

粮食生产的新的绿色革命

NEW GREEN REVOLUTION AND GRAINS PRODUCTION

阎隆飞

粮食是当今世界四大问题之一。粮食的增产历来受到各国的重视。世界人口不断增长,而耕地却随着建设的发展而不断减少,依靠开垦已不能满足粮食增产的需要,提高粮食的单位面积产量乃成为解决粮食问题的必由之路。本世纪60~70年代由于培育出了小麦和水稻的矮秆耐肥的新品种,在世界各国广泛推广栽培,同时大量增施氮肥,使小麦和水稻的产量增加了将近一倍,世界粮食问题大为缓和,这就是“绿色革命”对人类做出的贡献。

我国人口众多,虽然计划生育收到了显著的效果,人口增长速度大幅度下降,但因基数大,若干年内还将继续增长。由于国民经济建设不断占用土地,使耕地面积不但难以增加,而且还会减少。因此提高粮食作物的单位面积产量仍是发展农业至关重要的问题。目前在我国的粮食作物中已经培育出不少优良品种,如矮秆、耐肥、抗病的水稻和小麦品种,对于我国粮食生产作出了重要贡献,但是靠原有的育种技术已难以满足国家对粮食日益增长的需要。

科学技术的发展,使我们现在

已有可能进行第二次绿色革命,把粮食产量进一步提高,从而更彻底地解决粮食问题。提高粮食产量的新途径就是利用遗传工程技术,进行优良基因的DNA重组,从而将现有的作物品种改造成具有高产、优质、抗逆性强等特点的全新品种。

自1953年瓦特森(Watson)与克拉克(Crick)发现生物的遗传物质脱氧核糖核酸(DNA)具有双股螺旋的结构以来,生物学进入了一个新时代。随着DNA的深入研究产生了分子生物学,可以在分子水平上认识生命现象。我们逐渐认识到决定生物遗传性状的基因是由DNA组成的,而DNA是由四种核苷酸(ATGC)聚合而成的生物大分子。用DNA作模板将四种核糖核苷酸合成核糖核酸(RNA)(这种过程称为转录),再由RNA作模板可以将氨基酸合成蛋白质(这种过程称为翻译)。蛋白质是由20种氨基酸组成的生物大分子,每种蛋白质都具有特定的氨基酸排列顺序。生物的遗传密码是由三个脱氧核苷酸编码一个氨基酸,如同中文电报码是由四个数字组成。因此不同的蛋白质分子的

氨基酸顺序是由不同脱氧核苷酸(ATGC)的顺序决定的。

1973年,保尔·伯格(Paul Berg)成功地将不同生物的DNA重组在一起,开创了遗传工程的新纪元。经过十五年来众多科学家的努力,现在人们已经可以将一种生物的基因,例如编码人的胰岛素的基因与大肠杆菌中一个称为质粒的环状DNA分子重组在一起,经过克隆(无性繁殖)然后用它转化细菌或酵母,人的胰岛素基因就可以在细菌中表达出来,也就是以其DNA为模板合成新的胰岛素分子。目前许多动植物的基因都可以进行DNA重组并且在细菌中表达出来。

现在,遗传工程已经受到世界各国的高度重视,它们纷纷拨出大量经费,开展这方面的基础研究和应用研究,近年来不但取得了很多研究成果,有些甚至已经成为新兴产业,如利用遗传工程生产胰岛素及干扰素已成为一种新型的医药工业。国外许多大企业如杜邦公司、孟山都公司等都在进行大规模投资,开展遗传工程的研究。现在遗传工程公司在世界各地相继出现,将使工业、农业、医药、食品等各种

阎隆飞 (Yan Longfei) 北京农业大学农业生物学院教授。

产业掀起一个革命性的改革。

在农业方面遗传工程具有非常强大的生命力,已经对粮食及经济作物的生产、园艺、畜牧、兽医及水产等方面的大量问题开展了遗传工程研究。

遗传工程用于提高粮食生产是世界各国优先重视研究的课题。众所周知,粮食作物的许多性状都是由相关的遗传基因决定的,诸如作物中蛋白质的品质与含量,作物的抗病性、抗旱性、耐盐性、抗寒性都有相关的一个或多个基因。因此,如果我们能从作物中分离出营养价值高的蛋白质的基因,以及抗病、抗寒、抗旱或耐盐的基因,那么利用现在掌握的DNA重组及分子克隆技术,就完全可能将这些有用的基因转移到作物中去,从而改善它们的品质,大大提高产量。

目前这方面的工作已经取得了一定的进展,例如在改善作物种子中蛋白质的品质方面获得了有意义的结果。我们知道豆科作物种子中储藏蛋白的营养价值比禾谷类作物种子的储藏蛋白高得多。禾谷类种子中往往缺少赖氨酸及色氨酸等人体必需的氨基酸,自1979年以来已从菜豆种子中分离出菜豆球蛋白的基因,用DNA重组技术将此基因转移到向日葵及烟草中,并且在向日葵和烟草中先后得到表达,即在向日葵植株和烟草种子中鉴定出菜豆球蛋白。大豆的储藏蛋白也转移到矮牵牛中并得到了表达。植物种子蛋白是我们人类膳食中蛋白质的重要来源,约占食物中蛋白质的40~50%,但是它们的氨基酸组成往往不理想,即使富含蛋白质的大豆中也缺少含硫氨基酸(半胱氨酸及甲硫氨酸)。提高粮食作物蛋白质含量及营养价值的有效途径就是利用遗传工程对植物进行改造,将来有可能培育出氨基酸平衡、蛋白质含量丰富、营养价值高的优质粮食。

在农业生产中存在许多不利因素,如干旱、盐碱、冻害、病虫害等都会使作物减产。在我国有大片盐碱地、旱地和半旱地区,由于缺少灌溉条件,大大限制了这些地区粮食的生产。如果我们培育出抗旱、抗盐的作物新品种,则无异于扩大了我国的耕地面积。这是我国粮食生产中一个巨大的潜在力量。病虫害、冻害每年给粮食生产造成的损失是惊人的。据估计,世界各国每年农作物损失达700~900亿美元,其中虫害占40%,病害占38%。每年各国生产大量农药用于病虫害的防治;在这方面的投资是巨大的。由此可见,如果培育出抗病虫害的作物品种,那将会取得何等的经济效益,也会大大地减轻环境的污染。目前环境污染中一个重要因素就是家药的使用,土壤和水源中农药残留量高,影响了人类的健康。关于抗旱、抗盐的机理,经过研究已经逐渐明了,抗旱抗盐性强的植物细胞中生产过量脯氨酸、甜菜碱或蔗糖等物质以调节其渗透压,从而提高了它们的抗性。作物的抗病性也与某些蛋白质的产生有密切关系。例如,抗烟草花叶病毒(TMX)的烟草品种在感染TMX后体内会产生特殊的蛋白质,于是具有了抗TMX的能力。因此探寻这些抗性基因就成为当今遗传工程的重要任务。

在农业生产中氮肥是提高产量的最重要因素,但是使用氮肥投资极高,国家每年要花费大量资金和能源用于合成氨工业制造化肥(硫酸铵、尿素等)。在自然界中存在一些与豆科植物共生的固氮菌——根瘤菌,在土壤中也存在很多非共生的固氮菌,这些根瘤菌和固氮菌每年利用空气中的氮素为作物生产大量氮肥。多年来,经过各国科学家的努力研究,已经基本上阐明了生物固氮的机理。与提高粮食产量关系最密切的是根瘤菌。根瘤菌中进行生物固氮的基

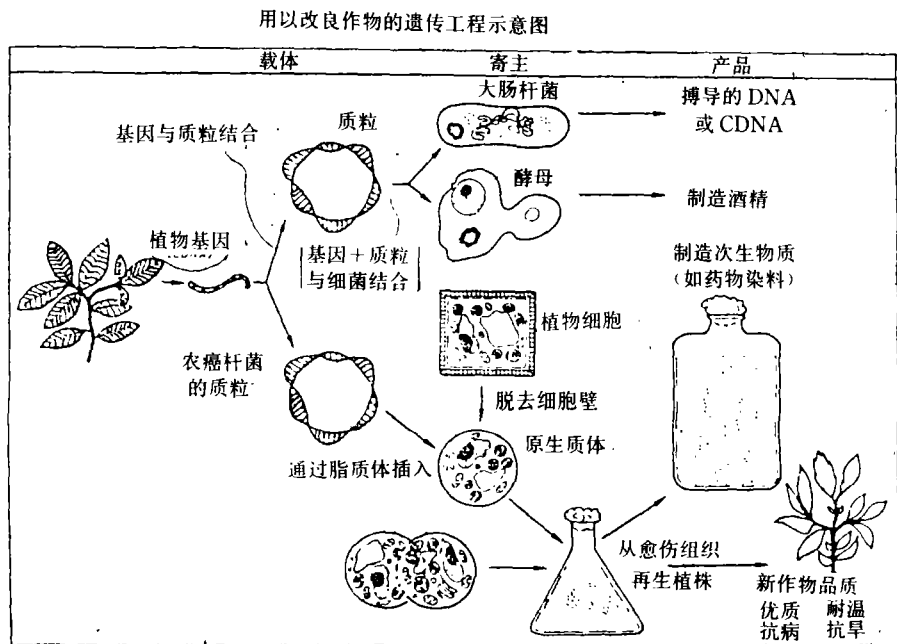
因包括固氮酶基因、结瘤蛋白基因及豆血红蛋白基因等,我们对这些基因已经有了相当的了解。然而,这个问题十分复杂,仅固氮酶基因就有17种以上。尽管将这些基因都转移到非豆科植物细胞中去是相当困难的,但我们相信经过努力,有可能将结瘤蛋白基因、豆血红蛋白基因及固氮酶基因等转移到非豆科作物(如小麦、水稻、玉米)之中,使之结出根瘤以固氮。那时我们的氮肥用量将可大大减少,粮食生产的成本也会大幅度降低,环境污染也随之减轻。

增加作物产量的根本途径是提高植物利用日光能的效率。植物靠光合作用将日光能转变为化学能,从而将CO₂和水同化成糖类有机化合物。这些糖类或淀粉是粮食的主要成分,其中一部分也转变成蛋白质和脂肪。光合作用是在植物叶片中的叶绿体上进行的,叶绿体中有一种酶称为二磷酸核酮糖羧化酶/氧化酶(RuBisCO),这个酶能使二磷酸核酮糖与CO₂反应生成2个3-磷酸甘油酸,是同化CO₂复杂的反应过程中的关键步骤,但是这种酶又具有氧化酶性质能使光合作用中产生的二磷酸核酮糖氧化,产生1个3-磷酸甘油酸和一个磷酸乙醇酸,后者进一步氧化放出CO₂。在一般情况下光合作用所产生的碳水化合物的30~50%又被释放出去。这个RuBisCO的氧化酶的性质限制了植物同化CO₂的效率。目前不少科学家试图研究出降低二磷酸核酮糖羧化酶的氧化酶的作用。这个问题目前已经有了解决的可能性。这个酶是一个分子量为560 000的蛋白质,由八个大亚基和八个小亚基组成。大亚基是由叶绿体DNA编码的。现在烟草的叶绿体DNA的全部核苷酸排列顺序已经测定出来,共由155 844个核苷酸组成,其中也包括RuBisCO大亚基基因的顺序。羧化酶和氧化酶都位于这个

大亚基的内部。自1983年以后兴起了一门新的遗传工程技术,即蛋白质工程,现在被称之为第二代遗传工程。蛋白质工程是研究蛋白质与核酸的结构功能的产物。利用我们对蛋白质(或酶)的分子结构的知识,乃有可能对蛋白质分子进行局部的改造,使之产生对人类更有用的新的蛋白质,例如使酶的活力增加或稳定性提高,适合在工业上利用。由于我们了解这些蛋白质基因的核苷酸顺序,于是就有可能利用DNA重组技术对这个基因动手术,将所要改造的DNA片段用限制性内切酶切去,再用化学方法合成一个新的DNA片段,插入到被切去的部分,就可以得到一个新的基因,然后在细胞中进行表达就可以产生一种全新的蛋白质分子。目前蛋白质工程已经在几种酶(如T4噬菌体溶菌酶、枯草杆菌蛋白酶)上获得了初步的成功。因此有些人考虑利用蛋白质工程将作为叶绿体的RuBisCO大亚基的基因加以改造,降低其氧化酶的活性,保持其羧化酶活性不变,将会大大增加作物叶绿体同化CO₂的效率,当然也就可以大大提高作物的产量了。

由于近年来生物技术突飞猛进的发展,包括基因工程、蛋白质工程及细胞工程的技术在内,今后完全有可能利用现已掌握的技术逐步解决上面提出的有关粮食增产的重要课题。下面用一个示意图概括地说明改造粮食作物的蛋白质品质、抗旱、抗盐、耐寒等性质的大致步骤。

首先要从植物中将染色体或叶绿体中的DNA提取出来,然后从这个基因组中将需要的特种基因(如某种蛋白质的基因)分离出来。大肠杆菌中含有一种质粒,即环状的小DNA分子,我们可以将所分离到的基因(DNA片段)用限制性内切酶及连接酶与质粒的DNA重组成一新的环状DNA分子。通过细菌培养这个质粒可以



作为载体将该基因带到大肠杆菌中去。于是这个基因DNA就可以通过细菌的无性繁殖生成许多多个DNA分子,这就是所谓分子克隆。然后从大肠杆菌中就可以获得较大量的这种基因。要想将这种基因转移到植物中去,目前最有效的办法是利用一种农杆菌的质粒,它可以携带基因进入植物的原生质体。植物细胞外面有一层细胞壁,可以用纤维素酶及果胶酶使之脱壁,即脱去细胞壁,产生无细胞壁的原生质体。这时将原生质体与农杆菌的质粒一同在灭菌的培养基上培养,这种目的基因就可以随着质粒进入原生质体的细胞。在培养过程中原生质体又可以形成细胞壁,并且分裂产生一块愈伤组织。目前,细胞培养及组织培养技术已经很成熟。在培养基中增加各种植物激素就可以从愈伤组织中诱导出根和芽来,在三角瓶中生成一株幼苗。以后将这株幼苗移栽到花盆中,在温室或

人工生长箱中培养就可以开花结实,产生第二代种子。最后用常规的育种方法选出符合人们需要的新品种。

分子生物学和遗传工程的研究已经为我们改造作物品种铺平了道路。改良作物品种所需要的技术(如DNA重组、分子克隆、DNA顺序测定、定位诱变、原生质体培养)已经逐渐成熟,研究中所需的各种仪器(如DNA顺序仪、DNA合成仪)及各种酶制剂(如各种限制性内切酶、连接酶、反转录酶)也已经生产出来。利用这些技术和工具将有可能培育出高产、优质、抗逆的优良品种,使粮食产量大幅度提高。目前,我国许多科学研究机构和高等院校也已组织力量开展了遗传工程的研究,其中对改良粮食作物品种给予了很大的重视。

第二次绿色革命在世界各地出现已为期不远了。