

生物工程对农药工业的挑战

Challenges to the Pesticide Industry From Bioengineering

姚建仁 邵向东 郑永权

(农业部农药化学及农药使用技术重点开放实验室, 中国农科院植物保护研究所 北京 100094)

本世纪末, 生物技术突飞猛进, 使生命科学成为当代科学发展史上的又一次革命。典型的事例如英国克隆羊多莉的诞生、美国抗虫棉的问世。以下仅就生物技术的进步可能对农药工业构成的影响作一讨论。

一、国外转基因植物研究的进展

近年来, 伴随生物技术的进步, 国际上提出了“分子农业”(Molecular Farming 或 Molecular Agriculture)的新概念。其内容包括: 动物、植物、微生物基因工程。基因工程育种克服了常规育种基因源仅限于种内和种间, 难以实现远缘物种之间的基因转移和重组的不足, 拓展了基因来源。基因工程育种可以从动物、植物、微生物中获得基因, 又可在三者之间相互转移。这样就越出了基因在物种间的隔离, 提供了依人们意志获得生物性状的可能。例如, 抗虫植物所用的 Bt 基因来自苏云金芽孢杆菌; 抗大麦黄矮病毒基因来自病毒外壳蛋白或复制酶基因; 抗细菌的抗菌肽基因来自昆虫。鉴于新基因分离与克隆技术已经成熟, 通过基因的表达与调控, 可以准确地选择生物特性目标。这就是基因工程迅速发展的理论基础。

1983 年第一批转基因植物(烟草、马铃薯)问世, 1986 年首批转基因植物(抗虫、抗除草剂)被批准进行环境释放试验, 1994 年首批转基因植物(延熟番茄和抗除草剂棉花等)获得批准商品化生产。1996 年美国批准的商品化转基因植物达 21 种、加拿大 18 种、澳大利亚 14 种、日本 7 种。至 1998 年 6

月国外批准商品化应用各类转基因植物产品(品牌)已近 90 种, 仅美国和加拿大就超过了 50 种。目前大约有 30 个国家或地区批准了 40 多种 3 000 多例转基因植物进行环境释放或示范推广, 涉及到 35 科, 120 个植物品种。1996 年美国转基因植物试种面积 750 万亩, 1997 年种植 18 000 万亩。据统计, 在美国玉米、大豆和棉花田种植的转基因作物品种已分别占各种作物总种植面积的 25% ~ 33.3%。

表 1 转基因技术培育的抗除草剂作物

除草剂	作物
磺酰脲类	油菜、水稻、亚麻、棉花、蕃茄、甘蔗、莴苣、甜瓜、杨木等
咪唑啉酮类	烟草、玉米
草甘膦	番茄、油菜、大豆、杨树
磺草灵	番茄
莠去津	大豆
草铵膦	玉米、小麦、水稻、棉花、马铃薯、番茄、甜菜、大豆、苜蓿等
溴苯腈	油菜、棉花、马铃薯、番茄
2,4-D	棉花
氰氨化钙	烟草
茅草枯	烟草
禾稀定	玉米

1997 年经济合作与发展组织(OECD)的统计结果表明, 在申请环境释放试验的报告中, 98.25% 为

少用水要求, 促进农业的可持续发展。

主要参考文献

[1] 石元春、刘昌明、龚元石主编. 节水农业利用基础研究. 北京: 中国农业出版社, 1995
[2] 张蔚榛. 有关水资源合理利用和农田水利科学研究的几个意见. 中国农村水利水电, 1997(增刊)7 ~ 13
[3] 冯广志. 关于中国农村水利现代化若干问题的思考.

中国农村水利水电, 1997(增刊)14 ~ 17
[4] 雷志栋、谢森传、杨诗秀. 十年内农田水利事业若干重大课题的建议. 中国农村水利水电, 1997(增刊)30 ~ 31
[5] 李英能. 我国节水农业发展模式研究. 节水灌溉, 1998(2): 7 ~ 12

(责任编辑 孙立明)

表 2 1994~1996 年美国批准商品化生产的转基因植物

植物名称	例数	申请单位与时间
延熟番茄	5	Calgene 1994.10; Zeneca, Plant Sci & Petoseed 1995.9; Monsanto 1995.3; DNA Plant Tech 1995.1; Agrtope 1996.5
抗虫玉米	3	Cibaseeds 1995.8; Monsanto 1995.8; Northrup King 1996.1
抗虫棉花	1	Monsanto 1996.5
抗甲虫马铃薯	1	Monsanto 1996.5
抗草丁磷除草剂玉米	3	AgrEvo 1995.6; Dekalb Genetics 1995.12; Plant Genetics System 1996.2
抗草丁磷除草剂棉花	1	Dupont Agr. Products 1996.1
抗草丁磷除草剂大豆	1	AgrEvo 1996.7
抗草甘膦除草剂棉花	1	Monsanto 1995.7
抗溴苯腈除草剂棉花	1	Calgene 1994.2
抗病毒西葫芦	2	Asgrowseeds 1996.6; Upjohn 1994.12
抗病毒番木瓜	1	Cornell U. & U. Hawaii 1996.9
高月桂酸含量油菜	1	Calgene 1994.10

转基因植物，而在这些转基因植物中，80%左右是抗除草剂、抗病虫作物。就作物种类而言，申请最多的是玉米、油菜、马铃薯、番茄、棉花和烟草；就基因表达特性而论，申请最多的是抗除草剂作物，其次是抗虫、抗病毒作物（表 1）。就申报者所在国别来看，申请最多的是美国、加拿大、法国、比利时、英国和日本。1994~1996 年在美国批准的 21 种商品化转基因植物中，基因表达为抗除草剂作物的占 33%、抗虫作物占 24%、抗病毒作物占 14%，其它占 29%（表 2）。这一发展趋势似乎与世界农药市场的结构（除草剂 > 杀虫剂 > 杀菌剂）相吻合。

二、中国转基因植物的发展态势

中国转基因植物研究比美国等国相对较晚，但近几年进展很快。目前国内已有 50 多家科研院所、30 多所大专院校、100 多个研究室、数千名科技人员从事农业生物工程研究，而且取得了突破性进展。在中国科技部国家生物工程开发中心“863”项目的支持下，中国农科院生物技术研究中心根据植物偏

爱的密码子成功地合成了 Bt 基因，并转入适合我国生态条件的主栽棉花品种，获得了高抗棉铃虫的转基因植株，成为继美国之后世界上第二个拥有转基因抗虫棉的国家。现已获得农业生物基因工程安全委员会批准商品化生产。1998 年在安徽、山西、湖南等地试种 15 万亩。预计 2000 年可达 500 万亩左右。华中农业大学培育的转基因耐贮番茄和北京大学的转查尔酮合酶 (CHS) 基因矮牵牛等也被批准商品化生产。北京大学培育的转基因抗黄瓜花叶病毒甜椒“双丰 R”和抗黄瓜花叶病毒番茄“8805R”1998 年在辽宁省批准了商品化生产。此外，抗逆基因工程、品种改良基因工程、控制发育基因工程、生物反应器、分子标记辅助育种等生物技术研究也都取得了可喜进展。

据中国农业生物技术学会统计，截止到 1998 年 3 月，农业部共受理了各种安全评价申请书 86 件。其中，涉及到转基因植物 82 件，占申报总数的 95.35%；转基因动物 4 件，占 4.65%。经过农业生物基因工程安全委员会严格评审，被认可、同意中间试验、环境释放或商品化生产的 71 件，其中转基因植物 60 件，微生物 8 件、动物 3 件。在这些转基因植物中，属于抗病或抗病毒转基因植物 30 例、抗虫植物 22 例、耐贮藏植物 5 例、抗除草剂植物 3 例。由此可见，这 60 例转基因植物都属植物保护研究范畴。无疑，将对未来的农药工业产生重大影响。

三、生物工程与农药工业

即将跨入的 21 世纪被誉为生物世纪，生物技术的竞争将成为科学技术竞争的核心领域。如果把医药生物技术的进步称为第一次生物技术革命的话，那么农业生物工程的发展将构成第二次冲击。为了控制生物技术领域的制高点，世界各国都加大了生物工程开发研究经费的投入。1995 年美国生物技术产业公司投入开发研究经费 77 亿美元，1996 年按行业人均投入统计结果为：生物技术 71 000 美

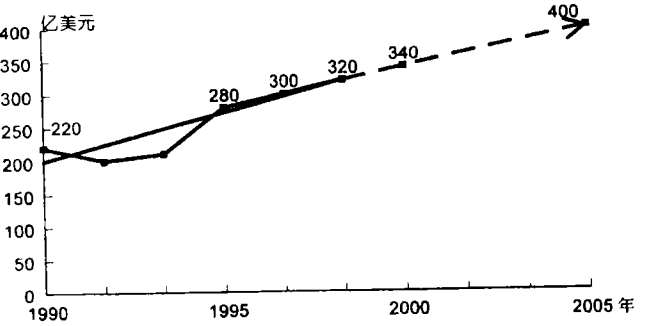


图 1 世界农药市场发展预测

表 3 开发转基因植物与创新农药的态势

转基因植物开发	新农药创制
生物技术的进步, 提供了基因可在动物、植物、微生物之间转移, 拓宽了基因来源, 打破了界间隔离的屏障, 实现了理论和技术上的双突破	自动化和电子信息技术的应用, 提供了分子设计、自动合成、微型筛选的技术条件, 没有突破性进展
开发研究经费的投入占开发经费的20%左右, 人均经费丰厚, 吸引了大批高素质人才	创制新农药的投入占销售额的10%左右, 经费相对不足, 造成人才分流
转基因植物是在生物间的基因转移, 与生态环境形成自然融合, 不受与环境兼容性的限制	条件要求相对苛刻, 必须具备高活性、高选择性、高安全性和高环境兼容性
完成一个商品化转基因植物一般需要4~7年, 耗资1亿美元	完成一个新农药品种创制, 一般需要8~10年, 耗资1亿美元
一般害虫对转基因植物产生抗性需要7年, 使用寿命可达8~10年, Bt棉就是例子	一般害虫对连续使用的化学农药产生抗性约为5年, 使用寿命6~7年, 菊酯类杀虫剂就是如此
转基因植物市场前景看好, 引起了投资商的关注	各大化学公司研究方向的调整, 客观上造成了农药开发研究的自身萎缩

元、医药 56 000 美元、工业 7 651 美元。孟山都公司是在生物技术开发研究方面投入最高的公司之一, 也是获得商品化转基因植物最多的佼佼者。随着生物技术的进展, 艾格福、卡尔琴和美国家庭公司等世界各大公司都在调整自己的研究方向, 加大生物工程研究的份额。就连化学巨人美国杜邦公司 (Dupont) 也投资 30 亿美元收购了先锋杂交种子 (Pioneer) 和蛋白质技术国际公司 (PTI)。该公司 1997 年投入的生物技术开发研究经费占总开发经费的 20% 左右。开发研究方向的调整、资金投入的增加, 必然导致高素质科技人员的转向, 也标志着生物技术的发展前程。

进入本世纪 80 年代以来, 农药创新研究也取得了较大进展。为了满足人类生存的需要, 创新的农药品种必须具有高活性、高选择性、高安全性和高环境兼容性。现代自动化和电子信息技术的应用, 提供了在试验室内完成 75% 以上前期工作的可能, 可以顺利实现分子设计、自动合成、优化生测、准确筛选、毒理毒性和环境影响的评估, 进一步提高了开发研究的成功率。如拜耳公司每年可从 10 万个新化合物中优选出 100 个先导结构, 提供 10 个新的研究课题。随着巴西、日本、韩国农药工业的迅速崛起, 欧美霸占世界农药市场的格局已被打破。

为了争取控制农药市场的主动权, 近几年来国外大型农药公司纷纷合并重组, 建立更具实力的跨国集团。如 1994 年德国赫司特、先令公司和法国优克福公司农药部合并成立了艾格福公司 (AgrEvo)。最近艾格福又同法国罗纳公司联合, 组建了 Avantis 公司: 卜内门公司将农药、染料部组建了捷利康公司; 瑞士汽巴嘉基公司与山道士公司农药部合并成立了诺华公司 (Novartis); 美国家庭公司 (AHP) 收购了氰胺公司; 德国巴司夫与日本曹达、三井物产公司组建了日曹 BASF 阿可洛公司等。合并与重组标志着实力的加强和竞争的激烈。目前具有创制新农药能力的只有美国、英国、德国、法国、瑞士和日本等少数国家, 用于创新农药开发研究的投入只占总销售额的 10% 左右。1997 年德国拜耳公司用于创新农药开发研究的经费为 1.8 亿德国马克, 估计低于销售额的 10%。如果考虑物价上涨等因素, 用于创新农药开发研究投入没有明显增加。世界农药市场进入 90 年代以来, 农药销售额徘徊在 220~280 亿美元之间, 就是一个有力的佐证 (图 1), 也就是说, 农药工业处于缓慢发展的态势, 预计在 21 世纪初期也不会有更大的飞跃, 将远远落后于农业生物工程产业的发展。

四、生物工程对农药工业的影响

近几年来, 转基因植物推出的品种之多、推广面积之大、发展速度之快、来势之猛, 远超出人们的预测; 而创新农药品种的开发研究和应用推广相对滞后。究其原因, 可从以下几个方面作一讨论 (表 3)。

转基因植物具有作用方式的相对遗传性、专一性、整体性、稳定性、长效性和安全性等诸多优势, 这是其飞速发展的条件与环境。1997 年在全世界申请环境释放试验的报告中, 98.25% 为转基因植物, 而绝大多数又为抗病虫和除草剂植物。不言而喻, 大量转基因植物的涌现, 必然对农药品种结构和农药市场产生重大影响。在今后几年中, 由于抗除草剂作物的应用推广, 除草剂的生产和销售将会大幅度提高; 由于抗虫植物的出现, 杀虫剂的生产和销售将有所下降; 杀菌剂和植物生长调节剂等, 在短期内不会有太大变化。有人估计, 到 2005 年, 转基因植物在农药市场中所占的份额将达到 15%, 约 60 亿美元。笔者认为, 这个估计偏低, 可能要达到 20%, 甚至更高。以转基因抗虫棉为例, 美国 1998 年已占推广棉花播种面积的 40%, 中国也有 200 万亩试种。估计中国在 3~5 年内将达到播种面积的 30% 以上。以棉铃虫防治减少一半用药计, 也是了不起的数字。当然未来 70~80% 农药市场仍将由创新化学农药所控制, 这主要是由于农业生态条件千

我国模糊数学及其应用学科的新进展

Fuzzy Mathematics and Its Applications in China

吴 超 韩旭里
(中南工业大学,教授 长沙 410083)

模糊数学作为一个新兴的数学分支,自1965年诞生以来,由于它突破了传统精确数学绝不允许模棱两可的约束,使过去那些与数学毫不相关或关系不大的学科(如生物学、心理学、语言学、社会科学等)都有可能用定量化和数学化加以描述和处理,从而显示了强大的生命力和渗透力,使数学的应用范围大大扩展,并且对传统的科学方法论产生很大的冲击,特别是在计算机科学与技术的支撑下,更使得模糊数学如虎添翼,飞速发展。为了系统了解模糊数学及其应用学科在我国 的最新进展,笔者利用清华大学信息系统工程公司1996年研制开发的“中国学术期刊文献检索系统”和《中国学术期刊光盘版》及互联网进行了查询研究。

我国近年模糊数学及其应用 学科发表论文检索结果

到笔者检索之日止,《中国学术期刊光盘版》已收录理工、农业、医药卫生、文史哲、经济政治与法律、教育与社会科学等的中国学术期刊2 833种,学术论文总数262 323篇。笔者用“模糊”和“FUZZY”作为关键词检索该系统收录论文的篇名,命中与上述关键词有关的文献共776篇,剔除极少数与模糊数学及其应用无关的文献,还有747篇,占同时期各学科总论文数的0.285%。详细的统计结果如表1和表2所示。

表 2 的学科分类是参考了《中国图书馆图书分类法》后并按此项检索的文献量多少确定的。由于论文的学科分类同样存在模糊性,如一篇将模糊数学原理用于某种设备控制的论文既可将 其归类为自动控制学

变万化,有害生物受诸多因素的制约,具有长期性、突发性和复杂性的特点,加之转基因植物未必都能控制整个生育期的 病虫害危害。例如 Bt 棉对第二代棉铃虫防治效果甚佳,几乎达到 100%,但对三、四代棉铃虫防效逐渐降低,而且,由于转基因 Bt 棉植株内缩合单宁等次生抗虫物质较常规棉少,造成对红蜘蛛等害虫的抵御力下降,加大了防治难度。何况病、虫、草等有害生物本身就具有对其转基因抗性植物产生反抗性的自卫能力,尤其是由于转基因抗除草剂作物的大面积推广应用,势必造成同一种除草剂的反复大量使用,更容易诱发抗性的发展,也

科,也可将其归类为机械设备学科,因此,笔者在统计论文的分类时尽可能注意到文献的多重性。另外,此项检索的文献量较大,具有一定程度的统计意义,故表 2 的结果具有代表性和分析价值。

表 1 1997 年以来我国模糊数学及其应用论文统计结果

分类目录	期刊数	各学科总 论文数	模糊数学及其 应用论文数	占模糊数学及应 用总论文数%
理工A辑专栏目录	412	165 452	607	81.26
理工B辑专栏目录	364			
理工C辑专栏目录	403			
农业辑专栏目录	311	96 871	32	4.28
医药卫生辑专栏目录	418		24	3.21
文史哲辑专栏目录	214		13	1.74
经济政治与法律辑专栏目录	346	365	35	4.69
教育与社会科学辑专栏目录	365		36	4.82
总计	2 833	262 323	747	100

注:检索时间1998年11月28日

我国模糊数学及其应用学科新进展分析

从上述统计结果和检索出来的相关论文内容可看出:

1. 模糊数学自身的理论研究进展迅速。从表 2 知,我国模糊数学自身的理论研究仍占模糊数学及其应用学科的主导地位,所取得的研究成果在《模糊数学》、《模糊系统与数学》等数十种学术期刊和全国高校学报中经常可见,模糊聚类分析理论、模

有可能导致“超级”抗性生物的出现。抗性基因的“漂移”也是令人忧虑的问题之一,万一这种抗性基因“漂移”到其它有害生物上,如恶性杂草,将会带来更大的灾难。上述这些问题和疑虑决定了转基因植物不可能完全替代化学防治,化学农药仍将是 21 世纪最方便、最廉价的植物保护神,是植物保护的主体。值得提出的是,世界各大化学集团纷纷转向,加强转基因植物开发研究,而中国实力雄厚的化工联合体却未见行动,这是一个值得思考的问题。

(责任编辑 孙立明)