

高油玉米的研究现状^{*}

王伟东¹, 王 璞²

(1. 黑龙江八一农垦大学植物科技学院, 密山 158308; 2. 中国农业大学作物学院, 北京 100094)

摘要: 高油玉米是人工创造出来的一种新型玉米, 到目前为止在育种方面取得了突出的成就, 是获得了一大批含油量很高的基础群体, 并且培育出了一批高油品种; 高油玉米在油分形成、分布规律、脂肪酸组成上具有其独特的特点; 除了遗传因素外, 非遗传因素对高油玉米子粒含油量也有影响。

关键词: 高油玉米; 育种; 栽培; 脂肪酸; 含油量

中图分类号: S 513.033 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2002)02-0041-04

The Breeding and Cultivation of High—Oil Corn (*Zea mays* L.)

WANG Wei-dong¹, WANG Pu²

(1. College of Plant Science and Technology of Heilongjiang August First Land Reclamation Agricultural University, Mishan 158308; 2. College of Crop Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: High—oil corn (*Zea mays* L.) is a new type of corns made by human being. Achievements of breeding of high—oil corn have been achieved. Corn varieties of high oil content and basic material have been attained. There are special characteristics in synthesis of oil, rule of distribution of oil and composition of fatty acids. The environmental factors also influence grain oil content in high—oil corn besides the genetic factor.

Key words: high—oil corn; breeding; cultivation; fatty acid; oil content

高油玉米是人工创造出来的一种新的玉米类型。它的子粒中脂肪酸的含量比普通玉米高一倍以上, 其脂肪酸组分中含人体必需的亚油酸的含量最高可达 61.8%^[2], 子粒的高油分含量同时也带动了高的蛋白含量、高赖氨酸含量、高维生素 A 含量和高能量, 具有较高的营养保健价值^[10], 这些特点使玉米油成为一种高品质的食用油和保健油。高油玉米的秸秆和子粒可作为优质饲料, 解决了秸秆焚烧污染环境的问题。高油玉米是粮、油、饲兼用作物, 种植高油玉米可实现高产、优质、高效的统一。高油玉米近些年来引起了国内外有关人士的高度重视。

1 高油玉米的育种成就

从高油玉米的品种选育和在生产上的应用来看, 20 世纪 80 年代可以作为一个分水岭。80 年代以前, 在高油玉米的育种基础材料群体的选育方面取得了较大的成就, 且培育出了一批高油的玉米品

种, 但由于农艺性状差和商业运作不得力等原因, 没有在生产上大面积应用^[12]。直到 80 年代后期开始, 科研机构与商业公司配合, 才使高油玉米的商品化得到了发展^[6]。

1.1 国外早期高油玉米育种取得的成就

早在 1896 年, 美国伊利诺斯州农业试验站便以“布尔白”为材料进行了玉米子粒含油量的遗传研究^[23]。美国从 40 年代开始, 就有大批科学家从事高油玉米育种的研究, 代表人物是 C. M. Woodworth、R. M. Jugenheimer 和 D. E. Alexander 等。40 年代, C. M. Woodworth 等人将当时流行的玉米自交系和伊利诺高油系 (IHO) 进行杂交, 培育出了比来自自交系高 50%~70% 的高油自交系和第一批高油杂交种, 含油量已达 6%~7%^[16 13]。早期的玉米自交系直接或间接来自于 IHO, 虽然 IHO 系的含油量已达 15%~17%, 但农艺性状差, 倒伏严重, 易感

* 收稿日期: 2001-10-17

作者简介: 王伟东(1970—), 男, 黑龙江省克山县人, 讲师, 在读硕士, 从事作物高产高效栽培工程研究。

染多种病害,且配合力极低,所以,以 IHO 为材料育出的组合价值不高,Jump^[12]和宋同明^[11]也得出同样结论。因此,直到 70 年代高油玉米的产业化也没有多大进展^[12]。到 1956 年,在 D. E. Alexander 主持下,向这些不良农艺性状进行了挑战。以后又由于一种非破坏性油分分析仪—核磁共振仪(NMR)的出现,使工作效率大幅度提高,从而才使伊利诺大学的玉米实验室在较短时间内选育出了 AlexhoC27、Alexho Elite C2 等一批高油玉米基础群体,从而丰富了高油玉米种质资源^[12]。现在,美国伊利诺斯高油群体(IHO)含油量已达 20.9%,厄板纳高油系(UHO)含油率也达 20.5%^[11]。从 1988 年开始,美国的 Dupont 公司和 Pfister 种子介入高油玉米的开发、研究之后,使高油玉米的商品化速率迅速加快^[6]。

1.2 现阶段我国高油玉米育种所取得的成绩

我国从 70 年代引进美国高油玉米资源。1983 年北京农业大学相继开展了这项工作,他们通过从基础群体直接选育高油系、培育二环系和常规自交系转育为高油系的方法,从 IHO 选育出含油率高达 18.4%的材料,平均含量在 15%以上;从 UHO 系中选育出大量的品系,含油量平均为 15.3%,有 3 个系超过 17%^[19],北农大高油(BHO)系的含油量也提高到了 13.9%。在此基础上,于 1989 年在北京市审定通过了第一个高油玉米杂交种—高油 1 号,1991 年纳入国家科委重点推广项目^[12]。几年来,中国农业大学又相继培育出高油 6 号、高油 115 和高油 298 等一批高油玉米品种,其中,高油 298 油分含量 9.5%~10.5%,蛋白质含量 9.5%。具有茎秆坚硬、高抗小斑病、青枯病、病毒病,中抗大斑病,保绿性好,绿秆成熟,茎秆营养丰富等特点。1998 年“高油 298 的综合技术示范试验”被列为农业部“科技跨越计划项目”,为中国高油玉米的产业化正在发挥排头兵作用。目前,中国农科院、长春市农科院、通化农科院等也在从事这方面的研究,在这些科研工作者的辛勤工作下,不久的将来,我国高油玉米的产业化一定会出现欣欣向荣的景象。

2 高油玉米的油分形成和分布规律

2.1 高油玉米的油分形成

关于植物种子中脂肪酸的生物合成,已有很多研究报道。加拿大的 J. D. Bewley 认为,种子内储存的大多为中性脂肪酸,它们是脂类化合物,由甘油和长链单羧酸形成甘油三酯或三酰甘油。甘油三酯中有饱和及不饱和的脂肪酸,饱和脂肪酸都含偶数

碳原子。甘油三酯储藏物多以离散的亚细胞器形式—油体存在^[4]。D. E. Alexander 等人认为,脂肪酸的生物合成途径是:月桂酸(12:0)→豆蔻酸(14:0)→软脂酸(16:0)→硬脂酸(18:0)→油酸(18:1)→亚油酸(18:2)^[13]。

关于玉米的油分形成,L. A. Appelqvist 总结多种作物后,指出油分积累可分三个阶段:第一个阶段,子粒含水率高,且大量积累碳水化合物,为脂肪的形成和积累作物质准备;第二阶段,油分快速积累;第三阶段,油分只有少量增加,水分损失^[8]。E. R. Leng 等研究了高油玉米授粉后含油率的变化趋势,结论为:胚及子粒内的含油量最大值出现于子粒干物质停止积累时,即玉米达到生理成熟时,而子粒含油率的最大值出现在授粉后 45~48 d,胚的含油率最大值在授粉后 25~28 d,此后含油量的提高主要是胚持续增大的缘故^[19]。P. E. Curits 等得出了与之相似的结论,认为玉米在子粒发育的早期,油分多集中在胚乳中,在授粉 20 d 后,油分主要集中于胚中^[22]。刘治先研究了高油玉米 Alexho 子粒生长期间含油量及脂肪酸的变化,指出授粉后 7 d 前, Alexho 油分积累很少,以后随子粒的生长,含油量迅速增加,进入线性增长阶段,35 d 后增长缓慢,成熟时含油量略有下降^[7]。郑飞也认为高油 1 号玉米子粒发育过程中,其含油量随子粒的发育不断提高,于授粉后 35 d 达最大值,而后开始下降^[13]。总之,多数学者认为子粒油分的积累呈“S”型曲线,但韩守良研究了高油 1 号和高油 6 号后发现,在授粉后 0~7 d 和成熟前一周之后,高油玉米子粒含油量有两次下降过程^[3]。

2.2 高油玉米的油分分布规律及与其它性状的相关性

高油玉米的特点是胚大、发育早而快,因而有一个较大的胚面。胚/粒比大,胚含油量高,玉米油绝大部分(85%)集中在胚中^[10,22],因此,刘治先建议可用此性状作为高油玉米育种的一个指标^[7]。

玉米果穗不同部位子粒的脂肪酸含量、组成亦不相同。R. J. Lambat 研究发现,果穗中部子粒含油量高,然后依次为底部和顶部^[17]。Jellum 进一步研究了果穗不同部位的子粒脂肪酸组成的差异,指出果穗顶部的子粒棕榈酸和亚油酸的含量高于底部,而油酸含量低于底部^[16]。

在含油量与植株其它性状关系方面,D. E. Alexander 指出,高油玉米子粒的含油量与子粒产量、蛋白质含量及抗病性无相关关系^[13]。而一些学者

得出与此相反的结论,如 R. Raman 等研究认为,含油量与产量、株高、穗位高、穗长、穗粗呈正相关^[23],因此,这方面的研究尚待进一步深入。还有人研究发现子粒含油量与子粒含水量有关, Sung 发现,含油 7% 的品种收获时子粒含水量显著高于同期达到生理成熟时标油 (4.5%) 品种^[4]。Misevic 等采用子粒含油率分别为 5%、7%、9% 的 3 个水平的 9 个杂交种,研究了它们的子粒脱水速率后指出,含油率高的品种成熟后子粒的脱水速率慢,收获时子粒含水率高,子粒含油率与收获时子粒含水率呈正相关^[21]。

3 农艺措施与子粒含油量

玉米的含油量受双重因素控制,一是受内在遗传因素的影响,二是外在非遗传因素的影响,包括土壤、水分、温度、气象条件及栽培措施等。

3.1 播期对子粒含油量的影响

关于不同播期对高油玉米含油量的影响,韩守良认为子粒和胚的含油率、胚油分占子粒油分的百分比均随播期的推迟而提高;早播子粒中油酸及饱和脂肪酸含量高,晚播则亚油酸和不饱和脂肪酸含量高;不同播期条件下,油酸和亚油酸百分含量呈极显著负相关^[3]。但播期的适宜尺度需进一步研究。

3.2 种植密度对子粒含油量的影响

密度对子粒的含油量也有影响,郑飞指出高油 1 号玉米在不同密度条件下子粒含油量有显著差异,这种差异是由于在不同密度条件下子粒的发育不同引起的,低密度有利于子粒的发育,从而导致含油量高,高密度则相反。不同密度对高油 1 号玉米子粒的油酸、亚油酸含量影响较大,低密度有利于亚油酸含量的提高,高密度则有利于油酸含量的提高。陈立萍研究了春、夏播不同密度条件下高油 115 玉米子粒脂肪酸变化规律之后得出与之相同的结论^[13]。

3.3 施肥期的影响

在不同施肥期对玉米子粒产量和含油量影响方面,秋菊认为,底肥处理由于前期营养条件好,干物质积累多,后期粒重与胚重高,成熟时胚/粒比最大,子粒含油量最高,油品质最好;子粒发育初期是决定子粒含油量高低的关键时期;穗肥能形成粒大、粒重,从而产量最高,但子粒含油量低于底肥处理;拔节肥产量不如穗肥,含油量不如底肥,且易倒伏。建议在生产上采用底肥和穗肥合理施用,可提高高油玉米的品质和产量^[18]。

3.4 营养元素的影响

关于营养元素对于高油玉米产量和品质的影响,Lang 等指出,玉米子粒含油率随土壤中 N 素水平的提高而增加^[18]。Welsh 研究了营养元素对于油产量和油百分含量的影响,认为分别施 N、P、K 提高含油量 8%、3% 和 2%,油产量提高 43%、54% 和 11%^[23]。蒋钟怀等研究了营养元素对高油 1 号玉米生长发育及品质的影响,结论为 N、P、K 配合施用好,可以提高子粒产量、油产量和含油率^[5]。朱兴华等对高油 1 号玉米也进行研究,认为平衡供给养分,高油 1 号表现为叶片 N 含量高,叶绿素含量增加,光合速率高^[10]。

3.5 其它因素的影响

在其它方面,韩守良认为子粒含油量、亚油酸百分含量与子粒发育期间的日均气温呈显著负相关,而与此期的日温差呈极显著正相关,油酸的百分含量规律与上述情况正相反^[3]。傅绍清对我国玉米子粒脂肪酸的含量进行了研究,认为我国玉米亚油酸和不饱和脂肪酸含量有北方省(区)高、南方省(区)低的趋势;油酸、饱和脂肪酸含量的趋势与之相反^[1]。上述二者的结论说明脂肪酸组成与温度有关,与 J. D. Bewly 关于可在种子发育期间用温度来诱导脂肪酸比例改变的观点相符^[4]。

关于子粒产量与子粒含油量方面的研究,不同的学者形成了两种不同的观点。Misevic 和 Eirouby 经长期研究后都认为,子粒产量与含油率呈负相关^[3]。宋同明对高油玉米的子粒与普通玉米的子粒进行比较,发现高油玉米的粒重比普通玉米粒重降低了 33.1%^[9]。而 Miller 认为在一定范围内含油率的提高不会造成减产^[20],事实证明了这一点。随着中国农业大学等单位培育出一系列高油且高产品种,加上不断完善的栽培技术,高产与高含油率并不矛盾。

4 小结

虽然高油玉米的育种和栽培方面的研究取得了一些成就,但在品种选育、栽培生理、生化、油分形成机理、高产与高油综合配套技术方面的研究还不够深入,有待进一步研究。因此,笔者认为高油玉米的育种和栽培研究应注意以下几个方面:

4.1 加强高油玉米基础材料的选育,扩大种质资源

现在的高油玉米基础材料主要来自几个系,种质资源相对狭窄,一些材料的含油率虽然较高,但农艺性状不适合农业生产,因此,急需扩大种质资源。

4.2 就现有的材料,与农业生产需求紧密结合,加强品种的改造工作

一些产量和含油率较高,但农艺性状相对较差的品种,采用育种与非传统栽培措施相结合的方法,使其适应农业生产。如某一个品种株高过高,除遗传上改造外,也可以使用植物生长调节剂使其株高降低。做到育出一个品种的同时,推出相应的高产栽培措施,育种与栽培紧密结合。

4.3 加强高油玉米栽培的基础研究

由于以前高油玉米的育种工作相对落后,造成高油玉米的栽培研究也极其落后。在高油玉米的栽培生理、油分形成机理、生长发育特性及规律、高产高油配套栽培技术等方面研究不足。因此,应加强以上几个方面的研究工作,例如,从分子和细胞水平明确高油玉米的油分形成机制,从而找出油分形成的关键步骤,进而采取相应的栽培措施来调控油分建成,达到高产和高油的目的。

4.4 开展高油玉米的“三利用”研究

进入 20 世纪 90 年代以来,国内外相继开展了高油玉米的“三利用”研究,“三利用”就是利用杂种优势的增产效应、细胞质雄性不育的增产效应和花粉直感对玉米油分的增加效应,用高油玉米的花粉给普通玉米杂交种的细胞质雄性不育系授粉,从而达到产量和含油率的同步提高(Lambert et al., 1998^[24];宋同明等,1999)。在当前高油玉米杂交种的农艺性状和产量与普通杂交种相比不占优势的条件下,“三利用”研究显得尤为重要。我国高油玉米的产业化进程刚刚起步,还存在许多问题,其中既有高油玉米本身的问题,又有人为因素。高油玉米的后加工落后,造成优质不优价问题突出,种种因素严重限制了高油玉米的推广。因此,适当调整生产目标,开展高油玉米的“三利用”工作,不需要增加投入,即可达到高产与适当的高油兼顾。当然这只是高油玉米适应当前形势的一个过渡,最终还要从品种角度根本解决高油玉米自身的不足。

我国是玉米生产大国,种植面积约 2 000 万 hm^2 ,年产 8 000 万 t 以上,但其品质急需提高。我国目前年产玉米油仅一万多吨,不到发达国家的几分之一,人均占有量更是少得可怜。如果把 8 000 万 t 玉米的含油率提高到 8%,则全国可以增产玉米油 28 亿 kg,产生几十亿元的经济效益。如条件允许,这一点现在可以做到,这对解决目前粮、油、饲争地的矛盾,促进国民经济发展和人民生活水平的提高

都具有重要意义。不久的将来,高油玉米的产业化在我国一定会蓬勃发展。

参考文献:

- [1] 傅绍清,胡述楫,胡人为,等.我国玉米子粒脂肪酸含量的研究[J].作物学报,1992,18(3):222-229.
- [2] 霍仕平,晏庆九.玉米子粒含油量的研究及其育种进展[J].玉米科学,1994,2(3):75-77.
- [3] 韩守良.高油玉米子粒含油率、脂肪酸组成、酯酶同工酶活性变化规律及其气象条件关系的研究[D].北京:中国农业大学,1995.
- [4] J. D. Bewly. 种子生理知识讲座[J].种子,1989,(3):75-77.
- [5] 蒋钟怀,王经武,王瑞筋,等.营养元素对高油 1 号玉米生长发育及子粒品质影响的研究[J].中国农业科学,1990,23(3):37-43.
- [6] 刘仁东,杨秀海,徐家舜.我国高油玉米的发展前景展望[J].作物杂志,1995,(3):1-5.
- [7] 刘治先.高油玉米 Alexho 子粒生长期含油率及其脂肪酸的变化[J].作物杂志,1988(4):34-36.
- [8] 秋菊.施肥期对夏播高油玉米产量和品质的影响[D].北京:中国农业大学,1997.
- [9] 宋同明.抓住机遇,积极发展高油玉米[J].种子世界,1993,(1):15-16.
- [10] 宋同明.高油玉米[C].北京:北京农业大学出版社,1992.
- [11] 宋同明.高油玉米自交系的培育与改良[J].作物杂志,1991,(3):12-14.
- [12] 宋同明,苏胜宝,陈绍江,等.高油玉米前途光明[J].玉米科学,1997,5(3):73-77.
- [13] 郑飞.高油玉米子粒糖类、含油率、脂肪酸组成及其与密度的关系[D].中国农业大学,1996.
- [14] Alexander D. E., And R. D. Sief, Relation of kernel oil content to some agronomic traits in maize[J]. Crop Sci., 1963, 3: 354-355.
- [15] Alexander D. E., and R. J. Lambert, Relationship of kernel oil content to yield in maize[J]. Crop Sci., 1968, 8: 273-274.
- [16] Jelkm M. D., Fatty acid composition of corn oil as influenced by kernel position on ear[J]. Crop Sci., 1967, 7: 593-595.
- [17] Lambert R. T., Effect of kernel position on oil content in corn[J]. Crop Sci., 1967, 7: 143-144.
- [18] Lang A. L., J. W. Pendleton and G. H. Dungan. Influence of population and nitrogen levels on yield and protein and oil contents of nine corn hybrids[J]. Agron. J., 1956, 48: 284-289.
- [19] Leng E. R., Changes in weight, germ ration, and oil content during kernel development in high-oil corn (*Zea Mays* L.)[J]. Crop Sci., 1967, 7: 333-334.
- [20] Miller P. A., and B. Brimhall, Factors influencing the oil and protein content of corn grain[J]. Agron. J., 1951, 43: 305-311.
- [21] Misevic, D., D. E. Alexander, J. Dumanovic, et al., Grain moisture loss rate of high-oil and standard-oil maize hybrid[J]. Agron. J., 1988, 80(5): 841-845.
- [22] P. E. Currits. Developmental changes in oil and fatty acid content of maize strains varying in oil content[J]. Crop Sci.,

研究进展

中图分类号: S 565.103.3 文献标识码: B 文章编号: 1002-2767(2002)02-0045-02

特用大豆种质选育新进展

林 红¹, 姚振纯¹, 齐 宁¹, 刘晓洁²

(1. 黑龙江省农科院育种所特用大豆室, 哈尔滨 150086; 2. 国家大豆工程技术研究中心, 哈尔滨 150086)

New Progress on Breeding Soybean Varieties for Special Use

LIN Hong, YAO Zhen-chun, QI Ning, LIU Xiao-jie

(Special Soybean Gemplasm and Breeding Program, Crop Breeding Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

特用大豆系指对日本、韩国等外贸出口制纳豆、豆芽用极小粒(小粒)大豆; 对日本出口制酱用高糖大豆, 以及菜用大粒大豆(毛豆), 营养保健用双青豆、黑大豆等。

1 市场需求

粒径 5.5 mm, 百粒重 9 g 左右极小粒大豆是出口创汇、增加经济效益的外贸特用品种, 在日本纳豆业倍受青睐。日本制纳豆每年需原料豆 12 万 t, 除自产 2 万 t 外, 主要从中国、美国、加拿大进口, 品质以中国为优, 售价为普通大豆的一倍以上, 韩国豆芽用小粒大豆需用量也迅速增加, 国际市场供不应求, 价格上扬, 前景看好。

日本制酱业竞争激烈, 为提高酱的口感和风味, 日商近年来一直在寻求高含糖、低油分、高柠檬酸等优质原料大豆品种, 对中国东北大豆寄以厚望。1998~2000 年日方提供经费资助, 双方合作对我省 30 个大豆品种(系)的外观品质、内含品质、加工品质进行优选, 作为过渡性品种供其制酱业应用, 为占领和扩大对日市场, 必须在已有基础上, 将制酱业对大豆品质的独特要求列为育种目标, 不断改进提高, 才能适应千变万化的市场需求。同时应看到, 随着

我国人民生活水平的提高, 我国制酱业对专用优质原料大豆需求的潜在市场更是巨大。

我国、日本、韩国等历来有食用青毛豆的习惯, 普通大豆青荚在市场上卖价低、受冷落, 市场需求菜用大豆(毛豆)已向优质品牌发展, 优质菜用大豆品种应是荚色绿无斑点, 茸毛白色稀而薄, 荚大、粒大(千粒重、百粒重 30 g 以上), 易煮熟, 口感绵软甜香。专用品种卖价高, 有市场, 有发展前景。其它如黑大豆、青瓢黑豆、双青大豆等营养保健、食疗药用等特用大豆, 虽然目前市场需求量不大, 但潜在市场看好, 效益可观。

2 优异种间杂交特用大豆新种质的改良与利用

针对目前国内外市场对特用大豆需求上升的趋势及我省种植业品种结构调整的需要, 在全面评价和深入挖掘种质资源的自身价值及潜在价值基础上, 利用现有的种间杂交新种质通过杂交、回交, 进一步改良目标性状, 提高现有种间杂交种质的农艺性状、产量、品质的优质水平, 继续拓宽大豆育种遗传基础, 为大豆育种提供和储备新骨干亲本的同时, 重点选育纳豆用极小粒大豆、豆芽用小粒大豆、日本制酱用优质大豆及食疗保健用黑豆、双青豆等优异

* 收稿日期: 2001-11-20
作者简介: 林红(1959-), 女, 黑龙江省哈尔滨市人, 高级农艺师, 从事特用大豆资源育种研究。

1968, 8: 689-693.
[23] R. Raman, K. R. Sarkar and Daljit Singh, Correlations and regressions among oil content, grain yield, and yield components in maize [J]. Indian J. Agric. Sci., 1983, 53(5): 285-288.
[24] Robert J. Lambert, D. Eugene Alexander, and Z. J. Han, A High Oil Pollinator Enhancement of Kernel Oil and Effects on Grain Yields of Maize Hybrids [J]. Agron. J., 1998, 90: 211-215.
[25] Welth L. E., Effects of N, P, and K on the percent and yield of oil in corn [J]. Agron. J., 1969, 61: 890-891.
?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net