

大豆品质改良的基因工程育种概况^{*}

蔡一荣 李望丰 刘立侠 许守民

(东北师范大学生命科学学院, 长春 130024)

摘要 通过基因工程育种改良的大豆遗传性状,使其具有更高的营养价值和经济价值,已成为当今大豆遗传育种研究的热点。已经成功选育了多种品质性状优良的转基因大豆材料或品系,包括高油酸大豆,高亚麻酸大豆,高含硫氨基酸大豆,高赖氨酸大豆等。本文综述了大豆品质改良的基因工程育种进展,对当前已获得的转基因大豆的品质性状特点作了介绍。

关键词 大豆;品质改良;基因工程;育种

中图分类号 S 565.103.53 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2006)01-0062-05

大豆既是重要的粮食和油料作物,也是植物蛋白、脂类、维生素和矿物质等的天然资源。大豆基因工程技术的创立和发展是对传统遗传育种的有性杂交技术和无性繁殖技术的一种重要补充和完善。随着经济发展和人们消费观念的转变,对大豆的品质提出了更高的要求,大豆品质育种受到从未有的重视。虽然依靠杂交突变、化学诱变等传统方法已经选育出若干种品质优异的大豆品种,但常规育种方向随机性大,育种周期长,农业性状难以综合,特定成分提高幅度有限^[1,2],而应用基因工程技术对大豆种子中的营养成分进行修饰和定向改造,可以大大缩短育种周期和提高效率,甚至可以获得普通大豆不能合成的特殊营养成分,增加大豆种质资源的多样性,这是常规农业育种难以达到的^[3]。现在基因工程技术为优质农作物选育提供了一种简便、快捷和高效的途径,成为大豆品质改良主要的且最有前途的技术手段^[4]。

目前,大豆的品质改良主要集中在提高某些营养成分的含量,如具有保健功能的脂肪酸(高油酸,γ-亚麻酸等)和营养价值较高的特殊蛋白质或氨基酸(蛋氨酸和赖氨酸等),具有这些优良品质性状的大豆产品可以作为普通食品来源外,也可以作为特殊的营养保健品满足特殊人群的需求^[5]。应用生物技术改良大豆脂肪酸组成就是大豆基因工程育种的成功范例。目前商业化的有关品质改良的转基因大豆已有高油酸大豆和高硬脂酸转基因大豆两

种^[6],还有许多基因工程改良的优质大豆材料或品种处在试验和扩繁阶段,有的作为储备品种准备商品化。本文综述了基因工程在大豆品质改良中研究的现状及前景,并对当前已获得的转基因大豆的品质性状特点作了介绍。

1 大豆油脂改良

大豆油脂是大豆的主要经济产品之一。近年来,利用基因工程技术调控植物脂肪酸代谢途径,改善植物油的营养价值,获得高品质的食用油已成为具有一定的研究价值和应用前景的领域。通过基因工程手段调控一些脂肪酸脱氢酶基因和延长酶基因的活性,可以修饰大豆种子中脂肪酸链的长度和不饱和度,调整脂肪酸分子在三酰甘油酯相关位置上的分布,增加或减少特定的脂肪酸成分。在大豆种子中超表达或抑制已有的基因控制某种脂肪酸的合成途径,来提高或减少某种脂肪酸的含量;或导入新的基因以获得普通大豆种子不能合成的特殊脂肪酸成分^[7~9]。目前转基因大豆油脂的研究,主要集中在以下几个方面:

1.1 高油大豆

大豆油在食用油中占有举足轻重的地位,提高大豆油含量是品质改良育种的主要方向之一。油脂和蛋白质合成之间有着非常紧密的联系,因为它们

* 收稿日期: 2005-04-30

项目来源: 吉林省科技发展计划资助项目(20030706; 20040209-1)

作者简介: 蔡一荣(1979-),女,硕士研究生,研究方向为植物基因工程。

通讯作者: 许守民, Email: Shoumin.Xu@csiro.au

均来自葡萄糖的酵解产物—丙酮酸, 蛋白的合成与油脂的合成存在底物竞争关系, 竞争的平衡点, 取决于两类物质代谢的关键酶, 即磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶(PEPcase)和乙酰辅酶A羧化酶(ACCase)的相对活性, 抑制磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶可以阻断丙酮酸生成蛋白质的途径, 进而促进油脂的合成。陈锦清等(1999)根据这一“油脂与蛋白质代谢的底物竞争”学说, 利用反义RNA技术通过抑制丙酮酸羧化酶的活性和提高油脂的含量^[10], 现已获得了含油量达25.12%的转基因高油大豆材料, 目前已进入试验扩繁阶段。

1.2 高油酸大豆

油酸为单不饱和脂肪酸, 具有相对稳定和不易氧化的特点, 并且有降低胆固醇和血脂及低密度脂蛋白水平, 维持高密度脂蛋白水平的保健功效。油酸的含量决定了食用油的品质, 因此提高油酸的相对比例已成为当前大豆品质改良的重要内容。普通大豆中含有约20%的单不饱和脂肪酸—油酸和约60%以上的多不饱和脂肪酸如亚油酸和亚麻酸, 这些多不饱和脂肪酸遇热不稳定, 易氧化。传统的提高热稳定性的做法是对豆油进行工业氢化, 增加单不饱和脂肪酸的含量, 但在氢化过程中会产生对人体有害的反式脂肪酸, 这大大的影响了大豆食用油的品质。提高大豆食用油品质的理想途径是通过改变大豆的遗传组成^[11], 主要是通过抑制 Δ^{12} 脂肪酸脱氢酶基因(FAD2)的表达, 使其直接生成油酸, 亚油酸含量减少。Kinney等(1996年)运用基因枪技术将 Δ^{12} 脂肪酸脱氢酶基因(FAD2-1)导入大豆基因组中^[12], 通过对同源的 Δ^{12} 脂肪酸脱氢酶基因的正义抑制, 得到了油酸含量达70%的转基因大豆, 并于1997年获准推广。1998年, Kinney等用同样的技术手段, 获得了油酸含量为88%的转基因大豆^[13]。此外, 也有用反义抑制获得高油酸大豆的报道, 如Hitz等将大豆反义的油酸脱氢酶基因在种子特异性的Conglycinin启动子调控下转化大豆体细胞胚, 也使油酸含量从21.5%上升到78.9%^[14]。Buhr等(2002)利用正义抑制手段, 抑制大豆 Δ^{12} 脂肪酸脱氢酶(FAD2)基因和ACP—棕榈酸硫激酶(FatB)的表达, 减少了种子中 Δ^{12} 脂肪酸脱氢酶的含量, 同时控制棕榈酸的产量, 达到富集油酸的目的, 最终获得了油酸含量高达85%的大豆新品系, 目前这种新品系已开始大规模种植^[15]。作者所在的实验室目前正在应用双链RNA基因沉默技术进行高油酸大豆材料的选育研究, 通过对大豆种子特

异的 Δ^{12} 脂肪酸脱氢酶基因FAD2-1的修饰, 将改建后的反向重复序列构建到含有种子特异启动子的载体中。通过农杆菌介导进行基因转移和组织培养, 已经获得了转基因大豆T₀代和T₁代材料, 目前正在筛选油酸含量高且产量稳定的株系。

目前美国每年有10万余公顷的高油酸转基因大豆种植(商品号为G94-1, G94-19, G168)。澳大利亚和新西兰等国家购买了美国的高油酸大豆的生产专利, 已经投放市场。目前我国还没有高油酸大豆品种, 因此改善大豆油脂中脂肪酸的合理比例和提高油酸含量, 应是我国开展大豆品质育种的重要内容之一。

1.3 高亚麻酸大豆

亚麻酸主要包括 α -亚麻酸(LA, 18:3 ω -6)和 γ -亚麻酸(GLA, 18:3 ω -6)。大豆中 α -亚麻酸含量约8%左右, 由于 α -亚麻酸是影响大豆风味的重要原因, 所以传统品质育种的重要方向是培育低 α -亚麻酸大豆。而高 α -亚麻酸大豆的生物学意义往往被忽视了。 α -亚麻酸能够减低血脂, 可代谢成对人类健康大有益处的长链多不饱和脂肪酸EPA和DHA。Cahoon等(2001)将能够使亚油酸转变为 α -亚麻酸脂肪酸脱氢酶基因FAD3转入大豆, 使其含量达到50%以上^[16]。 γ -亚麻酸是前列腺素类和白三烯类等生理活性物质的前体, 它有助于恢复受损伤的神经细胞, 降低血清胆固醇和甘油三脂, 促进胆固醇的代谢。大豆中由于缺少 Δ^6 脂肪酸脱氢酶, 因而不能将底物亚油酸转化成 γ -亚麻酸, 通过常规的育种方式是不能够获得含 γ -亚麻酸的大豆新种质。Reddy(1997)通过转基因的方式将从蓝细菌(Cyanobacterial)分离到的 Δ^6 -脂肪酸脱氢酶基因整合到大豆中, 从而获得了富含 γ -亚麻酸转基因大豆^[17]。Howe等(2004)从玻璃苣(Borago officinalis)中分离出 Δ^6 脂肪脱氢酶基因并且构建到双T-DNA载体上, 将该基因整合到大豆染色体中, 获得了无筛选标记的富含 γ -亚麻酸转基因大豆, T3代种子中 γ -亚麻酸(GLA)含量可达到29.8%~34.1%^[18]。国内的李明春等从高山被孢霉(Mortierella alpina)中分离出 Δ^6 脂肪酸脱氢酶基因, 他们将该基因成功的转化到大豆中, 获得了高 γ -亚麻酸含量(18.23%)的转基因大豆^[19]。

1.4 含特殊脂肪酸的大豆

利用基因工程技术在大豆中引入外源的与脂肪酸代谢相关的基因, 可以获得一些大豆本身不能合成的特殊脂肪酸。这些引入的基因能够利用大豆中

已有的脂肪酸作为底物合成特殊目的的脂肪酸。通过引入外源基因的表达,已经得到含共轭亚油酸(CLA)^[20]、高 γ -亚麻酸 GLA (18:3 ω -6) 和十八碳四烯酸 SDA (18:4 ω -3)^[21] 的转基因大豆材料。十八碳四烯酸(SDA)是 ω -3系的长链不饱和脂肪酸的代谢前体,在人体内很容易转化为长链多不饱和脂肪酸 EPA 和 DHA。利用斑鸠菊(*Vernonia cinerea*)和蓖麻(*Ricinus communis*)的相应基因开发高斑鸠菊酸(12,13-环氧油酸)含量和高蓖麻油酸含量的大豆新品系,为生产新型化工产品(如新型油漆固化剂、润滑油和可降解塑料等)提供原料。研究人员已将修饰后的与长链不饱和脂肪酸合成酶的相关基因导入到大豆基因组中,并在大豆种子中得到了表达^[22]。

2 大豆蛋白质改良

大豆蛋白质能够提供人体必需的8种氨基酸,满足肌体平衡,是唯一“完全蛋白质”的植物蛋白质来源。基于大豆种子中蛋白质含量的优势,利用基因工程提高大豆蛋白质含量的研究一直处于空白阶段。科学家们一直致力于对大豆蛋白质的组成成分进行改良,如提高大豆蛋白中含硫氨基酸和赖氨酸的含量等。

2.1 富含硫蛋白大豆

大豆蛋白是人们食用蛋白的主要来源,其营养价值几乎等同于动物蛋白。大豆蛋白中除含硫氨基酸(蛋氨酸 Met、半胱氨酸 Cys)含量低外,其它各种氨基酸含量均达到或超过联合国粮农组织标准(FAO 标准)。大豆蛋白作为主要食用和饲料用蛋白,由于缺乏含硫氨基酸,不利于其它氨基酸的吸收和利用,造成氨基酸的吸收失衡,使大豆营养价值下降。提高大豆含硫蛋白水平始终是改进大豆蛋白组分的主要方向之一。植物基因工程的出现,加快了改良大豆含硫蛋白组分的研究步伐^[23]。Dinkins (2001)报道了关于提高大豆含硫氨基酸研究的相关进展^[24],他们将 15KDa δ -玉米醇溶蛋白基因用基因枪转化法转入大豆中,在转基因后代的氨基酸组分测试中,蛋氨酸提高了 12%~20%、半胱氨酸提高了 15%~35%,而其它的氨基酸组分没有发生明显的改变,说明运用基因工程改良大豆氨基酸组成是可行的,并具有巨大的发展潜力。Kim 等(2004)通过基因工程手段,从玉米胚乳中分离一种富含 Met 的 11KDa δ -玉米醇溶蛋白基因,通过农杆菌

介导的转化方法,将构建有这种蛋白基因的质粒转入大豆基因组中,获得了富含 Met 的转基因大豆^[25]。

2.2 含赖氨酸转基因大豆

除了上述将某种氨基酸的贮存蛋白基因直接转入大豆使其表达外,人们还尝试对氨基酸代谢途径中的某种酶进行修饰加工,从而使细胞积累大量的必需氨基酸,如赖氨酸 Lys。在植物细胞中, Lys 是由精氨酸 Asp 衍生而来的,在这个过程中有两个重要的酶,天冬氨酸激酶(AK)和二氢-2,6-吡啶二羧酸合成酶(DHDPS),它们可以提高大豆种子中赖氨酸的含量,但这两种酶的活性又都受到产物 Lys 的抑制。Falco 等(1995)成功地将去除了对 Lys 抑制不敏感的 DHPS 基因转入大豆,获得了赖氨酸含量比普通大豆高出 5 倍的转基因大豆^[26]。但是,此后相关报道很少。

2.3 大豆过敏蛋白原改良

无论是大豆自身蛋白还是转基因大豆中外源蛋白都可能成为人体的过敏源。虽然对耐除草剂大豆的免疫学试验证明这种转基因大豆对人体的过敏反应和常规大豆没有明显区别,但是它们作为转基因食品的潜在危险性仍是存在的,而且大豆自身的某种蛋白仍是一些人的过敏源。为了使转基因大豆的应用范围进一步扩大和消除人们对转基因大豆的安全性的忧虑,对大豆过敏蛋白原改良将成为转基因技术的新热点。

第一代的抗敏转基因大豆已经成功获得。Herman 等(2003, 2005)通过基因沉默技术,阻止大豆中生成 P34 蛋白质的基因发挥作用,抑制了大豆种子中一种主要过敏原 P34/Gly m Bd 30k 蛋白的合成,培育出了对大豆过敏患者可能更为安全的抗敏转基因大豆^[27, 28]。

3 生物活性物质

大豆中许多特有的化学成分是生物活性物质的来源之一。目前,大豆中最受关注的生物活性物质就是大豆异黄酮。大豆中所含的异黄酮是指染料木黄酮等黄酮类化合物,具有抗肿瘤、抗氧化、抗溶血、预防心血管疾病和骨质疏松症等作用,同时还能提高人体的免疫功能。虽然异黄酮不属于蛋白质分子,但是诸多研究表明,大豆种子中异黄酮的含量和蛋白质代谢有着密不可分的关系,异黄酮的含量有赖于合成异黄酮的酶蛋白含量的提高。Yu 等

(2003)在大豆中表达了玉米 C1 和 R 转录因子, 激活大豆苯丙烷代谢途径, 并通过基因共阻遏方法抑制黄酮—3—羟化酶基因表达, 阻断了花色素苷合成分支途径, 成功地提高了转基因大豆种子中异黄酮含量^[29]。

近年来, Van Eenennaam (2003)报道了利用基因工程手段可以提高大豆生育酚 (Vitamin E) 的含量。他们从拟南芥维生素 E 合成途径中克隆了 2-methyl-6-phytylbenzoquinol 甲基转移酶基因, 转化大豆材料, 在转基因后代的种子中, α -生育酚的含量比原来提高了八倍, 而 Δ -生育酚的含量降低为 2%^[30]。Philip 等 (2001)得到了表达有牛胰酪蛋白酶的转基因大豆材料, 为大豆作为生物反应器使用开辟了前景^[31]。

4 低水苏糖大豆 (高蔗糖大豆)

普通大豆种子中含有 1.4%~4.1% 的水苏糖, 它是人类和其它单胃动物不能消化的低聚糖。大豆低聚糖能促进肠道内双歧杆菌的增殖、改善肠道菌群等。低水苏糖大豆中, 水苏糖被易消化的蔗糖所取代, 使其具有比传统大豆更高的能量和甜味, 从而使它作为食品原料、宠物食品原料和动物饲料更加有用。美国杜邦公司已育成了这种低水苏糖转基因大豆, 并且还选育了其他抗营养因子 (如寡糖、棉子糖和半乳糖等) 水平较低的大豆新品系^[32]。

5 其它

传统大豆存在的天然磷酸盐主要以不可溶解的植酸盐形式存在。单胃动物缺乏消化植酸 (肌醇六磷酸) 所需的植酸酶。因此, 现有大豆植酸被人体/动物排泄掉, 造成环境的磷污染。Chiera (2004)报道了表达肌醇六磷酸酶 (GmPhy) 基因的转基因大豆。他们将肌醇六磷酸基因构建到含有种子特异启动子的质粒中, 并成功地获得了转基因的低植酸大豆。相关的酶活性检测及其它的后继检测实验正在进行中^[33]。

6 展望

利用生物工程技术 and 遗传技术相结合, 选育高蛋白、高油脂和富含特殊营养成分的大豆新品种, 消

除大豆的腥味, 是大豆品质改良的重要内容, 也是大豆产业发展和市场开拓的关键。因此, 发展转基因生物工程是时代要求, 也是科学发展的必然。由于大豆在农业上的重要地位, 注定了大豆将成为研究和开发的重点^[34]。基因工程为大豆育种提供了前所未有的机遇, 使大豆获得各种品质改良的性状、生产特殊蛋白、特殊脂肪酸、维生素、抗旱、生产生物塑料和生物燃油等。通过生物工程技术获得的有价值的性状为大豆生产者和消费者提供了从经济到环境的直接或间接的利益, 这些品质改良的转基因大豆在食用和饲料用都有着非常广泛的应用前景, 同时也反应了生物工程在农业上的巨大潜力^[35]。

参 考 文 献

- 1 Conner, T., Paschal, E. H. The challenges and potential for future agronomic traits in soybeans [J]. Ag Bio Forum, 2004, 7 (1 & 2): 47—50.
- 2 杨桂英, 马绍宾, 何瀚. 大豆的遗传特点、品质改良与育种难点 [J]. 贵州农业科学, 2002, 30 (6): 57—60
- 3 刘立侠, 柳青, 许守民. 基因工程在改善植物油营养价值中的应用 [J]. 植物学通报, 2005, 22(5): 623—631
- 4 Cahoon, E. B. Genetic enhancement of soybean oil for industrial uses: Prospects and challenges [J]. Ag Bio Forum, 2003, 6 (1 & 2): 11—13
- 5 Kinney, A. J. Genetic engineering of oilseeds for desired traits [J]. Genetic Engineering, 1997, 19: 149—166.
- 6 陈锦清, 黄锐之. 油料作物基因工程育种 [J]. 中国生物工程杂志, 2004, 24(5): 24—29
- 7 Mark A. Darroch, Jay T. Akridge, Michael D. Boehlje. Capturing value in the supply chain: the case of high oleic acid soybeans [J]. International Food and Agribusiness Management Review, 2002, 5: 87—103
- 8 倪郁, 李加纳. 多不饱和脂肪酸研究和植物育种策略 [J]. 中国油料作物学报, 2003, 25: 99—102
- 9 石东乔, 周奕华, 陈正华. 植物脂肪酸调控基因工程研究 [J]. 生命科学, 2002, 14: 291—295
- 10 陈锦清, 郎春秀, 胡张华, 等. 反义 PEP 基因调控油菜籽粒蛋白/油脂含量比率的研究 [J]. 农业生物技术学报, 1999, 7(4): 316—320
- 11 杨庆凯. 从大豆品质性状相关性谈品质育种策略 [J]. 作物杂志, 1995, 4: 32
- 12 Kinney A J. Development of genetically engineered soybean oils for food applications [J]. Food Lipids, 1996, 3: 273—292
- 13 Kinney A J, Knowlton S. Designer oils: the high oleic acid soybean. Genetic modification of the food industry: a strategy for food quality improvement [M]. London: Blackie Academic & Professional, 1998. 193—213
- 14 Hitz WD, Carlson TJ, Kerr PS, et al. Biochemical and molecular characterization of a mutation that confers a decreased raffinose-

- chard and phytic acid phenotype on soybean seeds[J]. *Plant Physiol.* 2002, 1128(2): 650—60
- 15 Buhr T, Sato S, Ebrahim F. Ribozyme termination of RNA transcripts down-regulate seed fatty acid genes in transgenic soybean[J]. *Plant.* 2002, 30(2): 155—63
 - 16 Cahoon, E. B., Ripp. Formation of conjugated delta 8, delta10 double bonds by delta12-oleic acid desaturase related enzymes: Biosynthetic origin of calendic acid[J]. *Journal of Biological Chemistry.* 2001, 276: 2637—2643.
 - 17 Reddy AS, Thomas TL. Expression of a cyanobacterial delta 6-desaturase gene results in γ -linolenic acid production in transgenic plants[J]. *Nat Biotechnol.* 1996, 14(5): 639—42
 - 18 Howe, Arlene R, Eckert, Helena, Sato Shirley, et al. Production of γ -linolenic acid and stearidonic acid in marker-free transgenic soybean[J]. *Crop Sci.* 2004, 44: 646—652
 - 19 李明春, 卜云萍, 王广科, 等. 深黄被孢霉 Δ^6 -脂肪酸脱氢酶基因在大豆中的表达[J]. *遗传学报*, 2004, 31(8): 858—863
 - 20 Cahoon E. B. and Anthony J. Kinney. Dimorpheolic Acid Is Synthesized by the Coordinate Activities of Two Divergent Δ^{12} -Oleic Acid Desaturases Bio[J]. *Chem.* 2004, 279(13): 12495—12502
 - 21 Cahoon E. B., Carlso T. J., Ripp K. G., et al. Biosynthetic origin conjugated double bonds; Production of fatty acid components of high-value drying oils in transgenic soybean embryos. *Proc. Natl J. Acad. Sci.* 1999, 96: 12935—12940
 - 22 Sayanova OV, Napier JA. Eicosapentaenoic acid; biosynthetic routes and the potential for synthesis in transgenic plants[J]. *Phytochemistry.* 2004, 65(2): 147—58.
 - 23 Hari B. Krishnan. Engineering Soybean for Enhanced Sulfur Amino Acid Content[J]. *Crop Sci.* 2005, 45: 454—461
 - 24 Dinkins R. D. . Increased sulfur amino acids in soybean plants over expressing the maize 15kDa zein protein. *In Vitro Cellular and Developmental Biology — Plant*[J]. 2001, 37: 742—747
 - 25 Kim Won Seok, Hari B. Krishnan. Expression of an 11kDa methionine-rich delta-zein in transgenic soybean results in the formation of two types of novel protein bodies in transitional cells situated between the vascular tissue and storage parenchyma cells. *Plant Biotechnology Journal* [J]. 2004, 2(3): 199—210
 - 26 Falco S. C., Guida. Transgenic canola and soybean seeds with increased lysine. *Bio-Technology* [J]. 1995, 13: 577—582
 - 27 Herman Eliot M, Helm Ricki, Jung Rudolf, et al. Genetic modification removes an immunodominant allergen from soybean[J]. *Plant Physiology.* 2003, 132(1): 36—43.
 - 28 Herman Eliot M, Soybean Allergenicity and Suppression of the Immunodominant Allergen[J]. *Crop Sci.* 2005, 45: 462—467
 - 29 Yu O, Shi J, Hession A O. Metabolic engineering to increase isoflavone biosynthesis in soybean[J]. *Phytochemistry.* 2003, 63(7): 753—763.
 - 30 Van Eenennaam AL, Lincoln K, Durrett TP, et al. Engineering vitamin E content; from *Arabidopsis* mut[J]. *Plant Cell.* 2003, 15(12): 3007—19.
 - 31 Reena Philip, Douglas W. Damowski P. Jeffery Maughan, et al. Vodka Processing and localization of bovine β -casein expressed in transgenic soybean seeds under control of a soybean lectin expression cassette[J]. *Plant Science.* 2001, 161: 323—335
 - 32 Mazur B, Krebbers E, Tingey S. Gene discovery and product development for grain quality traits[J]. *Science* . 1999, 16: 285(5426): 372—5.
 - 33 Chiera JM, Finer JJ, Grabau EA. Ectopic expression of a soybean phytase in developing seeds of *Glycine max* to improve phosphorus availability[J]. *Plant Mol Biol* 2004, 56(6): 895—904
 - 34 Soper, J., Judd. The future of biotechnology in soybeans[J]. *Ag-BioForum.* 2003, 6(1&2): 8—10
 - 35 Sleper, D. A. Shannon, J. G. Role of public and private soybean breeding programs in the development of soybean varieties using biotechnology[J]. *Ag Bio Forum.* 2003, 6(1&2): 27—32.

GENETIC ENGINEERING ON IMPROVING SOYBEAN QUALITY TRAITS IN BREEDING

Cai Yirong Li Wangfeng Liu Lixia Xu Shoumin

(*School of Life Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024*)

Abstract Several transgenic materials or lines of quality-improvement traits of soybean, including high-oleic soybean, high-linolenic acid, high sulfur content soybean, high lysine soybean, have been selected successfully through biotechnology. Here we summarized some novel transgenic soybeans' hereditary characters, and gave an overview of the actuality and prospect of genetic engineering improving soybean qualities.

Key words Soybean; Quality enhancement; Genetic engineering; Breeding