

植物基因工程研究进展及其潜在危险

Progress in Plant Genetic Engineering and Its Potential Risks

何新华

(云南师范大学生物系 昆明 650092)

提要 植物基因工程已在按照人类意愿培育农作物新品种方面显示出其独特的技术优势和全新的开发前景。但是植物基因工程技术以及大田广植转基因植物可能会带来物种多样性、病虫害抗性、环境生态平衡和产品安全性等方面的潜在危险或目前尚不可预见的后果。本文用科学的和社会的观点分析和评估这种高新技术的利弊,以期引起有关方面的关注。

一、植物基因工程研究进展

自 1983 年美国首先成功地获得抗卡那霉素的烟草再生植株以来,已有 50 余种转基因植物出现。它们可分为以下主要类型。

1. 抗病毒转基因植物

如我国和澳大利亚科学家联合育成的对付危害小麦最严重的抗大麦黄矮病毒小麦,北京大学陈章良教授等培育的抗烟草花叶病毒(TMV)烟草,中科院微生物所莽克强、田波教授等培育的抗 TMV 烟草和番茄,同所方荣祥教授等培育的抗 TMV 和抗黄瓜花叶病毒的双抗转基因烟草,中科院上海生化所周光宇教授等培育的抗枯萎病棉花等。国外利用转移病毒卫星 RNA 得到了抗花叶病毒黄瓜。

2. 抗虫害转基因植株

已成功并进入大田的是携有能杀鳞翅目害虫的苏云金杆菌毒蛋白基因的转基因玉米、棉花、烟草、番茄、蓝藻、欧洲黑杨等。此外,已将能影响昆虫胰蛋白酶或丝氨酸蛋白酶活性的抑制剂基因引入到棉花、烟草和马铃薯中,使棉铃虫等昆虫咬食其叶片后肠消化功能受到干扰而最终死亡,同时降低了其总食物摄取量和存活率。其他如中国农科院范云六教授等培育的抗螟虫水稻,英国培育的能杀死吸汁类昆虫如蚜虫、蝗虫、白蝇等转雪花植物凝集素烟草、莴苣等。

3. 抗除草剂转基因植物

已成功地获得抗草甘膦烟草、抗溴吡腈棉花、

抗磷基麦黄酮甜菜、抗三氯苯类番茄和大豆,抗镇草宁大豆。中科院遗传所朱立煌教授等培育的抗阿特拉津大豆、水稻等。此外,德国已将氨基胍水化酶基因导入烟草并获得转该酶基因植株。他们发现存在于烟草根系和叶片中(特别是叶片中)的氨基胍水化酶,可以把残留在植株上和/或田间里的除草剂氨基胍水解为尿素,尿素再由叶片和土壤里存在的脲酶分解为可供植株吸收利用的碳酸铵或碳酸氢铵。所以,这种转基因烟草能将残留的植物毒素(除草剂氨基胍)转变成植物所需要的有效氮源,由此变害为利,一举两得。

4. 改进植物品质转基因植物

已将巴西坚果或豌豆的蛋白基因转入大豆或苜蓿中,获得了较高含硫、必需氨基酸的转基因大豆或苜蓿;将云扁豆蛋白基因转入向日葵,得到了较高贮藏蛋白质的转基因向日葵。其他如转移聚半乳糖醛酸酶的反义 RNA 基因使番茄果实变硬以更耐贮藏和运输;转移 1-氨基环丙烷-1-羧酸合成酶的反义 RNA 基因以抑制乙烯产生而降低果蔬的腐烂;转移查尔酮合成酶的反义 RNA 基因使矮牵牛花色发生变化;转移 3',5'羟基化酶基因以培育蓝色蔷薇、玫瑰;转移细菌壳多糖酶基因以提高番茄、莴苣和马铃薯的抗真菌和防腐烂能力等等。此外,虽然现都尚未获得转基因植物,但在抗寒、抗热、抗旱、抗盐等抗逆性植物基因工程方面也取得了很大进展。最近在农作物杂种优势利用方面,植物基因工程对雄性不育系及其恢复系的研究又取得了突破性进展。

二、植物基因工程的潜在危险

毫无疑问,能够按照人类意愿来“创造”优良作物新品种的植物基因工程近年来所取得的长足进展是激动人心的,它必将为未来农业的发展和满足人类日益增长的需要发挥巨大的作用。但是,在给人们带来明显经济效益和社会效益的同时,植物基因工程也可能带来一些重大的潜在危险。所以,必须从利弊两方面来考虑植物基因工程和转基因植物的最终应用。

1. 植物基因工程与常规遗传育种

近年来植物基因工程倍受青睐而常规遗传育种日渐受到冷落。然而,通过高新技术所得到的只是一种人工种质新材料,而不是直接应用于生产的新品种。况且,这种人工种质新材料能否按照人们的意愿发挥其预期的作用,还须经过育种程序的检验。植物基因工程虽然能够突破物种之间的遗传障碍,按照人类意志定向地改造植物,但是按照达尔文的进化理论和自然选择理论,利用它创造并形成一个新物种,仍然存在变异的产生(人工干预)、自然的选择(回归大自然进行检验)、渐变和巩固(形成新群体)的过程。所以植物基因工程若要创造出新物(品)种,同样要经过由突变体到新物种的过程。这表明,非但目的基因的分离、转化和表达,即使转基因植物后代的选育,植物基因工程都与常规遗传育种息息相关。因此,植物基因工程必须与常规育种紧密配合,经过大田试验将转基因植物的外源目的基因持续延继给后代或通过有性繁殖转移到别的品种。最后还必须与作物栽培紧密结合,才可能进行中试及推广。所以植物基因工程与常规遗传育种是相辅相成的,不能有所偏废。正如中科院学部委员、著名遗传育种学家鲍文奎教授所说:“误认为基因工程能直接生产出人们寄予厚望的超极品种,处理不好,将带来战略性或方向性错误的严重后果。这对发展中国家可能造成的危害会远大于发达国家”。

2. 植物基因工程与作物物种多样性和基因多样性

当今,全世界约有 30 000 余种陆生高等植物,但大田栽培的仅 150 余种。其中提供 90% 人类食物来源的约 20 种;提供 75% 人类食物来源的是稻谷、玉米、小麦、大麦、马铃薯、甘薯和木薯等 7 种;而提供 70% 人类食物来源的仅稻谷、玉米和小麦三种。人类食物需求几乎完全依靠如此少数几种作物品种,可见现代农业在择植良种,提高产量的同时,已不知不觉地丢弃了大量所谓“低劣”的原始品种、品系,造成了农业遗传物种多样性的极大损失。这种农业资源遗传的均一性和贫化已使当代农业处于

十分脆弱的状态,因为目前农业生产所栽培的作物,即使是优良杂交品种的生产也极大地依赖于化肥、农药、除草剂等的大量施用和农业机械化的实现。采用重组 DNA 技术,植物基因工程有可能从各种生物体中择取基因信息,有目的地通过基因转移而形成新的植物物(品)种,从而在客观上有利于物种多样性。然而,可以设想,依靠植物基因工程技术,按照人类意愿设计创造的高光效、抗病虫、能在逆境中生长并且优质的“超极品种”完全有可能取代原有物种而成为自然史上空前的优势物种。这很有可能进一步加剧农业资源遗传的均一性和贫化,丧失改造和提高作物的品质、产量与抗逆性方面的机会,丧失大量野生祖型遗传资源,从而对作物物种多样性产生极大的不利影响。至于基因多样性,有人认为可以通过植物基因工程进行基因转移和种质选择,从而达到改善作物基因多样性的目的。事实上,即使常规的作物遗传育种技术也会使大多数农作物的抗病虫能力和抗逆性大为减弱。并且,由于种植者都希望栽培少数几种高产、优质的新品种作物,加之由于基因工程产物的专利之争而造成了对种质交换的限制,所以实际上植物基因工程并不会很容易地改善作物的基因多样性。因此,必须把目的基因开发利用与物种多样性保护和基因文库保存有机地结合起来。

3. 植物基因工程与病虫害抗性

昆虫抗药性是困扰农业生产的重大问题。继 80 年代初发现双翅目昆虫家蝇和醋蝇对苏云金杆菌 β 外毒素具有 3~14 倍的抗性以来,人们又发现五带淡色库蚊、埃及伊蚊、印度谷螟、干果斑螟、烟芽夜蛾、小菜蛾等对苏云金杆菌主要杀虫成分 δ 内毒素及其制剂具有抗性,并且具有一定程度的抗性稳定。新近美国人实验证明,经 12 次繁殖后的昆虫便对苏云金杆菌毒蛋白产生抗性,如甲虫经繁殖 17 代后,抗药性增加 200 倍,这相当于甲虫在自然状态中仅 5 年的繁殖时间。若每年喷施苏云金杆菌杀虫剂 10~20 次,5 年后害虫死亡率降低 50%,其半致死浓度提高 10 倍。既然在实验室里已证实了这一点,那么在大规模种植能自行产生苏云金杆菌毒蛋白的转基因作物之后,类似的情况迟早也会发生。因此,在培育抗虫害转基因植物时,必须考虑抗性因素。为此,还必须创造遗传多样性条件,寻找其他杀虫蛋白基因,如昆虫保幼素、蛋白酶抑制剂、神经肽等,来延缓昆虫抗药性的产生。另外,把能够影响蛋白酶活性的抑制剂基因引入植株后,既然能使咬食其叶片的昆虫的消化功能受到损害,那么又怎能担保其叶片、果实、种子不会对入畜产生类似伤害呢?从生态学考虑,抗虫转基因植物的应用对其他有益昆虫,如蜜蜂、胡蜂、蝴蝶、蝇和金龟子等传粉昆虫以及天敌是否有害也亟待研究。

其次,利用病毒外壳蛋白基因或把病毒卫星RNA的DNA导入植物本身也有一定危险性。因为向作物植株中引入病毒顺序,不论是为了提供非常规抗性,还是作为其他基因的媒介,都将增加新的病害产生的可能性。病毒外壳蛋白通常能为一种病毒提供传染特性,在病毒外壳蛋白转基因植株中有产生转壳体化(即将一种病毒的壳体基因组转化到另一种病毒的外壳中)的危险性。这便改变了病毒的传染性,使植物对其不能产生抵抗作用而遭到其危害。现有的资料表明,外壳蛋白基因转化植株在温室条件下可以延迟发病,表现出对病毒侵染的早期抗性,但在大田条件下,则其抗性能力大大降低或完全丧失。因为大田条件下,病毒的感染往往是多次的,而且经常是两种以上病毒的混合感染。与之相反的是,卫星RNA基因只是表现出对病毒侵染的晚期抗性。然而,卫星RNA本身不但具有很高的突变率,即存在致病的潜在危险,而且还会和一些其他病毒互补,使植物病害加重,并且病毒卫星亦无法彻底抑制它的辅助病毒的复制。

最后,根据进化论,由于生物共进化,如果抗性植物能在不良生境下生长,那么引起病虫害的病毒和昆虫很快也会发展其对不良生境的适应。并且,如果抗性是由单基因控制的,那么只需2~10年作物就会失去其对病虫害的抗性。所以今后不但要培育多基因抗逆性品种,而且在培育转移多基因抗性品种时要注意这些基因应该是来自亲缘关系不甚密切的植物。因此,即使是能够“随心所欲”地操纵新物(品)种形成可能性的植物基因工程,仍然要遵循包括自然选择和人工选择在生物进化理论。

4. 植物基因工程与环境生态平衡

由于目前植物基因工程转移的几乎都是单基因而不是多基因,加之作物的生长位置较为固定且多为一年生,而且近百年来的常规遗传育种已将新的基因引入到作物体中而未见明显危害,即使是大量的、长时间的人工引种也未产生严重的环境生态后果,如美国目前总计引入5800种植物,仅128种(2.2%)成为杂草,所以往往认为植物基因工程不会影响生态平衡。但转基因作物的大量种植却会给环境生态带来意料不到的严重后果。

实践已经证明,在亲缘关系很近的植物之间,存在着基因交换。如野萝卜×萝卜、阿刺伯高粱×两色高粱的杂交种就是通过基因交换的途径形成杂草的。所以,靠转基因作物中基因的逃逸或从作物杂交的野生植物中获取了转基因抗性的植物能够对人工植物群落和自然植物群落产生严重影响。所谓逃逸是指作物同其生活习性不同的野生亲缘植物自然杂交后,插入到作物中的基因可以从植物本身水平转移(被俘获)到亲缘种的过程。如果某些亲缘植物具有高繁殖力和高种子传播特性,那么转

移到植物中的基因就会给野生亲缘种提供一些选择上的优势,而导致产生新的杂草类型。如:除草剂对已俘获了抗除草剂基因的杂草不再具有除草性能;抗虫基因的俘获也许会导致昆虫采食特性的改变,而成为害虫和害虫种类交替抗性因素的进化。这些都迫使人们使用更危险的化学药物。如果抗逆境基因被杂草俘获,就会增强其对环境的适应性和生存竞争能力。自从90年代初证实玉米和南瓜中有基因转移或逃逸外,最近美国加州大学N. Ellstrand等在从人工培养的小圆白萝卜试验田到离其1公里左右范围的几处对照野萝卜小区里作基因物质逃逸跟踪试验,结果在14~100%的野萝卜种子里发现了小圆萝卜的基因,并且距离越近,被俘获基因的比例越高。甚至在1公里外或者更远的地方,野萝卜的种子里也发现有小圆白萝卜的基因,原因在于这种外源基因是来自虫媒花粉授精。这些发现更增加了人们的忧虑,担心杂草或野生植物与遗传工程植物杂交,从而使其后代继承抗旱、抗寒或抗病虫害等特性,给农业生产带来一定的危害。

对自然植物群落的影响不但难以预料,而且可能产生更严重的后果。如俘获了毒蛋白基因的杂草,会由于食草动物难以伤害它而加剧繁衍蔓延;稀有植物品种也会由于竞争替代而消亡,同种植物的遗传多样性便会减少,还会引起昆虫种群的衰落或迁移,导致更为普遍的虫害,形成严重的生态失调。

5. 植物基因工程产品的安全性

除了非食用花卉园艺植物、纤维植物和栽培林木外,植物基因工程的最终产物大都是向人们提供可以直接食用的粮食、油料、水果和蔬菜,以及它们的加工食用产品。预计美国将于1993年夏季首先正式上市携有聚半乳糖醛酸酶反义RNA基因、能耐贮藏的番茄,估计今后5~10年内转基因烟草、马铃薯、大豆、水稻、玉米、甜菜、胡萝卜、油菜等都将先后上市。随着转基因植物田间试验的陆续开展和大规模种植,这是人们迟早都要面临的现实问题。目前大田栽培的农作物、水果和蔬菜一般都会系统地感染病毒,遭受病虫害和残留化学药剂等,所以当人们食用农产品,特别是生食水果和蔬菜时,实际上便同时摄入了大量的植物病毒或病毒外壳蛋白等。人们对此也早已习以为常,未见对人体健康有什么重大影响。但人们如果生吃携有病毒外壳蛋白的转基因水果和蔬菜,或食用携有能影响昆虫胰蛋白酶或丝氨酸蛋白酶活性抑制剂基因而最终能使采食昆虫肠消化道功能受到损害的转基因粮食、水果和蔬菜,情况又会怎样呢?何况在植物基因工程的遗传转化中,目前作为选择标记使用的大多是卡那霉素、潮霉素、氨甲喋呤等抗生素类物质,

它们对人畜的安全性问题更应引起重视。此外,导入植物的 DNA 顺序在加工过程中可能出现的改变,也值得考虑。如苏云金杆菌杀虫剂作为生物防治剂已使用了 35 年,证明对人畜是安全的。但为了使其能在植物体内高效表达,植物基因工程所采用的苏云金杆菌杀虫毒蛋白基因都是经过改造的,即将基因的 3'一端缺失了大约一半,实际上它所表达的已是 65KD 的活性蛋白。因此,必须对这种活性蛋白做全面的安全性检验,否则决不能应用它或类似的改造基因进行转基因食用作物育种。需要强调的是,在转基因植物产品商品化之前也必须进行严格的动物安全性实验,以确认其对人畜健康是无害的。

三、建 议

植物基因工程在培育现代社会所需的集高产、稳产、优质、抗逆于一身的农作物新品种方面,显示出其独特的技术优势和全新的开发前景。但由其获得的有价值的转基因植物最终仍需历经常规育种和大田种植的考验,才能得到生产上可用的新品种。同时,植物基因工程技术和大田广植的转基因植物及其最终产物或食品,可能会带来一定潜在危险或目前尚不可预见的后果。为了充分认识和了解植物基因工程所具有的这种双重性,扬长避短和防患于未然,结合国内外研究现状和我国的实际,笔者特提出以下建议:

1. **加深认识** 我国已将植物基因工程列入重点发展的高新技术。越来越多的人已经认识到发展植物基因工程的重要意义。但对于植物基因工程及其产物可能带来的危害社会、环境、生态和人畜健

康的潜在问题,一般尚知之不深,故应特别予以重视和加强宣传,使有关部门和人民群众对此有所认识,并给予足够的关注。

2. **开展咨询** 植物基因工程研究部门应与常规育种与栽培、植物保护与生物防治、生态环境、食品毒理与加工等研究部门相互配合,并向有关部门就目的基因的筛选与转化、转基因植株的大田育种与栽培、被转基因的扩散与逃逸、转基因植物品种的推广应用、植物基因工程产物及其商品开发利用的安全性等方面提出咨询和建议,为尽快制订我国有关植物基因工程的实验室试验、温室与野外试验、转基因植物品种的推广应用和植物基因工程食品的商业化等方面的相应政策法规。

3. **提供资助** 在国家制订的有关植物基因工程发展的各项研究计划中,不仅应包括植物基因工程本身的研究内容,还应包括与植物基因工程发展相关联的环境、生态、人畜健康等方面的研究内容,在国家中长期科学技术发展纲要中也应有所反应。希望国家自然科学基金委员会及其生命科学部对此给予关注并列入基金资助项目,以便在我国尽快地开展这方面的工作。

4. **开展合作** 随着植物基因工程研究的进一步进展,必须加强环境、生态、食品和社会经济等研究领域之间的合作,以促使植物基因工程技术及其产业迅速而健康地发展。当前,首先应该加强植物基因工程与常规遗传育种、植物保护与生物防治、生态环境等研究之间的合作,以促进更有效、更安全的植物育种新策略的探讨;尔后,即应加强与大田推广应用、产品及其商品安全性等研究之间的合作。

(责任编辑 肖庆山)

(上接第 17 页)

金融组织贷款,并适当利用国际商业贷款。从外债的期限结构看,应以中长期债务为主,严格控制短期外债的比重,对债务期限的结构要统一管理,适当调整。从外债的利率结构看,要以降低利率的总水平和风险为前提,在保证固定利率债务比例的同时,扩大浮动利率中基础利率的种类,并运用国际金融市场常用的利率风险管理手段,以适应国际金融市场上利率的频繁变动,从而减少外债成本和利率风险。对外债的币种结构和投向结构也应适当进行调整等。

此外,随着国际资金格局的变化,我国利用外资工作应更多地注意外资来源的地区性结构。国际资金主体的多元化决定了外资来源的多向化,利用外资的渠道也应当尽量向其它未曾触及的国家和地区拓展。国际资金流向的双向化决定了利用外资

渠道的多样化。90 年代,在发达国家与发展中国家之间以及各个国家内部,资金的流动都是双向的,既有资本流出,也有资本流入。这在一些新兴的工业化国家和地区尤为明显,与此趋势相适应,我国利用外资的视野也应当拓宽到这些领域。国际资金的区域内、集团内的流动与循环,决定了地理位置在外资利用中的地位与作用。为了更有效地吸引和利用外资,我国利用外资必须注意两个事实:一是与港、澳、台,以及东南亚等国家和地区具有人缘和地理优势;二是我国呈扇形的海岸带正与环太平洋几大经济圈形成环抱,有利于开展地区性的合作与交流。这就决定了我国利用外资的渠道必须以日本、台湾、香港、韩国等地的资金为主,同时更好地发展同其它周边国家和地区和金融关系,灵活利用各种渠道的国际资金,来为我国的经济建设服务。

(责任编辑 肖庆山)