

高油玉米前途光明

宋同明 苏胜宝 陈绍江 赵永亮

(中国农业大学, 北京 100094)

Bright Future of High Oil Corn

Song Tongming Su Shengbao Chen Shaojiang Zhao Yongliang

(China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract: High oil corn breeding has started since the late 1940s, but it developed slowly until 1980s. The shortage of germplasms and the difficulties of creating the new germplasms have been the two main obstacles. It was overcome gradually through the technique improvement and the breeding efforts. The acreage of high oil corn hybrids has been increased quickly in recent years. The added value benefits of high oil corn in increased energy level and other nutritional components reflected mainly in the gain-to-feed-ratio of livestock, poultry and the processing products.

High oil corn breeding in China has been also going to the new period both in the germplasm creation and hybrid development. Newly developed hybrids not only the oil content reached the highest level of the world commercialized hybrids, but also realized the breakthrough in the field of disease resistance, standability and yield potential. It combined superior quality, yield potential, wide uses and high benefits together harmoniously, so the future must be very bright.

Key words: High oil corn; Breeding; Value added

摘要 高油玉米育种从40年代开始,一直未曾间断,但在80年代之前进展不大。种质资源的匮乏和创造资源的艰难是两个基本原因。高油玉米的遗传增值表现在能量水平的提高和营养成分的改善,主要反映在较高的饲养效率和加工产值。80年代以来,随着种质资源的拓宽和育种技术的改进,高油玉米已经走上了健康快速发展的道路,我国高油玉米也从引进资源阶段步入了独立发展新时期。十几年来,无论在资源创新和杂交种选育均有所建树。新育成的杂交种不仅含油量居世界前列,而且在抗病、抗倒及丰产潜力方面均有突破。它把优质、高产、多用途和高效益有机结合起来,因而发展前途十分光明。

关键词 高油玉米 育种 遗传增值

高油玉米是20世纪人工创造的玉米新类型。它不仅大大提高了玉米籽粒总能量水平,也全面改善了它的多种营养成分,因而具有普通玉米难以相比的优越性。80年代以来,高油玉米的发展速度大大加快,并愈来愈显示出其巨大优势。在可以预见的将来,高油玉米有

可能在世界范围内迅速发展,并占据十分可观的栽培面积。

1 早期育种的尝试

早在40年代,美国伊利诺大学的 C. M. Woodworth 等人就开始了高油玉米育种的实践

活动^[6,10,17]。他们利用当时流行的玉米自交系和伊利诺高油系(IHO)进行杂交,而后进行回交和自交选择等程序,培育出了一批高油玉米自交系和双杂交种,含油量达6%~7%。此后,无论是公共研究机构或私人种子公司都在不间断地探索高油玉米育种的道路以及应用于生产的可能性,但直到70年代中期,并未取得多大进展。以伊利诺大学为代表的公共机构,培育成功的全部高油玉米自交系,或者是直接来自IHO,或者是以IHO作遗传供体而得到的回交转育系^[10,12]。尽管当时的IHO系含油量已达15%~17%,但该品系的发展完全出自于化学家对改变玉米子粒成分的好奇心^[9],作为育种材料该品系是相当低劣的。不仅农艺性状差,倒伏严重,感染多种病害,更重要的是配合力太低。Jump^[11]发现,凡是含有IHO遗传背景是自交系,很难组配出好的杂交组合。我们在IHO C80中虽然选育出了一批含油量很高的自交系^[3],但也未发现具有育种价值的组合,从而进一步证明了Jump的见解。

60年代,Funk种子子公司利用系谱与回交法相结合,加上高强度对农艺性状的选择,获得了一批高油材料,并筛选出了若干个含油量在6%~7%的杂交种。这些杂交种,曾在伊利诺的彼金地区种植了相当的面积,但在1972年干旱气候的袭击下,造成了比普通玉米杂交种严重得多的减产,因而不得不终止高油玉米生产。这次失败虽然与IHO遗传背景无关,但从整个育种计划来看,仍然是由于遗传基础的过分狭窄^[16]造成的。

2 高油玉米育种的发展

基于早期育种实践的教训,玉米育种学家把创造农艺性状优良、遗传基础广泛和能够抵抗玉米主要病害的高油基础群体作为高油玉米育种的前提条件。在D. E. Alexander主持下,伊利诺大学于50年代末开始了这项工作^[2,13,15]。他的第一步是把56个自由授粉的品种合成为一个遗传基础十分广泛的基础群体,继之针对抗病性和农艺性状进行6轮轮回

选择,含油量的选择工作也同时进行。前5轮选择是按传统的混合选择法,从第6轮开始,一种非破坏性油分分析仪器——核磁共振仪(NMR)投入使用,这种仪器在不破坏种子的情况下,可以迅速测出种子的含油量,因而大大提高了工作效率^[15]。例如,利用NMR,从1994年9月至1966年5月共计完成了50000粒种子含油量分析^[12]。NMR的使用,也改变了含油量的选择方法。由长期沿用的混合选择法变成了单粒种子含油量的表型轮回选择法。使每轮选择的遗传进展提高了3.5倍^[4]。利用这一先进技术,伊利诺大学玉米试验室在较短的时间发展出了Alexho C27、Alexho Elite C₂、Syn. D. O C₆、Iowa双穗高油(C₂)和HORYD C₅等数个高油玉米基础群体,大大丰富了高油玉米种质资源。特别是遗传基础广泛的Alexlo和Alexho Elite,已成为近代高油玉米育种高油亲本系的主要来源。

70年代后期,伊利诺大学从Alexho C₆群体育成了R806高油系。该系与B73组配的杂交种,含油量达7%,比当时美国广泛种植的普通玉米杂交种B73×Mo17高70%,但子粒产量十分接近,综合农艺性状也不错。80年代初,Pfister种子子公司开始生产和销售以Kernoil为商标的系列高油玉米杂交种,含油量也在6.5%~7%之间,具有相当的竞争力,高油亲本也来自Alexho。

1989年,DuPont公司和Pfister种子子公司联合,从伊利诺大学购买了包括Alexho和IHO在内的全部高油种质的独家使用权,投入了巨大的人力和财力,建立起了强大的研究机构和设备先进的试验室,并和Holden基础种子子公司联合。形成了高油玉米育种、种子生产、加工销售以及高油商品玉米的生产和销售的一条龙系统,使高油玉米商品化的速度大大加快,播种面积迅速扩大。仅1996年就销售了5万单位(每单位8万粒种子)的高油玉米种子,播种面积超过6.67万hm²(个人通讯)。目前已有45个小型种子子公司与DuPont-Pfister签订了种子生产合同。可以想象,1997年的种

子生产规模和播种面积都会超过 1996 年。他们预期,高油玉米播种面积有可能扩展到玉米总面积的三分之一,即 1067 万 hm^2 ^[12]。

3 高油玉米的饲养效果与遗传增值

玉米油的热值比淀粉高 1.25 倍,所以高油玉米都具有较高的能量。大约 85% 的油集中在种胚部分,因而高油玉米都有一个大的胚面。而玉米胚的蛋白质含量比胚乳高一倍,赖氨酸和色氨酸高两倍以上,所以高油玉米也都具有较高的蛋白质、赖氨酸和色氨酸含量。除此之外,高油玉米的维生素 A 和维生素 E 也高于普通玉米。这些提高了的能量和各种营养成分,不仅对人类和单胃动物有重要价值,对于家禽乃至反刍动物来说同样具有重要意义。30 年来,有一系列的动物饲养试验,充分证明高油玉米的优越性。

Nordstrom^[14]以普通玉米和含油量为 6.4%、6.7%、7.2% 和 8.4% 的高油玉米作养猪试验,发现各类高油玉米饲料均能降低单位增重所需的饲料量,含油量愈高,降低饲料用量愈多。他还证明,高油玉米饲料可以有效地节约蛋白质补充物。据他计算,在配制蛋白质含量为 16% 的饲料时,可节省 16% ~ 22% 的大豆粉,在配制蛋白质含量为 13% 饲料时,可节约 29% ~ 41% 的大豆粉。

Adams^[5]以 3.5% 含油量的普通玉米和含油量为 6.5% ~ 7.5% 的高油玉米作养猪试验,也发现高油玉米具有降低日消耗饲料量和提高单位饲料增重的作用,但高油玉米饲料与普通玉米加油的饲料日增重差异不大。在对 16 kg 小猪至 97 kg 成猪的饲养试验中,具相同卡路里与赖氨酸比值下,前 28 d 高油玉米比普通玉米日增重高 16%,单位饲料增重高 12%;全部 105 d 饲养结果是高油玉米日增重高 11%,单位饲料重高 7%。

Sovic 等人(个人通讯)比较了 7.9% 含油量的高油玉米与 4% 含油量的普通玉米加上蛋白质补充物对肉鸡的饲养效果,发现高油玉米提高饲料转化率 10%。Han^[8]等人以 4.3%

含油量的普通玉米和含油量为 6.0%、8.5%、11.3% 和 13.0% 的高油玉米饲养肉鸡,发现和普通玉米相比,喂高油玉米饲料的鸡群单位饲料增重分别提高了 3.9%、7.9%、11.4% 和 14.3%,直线回归分析表明,含油量每提高 1%,饲料效率可提高 1.6%。

Jaster(个人通讯)以含油量 7% 的高油玉米杂交种 Kennoil 的子粒和青饲对产奶初期的奶牛作饲养试验,发现高油玉米青饲的含油量比普通玉米高 1.5%,在 16 周的试验期间喂高油玉米子粒加高油玉米青饲的平均每日多摄取 6.1 磅干物质,日增重 0.37 磅,每天产奶 90.3 磅,而喂普通玉米 + 普通玉米青饲的每天减重 0.26 磅,日产奶仅 85.2 磅,产奶量相差 5.1 磅。

Garrigus^[7]比较了在蛋白质含量 11% ~ 12% 的普通玉米和高油玉米(7% 油)饲养羊的效果,发现喂高油玉米的比喂普通玉米的羊羔体重增加 7%,但每磅增重减少 6% 的饲料消耗。

据 DuPont 公司专家计算,每公斤 7% 含油量的高油玉米可额外增值 2 ~ 2.3 美分,折合人民币 0.17 ~ 0.19 元;但这种增值并不体现在高油玉米本身,而是体现在终端产品,如畜禽养殖效益或综合加工效益等。DoPontt 公司 1994 年收购含油量 7% 的高油玉米,每公斤给农户加价 1.4 美分,折合人民币 0.12 元,若高油玉米与普通玉米产量相当。则农民从种植高油玉米中获得可观的额外效益。

4 我国高油玉米的现状与前景

我国有系统的高油玉米育种是从 80 年代初开始的。当时的 IHO 已进展到了 C_{80} , Alexho 也已进展到了 C_{23} ,它们的含油量都已超过 19%^[4,13]。其他几个高油基础群体的选择也都取得了很大进展^[4,12]。我们通过公开合法途径引进了其中一部分材料,并开始探索培育高油玉米杂交种工作。经过数年的不懈努力,得到了一批不同背景的高油玉米自交系,含油量变动在 6% ~ 17% 之间^[3]。经过配合力、农艺性状和抗病性综合评定,淘汰了大部分材

料。其中从 IHO 选系, 尽管含油量最高, 但杂交种均不理想, 证明该群体遗传背景低劣。从依阿华双穗高油群体选系, 都严重感染大斑病, 含油量偏低, 育种价值不大。筛选到的有用高油系主要来自 Alexho 综合种。至 90 年代初, 利用这批高油系育成了农大高油 1 号至 8 号等一批杂交种, 含油量在 8.0% 至 9.5% 之间。1989 年, 第一个高油玉米杂交种——农大高油 1 号, 在北京市审定通过, 1991 年纳入国家科委重点项目推广计划。1992 年和 1993 年, 国家科委、教委和农业部联合, 分别在内蒙古赤峰和江苏沐阳召开了全国高油玉米展示和推广现场会, 对我国高油玉米的发展起到了动员和推动作用。几年来, 农大高油 6 号和高油 115 又先后得到审定, 逐步形成了高油玉米系列。除中国农大外, 中国农业科学院、长春市农科院、四平农科院和通化农科院等一批育种机构, 也先后开始了高油玉米育种的研究项目。选育出的 20 多个高油玉米杂交种也正在进行区试或示范中。

对高油玉米的遗传增值作用也作了一些零星试验。例如长春市农科院以普通玉米配合饲料、高油玉米 (含油 8.38%) 配合饲料作肉鸡饲养试验, 以正大鸡饲料作对照, 在补助日粮成分与添加剂成分完全一致的情况下, 8 周龄时, 喂普通玉米饲料、正大饲料和高油饲料的肉鸡平均体重分别为 2 332.2 g、2 488.5 g 和 2 568.5 g, 喂高油玉米饲料比喂正大饲料及普通玉米饲料的多增重 236.2 g 和 80 g。喂普通玉米饲料的料肉比为 2.2:1, 喂正大饲料的为 2.13:1, 喂高油玉米饲料的为 1.95:1。经济核算表明, 喂高油玉米饲料比喂正大饲料的每只肉鸡可多获利 1.4 元^[1]。

吉林轻工设计院对含油量为 8.3% 的高油玉米商品粮作湿磨加工试验, 对照为含油量 3.9% 的普通玉米。结果是高油玉米出油率为 6.01%, 出淀粉率为 59.52%, 而普通玉米出油率为 2.20%, 出淀粉率为 63.50%。其它副产品大致相当。高油玉米比普通玉米多产 3.81% 的油, 少产 3.98% 的淀粉。依 1993 年价

格, 每吨淀粉售价 1 250 元, 粗油售价 3 200 元, 二者相抵, 每加工一吨高油玉米, 扣除给农民加价款, 仍可额外获利 38.68 元^[2]。

天津宝坻田源淀粉厂, 以 200 t 高油玉米作试验, 发现每 50 kg 高油玉米比普通玉米少出 1.5 kg 淀粉, 多出 2 kg 油。淀粉售价 (1996) 每吨 2 500 元, 粗油售价 6 300 元, 只此一项, 该厂有可能年额外增利 200 万元 (个人通讯)。

从高油 1 号审定以来, 全国累计推广高油玉米约 13.3 万 hm^2 , 这和全国 2 千万 hm^2 的玉米栽培面积相比是微不足道的。高油玉米发展缓慢的原因是多方面的: 首先, 高油玉米巨大的遗传增值主要在终端产品如畜禽饲养和综合加工中体现出来。我国高油玉米既未形成规模, 多数也没有和这些终端用户密切结合, 其增值作用难以充分发挥; 第二, 高油玉米含油量提高引起淀粉含量降低, 因而粒重减轻, 和常规玉米相比, 产量不具优势。在我国当前尚难实现优质优价的情况下, 种植者实惠不大, 因而积极性不高。第三, 高油玉米发展的历史短暂, 本身还存在着不同程度缺点, 如茎秆偏高, 抗病抗倒性较差等。

在第一代高油玉米培育的同时, 我们就开始了对高油玉米种质的系统遗传改良工作, 包括综合抗病性、抗逆性、茎秆坚韧性和植株形态等。方法是挑选合适的遗传供体, 通过不同代数的回交、自交和大群体严格选择。经过 7~8 代的努力, 有几个令人鼓舞的材料已经稳定, 并组配出了较理想的组合。第一个可与常规玉米全面抗衡的品种是农大高油 115 (即每公顷 7 500 kg 粮, 750 kg 油和 37 500 kg 青饲)。该品种除含油量高 (8.8%) 之外, 还具有高度抗病、抗虫、抗逆和茎秆坚韧等许多优良特征, 因而能在高温干旱、低温阴雨的年分以及在涝洼盐碱、病虫害大发生的地区实现高产稳产。另一个突出的优点是该品种在子粒生理成熟时, 茎叶仍然碧绿多汁, 具有较高的营养价值。其粗蛋白含量达 8.46%, 超过普通玉米秸秆 40%, 相当于美国带果穗青饲玉米 (8.10%)。也具有较高的热值 (4 075 cal/g), 因而是一种

优良的青饲料。农民种植该品种可以从子粒增产、优质加价和出售青饲中获得三重效益,积极性十分高涨。近年来,该品种发展势头强劲,种子已连续两年供不应求。在“115”之后,还有一系列具类似特征的高油玉米杂交种问世,它们的生长期不同,含油量在7%~9%之间,具有抗病、抗倒等特性,并有与常规玉米相竞争的丰产潜力。

高油玉米的市场也在形成。各地正在建立特色各异的龙头企业,带动高油玉米的发展。例如天津市1996年组建了高油玉米开发集团,包括新建一个1.5万吨的以高油玉米为原料的淀粉厂,扩建或筹建了肉牛场、奶牛场、肉鸡场等。把高油玉米的种植与转化结合起来,以求实现“种、养、加”一条龙。计划1997年发展高油玉米6667 hm²。近期内达到6.67万hm²。沈阳市和唐山市也都在迅速扩大面积,并在多途径地促进高油玉米转化。不少地区都从多年成功示范进入规模推广。一个大范围种植高油玉米的高潮很可能会迅速到来。

高油玉米真正把优质、高产、多用途和高效益有机结合起来,使玉米变成一个名符其实的多元化作物。既适合城郊型农业开发,也适合玉米主产区农业发展,还有利于贫困山区农民的脱贫致富,因而十分适合我国国情。据预测,高油玉米的种植面积有可能在未来20年内达到我国玉米播种面积的1/4至1/3。高油玉米的大发展必然带动我国玉米综合加工业的大发展,养殖业的大发展进而促进整个国民经济的繁荣。

参 考 文 献

- 1 长春市农科院.高油玉米喂饲肉用鸡试验报告,1991
- 2 吉林省轻工业设计研究院等.高油玉米在湿磨工艺中的应用研究技术报告,1993
- 3 宋同明.高油玉米自交系的培育与改良.作物杂志,1991,(3):12-14.
- 4 宋同明.高油玉米.北京农业大学出版社,1992
- 5 Adams, K. L. and Jensen, A. H., 1987. High - fat maize in diets for pigs and sows, *An. Feed Sc.* Teoh17:201 - 212
- 6 Alexander, D. E., 1988. Breeding special nutritional and industrial types in Corn and Corn Improvement, Sprague G. F. and Dudley, J. W(ed), *Crop Sci. Soc. of Am Madison. Wis.*
- 7 Garrigus, U. S., 1961. Biological evaluation of higher oil higher protein corn by sheep, proceedings of a symposium on High - Oil Corn, University of Illinois, Urbana - Champaign.
- 8 Han, Y. Parsons, C. M. and Alexander, D. E., 1987. The nutritive value of high oil corn for poultry, *poultry Sci.* 66:103 - 111
- 9 Hopkins, C. G., 1974. Improvement in the chemical. composition of the corn kernel In *Seventy Generations of Selection for Oil and Protein in Maize.* Dudley, J. W., (ed.) *Crop Sci Soc of Am Madison, Wis.*
- 10 Jugenheimer, R. W., 1961. Breeding for oil and protein in maize, *Euphytica*, 10:152
- 11 Jump, L. K., 1961. Experience in breeding high - oil corn at Funk Bros. Seed Co., *Proceedings of a Symposium on High - Oil Corn*, University of Illinois. Urbana
- 12 Lambert, R. J., 1994. High oil corn hybrids. in Hallauer, A. R. (ed.). *Specialty Corn.* Boca Raton: CRC Press.
- 13 Misevic, D. Alexander, D. E. Dumanovic, J. and Ratkovic, S. 1985. Recurrent selection for percent oil in corn *Genetika* 17 (2):97 - 105.
- 14 Nordstrom, J. W. Behrends, B. R. Meade, R. J. and Thompson, E. H., 1972. Effects of feeding high - oil corn to grow - finishing swine, *J. Am. Sci.* 35:357 - 361.
- 15 Silvela, S. L., 1965. Improvement in recurrent selection methods for oil in maize through nuclear magnetic resonance analysis. M. S. thesis, University of Illinois, Urbana - Champaign.
- 16 Watson, S. A. and Freeman, J. E., 1975. Breeding corn for increased oil content, in *Proceeding of the Annual Corn and Sorghum Industry Research Conference*, Washington, D. C.
- 17 Woodworth, C. M. and Jugenheimer, R. W. 1949. Breeding and genetics of high protein corn, in *Proceedings of the Annual Corn and Sorghum Industry Research Conference*, Val. 3. Washington, D. C.