

玉米油和优质油玉米育种

刘治先

(山东省农科院玉米研究所, 济南 250100)

摘要 玉米油是主要的食用植物油,具有较高的营养和医用价值。其主要成分是油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸和亚麻酸等。油酸和亚油酸具有降低血清胆固醇的作用;对某些糖尿病亦有疗效。但不饱和脂肪酸易氧化使油产生混浊和酸臭味。玉米油分因品种不同而异,受多基因控制。这些基因以加性效应为主。研究表明,通过连续选择或诱导基因突变,可有效地提高玉米子粒的含油量,改善油的品质,培育优质油玉米杂交种。

关键词 玉米 品质育种 高油玉米

玉米主要用作饲料,也是重要的工业原料。随着人民生活水平的提高和玉米多元利用技术的发展,玉米的用途将严格限制玉米的特定品质。因此,为满足市场和工业对玉米的特殊要求,特用玉米育种已显得格外重要。美国等发达国家已成立特用玉米发展协会,专门从事特用玉米的育种、开发和协调产销等事宜。庄铁成^[1]曾提出我国应大力发展“三高”(高赖氨酸、高淀粉、高油)玉米。目前,我国高油玉米的研究水平和高赖氨酸玉米一样,居世界领先地位,部分高油玉米杂交种已在生产上试种推广。实践证明,玉米不仅是粮食和饲料,业已成为重要的油料作物,其营养品质和经济价值居禾谷类作物之首。

1 玉米油及利用价值

玉米油是主要的食用植物油,世界上许多国家以食用玉米油为主。在美国玉米油占食用油总量的 9.0%,大豆油占 78.4%,棉籽油占 8.0%,向日葵油 3.3%,花生油占 1.3%^[1]。普通玉米(NM)全子粒中,一般含 4.5%的油分,其中 85%存在胚中,其余则在胚乳糊粉层中^[1]。玉米油的主要成分是脂肪酸,尤其是油酸、亚油酸含量较高,为人体必需的脂肪酸^[2]。玉米油富含维生素 F,能减少

人体中胆固醇含量,增强肌肉和心血管的功能。玉米油中维生素 A、E 和卵磷脂等成分的含量也较高。维生素 E 是孕妇、哺乳期妇女及儿童必需的营养成分,能维持生殖器官机能正常,增强人体肌肉代谢和提高对传染病的抵抗能力。因此,玉米油堪称“健康营养油”。

高油玉米(HOM)除可作优质食品外,还是重要的优质饲料。每克玉米油可提供 9000 卡的能量,几乎是淀粉或蛋白质提供能量的两倍^[2]。HOM 胚中赖氨酸、色氨酸含量是胚乳的 3 倍,其蛋白质中各种氨基酸比较平衡。为此,HOM 蛋白质品质较高,亦为优质蛋白。Adam 等用 HOM 作饲料饲养仔猪,与 NM 相比,饲料报酬率提高 12%。Sanic 等用含油 7.9% 的 HOM 作饲料饲养仔鸡,与 NM 相比,饲料报酬率提高 9.5%。长春市农科院用 HOM 饲料饲养肉鸡,与 NM 相比,料肉比降低 11.4%,每只鸡多获利 1.40 元^[1]。因此,HOM 作畜、禽饲料,具有较高的生物效应和经济效益。

玉米的含油量随遗传背景及生育环境的不同而有相当变化。Alexander 分析 342 个

美国自交系的含油量,其范围是 2.0%~10.2%;NM 杂交种的含油量为 4.0%~5.0%;HOM 杂交种的含油量则在 8.0%以上^[3]。玉米含油量是多基因控制的数量性状,且遗传力较高。John Dudley 估计控制油分含量高低的基因数目,大约是 69 个。这些基因的作用大部分是累加效应,少数为显性或调节作用^[4]。伊利诺大学对玉米含油量 93 代混合选择的结果^[4]:(1)玉米子粒的含油量与蛋白质含量相关性很低。(2)胚的大小决定了含油量的高低。(3)含油量与产量呈负相关。(4)环境因子可显著影响含油量。(5)含油量的遗传变异性不减。Leng^[5]认为变异性不减的原因是:(1)偶然的外缘花粉杂交污染。(2)异结合体的选择优势。(3)油分基因的高突变率。(4)其他增加变异性的遗传控制机制。但也有人认为,可能是选择控制子粒的大小、密度、淀粉和蛋白质合成等遗传基因的间接效果。用 RFLP(限制性内切酶片段长度的多态性)分子标记鉴定影响油分的遗传基因在染色体上的分布表明^[6],影响玉米含油量的基因主要位于 2L(第 2 条染色体长臂)、3C(c 为着丝点)、4S(s 为染色体短臂)、5S、5L、6S、8L、9S、9L 及 10S 等 10 个染色体区域。这些基因不但影响油分含量,而且也影响子粒密度、淀粉和蛋白质的含量。表明对油分含量的影响可能不是这些基因的直接功效,而是通过增加胚体积、减少胚乳体积,抑制淀粉和蛋白质的合成,从而不断提高子粒的含油量。

2 玉米油的脂肪酸组成及品质

玉米的油分主要由油酸(18:1)、亚油酸(18:2)、棕榈酸(16:0)、硬脂酸(18:0)和亚麻酸(18:3)组成。各种脂肪酸的相对含量决定了油的特性和品质。优质玉米油含较多的油酸、亚油酸,较少的棕榈酸、硬脂酸和亚麻酸。其标准为棕榈酸 8.0%~12.7%,硬脂酸 1.0%~2.0%,油酸 24.4%,亚油酸 60.0%~65.0%,亚麻酸 1.0%~1.5%。饱和脂肪酸分子量大,溶点高,在高温下稳定,适于

煎炸优质食品。还可以提炼出凝固性脂肪,制造低能量、易消化型奶油,直接改善奶油的品质。但饱和脂肪酸能增加血清胆固醇含量,对人体健康不利。油酸、亚油酸均属不饱和脂肪酸,均有降低血清胆固醇的作用。长期食用富含油酸、亚油酸的食物,能防止血管粥样硬化症,对高血压、心脏病和糖尿病亦有显著疗效。亚油酸还是构成细胞膜的重要成分,具有美容、美肌的作用。但是,亚油酸和亚麻酸一样,溶点低(-5~-11℃),易发生氧化,降解成低分子量的醛、醇、酮,使油混浊产生酸臭味。

控制玉米油分的遗传基因和机制,可以使用分子遗传、组织培养、转座系统、单体和三体等方法进行基因定位及性状研究。Wistrom 等^[7]的研究表明:棕榈酸、油酸和亚油酸含量的遗传以加性效应为主;而硬脂酸以加性和显性效应共同控制。Plewa 等^[8]用单体发现第 2 条染色体上有一个影响亚油酸合成的基因。Shadley 等^[9]用三体及 B-A 转座系统发现第 5 条染色体长臂上有一个影响油酸、亚油酸含量的基因。估计控制脂肪酸合成及结构的基因数目,大约为 20~30 个。因此,用定向选择和基因诱变等方法,可大幅度改变脂肪酸的组成及结构。

玉米油中脂肪酸的相对含量随遗传背景不同而异。作者分析 491 个美国自交系的脂肪酸含量,发现棕榈酸的变化范围是 6.64%~15.12%;硬脂酸为 0.65%~1.99%;油酸为 14.37%~58.53%;亚油酸为 29.65%~72.59%;亚麻酸为 0.95%~2.47%。Pamin 等人的研究表明,脂肪酸组成和油分含量在不同群体的全姊妹家系中亦有显著差异。油酸与亚油酸之间呈显著负相关, $r=-0.96$;含油量与油酸之间呈正相关, $r=0.51$;而与亚油酸含量呈负相关, $r=-0.48$ 。表明随着玉米子粒含油量的提高,各种脂肪酸的比例发生较大变化,从而影响玉米油的品质。因此,在进行优质油玉米育种时,要不断测定脂肪酸的含量,在不降低油品质的前提下,提高

玉米子粒的含油量。

3 优质油玉米育种

玉米的含油量受多基因控制,以加性遗传效应为主,遗传力较高。根据这个特点,可通过混合选择等方法进行有效地选择,提高加性基因频率,增加玉米子粒的含油量;改善脂肪酸的相对比例,提高油酸、亚油酸的含量,降低硬脂酸、亚麻酸等饱和脂肪酸的含量,提高玉米油的营养品质,培育优质油玉米自交系和杂交种。

1896年,美国伊利诺大学的 Hopkins 最早从事玉米含油量的选择^[4,5]。当时使用的材料是磨石白(Burrs white)品种,平均含油量为 4.68%(3.7%~6.0%)。其目的是依据动物育种的原理,在优良的环境下选择最优个体,达到作物改良的目的;探索混合选择改变玉米子粒化学组成的程度。选择目标为:高油(IHO, Illinois High Oil)、低油(ILO, Illinois Low Oil)、高蛋白(IHP, Illinois High Protein)和低蛋白(ILP, Illinois Low Protein)。首先, Hopkins 选取 163 个果穗进行含油量分析,发现同一果穗玉米子粒化学组成比较一致,变异性小;穗与穗间化学组成差异明显,变异性大。然后,选择高油、低油果穗进行高、低含油量的持续选择。到 1989 年已选择 93 代,玉米子粒的含油量从最初的 4.68% 提高到 22.0% 或降为 0.1%。由于含油量低于 1% 以下,不能精确测定;而且种子发芽率很低,已不能有效繁殖。为此,1948 年, Dudiey 决定停止 ILO 的选择,继续进行 IHO 的选择。同时进行反高油(RHO, Reverse High Oil)和反低油(RLO, Reverse Low Oil)的逆向选择。到 1989 年已选择 42 代, RHO 系统的含油量从 13.5% 降低为 4.6%; RLO 系统从 1.1% 提高到 3.6%。这一经典的选择试验说明,选择可显著地改变子粒的化学成分,有效地提高子粒的含油量。

1957 年, Alexander 等^[3]利用 56 个开放授粉品种,以种间杂交的方法合成一个新群

体,进行高油玉米育种。他们进行了 6 个世代的轮回选择后,利用核磁共振质谱仪(NMR, Nuclear Magnetic Resonance)进行含油量的单子粒测定。首先测定果穗平均含油量。然后,从含油量高的穗行选取最优果穗,进行单子粒油分分析。选取含油量最高的 3 个果穗,种成穗行,穗行内混合授粉。如此重复。这种方法称为单粒法(Single Kernel Method)。到 1987 年已选择 30 代,含油量从 4.5% 提高到 21.0%,其选择效率比混合选择法提高 3 倍(30 代比 93 代)以上。表明单粒选择法能有效地积累控制油分的遗传基因,显著地提高含油量。而且高油系统的子粒饱满,植株性状优良。

Alexander 发现高油分具有降低产量的效果。Alexho 综合种含油量从 6.2% 提高到 12.9% 时,子粒产量则从 8500kg/hm² 降低为 6300kg/hm²。然而, Miller^[10]发现瑞德黄马齿(Reid Yellow Dent)品种的含油量从 4.0% 提高到 9.1% 时,产量并未降低。从已有的实践来看,含油量在 8.0% 以下对产量没有太大影响。表明对产量和油分因子同时进行选择是有效地。

除混合选择法、单粒法外,优质油玉米育种还可采用基因诱变等方法,改变基因功能,达到提高子粒含油量,改善油分品质的目的。依阿华大学 Allen Wright 博士利用 EMS 化学诱变花粉的方法,已成功的育出高油酸,高亚油酸,高、低棕榈酸,高、低硬脂酸等基因突变体,为优质油玉米育种创造了宝贵的材料。

我国高油玉米育种始于 70 年代。中国农科院、北京农业大学等单位先后育成一批高油玉米自交系和杂交种应用于生产,取得较大成效。HOM 杂交种的含油量比 NM 提高 1~2 倍;其子粒产量不低于或高于 NM 主推杂交种的水平。近几年来,我国采用现代技术手段,对玉米油品质的改进有了较大突破,已达到和超过美国的水平^[11]。

4 结 语

玉米油除用于食品业、工业、畜牧业和医

药业外,还可以制造清洁剂、表面涂料、塑胶及特殊润滑剂等。用玉米油的醇脂代替柴油等,可减少硫化物、环状氢化物等废气对都市环境的污染。我国用玉米油成功的研制出高级食品专用油脂,并制成三脱油、低度氢化油、人造黄油等,这些产品均为现代食品的理想原料。

HOM 作为粮油兼用作物,1公顷 HOM 的产值可等于1公顷油料作物和1公顷粮食作物产值之和。专家们估算,我国若把1/4的玉米面积(约530万公顷)改种 HOM,在不降低玉米总产的前提下,可增加11亿公斤玉米油;4亿公斤蛋白质,多创经济效益3亿多元。近几年,我国玉米面积徘徊在2100万公顷,单产徘徊在5000kg/hm²上下。大幅度提高单产,增加总产难度较大。发展 HOM、QPM 等,以优质求数量,以优质求效益,不仅可缓解玉米的紧缺局面,而且可推动食品工业,畜牧业的发展,改善人民的生活水平,促进中华民族的健康长寿。

参 考 文 献

- 1 Orthoefer, F. T. et al., 1987. In: Corn, Chemistry and Technology, S. A. Watson and P. E. Ramstad, Editor, American Society of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN., 535-541
- 2 Ngeh-Ngwainbi, J. et al., 1994. Cereal Foods World, 82-19
- 3 Alexander, D. E., 1988. 43rd Annual Corn and Sorghum Research Conference, 97-105
- 4 Dudley, J. W. et al., 1992. Maydica 37:81-87
- 5 Leng, E. R., 1962. Zeitschrift fur Pflanzenzuchtung, 47, 67-91
- 6 Berke, T. et al., 1994. In: 30th Annual Illinois Corn Breeders' School, 86-96
- 7 Widstrom, N. W. et al., 1984. Crop Sci. 24:1113-1115
- 8 Plewa, M. J. et al., 1975, Genetics 81:277-286
- 9 Shadley, J. D. et al., 1980. Can. J. Genet. Cytol. 22:11-19
- 10 Miller, R. L. et al., High Intensity Selection for Percent Oil in Corn, Crop Sci., 1981, 21:433-437
- 11 石德权主编., 优质蛋白玉米, 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 305-309