

河南省优质油菜杂种优势利用研究进展

张书芬, 文雁成, 王建平, 朱家成, 赵磊, 刘建明, 任乐建

(河南省农业科学院棉花油料作物研究所, 河南 郑州 450002)

摘要:“九五”以来, 河南省油菜科研工作者, 根据国际油菜科技发展的两大趋势(优质化与杂种化), 将品质育种和杂种优势利用相结合, 采用细胞质雄性不育技术, 开展优质油菜“三系”杂种优势利用研究, 使优质和高产得到较好的统一。育成双低、高产油菜杂交种豫油4号、豫油5号、杂9522、杂97060、杂98033、丰油9号、杂双1号、杂双2号、华油2000等, 对河南乃至全国杂交油菜的发展起到了重要的推动作用。同时, 加强油菜小孢子培养、种间杂交、分子标记等生物技术基础研究, 创造出—批优异种质和“三系”材料, 为今后选育出更加优良的杂交品种奠定了物质基础。目前, —批优质杂交新组合正在参加国家和河南省油菜区域试验和生产试验。

关键词: 河南省; 优质油菜; 杂种优势; 分子标记; 研究进展

中图分类号: S565.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-3268(2005)07-0009-04

Research Advance on Heterosis Utilization of High Quality Rapeseed (*Brassica napus* L) in Henan Province

ZHANG Shu-fen, WEN Yan-cheng, WANG Jian-ping,

ZHU Jia-cheng, ZHAO Lei, LIU Jian-ming, REN Le-jian

(Cotton and Oil Crops Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: “Three-line” heterosis utilization with good quality are undertaking by Henan rapeseed researchers using the cytoplasmic male sterile technique, combining quality breeding with heterosis utilization according to the two international tendency (good quality, hybridization) of rapeseed research since “Ninth Five-year Plan”. Double low hybrids Yuyou 4, Yuyou 5, Za 9522, Za 97060, Za 98033, Fengyou 9, Zashuang 1, Zashuang 2 and Huayou 2000 were released with robust heterosis, resistant to cold and virus disease, tolerance to *Sclerotinia sclerotiorum*. The studies on isolated microspore culture, distant hybridization and molecular marker assistant selection have been enhanced. A set of good germplasm and new “Three-line” was obtained. Several new hybrids were bred and joined in the official test.

Key words: Henan province; High quality rapeseed; Heterosis; Molecular markers; Advance of research

河南是油菜生产的主要省份之一, 常年种植面积在 35 万 hm^2 以上, 是主要的油料作物之一。它对调整种植结构, 优化地力环境, 促进养殖业发展, 改善食用油品质, 调整作物结构起着极为重要的作用。我国加入 WTO 后, 油菜生产也融入了国际市场, 同

时对油菜育种也提出了更新更高的要求。目前, 在油菜品质改良上重点突出对脂肪酸组成的改良和饼粕成分的改良, 如低芥酸、低亚麻酸、高油酸, 低硫苷、高蛋白质等。传统油菜籽中存在 2 个突出的品质问题。一是菜籽中含有高达 40% 的芥酸, 这种长

收稿日期: 2005-02-22

基金项目: 国家 863 项目(2002AA207009、2001AA 241102); 国家“十五”攻关(2001BA511B07); 河南省杰出青年基金项目(0212000700)资助

作者简介: 张书芬(1965-), 女, 河南唐河人, 研究员, 在读博士, 主要从事油菜遗传育种和杂种优势研究工作。

链脂肪酸不易为人体吸收,营养价值低。二是菜籽饼粕中能产生有毒产物的化合物硫代葡萄糖甙含量高,因此,菜籽饼长期以来只能用作肥料。低芥酸菜油不仅营养价值高,而且对软化血管、阻止血栓形成十分有利,是高级保健食用油。油菜饼粕中含有35%~40%的蛋白质,还含有丰富而且比例平衡的氨基酸^[1~3]。低硫苷菜饼为无毒高蛋白饼粕,可用于畜禽的配合饲料。根据国际油菜科技发展的两大趋势(优质化与杂种化),在品种选育上,采用“杂种优势+优质育种”的思路是解决优质和高产矛盾的有效途径。

1 河南省油菜杂种优势研究概况

河南省地处中原(北亚热带和暖温带),气候条件非常适合油菜的生长,是全国油菜的高产省份之一。年平均气温12.8~15.5℃,平均降水量785mm,日照时数1926~2639h。近几年,豫北地区油菜面积增加,单产比全省平均水平高15%以上,表明豫北地区也是油菜种植适宜区。河南省有667万hm²耕地,为油菜的发展提供了广阔的市场空间。此外,河南省处于冬油菜区和春油菜区的过渡地带,培育的品种抗寒性强,适应性强。

河南省油菜杂种优势研究工作始于20世纪70年代,参加油菜杂种优势研究的牵头单位是河南省农业科学院,主要参加单位有信阳市农科所、信阳农业高等专科学校、信阳市种子分公司、原商丘县农科所、洛阳市农科所、遂平县农科所、荥阳县农科所等。并连续参加“六五”至“十五”国家油菜育种攻关、“十五”863项目,均很好地完成了任务。科研人员根据国际油菜优质化和杂种化两大发展趋势开展杂种优势的基础和应用研究,优质化主要是指实现油菜品种双低化,杂种化就是利用杂种替代常规品种,大大提高油菜单产水平。目前,河南省在基础研究方面加强了优质油菜种质资源的创新、育种方法和技术创新等方面的研究;在应用方面开展了油菜杂种优势利用研究,在杂种优势利用途径上,主要有细胞质雄性不育(CMS)、细胞核雄性不育(NMS)和CMS+NMS等。把品质育种和杂种优势利用相结合,开展优质油菜杂种优势利用研究,使优质和高产得到较好的统一。育成了优质、高产、抗逆性强的油菜杂种11个:豫油4号、豫油5号、豫油6号、杂9522、杂97060、杂98033、杂98009、杂双1号、杂双2号、华油2000、1087,其中10个为双低优质细胞质雄性不育杂种,1个为低芥酸杂种(豫油6号),并

已经在生产上应用,取得了良好的经济和社会效益。

2 河南省油菜杂种优势利用研究主要成效

2.1 双低油菜胞质雄性不育“三系”的选育

2.1.1 优质胞质不育系及保持系的选育 利用作物杂种优势的关键是要有安全高效的制种技术体系。细胞质雄性不育三系育种是农作物杂种优势利用最经典的方法,是世界上公认的最经济有效的杂种优势利用途径。在这一育种途径中最关键环节是选育育性彻底,对环境反应迟钝、农艺和品质性状优良、配合力强的不育系。育种材料的突破是杂种优势利用的关键,围绕这一难题,20世纪60年代末,我国许多育种单位都采用不同的途径和方法相继开展了甘蓝型油菜杂种优势育种研究,在途径和方法上可以说是全方位的。30多年来,取得了很多重要成果,使我国的杂交油菜研究与利用处于国际先进水平。特别是傅廷栋教授(1972)在国际上首次发现油菜波里马细胞质雄性不育(Pol cms),被国际上认为是“第1个有实用价值的油菜雄性不育类型”^[2],目前,生产上推广的杂交种大部分都是细胞质雄性不育“三系”杂交种^[1]。

在技术路线上,一方面对Polima不育源进行了育种改良,另一方面通过杂交、花药培养及小孢子培养技术,将引进的优质种质资源的品质性状及农艺性状转入当地油菜品种中去,并通过杂交创造新的不育材料;广泛测交,筛选保持性能较好的亲本,进行定向回交、测交选择,经过田间农艺性状观察、抗病、抗寒性鉴定、育性鉴定、室内品质测试,现已育成农艺性状优良、抗病、不育性彻底、稳定的胞质不育系及对应保持系384A、252A、22A、077A及30A,对应保持系384B、252B、22B、077B及30B,其中用384A、22A、077A配制出一批优良杂种,如豫油4号、豫油5号、杂97060、杂98033、杂双1号、杂双2号等。

2.1.2 优质高配合力恢复系的选育 由于在现有的油菜种质资源中,具有恢复基因的材料较少,而双低优质恢复材料更少,因此,要选育高产、双低优质油菜杂种,必须加强恢复材料的引进、筛选、杂交转育工作。我们经过大量测交、筛选工作,并通过杂交转育,轮回选择及室内品质测试,现已选育成功双低、高配合力、农艺性状优良的恢复系CP015、P003、P004、P258、P286、T036等,并已用这些恢复系配制出了豫油4号、豫油5号、杂9522、杂97060、杂98033、杂98009、杂双1号、杂双2号等高产优质杂种。

2.2 双低优质细胞质雄性不育“三系”杂交种的选育
为了获得强优势杂交组合,对组合测配进行了系列研究,先后采用遗传距离测定法、配合力分析法对育成的不育系、恢复系亲本进行分析,证明具有地理远缘的亲本材料相互配组具有较强的杂种优势。

在杂交种的选育上,采用远缘杂交、小孢子培养、近红外品质分析等技术,大大提高了育种的效

率。“九五”以来,成功选育出 10 个优质细胞质雄性不育杂交种,其中豫油 5 号、杂 98009 (GS 丰油 9 号)和杂双 2 号通过国家农作物品种审定委员会审定;杂 9522、杂 97060 和杂 98033 获得国家农业科技成果转化资金项目的支持;豫油 4 号、豫油 5 号和杂 98033 获得了国家农作物新品种后补助,并且被列为重点推广品种,见表 1。

表 1 “九五”期间审定的油菜品种

品种名称	选育单位	品种类型	审定部门	审定时间	审定编号
豫油 4 号	河南省农科院	杂交双低	河南省	1996	
杂 9522	河南省农科院	杂交双低	河南省	2001	豫审油 2001001
豫油 5 号	河南省农科院	杂交双低	河南省、国家	1998、2003	国审油 2003005
豫油 6 号	河南荥阳县农科所	杂交低芥酸	河南省	1998	
杂 97060	河南省农科院	杂交双低	河南省	2002	豫审油 2002001
杂 98033	河南省农科院	杂交双低	河南省	2003	豫审油 2003001
杂 98009(丰油 9 号)	河南省农科院	杂交双低	河南省、国家	2003、2003	豫审油 2003002 国审油 2003012
杂双 1 号	河南省农科院	杂交双低	河南省	2004	豫审油 2004001
1087	信阳市种子公司	杂交双低	河南省	2002	豫审油 2002003
华油 2000	河南省农科院	杂交双低	河南省	2004	豫审油 2004002
杂双 2 号	河南省农科院	杂交双低	河南省、国家	2004、2004	豫审油 2004005 国审油 2004028

3 种质资源创新与基础研究

3.1 种质资源创新与利用研究

河南省油菜科技人员非常重视材料的引进、创新和利用研究,并与比利时、法国等国家和国内相关单位建立了密切的合作关系,如河南省农科院通过国际合作和国家“948”项目从比利时、法国等引进双低油菜品系 200 多份。通过甘蓝与白菜种间杂交及小孢子培养人工合成甘蓝型油菜品系 49 个。同时加强了油菜小孢子培养、种间杂交、分子标记等生物技术的应用研究。

目前,还选育出含油量高达 52%、芥酸含量低于 1%、硫苷含量低于 $30\mu\text{mol/g}$ (由农业部油料及其制品质量监督检验测试中心检验)、油酸含量高于 70%、亚麻酸含量低于 3% 等优异材料。

3.2 育种方法研究

在育种技术上重点加强了生物技术在育种工作的应用,开展了油菜游离小孢子培养技术研究和分子标记研究,将分子标记辅助育种与常规育种结合,促进油菜育种由表现型选择向基因型选择的转变,提高育种效率。在育种方法创新上已经取得了突出成绩,“用聚合育种和小孢子培养技术选育高油油菜品种的方法”已经申请了国家发明专利,利用该技术选育出了特高含油量的甘蓝型优质油菜新材料 T057。

3.3 基础研究

3.3.1 杂种优势表现及生理生化研究 作物杂种优势是广泛的,涉及作物生长发育的各个方面,但不同性状的杂种优势表现不同。油菜的杂种优势从胚的形成就开始存在,油菜杂种在许多农艺性状和经济性状上存在着明显的杂种优势,而且在种子产量方面也存在明显的杂种优势。张书芬等(1992)研究种子的活力发现,油菜雄性不育三系杂种种子脂肪酶活性显著高于亲本。其营养生长优势,还表现在植株鲜重、干种和总干物质产量上,而且杂种苗期鲜重、干种与种子产量呈极显著的正相关。对于抗病性、抗寒性、抗倒性等抗性性状以及含油量等品质性状,尽管亦存在明显优于亲本的杂交组合,但杂种的表现一般介于双亲之间。

3.3.2 不育系、恢复系的遗传研究 研究结果表明,384A、22A 等不育系为孢子体不育类型,不育核基因由一对隐性基因控制。S 表示质不育基因,rr 表示核不育基因,则不育系的基因型为 $S(rr)$,对应的保持系基因型为 $N(rr)$,N 表示细胞质可育基因。其恢复系 CP015、P004、P286 等由 1 对显性恢复基因控制,细胞核的基因型 RR, R 对 r 为完全显性。

对 384A、22A 等不育系的不育细胞质遗传效应的研究表明,其不育细胞质对后代品质和农艺性状无不良影响,在生产上应用不会造成不良影响。

3.3.3 恢复基因的分子标记 用“三系”材料构建

了作图群体 $BC_1F_1 [(CMSA \times R) \times B]$, 并对整个群体进行了不育株和可育株比例的调查。采用亲本材料(保持系、恢复系)对多个引物进行了筛选, 筛选出了多态性高 RAPD (random amplified polymorphism DNA) 引物 62 条、SSR (simple sequence repeats) 引物 50 多对、AFLP (amplified fragment length polymorphism) 引物组合 20 多对。利用分离体分组混合分析法(BSA 法, Darvasi 和 Soller, 1994), 把 BC_1F_1 分为不育和可育 2 个群体, 分别提取单株和混合群体的 DNA, 形成不育和可育 2 个 DNA 池, 然后检验两池间的遗传多样性, 已找到了与恢复基因连锁的 RAPD 和 AFLP 标记, 利用这些标记进行辅助选择可以尽快选育出优质、配合力高的恢复系, 加速育种进程。

3.3.4 我国油菜品种演化规律分析及品种 DNA 指纹图谱构建 通过 SSR 和 SRAP (sequence-related amplified polymorphism) 2 种标记方法对我国育成的油菜品种进行遗传多样性分析、构建 DNA 指纹图谱, 从分子水平揭示其遗传基础及演化规律, 并寻找部分代表品种的特异指纹。这是油菜育种中一项十分重要的基础性研究, 对于油菜品种的系谱来源分析、品种选育、品种保护、审定等具有重要意义。

3.3.5 甘蓝型油菜重要农艺性状的 QTL 定位及杂种优势研究 选择遗传差异大的亲本材料, 对亲本材料、 F_1 、 F_2 和 $F_{2.3}$ 家系的农艺性状、品质性状等进行鉴定, 分析其杂种优势; 采用亲本材料对 SRAP、SSR 及 AFLP 分子标记的多个引物进行了筛选, 并用 SRAP、SSR 及 AFLP 分子标记初步构建了油菜的分子标记连锁图; 用复合区间作图法和单向方差分析法对这些性状进行 QTL 检测, 寻找与产量等重要农艺性状紧密连锁的分子标记, 探讨油菜杂种优势产生的分子机理, 为油菜育种材料的遗传改良及杂种优势利用提供理论基础。

4 展望

随着我国经济发展和人民生活水平的提高, 对优质植物油和优质饲料蛋白的需求量急剧上升, 近几年, 我国食用油总消费量达 1 200 万 t, 国内生产的食用油为 750 万~800 万 t, 缺口 400 万 t, 每年我国要花 24 亿~28 亿美元(200 亿~240 亿元人民币)进口植物油, 我国每年从国外进口油菜籽 250 万 t 左右, 达到我国油菜籽生产总量的 40%。

另一方面对食用油品质也提出了更高的要求, 优质化要求更高, 不仅要求品种双低化, 而且要求各种脂肪酸有合适的比例。因此, 必须进一步加强油菜优质杂种优势研究以满足人民日益增长的需要。随着基因克隆技术、基因转导技术和分子标记技术等高技术的应用, 河南省优质油菜杂种优势研究将会取得更大的成绩。

参考文献:

- [1] 傅廷栋. 油菜品质改良的现状与展望[J]. 华中农业大学学报, 2004(增刊): 1-4.
- [2] 傅廷栋. 杂交油菜的育种与利用[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2000.
- [3] 官春云. 油菜品质改良和分析方法[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1985.
- [4] 刘后利. 农作物品质育种[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2001. 483-544.
- [5] 刘后利. 油菜遗传育种学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000.
- [6] 官春云, 王国槐, 赵均田. 甘蓝型油菜不同杂种组合的优势比较[J]. 中国油料, 1980, 2(4): 17-20.
- [7] 沈金雄, 傅廷栋, 杨光圣. 双低甘蓝型油菜自交不亲和系杂种优势的研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1060-1065.
- [8] 戚存扣, 浦惠明, 张洁夫, 等. 甘蓝型油菜品种间籽粒产量及产量性状杂种优势分析[J]. 江苏农业学报, 2003, 19(3): 145-150.
- [9] 张书芬, 傅廷栋, 宋文光. 甘蓝型单双低油菜细胞质雄性不育杂种的产量及其有关性状的优势分析[J]. 华北农学报, 1994, 9(增刊): 51-56.
- [10] Zhang Shu-fen, Tian Bao-ming, Wang Jian-ping, et al. Evaluate hybrid crosses by genotype value and heterosis for double low rapeseed[C]. Proceedings of International Symposium on Rapeseed Science, 2001. 193-196.
- [11] Brandle J E, Mc Vetty P B E. Geographical diversity, parental selection and heterosis in oilseed rape[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1990, 70: 935-940.
- [12] 张书芬, 傅廷栋, 宋文光. 甘蓝型单双低油菜细胞质雄性不育杂种的生理优势[J]. 中国油料, 1994, 16(1): 5-10.
- [13] 张书芬, 傅廷栋, 宋文光, 等. 甘蓝型单双低油菜细胞质雄性不育杂种的生长优势分析[J]. 河南农业科学, 1994(11): 6-9.
- [14] 张书芬, 傅廷栋, 宋文光. 甘蓝型双低油菜细胞质雄性不育杂种的抗逆性研究[J]. 河南农业科学, 1993(10): 15-18.
- [15] 张书芬, 文雁成, 王建平, 等. 高配合力双低油菜细胞质雄性不育基因的遗传及细胞质效应[J]. 中国油料作物学报, 1999, 21(1): 1-3.