

农业转基因作物发展对农药的影响

叶纪明

(农业农村部科技发展中心,北京 100176)

摘要:由于生物技术的快速发展,抗虫及耐除草剂等转基因作物越来越多地进入商业化应用阶段,在一定程度上改变了传统的病虫害防治方法,对我国农药产业产生了相应的影响。本文从我国转基因农作物研究政策、转基因农作物管理及发展趋势,转基因农作物种植对农药使用量、品种结构、产业融合等方面的影响等多个角度综述了转基因作物种植对我国农药产业的影响。本文也指出转基因抗虫棉花的推广种植使得我国杀虫剂的用量逐年降低,而未来耐除草剂转基因大豆和玉米的逐步推广,草甘膦和草铵膦使用量将快速增长。农业转基因作物的发展必将对农药行业 and 产业带来一场新的变革,农药企业应顺应市场变化,不断调整和创新发展战略。

关键词:转基因作物;产业化;产业链整合;农药

中图分类号:S-1 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2023.01.001

Effects of the Development of Agricultural Genetically Modified Crops on Pesticides

YE Jiming

(Development Center for Science and Technology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, Beijing 100176, China)

Abstract: Due to the rapid development of biotechnology, insect-resistant and herbicide-resistant genetically modified (GM) crops have increasingly entered the stage of commercial application, which have changed the traditional pest control methods to a certain extent, and had a corresponding impact on our pesticide industries. In this paper, the effect of GM crops planting on pesticide industry in China was reviewed from different aspects of research policy, management and development trend of GM crops, together with the effect of GM crop planting on pesticide usage, variety structure and industrial integration, etc.. The paper also pointed out that the popularization and planting of insect-resistant GM cotton resulted in the decreased usage of insecticide year by year, while the usage of glyphosate and glufosinate ammonium will increase rapidly with the gradual promotion of herbicide-tolerant GM soybean and corn in the future. The development of agricultural GM crops will certainly bring a new change to the pesticide industry. Pesticide enterprises should adapt to market changes and constantly adjust and innovate development strategies.

Key words: genetically modified crop; industrialization; industry chain integration; pesticide

农药是农业生产中重要的生产资料,其在防治病虫草鼠等引起的农业灾害,促进农业增产增收等方面发挥着不可替代的作用^[1]。然而,农药的长期大量不规范使用会对农产品安全和生态环境带来严重威胁^[2]。如何科学规范使用农药,提高农产品安全性和有效保护生态环境是当代农业现代化发展的关键问题。

转基因技术作为一项先进的生物科学技术,将其应用于农业生产中可以显著改善作物的生长性状、提高作物产出量和生长率,目前已成为现代农业中应用较为广泛的技术手段^[3]。随着转基因技术在农业领域应用研究的不断深入,科学家们开始将微生物中的杀虫基因转入农作物中,使该作物具有杀虫功效,从而减少农药的大量使用,以此来解决

收稿日期:2022-12-23

作者简介:叶纪明(1963—),男,上海人,硕士,研究员,主要从事农业转基因生物安全管理研究工作。E-mail: yejiming@agri.gov.cn

农药带来的环境污染及农产品中农药残留等问题,同时又能降低农业生产成本,保护生态环境,提高农产品的市场竞争力。1983年,首例转基因烟草成功培育^[4];1996年,美国相关公司开发的转基因作物获得政府批准并开始商业化种植^[5]。随后,苏云金芽胞杆菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)基因被成功转入棉花^[6]、大豆^[7]和水稻^[8]等多种作物,抗虫效果非常显著。与此同时,转基因耐除草剂作物的开发成功,又使得转基因作物得到快速发展,给农业生产带来了颠覆性变革^[9]。目前,转基因农作物性状和品种不断推陈出新,已由第一代抗虫、耐除草剂单一或复合性状,第二代既能抗鳞翅目害虫(棉铃虫、玉米螟等),又能抗鞘翅目害虫(玉米甲虫等)性状以及耐更多种类除草剂(草甘膦、草铵膦、麦草畏和2,4-D类等)性状,向着第三代高产、抗逆、高品质等新性状和基因编辑产品的方向发展。转基因技术已成为新的农业科技革命的强大动力和科技创新的重要方向,其大规模应用已成为提高农业生产力和促进农业技术发展的必然。

1 我国转基因农作物研发、管理及发展趋势

1.1 转基因作物研发政策

我国一贯高度重视农业转基因技术发展,坚持把发展转基因作物作为增强产业核心竞争力、把握产业发展主动权的国家重大科技战略决策。我国也是开展农业转基因技术研究起步较早的国家之一。1986年起,我国相继启动“863计划”和“973计划”,不断推进转基因技术和产品的发展。2008年,国家转基因生物新品种培育重大专项启动,充分体现了中央对转基因的高度重视,也研发出一批新基因和新作物^[10]。2009年,国务院办公厅印发《促进生物产业加快发展的若干政策》,要求“加快把生物产业培育成为高技术领域的支柱产业和国家的战略性新兴产业”^[11]。2010年,生物育种被列入国家战略性新兴产业^[12]。2020年,生物育种被列为前沿八大领域之一,首次提出“解决好种子和耕地问题”,坚决打好种业翻身仗^[13]。

1.2 农业转基因生物管理

我国建立了一整套规范严谨,适合我国国情并与国际接轨的转基因生物安全法规体系和技术管理规范,涵盖了转基因实验研究、田间(室外)试验、生产应用、加工、经营、进口以及产品标识等各环节^[14]。2001年5月,国务院颁布了《农业转基因生物安全管理条例》,农业部也相继出台了《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》《农业转基因生物加工审批办法》4个配套规章^[14]。这些规章制度的实施使我国农业转基因生物管理更加法制化和规范化。此外,我国先后建立了国家农业转基因生物安全委员会和国家农业转基因生物安全标准化技术委员会。前者由不同部门推荐的70多位专家组成,负责对转基因生物进行科学、系统和全面评估,主管部门对通过评审的单位发放《农业转基因生物安全证书》;后者主要负责农业转基因生物安全标准立项审查、标准审定等工作,截至2022年12月,我国已发布252项转基因生物安全标准。

1.3 农业转基因生物产业化发展趋势

截至2021年底,我国先后批准发放了8种农作物的生产应用安全证书,包括耐储存番茄、抗虫棉、改变花色矮牵牛、抗病甜椒、抗病番木瓜、抗虫水稻、抗虫耐除草剂玉米和耐除草剂大豆,但只有转基因抗虫棉和抗病番木瓜被批准用于商业化种植。其中,抗虫棉的商业化种植规模较大。目前已培育的转基因抗虫棉有197个新品种,累计推广0.31亿hm²,减少棉花上杀虫剂使用量70%以上^[15-16]。依照《根据种子法规定》,已获得生产应用安全证书的2个转基因水稻品种、11个转基因玉米品种和3个转基因大豆品种均需在取得品种审定和种子经营许可证后,才能进行商业化种植。为进一步完善我国转基因作物产业化的法规体系,国家农作物品种审定委员会在2022年6月印发了《国家级转基因大豆品种审定标准(试行)》和《国家级转基因玉米品种审定标准(试行)》,在相应的非转基因品种审定标准基础上增加了转基因品种的抗虫和耐除草剂等目标性状的规定。目前,我国正不断扩大转基因大豆和玉米的产业化应用试点。试点转基因品种特性优良,节本增效优势明显,对我国转基因大豆和玉米的产业化发展具有里程碑式的意义。

2 转基因作物种植对农药产业的影响

2.1 转基因作物种植使用农药量下降

抗虫性状是转基因农作物研发并获得功效的重要目标之一,随着克隆技术的研究发展和深入,转入Bt基因,产生不同蛋白等,从而获得越来越多的产品。同样转入耐草甘膦等基因的作物品种也不断增加,可以有效解决杂草防控中的药害、防效和农药成本等问题。具有抗虫、耐除草剂特性的转基因新作物一旦被推广应用,由于其抗虫(主要为鳞翅

目昆虫)、除草效果好,大量减少了农药使用和劳动力成本,确保农作物稳产,提高了农产品品质,推广速度呈几何级增长趋势,在世界农产品市场中具有极强竞争力,因而受到广大种植者的欢迎,与之对应的传统作物(非转基因作物)的种植需求下降,显然对农药产业,特别是在该作物上使用的杀虫剂、除草剂产生了很大程度的影响。由于转Bt基因抗虫棉在全球范围内的广泛种植,全球杀虫剂用量逐年减少。据美国相关研究报告显示,在1996—2008年期间,随着抗虫棉种植面积的增加,单位面积杀虫剂用量由1996年的1.80 kg/hm²,下降到2008年的0.63 kg/hm²,抗虫棉的种植面积扩大与杀虫剂用量减少呈高度相关性^[16]。另有研究发现,种植抗虫玉米和抗虫棉花,单位面积杀虫剂使用量比普通玉米和棉花减少50%~70%^[17]。据中国农药工业协会的数据显示,我国化学农药原药产量近5年呈逐年下降趋势。2020年化学农药产量年同比下降1.75%,农药使用量实现了“零增长”。

2.2 转基因作物种植对农药产品结构的影响

当前,在全球大规模种植的农作物中,大豆、棉花、玉米、油菜被称为4大转基因作物,其转基因种植比例分别高达78%、64%、26%和24%,主要性状是抗虫和耐除草剂,个别产品具有抗病、抗逆等优势。在抗虫方面,大多数转基因抗虫作物针对鳞翅目和鞘翅目害虫有较好的抗性;耐除草剂主要为耐草甘膦、草铵膦、麦草畏和2,4-D类等。水稻、小麦、水果、蔬菜等转基因作物尚在研发或评价中,因一些因素的限制,商业化种植还需要时间。

2.2.1 杀虫剂

我国是杀虫剂生产和使用量比较大的国家之一。用于常规作物的杀虫剂主要为拟除虫菊酯类,有机磷类、氨基甲酸酯类和生物类杀虫剂。目前,根据全球4大转基因作物种植国的经验分析,用于防治鳞翅目和鞘翅目害虫的杀虫剂已稀少。我国种植抗虫棉后,由于鳞翅目和鞘翅目害虫数量的减少,一些过去为次要害虫,如蚜虫、盲蝽、萤叶甲等成为新的主要害虫,因此菊酯类杀虫剂,如氯氰菊酯、高效氯氟氰菊酯和有机磷类杀虫剂辛硫磷、毒死蜱等已逐年减少,而防治蚜虫、盲蝽等的杀虫剂,如烟碱类杀虫剂吡虫啉、啉虫脒等将会增加。未来我国转基因大豆和玉米商业化种植后,用于防治玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)、棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)、黏虫(*Mythimna separata*)、草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)等杀虫剂的使用量将明显减少。

2.2.2 除草剂

在转基因作物大面积推广应用前,莠去津的使用量位列全球除草剂市场的首位,但自从耐草甘膦转基因作物大面积推广种植后,草甘膦的需求量就直线上升,草甘膦逐渐成为在全球范围内使用面积最广的除草剂品种^[18]。草甘膦是一种非选择性除草剂,又称“见绿杀”,最初主要用于非农及作物种植前或收割后防除杂草。随着转基因作物的逐渐普及以及草甘膦的广泛使用,抗草甘膦杂草也在选择中生存下来,成为所谓“超级杂草”。同时,对草甘膦致癌性的争论,导致一些国家禁止或限制使用。为了达到更好的除草效果,耐草铵膦、麦草畏、2,4-D类转基因作物相继研发成功,并与耐草甘膦性状复合,已被广泛种植。当前全球草甘膦的市场发展比较平稳,草铵膦的市场发展有一定增速,麦草畏、2,4-D类因使用技术等问题,没有达到预期使用量;转基因玉米、大豆、油菜田不再使用乙草胺、莠去津、烟嘧磺隆和苯达松等除草剂,市场销售量明显下降。我国是除草剂的主要生产国,自主研发的耐除草剂作物主要是耐草甘膦和草铵膦。近年来,草甘膦产量略有下降,草铵膦增速加快。未来我国转基因大豆和玉米等大规模商业化种植后,草甘膦、草铵膦使用量将有一个快速上涨预期,而一些常规除草剂,如乙草胺、莠去津等的使用量将会明显下降。

2.2.3 杀菌剂

抗病转基因作物研发比抗虫耐除草剂作物研发相对滞后,目前研发比较成功的是抗环斑病毒番木瓜。因种植面积有限,其对全球杀菌剂市场影响非常有限。然而,由于转基因作物的品种、种植结构、种植密度等发生变化,使得一些病害发生比常规作物更加严重。例如,玉米大斑病、锈病等,大豆花叶病毒病、锈病等。因此,近年来在全球杀菌剂市场中三唑类、甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的销量稳中有进。目前我国研发的转基因作物没有大规模引入抗病性基因,因而转基因作物的推广种植对杀菌剂市场的影响较为有限。

2.3 转基因作物种植促使农药、种子等全产业链整合

纵观世界农化巨头的历史发展,同时推进农化产品业务和种子业务是其共同特征。例如,先正达、孟山都、杜邦先锋、陶氏益农和拜耳等既是农化巨头公司,又是种子研发的佼佼者,而且农化产品与种子业务相互促进,不可分割。世界前三大转基因作物公司孟山都、杜邦先锋和先正达,均通过不断

壮大转基因种子研发能力,逐步实现了对除草剂、农药、化肥等上游产业的整合,同时还促进了饲料、农产品加工等下游产业的发展。转基因作物的种植在短时间内快速改变特定除草剂、杀虫剂和杀菌剂的供需关系。许多农药公司借机与转基因种子研发生产企业进行了合作和兼并重组,进而诞生了“转基因种子+农药”的新销售模式以及“种子生产+农药生产+服务”的新行业格局。随着孟山都、拜耳、陶氏和杜邦先锋等大型农药种子研发巨头公司的合并,国外的农药和种子行业整合格局已经完成。近年来,我国也逐渐形成了“种子+农药”的企业合并模式,最典型的例子就是中国化工收购了种子研发巨头先正达集团。2020年1月5日,中化集团和中国化工将旗下农业并入新设立的“先正达集团”。完成资产重组后的先正达集团包括先正达植保(运营总部位于瑞士巴塞尔)、先正达种子(运营总部位于美国芝加哥)、安道麦(运营总部位于以色列特拉维夫)和先正达集团中国(运营总部位于中国上海)四大业务单元。目前先正达集团业务已涵盖农药、化肥、种子和数字农业等业务,成为全球第一大植保公司、全球第三大种子公司以及中国化肥市场领导者。

3 总结与展望

根据本文的研究与分析,转基因作物的推广种植对农药产业的发展有着很大的影响。由于耕地面积的减少,人口增加对粮食产量的需求,农业现代化的发展趋势,转基因生物育种技术的不断发展和公众对转基因作物的认识提升,我国转基因农作物的种类和种植面积将逐渐增加,对农药产业发展既是机遇也是挑战。此外,由于转基因作物对农药的需求有指向性,农药产业的产品结构也在经历着巨变,产业整合速度加快。在当前激烈的竞争环境和多变的市场需要下,农药生产企业不仅要注重自主创新与研发,创新产业运营模式,不断加快产品升级,与转基因农作物的发展相适配,还需要积极顺应市场潮流,因势利导地做出调整。

参考文献

- [1] 潘兴鲁,董丰收,刘新刚,等.中国农药七十年发展与应用回顾[J].现代农药,2020,19(1):1-5;23.
- [2] 郭艳国,刘振江,潘兴鲁,等.我国农药残留快速检测技术研究进展及其发展趋势[J].现代农药,2022,21(6):1-5;18.
- [3] 廖炜.转基因作物种植的若干法规问题[J].分子植物育种,2022,20(24):8129-8133.
- [4] 杨欣.各国的转基因作物[J].百科知识,2010(8):16.
- [5] 胡楫.摆上餐桌的转基因植物食品[J].环境,2000(4):27.
- [6] 谢道昕,范云六,倪万潮,等.苏云金芽胞杆菌(*Bacillus thuringiensis*)杀虫晶体蛋白基因导入棉花获得转基因植株[J].中国科学(B辑 化学 生命科学 地学),1991(4):367-373.
- [7] 苏彦辉,王慧丽,俞梅敏,等.苏云金芽胞杆菌杀虫晶体蛋白基因导入大豆的研究[J].植物学报,1999,41(10):1046-1051.
- [8] 谢道昕,范云六,倪丕冲,等.苏云金芽胞杆菌杀虫基因导入中国栽培水稻品种中花11号获得转基因植株[J].中国科学(B辑 化学 生命科学 地学),1991(8):830-834.
- [9] 王琳权,王宽,李如男,等.我国转基因耐除草剂作物现状及目标除草剂登记管理要求[J].现代农药,2022,21(3):6-10.
- [10] 沈平,张明,李允静.我国转基因生物新品种培育安全管理的思考[J].沈阳农业大学学报(社会科学版),2010,12(1):43-45.
- [11] 中华人民共和国国务院办公厅.国务院办公厅关于印发促进生物产业加快发展若干政策的通知[J].青海政报,2009(19):15-18.
- [12] 佚名.发改委将生物育种纳入战略性新兴产业重点[J].北京农业,2011(29):52.
- [13] 佚名.2020年中央经济工作会议提出:要解决好种子和耕地问题[J].中国农资,2020(48):1.
- [14] 王友华,朱涛,梁成真,等.中国转基因安全监督管理体系规范[J].生命世界,2018(9):4.
- [15] 李静.转基因棉长期种植对土壤质量的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [16] 凌岗.浅谈转基因植物在我国农业上的应用现状及未来[J].上海农业科技,2020,4(6):10-13.
- [17] FERNANDEZ-CORNEJO J, WECHSLER S, LIVINGSTON M, et al. Genetically engineered crops in the United States [EB/OL]. (2014-02-11)[2020-07-24]. www.ers.usda.gov/publications/err-economicresearch-report/err162.aspx.
- [18] 岳荣生,程兴茹,李俊,等.全球抗草甘膦基因专利分析与技术展望[J].生物技术通报,2022,38(12):324-333.

(责任编辑:徐娟)

国境外植物疫情动态——烟芽夜蛾 *Heliothis virescens*

2023年1月,EPPO根据风险评估结果及口岸截获情况,将烟芽夜蛾*Heliothis virescens*添加入预警名单。烟芽夜蛾属鳞翅目Lepidoptera,夜蛾科Noctuidae,实夜蛾属*Heliothis*。目前,烟芽夜蛾主要分布在加拿大(安大略)、墨西哥、美国、哥斯达黎加、古巴、多米尼加共和国、阿根廷、玻利维亚、巴西、智利等美洲国家。有记录的寄主植物55种以上,包括番茄、棉花、大豆、甜瓜、菊花、葡萄等多种粮油和经济作物。烟芽夜蛾是智利烟草和玉米产业中不容忽视的重要有害生物,也是巴西棉花上的重要害虫。目前,几内亚、日本、韩国、以色列、墨西哥等国将其列为检疫性有害生物,新西兰将其列为限定性有害生物。

(来源:有害生物风险分析中心)