

全球农业转基因技术产业化特点、成因及启示*

韩艳旗

(湖北大学 商学院,湖北 武汉 430062)

摘要 从种植面积和采用新技术的国家、市场化种植国家集中度、作物品种、性状选择 4 个方面对当前全球农业转基因技术产业化的特点进行了总结,对农业转基因技术产业化迅猛发展的深层次原因进行了分析。得出对我国的 3 点启示:科学合理的确定农业转基因技术研发及产业化的优先序;加大第二、三代转基因作物的研发并大力推进复合性状转基因作物的产业化;大力培植具有国际竞争力的农业转基因技术产学研一体化龙头企业。

关键词 农业转基因技术;产业化;特点;成因;启示

中图分类号:F 312 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2012)06-0058-06

农业转基因技术是指将高产、抗逆、抗病虫、提高营养品质等已知功能性状的基因,通过现代科技手段转入到目标生物体中,使受体生物在原有遗传特性基础上增加新的功能特性,获得新的农作物品种,生产新的产品。自美国 1996 年首次批准大规模商业化种植转基因抗虫棉新品种以来,经过 16 年的迅猛发展,全球转基因作物种植面积急剧增加,品种渐趋多样化,种植国家也逐年增多。当前国内外学者从经济效益、生态、环境外部效应、知识产权保护、食品安全、标签制度等对农业转基因技术展开了多方面的研究,但对于该项新技术产业化方面的研究则处于起步阶段。因而本文拟基于对当前全球农业转基因技术产业化特征的深入分析,探究其内在成因,以期对我国农业转基因技术研发及产业化的健康、快速发展提供有益的借鉴。

一、全球农业转基因技术产业化特点

1. 种植面积迅猛增长,种植国家逐年增多

根据国际农业生物技术服务组织(ISAAA)提供的信息,2011 年全球农业转基因作物种植面积高达 1.6 亿 hm^2 ,比 2010 年增加 1 200 万 hm^2 ,增长率为 8%,与 1996 年的种植面积相比,则增加了 94 倍,转基因技术成为现代农业史上发展最为迅速的作物技术。与此同时,批准转基因作物商业化种植的国家也逐年增多,2011 年达到 29 个,包括 10 个发达国家:美国、澳大利亚、加拿大、德国、捷克、西班牙、波兰、智

利、斯洛文尼亚和葡萄牙;19 个发展中国家:巴西、印度、中国、阿根廷、墨西哥、菲律宾、罗马尼亚、南非、埃及、布基纳法索、巴拉圭、玻利维亚、乌拉圭、洪都拉斯、哥斯达黎加、巴基斯坦、缅甸和斯洛伐克。特别是近年来以巴西、印度为代表的发展中国家转基因作物种植面积急剧增加,2009—2011 年间发展中国家转基因作物种植面积增长速度远远高于发达国家,并逐步改变了发达国家转基因作物种植的主体格局,2011 年在种植面积上发达国家和发展中国家平分秋色,各占 50.125%和 49.875%,具体如图 1 所示。

2. 市场化种植国家集中度高

全球转基因作物种植国家由最初的 6 个上升为 2011 年的 29 个,但全球转基因作物种植面积在国家分布上却呈现出集中度很高的特点,即少数几个国家占据了全球转基因作物种植面积的很高比例。自 1996 年以来,历年全球转基因作物排名前 4 的国家(CR4)种植面积所占比例都在 70%以上,最低值为 1999 年的 74.4%,最高比例接近 100%,虽然最近几年随着转基因技术外溢和越来越多的国家采用这一新技术,CR4 呈现出下滑的趋势,但 2011 年 CR4 值仍然高达 83.5%,即 2011 年全球 83.5%的转基因作物种植面积来自美国、巴西、阿根廷、印度。特别指出的是,美国在农业转基因技术研发和产业化方面在全球都处于绝对领先地位,种植面积占全球转基因作物种植面积的比例遥遥领先。2008 年之前,美国占全球转基

收稿日期:2012-06-11

* 国家自然科学基金“利益均衡目标下农业转基因技术研发福利效应与协调机制研究”(71203059)。

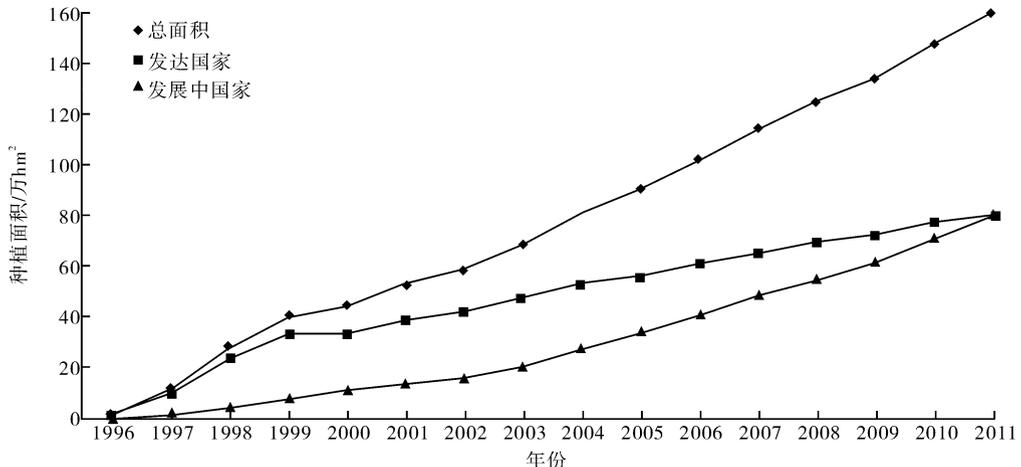
作者简介:韩艳旗(1981-),男,讲师,博士;研究方向:农业生物科技政策。E-mail:hanyanqi321@yahoo.com.cn

因作物种植面积的比例一直在 50% 以上,1998 年比例竟高达 73.7%,虽然最近几年这一比例有所下降,但 2011 年美国转基因作物种植面积为 6 900 万 hm^2 ,占全球转基因作物种植面积的比例仍然高达 43.1%。

3. 主要作物为大豆、棉花、玉米和油菜

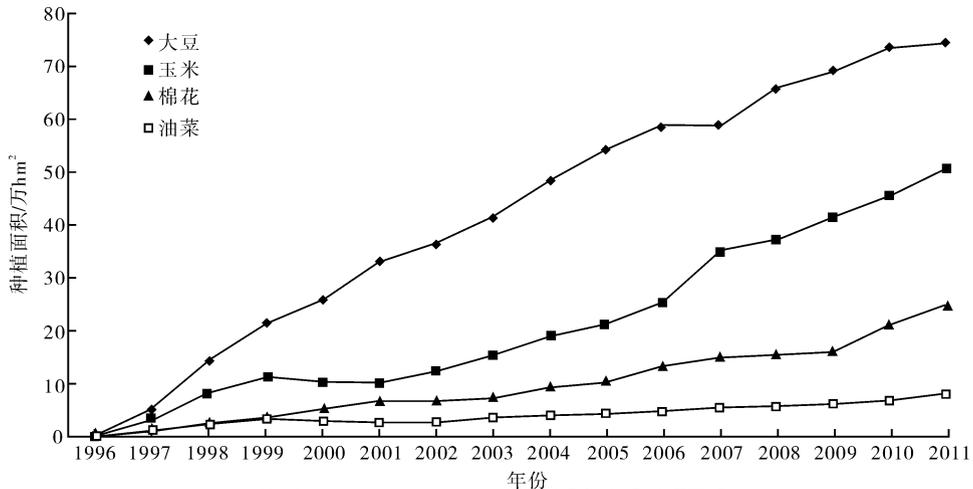
自转基因作物被批准商业化推广以来,大豆、棉花、玉米和油菜就成为全球 4 种最为主要的转基因作物。以 2011 年为例,转基因大豆种植面积为 7 450 万 hm^2 ,占全球转基因作物种植面积的 47%,转基因玉米种植面积为 5 100 万 hm^2 ,占全球转基因作物种植面积的 32%,转基因棉花种植面积为 2 470 万 hm^2 ,占全球转基因作物种植面积的 15%,转基因油菜种植面积为 820 万 hm^2 ,占全球转基因作物种植面积的 5%。1996—2011 年大豆、玉米、棉花、油菜 4 种转基因作物种植面积走势如图 2 所示。

转基因大豆的种植国主要为美国、巴西、阿根廷、巴拉圭等国家,2010 年其转基因大豆种植面积分别为 3 140 万 hm^2 、1 780 万 hm^2 、1 950 万 hm^2 、270 万 hm^2 ;转基因玉米的种植国主要为美国、巴西、阿根廷、加拿大、南非等国家,2010 年其转基因玉米种植面积分别为 3 560 万 hm^2 、730 万 hm^2 、300 万 hm^2 、130 万 hm^2 、247 万 hm^2 ;转基因棉花的种植国主要有美国、印度、中国、巴基斯坦等国家,2010 年其转基因棉花种植面积分别为 430 万 hm^2 、940 万 hm^2 、345 万 hm^2 、240 万 hm^2 ;转基因油菜的种植国主要是加拿大和美国等,2010 年其转基因油菜种植面积分别为 630 万 hm^2 、61.6 万 hm^2 。经过 16 年的大规模商业化推广,大豆、玉米、棉花、油菜这 4 种非主粮作物转基因技术品种采用率已经比较高,2011 年,全球棉花、大豆、玉米、油菜种植转基因技术采用率分别高达 82%、75%、32%、26%。



注:基于 ISAAA1996—2010 年度报告数据和 2011 年报告整理而得。

图 1 1996—2011 年全球农业转基因技术商业化趋势



注:基于 ISAAA1996—2010 年度报告数据整理而得。

图 2 1996—2011 年全球转基因大豆、玉米、棉花、油菜种植面积走势

4. 作物性状以耐除草剂、抗虫为主趋向复合

基于 ISAAA2007—2010 年度报告数据整理可知,在性状选择方面,自 1996 年转基因作物被商业化种植以来,耐除草剂始终是最为主要的性状,通常年均占全球转基因作物种植面积的 60%~70%,其次为抗虫性状,年均占全球转基因作物种植面积的 15%~20%。复合性状基因是当前全球转基因作物种植的一个重要特点,近几年来呈现出逐年增长的趋势。2011 年,12 个国家种植了 2 种或多种以上性状复合的转基因农作物,种植面积高达 4 200 万 hm^2 ,占全球转基因作物种植面积的 26%。事实上,在性状选择方面转基因作物商业化特点与研发特点是高度一致的,如韩艳旗等对发达国家农业转基因技术研发市场结构的分析,在加拿大 2008 年批准的全部 420 项田间试验中,两重性状转基因作物有 230 项,三重性状有 54 项,四重性状有 28 项,可以说多重性状是未来全球转基因作物的主要发展方向。这在美国转基因作物产业化过程中表现的最为明显,2008 年在美国种植的转基因作物中,单一性状比例仅为 22%,双重性状比例为 30%,三重性状为 48%^[1]。

二、农业转基因技术产业化快速发展的深层次原因

1. 转基因作物具有的抗虫、耐除草剂等特性能大幅降低生产成本、保护农户健康

以转基因棉花为例,在 1997 年前,我国未采用 Bt 抗虫棉,棉铃虫泛滥,农民为了治理虫害每年喷洒多次农药,不仅大大提高了农户的生产成本,而且高温天气喷洒农药致使很多农户中毒,对身体造成长期损害。而 Bt 抗虫棉花新技术的采用则完全扭转了这一格局,根据 Huang、Qaim 等对采用 Bt 新技术农户连续多年的跟踪研究,发现相对于常规品种而言,Bt 转基因品种使得农药施用量降低一半以上甚至更多^[2-4]。以对中国 Bt 抗虫棉的研究为例,1 hm^2 常规品种棉花需施药 19.8 次,施药量需要 60.7 kg,而 Bt 抗虫棉品种仅需施药 6.6 次,施药量仅需 11.8 kg。农药喷洒次数的大幅降低伴随而来的是用工成本的显著降低,单位成本降低 28%,由原来的 2.23 美元/kg 降为 1.61 美元/kg^[2]。除此之外,新技术的采用所带来的农药施用次数和施用

量的显著减少有效提高了棉农的健康水平,采用常规品种的农户在喷洒农药中中毒比例高达 22%,而种植 Bt 抗虫棉的农户在喷洒农药中中毒比例仅为 4.7%。

2. 转基因作物具有的耐旱、增产等特性可有效缓解全球资源环境约束

随着全球工业化进程的加快和人口的快速增长,气候变暖,耕地资源显著减少,水资源也愈来愈匮乏。根据 IWMI 和 IFPRI 的研究,目前全球约 12 亿人口面临水资源严重缺乏的状态,而接近 16 亿人口则处于水资源匮乏的边缘,并且预期 2050 年随着对粮食需求的翻倍,全球水资源特别是农业用水将更加紧缺。目前全球大约有 25 亿人口其生存主要依赖于农业生产,在水资源匮乏的情况下他们将面临饥饿、贫困或更为严重的困境,对于南亚、非洲等一些国家和地区尤其如此。我国也面临着相同的境况,工业化进程的加快使得我国总耕地面积大量减少,人均耕地面积仅占世界平均水平的 40%。同时我国农业水资源非常匮乏,是全球最缺水的 20 个国家之一,且分布不均,特别是黄淮海地区,河北、山东、河南、宁夏、山西、江苏 6 省人均水资源低于国际公认的极度缺水警戒线,且由于我国大多为丘陵、山区,有效灌溉面积仅占全国耕地面积的 48%,很多地方农业生产都是靠天吃饭。如 Kiers 所言,当前全球农业正处于十字路口,在资源环境约束逐渐加剧如何破解粮食需求急剧增加的难题关键在于农业科技,而具有耐旱、增产等特性的农业转基因技术则是主要选择^[5]。

3. 转基因作物具有的间接正外部效应

转基因作物具有的间接正外部效应表现为 3 个方面:一是转基因作物的大面积种植可显著抑制周围其他常规作物的害虫发生率。Wu 等对中国北方 6 个省(河北、山东、江苏、山西、河南、安徽)300 万 hm^2 棉花、2 200 万 hm^2 其他作物 1992—2007 年期间的长期跟踪研究表明,Bt 抗虫棉不仅能够显著大幅度降低主要目标害虫发病率,而且还能够有效的减少周围其它主要农作物害虫发生率,从而使得该项新技术从总体上能够有效减少农户的施药量^[6];黄季焜等通过对 1999—2007 年 4 个省 16 个村农户大田 Bt 抗虫棉生产的跟踪调查数据分析发现 10 年来抗虫棉和常规棉花的防治棉铃虫的杀虫剂用量均

显著减少,这与抗虫棉广泛种植后棉铃虫的种群总量下降相关^[7]。二是减少对农业环境的不良影响。转基因作物的广泛种植可显著降低杀虫剂的喷洒,而耐除草剂转基因作物在一定程度上可实现免耕,保持水土。根据 ISAAA(2011)的研究,1996—2010年,因 Bt 抗虫转基因作物的种植使得杀虫剂活性成分累计共减少 4.43 亿 kg,相当于降低了全球 9.1% 的杀虫剂用量,而基于对环境影响指数的测度则表明,转基因作物的种植累计减少 17.9% 的具有相关环境不良影响的杀虫剂用量,仅 2010 年,就相当于有效减少了 4 320 万 kg。三是能在一定程度上减缓全球气候变化及温室气体的排放。因转基因作物的大面积种植能够减少使用矿物燃料,大幅降低杀虫剂和除草剂的用量,从而永久性的有效减少二氧化碳的排放,以及由于转基因粮食、饲料以及纤维作物保护性耕作两方面的原因,2010 年全球减少了共计 190 亿 kg 二氧化碳的排放量。

除此之外,转基因作物所具有的改变油料构成、改善营养等特性以及农业研发知识产权保护的加强激励大量私人资本进入开发新产品等也是造成当前全球转基因农作物产业化特点的原因。

三、对我国农业转基因技术产业化发展的启示

1. 科学合理的确定农业转基因技术研发和产业化的优先序

相对于常规品种而言,农业转基因作物因消费者对其食品安全的敏感性使其在商业化推广进程中显得更为复杂,一项转基因新品种的推广,不仅要科学层面全面考查其长期的食品安全性,消费者的接受程度和对科学家、政府的信任更是必须考量的要素。这方面发达国家的经验非常值得我们借鉴,即从农户对新品种的需求出发,来确立农业转基因技术研发、产业化的重点和优先序,当前阶段以大豆、玉米、棉花、油菜等非主粮主要农作物为主体,待技术逐步成熟和消费者对转基因技术的认识和接受度显著提高后再逐步推广转基因主粮作物。以美国和加拿大等发达国家为例,在转基因新品种开发选择方面其农业生物技术研发公司大都选择棉花、玉米、马铃薯、油菜和大豆等非食粮类主要作物,作为榨油或饲料的原材料,消费者对它们的转基因品种

安全性不是很在意,并且经过基因改良后的这类转基因作物在抗虫、产量方面均有很大程度改进,农民对它们就有很大的需求量。而反过来看小麦,作为美国、加拿大等国家的主粮,消费者对它的转基因品种的安全性显得非常敏感,接受度也非常的低。在这种情境下,如果农户采用转基因小麦新品种,除了其国内市场需求量很少之外,国际市场更是被完全关闭。因此,农户每年在购买小麦良种时基本上不会考虑转基因新品种,研发公司也绝对不会将小麦作为重点转基因作物予以开发。

考察我国农业转基因技术的研发次序,棉花和水稻自 20 世纪 90 年代以来一直是我国农业研发机构选择的最主要的两大转基因作物,转基因 Bt 抗虫棉的研究可以说是顺势而为,国产 Bt 抗虫棉品种的研制成功不仅有效遏制了棉铃虫的泛滥,并获得很大的经济效益,但转基因水稻的研发和产业化却显得并不理想。就技术层面而言,我国科研机构在全球已处于领先地位,BT 抗虫水稻、转 SCK 基因抗虫水稻和抗白叶枯病水稻等新品种在技术上已基本成熟。2009 年 11 月农业部对“华恢 1 号”和“Bt 汕优 63”2 个转基因抗虫水稻品种颁发转基因生物安全证书,但出于国内消费者对转基因水稻食品安全的种种顾虑等因素,农业部迄今尚未放开转基因水稻的商业化生产,而且在未来一段时间也很难判定其是否会被批准商业化推广,这就使得当前我国转基因水稻的研发状态显得比较尴尬。因此,我国在转基因农作物研发、产业化及在实施转基因生物新品种培育、国家重大科技专项过程中一定要坚持以市场为导向和循序渐进的原则,将棉花、玉米、大豆、油菜、马铃薯等非食粮类农作物作为转基因新品种研发的重点,并安全有序的逐步予以商业化推广,待国内居民对转基因农产品的认知和接受程度大幅度提高后,再将研发重点转移到水稻、小麦等主要粮食作物上来,并在适当的时候予以商业化推广。

2. 加大二、三代转基因作物的研发并大力推进复合性状转基因作物的产业化

基于农业转基因技术的特性,农业生命科学家们通常将其划分为 3 代,第一代主要特点是“Input-traits”,即它们的核心功能主要集中于输入特性领域,目标则主要是通过减少农药、化肥、除草剂、灌溉等有效降低生产成本及提高产量,耐除草剂、抗虫、

抗病毒/真菌/细菌、耐压力性(耐旱、耐盐碱、耐涝)等都属于第一代农业转基因技术。第二代主要特点则是“Outputtraits”,很显然它的核心功能主要集中在输出特性领域,目标则主要导向提高农产品品质,如改进食品的风味、提高营养和油料类农产品的含油比率以及有效农产品的反式脂肪酸等。第三代的主要特点是“Value-addedtraits”,它的核心功能主要集中在农作物传统性的一般功能之外的其他方面,如药用特征、生物燃料产品及含生物降解物质成分的转基因农作物等。目前美国、加拿大等发达国家在深入开发以“Inputtraits”为主要特征的第一代转基因农产品的同时,已经开始逐渐将研发重点转移到第二、三代转基因农作物的研发,对以“Outputtraits”和“Value-addedtraits”为主要特征的第二、三代转基因新品种的田间试验申请呈现出逐年增长的势头,2008年之后美国第二、三代作物田间试验申请数已经超越第一代转基因作物。而我国当前对第二、三代作物的研发则刚刚处于起步阶段,因而今后我国应大力加大对二、三代转基因农作物的研发投入,并大力推进复合性状转基因作物的产业化。

3. 大力培植具有国际竞争力的农业转基因技术产学研一体化龙头企业

为了有效减少基于知识产权保护的单个转基因新品种研发成本及降低作为“沉没成本”的单个新品种行业监管成本(即降低新产品的单位固定成本),农业生物技术研发公司有非常大的内在动力通过自身扩张或兼并、并购的方式实现规模经济^[1]。抛开因为市场过度集中而出现垄断性经营等不利影响外,生物技术研发公司的规模化经营确实能在一定程度上有效降低转基因种子生产成本,从而提高公司的市场竞争力,而此举对农户和公司而言都非常有利。但我国育种公司多数是在 20 世纪末、21 世纪初,转基因 Bt 抗虫棉开始大规模推广时成立的,与发达国家 Monsanto、Syngenta 等农业转基因研发巨头相比,成长时间非常短,普遍存在经营规模小、管理水平低、资金缺乏、市场竞争力弱等特征^[8]。以丰乐种业为例,虽然在国内其被誉为“中国转基因水稻第一股”,但即便如此,其 2011 年销售额才只有 16.2 亿元,实现利润 5 990 万元,而靠国产 Bt 抗虫棉商业化推广起家的“中国的转基因大鳄”创世纪公司,也仅仅成立不过 13 年时间,2011 年公司销售收

入不足 2 亿元,隆平高科 2011 年营业额为 15.5 亿元,利润为 2.05 亿元。而 2011 年 Monsanto 公司销售额为 118.2 亿美元,其中种子销售额约为 58.5 亿美元,DuPont 公司 2010 年农化产品销售额为 90.85 亿美元,其中种子销售额为 53 亿美元,Syngenta 公司 2011 年销售额为 133 亿美元,其中种子销售额为 31.85 亿美元。

当前我国所采取的农业研发、产业化模式与美国差异很大,美国采取的是育种公司研发、产业化的一体化模式,而我国采取的基本上是基础性的农业研发由政府财政资助的非营利性农业科研院所来承担,而新品种培育和产业化推广则由企业来负责的合作模式。在这种模式下,从理论上看要么转基因新品种研发科研院所以新技术入股企业,要么企业出资完全买断新品种的经营权,从而使得后者获得该新品种在市场上的排他性实施权,但实际上公共农业科研机构与育种公司间有效的利益联结机制还没有建立,二者时常因利润分配问题而产生一些纠纷,对我国农业转基因技术产业化的健康快速发展产生非常不利的影响。

因此,在转基因生物新品种培育国家重大科技专项实施过程中,要逐步完善农业科研院所与育种公司之间的利益连接机制,在双方之间形成一个良好的互动。在此基础上要大力培育、扶持具有国际市场竞争力的转基因农作物产学研一体化龙头企业,其较低的产品价格、完善的经营管理和监控体系等不仅在很大程度上规避市场经营风险和推进我国育种改革市场化进程,而且还可以给广大农户提供价格更低廉、质量更可靠的转基因新品种。除此之外还要通过多种手段鼓励、扶持育种公司自身从事转基因新品种的研发,如税收减免、财政补贴、项目支持等,使得这些育种公司掌握真正的核心竞争力,在激烈的国际市场竞争中经得起严峻考验。

参 考 文 献

- [1] 韩艳旗,王红玲.加拿大农业生物技术研发特点及对我国的启示[J].科技进步与对策,2010(7):55-59.
- [2] HUANG J K,ROZELLE S,PRAY C,et al.Plant biotechnology in China[J].Science,2002(25):674-677.
- [3] QAIM M,ZILBERMAN D.Yield effects of genetically modified crops in developing countries[J].Science,2003(7):900-902.
- [4] QAIM M.Benefits of genetically modified crops for the poor:

- household income, nutrition and health[J]. *New Biotechnology*, 2010(27):552-557.
- [5] KIERS E T. Ecology: agriculture at a crossroad[J]. *Science*, 2008(18):320-321.
- [6] WU K M, LU Y H, FENG H Q, et al. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton[J]. *Science*, 2008(19):1676-1678.
- [7] 黄季焜, 米建伟. 中国 10 年抗虫棉大田生产: Bt 抗虫棉技术采用的直接效应和间接外部效应评估[J]. *中国科学*, 2010(3):260-272.
- [8] 张社梅, 赵芝俊, 朱希刚. 国产转基因棉花科研投资收益的定量分析[J]. *中国农村经济*, 2008(7):14-23.

Industrialization of Global Agricultural Transgenic Technology: Characteristics, Causes and Enlightenment

HAN Yan-qi

(Business School, Hubei University, Wuhan, Hubei, 430062)

Abstract This paper first summarizes the present characteristics of industrialization of global agricultural transgenic technology from the following four aspects: plant area and countries adopting new technology, crop breed, property choice and market concentration and then this paper analyzes the deep-seated causes leading to the swift development of industrialization of agricultural transgenic technology. Three enlightenments have been obtained: firstly, agricultural transgenic technology R&D and industrialization priority should be ascertained scientifically and rationally; secondly, R&D fund to the second and third generation of agricultural transgenic crop should be quickened and compounded properties agricultural transgenic crop industrialization should be pushed forward energetically; finally, leading agricultural transgenic technology enterprises with global competitiveness, which has integration of production, teaching & research, should be actively cultivated.

Key words agricultural transgenic technology; industrialization; characteristic; causes; enlightenment

(责任编辑:金会平)