

# 甘蓝型油菜油酸配合力的双标图分析

尚国霞, 王 瑞, 李加纳, 徐新福, 谌 利, 唐章林

(西南大学农学与生物科技学院, 重庆 400716)

**摘要:** 用 GGE 双标图法对甘蓝型油菜 8×8 完全双列杂交试验的脂肪酸组分进行分析, 以期得到配合力高的亲本, 为高油酸材料的转育和配组奠定基础。结果显示: (1) 一般配合力 (GCA) 较高的亲本是父本 Y511、Y539 和母本 Y511、Y520、Y539, 而特殊配合力 (SCA) 较高的亲本是父本 L308、Y511、Y539 和母本 L121、L307、L331、Y539。从 GCA 和 SCA 综合来看, Y511、Y520 和 Y539 是配合力较高的父本, L307、L331、Y539 是配合力较高的母本, 父本 L121 和母本 L308 的配合力相对最低; (2) Y539 是母本 L121、L307、L308、L332、Y511、Y520、Y539 的最佳组配父本, Y511 是 L331 的最佳组配父本; Y520 是父本 L121、L307、L331、L332、Y511 的最佳组配母本, Y539 是 L308、Y520、Y539 的最佳组配母本; (3) SCA 较高的组合有 L307×L308、L331×L332、L332×Y511、Y520×Y511、Y539×L121 等; (4) 在芥酸含量为 0, 二十碳烯酸含量趋近于 0 (0.87% 左右)、硬脂酸含量变幅不大 (1.36%~1.75%) 的遗传背景下, 父本脂肪酸组分中油酸与棕榈酸、硬脂酸、亚油酸和亚麻酸均呈负相关; 母本中油酸与硬脂酸呈正相关, 与棕榈酸、亚油酸、亚麻酸呈负相关; (5) 各杂交种脂肪酸组分的表型关系中, 与油酸含量呈正相关的是硬脂酸, 呈负相关的是棕榈酸, 而与亚油酸、亚麻酸呈极显著负相关, 这与母本脂肪酸组分之间的关系基本一致。

**关键词:** 油菜; 双标图; 油酸; 配合力

## GGE Biplot Analysis of Oleic Acid Combining Ability of *Brassica napus* L.

SHANG Guo-xia WANG Rui LI Jia-na XU Xin-fu SHEN Li TANG hang-lin

(College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400716)

**Abstract** The fatty acids in *B. napus* L. were analyzed by applying 8×8 complete diallel cross and GGE biplot. The results showed that (1) As paternal Y511 and Y539 had high general combining ability (GCA) than other paternals L308, Y511 and Y539 had high specific combining ability (SCA). As female parent Y511, Y520 and Y539 had high GCA, while L121, L307, L331 and Y539 had higher SCA. From a combination of both GCA and SCA, paternals Y511, Y520, Y539 and female parents L307, L331, Y539 had high combining ability, while paternal L121 and female parent L308 owned the lowest combining ability. (2) Y539 was the optimum paternal for L121, L307, L308, L332, Y511, Y520, Y539 as well as Y511 for L331. Y520 was the optimum female parent with L121, L307, L331, L332, Y511 as well as Y539 with L308, Y520, Y539. (3) The combinations with high SCA included L307×L308, L331×L332, L332×Y511, Y520×Y511, Y539×L121 etc. (4) Under the genetic background of erucic acid (C22:1) content was zero, carbon acid (C20:1) content was around 0.87%, and stearic acid (C18:0) content in a stable low level basically (1.36%~1.75%), as paternal the GCA of palmitic acid (C16:0), linoleic acid (C18:2) and linolenic acid (C18:3) were negatively correlated with the GCA of oleic acid (C18:1). As female parents, the GCA of stearic acid was positively correlated with the GCA of oleic acid, whereas palmitic acid, linoleic acid and linolenic acid were negatively correlated with it. (5) According to fatty acids in the hybrid phenotype relationship, stearic acid was positively correlated with oleic acid, while palmitic acid was negatively correlated with it, besides, linoleic acid and linolenic acid were significant negatively correlated with oleic acid. These results were

收稿日期: 2009-11-24 修回日期: 2010-06-17

基金项目: 国家高新技术研究发展“863”计划 (2009AA101105); 国家科技支撑计划 (2008BAD97B04)

作者简介: 尚国霞, 在读硕士, 主要从事油菜遗传育种研究。E-mail: shangguoxia@126.com

通讯作者: 李加纳, 教授, 博导。E-mail: ljn1950@swu.edu.cn

consistent with the relations between fatty acids components of female parent

**Key words** Rape; Bpbt; Oleic acid; Combining ability

油菜是我国 5 个种植面积超 667 万  $\text{hm}^2$  的主要农作物(水稻、玉米、小麦、大豆、油菜)之一。近年来,菜子油约占中国食用植物油消费量的 23%<sup>[1]</sup>。菜子油主要含棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)、亚麻酸(C18:3)、二十碳烯酸(C20:1)和芥酸(C22:1)等 7 种脂肪酸。甘蓝型油菜的油酸为十八碳单不饱和脂肪酸,是重要的营养脂肪酸,易被人体消化吸收,可以降低人体动脉血管中低密度脂蛋白的含量,有效预防人的心血管疾病;与传统的菜子油相比,油酸含量的增加使多不饱和脂肪酸的氧化能力降低,从而使菜子油耐贮藏,货架期延长,在使用过程中不易被氧化变质,并且还能保证食物的质量和口感。此外,高油酸菜子油能有效进行甲酯化,有利于生产生物柴油<sup>[25]</sup>。因此,油菜品种实现“双低”化(低芥酸、低硫甙)以后,进一步提高种子油中的油酸含量并降低亚麻酸和饱和脂肪酸含量成为油菜品质改良的新目标。

选择高油酸油菜品系(油酸含量 70% 以上)和中油酸品系(油酸含量 50% 左右)进行杂交是提高油酸含量的有效途径之一,在杂交强优势组合的选育中,父本和母本两者配合力的高低,很大程度上影响所配组合的杂种优势,探讨亲本配合力表现及其遗传规律,对于进一步选配强优势组合具有重要意义。

双列杂交试验是研究亲本配合力的重要方法,传统的分析是用 Griffing 的方法<sup>[6]</sup>,把双列数据的总变异分解为亲本的一般配合力(GCA)和组合的特殊配合力(SCA)。GGE 双标图是一种新开发的分析多因素互作的方法,是解释 AMM I(主效可加互作可乘)模型分析结果的有效和直观的工具<sup>[7]</sup>。品种区域化试验中品种的基因型和环境存在着交互作用( $G \times E$ ),使品种区域化试验数据的分析比较棘手,加性主效应和乘积交互作用模型(简称 AMM I 模型)是分析区试数据的一种新模型,与常规的方差分析模型和线性回归模型相比,这一方法应用范围广而且更有效,而双标图(bpb)是解释 AMM I 分析结果的一种直观有效的图形工具。作物品种区域试验资料分析的中心任务是正确地把握品种与环境互作的模式,对于小的数据集,例如两个品种两个环境的情况,把握二者互作的模式很容易。对于大的数据集则不然,必须借助于图解的方法。AMM I 模型在多点试验资料分析中应用较为广泛,但该模型

只分析基因型与环境互作<sup>[8-15]</sup>,因而难以对基因型进行全面评价,可靠的基因型评价方法必须同时考虑基因型和基因型与环境互作,因而部分学者把基因型和基因型与环境互作合称为“GGE”<sup>[16-21]</sup>。双标图以图谱的形式显示二维矩阵(由一个两行矩阵乘以一个两列矩阵),如果一个两向数据可以由一个二维矩阵表示,那么这个两向数据表就可以同图谱的形式来显示和研究<sup>[22]</sup>。基于此理,GGE 双标图方法广泛应用于基因环境互作<sup>[23-28]</sup>、寄主-病原菌关系<sup>[29]</sup>、双列杂交等<sup>[30]</sup>两向数据的研究。本文正是采用 GGE 双标图方法对甘蓝型油菜中油酸和高油酸品系的双列杂交试验进行分析,用双标图显示了亲本油酸的 GCA 和 SCA、各杂交组合油酸的 SCA,以及油酸与各脂肪酸组分之间的相关性,进一步全面理解和评价亲本,得出配合力高的亲本,以期高油酸材料的转育和配组奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

8 个油酸含量不同的甘蓝型油菜材料由西南大学重庆市油菜工程研究中心提供。这 8 个材料的芥酸含量都为零,其特点和来源见表 1。为方便后面的作图分析,将材料按表 1 中的先后顺序依次编号为 P1~P8, M1~M8 其中, P 代表父本, M 代表母本。

表 1 亲本材料来源及特点

Table 1 Sources and characteristics of parent materials

编号	材料名	油酸含量 (%)	材料特点	材料来源
1	L121	51.57	双低甘蓝型 黄子油菜	黄子双低材料自交系
2	L307	65.69	双低甘蓝型油菜	黑子双低材料自交系
3	L308	52.88	双低甘蓝型油菜	黑子双低材料自交系
4	L331	77.02	双低甘蓝型油菜	德国材料 HOLLITAY 选株自交系
5	L332	64.42	双低甘蓝型油菜	中双九号选株自交系
6	Y511	78.79	双低甘蓝型油菜	航天诱变突变株自交系
7	Y520	78.06	双低甘蓝型油菜	化学诱变突变株自交系
8	Y539	86.84	双低甘蓝型油菜	航天诱变突变株自交系

### 1.2 试验设计

田间试验在重庆市北碚区歇马镇育种基地进行。将试验材料于 2007 年 9 月底种植,每个材料均种植了 3 行区,每行 10 株,行长 2.8m,行株距 0.4m  $\times$  0.17m。试验管理同一般大田。开花后,进

行人工去雄,互为父母本配置  $8 \times 8$  完全双列杂交。每个杂交组合有 3 次重复,每个杂交做了 3~5 个分枝。2008 年 4 月 29 日收获。由于油菜脂肪酸含量受胚基因型控制,杂交当代植株所结  $F_1$  种子的脂肪酸含量已相当于普通性状的  $F_1$  表现,故后面的分析以  $F_1$  种子为材料。

### 1.3 脂肪酸组分检测方法

采用国家标准 GB/T 17377-1998《动植物油脂脂肪酸甲酯的气相色谱分析技术》测试种子各个脂肪酸组分的含量。用的是当代杂交收获的种子,每个杂交组合的种子有 3 个重复,每个重复都单独检测,具体操作步骤为:取 0.2g 种子,磨碎,装入 5ml 试管,加石油醚-乙醚(1:1)溶液 2ml 稍事振摇,放置 40min 再加氢氧化钾-甲醇(0.4mol/L)溶液 1ml 混匀,甲酯化时间为 30min,再沿瓶壁加入蒸馏水,静置,待分层后,吸取 1ml 上清液到自动进样小瓶。气相色谱仪为日本岛津 GC-201Q,色谱柱型号为 DB-WAX(30m  $\times$  0.246mm  $\times$  0.25 $\mu$ m),固定相为聚乙二醇。色谱仪操作条件:柱温 185 $^{\circ}$ C,汽化室温度为 250 $^{\circ}$ C,检测室温度 250 $^{\circ}$ C,载气(氮气)流速 60ml/min,氢气流速 40ml/min,空气流速 400ml/min,出峰保留时间 13min,进样量 2 $\mu$ l。分析结果按面积归一法计算,求出各组分占脂肪酸总量的百分比。

### 1.4 数据分析

使用 GGEb plot 双标图软件<sup>[31]</sup>。首先,对双列杂交数据进行指标中心化(将原始数据减去各个指标的均值后形成的数据集),使数据只含有试样主效应 G 和试样与各指标互作效应 GE,对 GGE 做单值分解,以第 1 主成分和第 2 主成分为代表,按照第一主成分和第二主成分将所有试样和指标绘于一

个平面图上,形成 GGE 双标图。在双列杂交数据计算中,父本和母本互为试样(entry)和指标(tester)。

## 2 结果与分析

### 2.1 亲本油酸的一般配合力(GCA)和特殊配合力(SCA)

GGE 双标图可以直观的看出亲本的 GCA 和 SCA 的大小。图 1-a 以父本为试样、母本为指标所绘,显示了父本的 GCA 和 SCA。由图 1-a 可知,第 1 主成分的效应为 82.1%,第 2 主成分的效应为 9.3%,GGE 双标图上展示了各父本脂肪酸组分标准化数据总变异的 91.4%。在双标图分析中,对亲本 GCA 的定义为各亲本在 ATC 水平轴上的投影,箭头所示方向为正,即各个亲本在 ATC 水平轴上的投影点越靠右,其 GCA 越大<sup>[30-31]</sup>。如图 1-a 所示,父本 P8 的 GCA 最大, P6 次之, P3 的 GCA 最小,其顺序为  $P8 > P6 > P4 > P7 > P5 > P2 > P1 > P3$  在 ATC 纵轴右边的亲本,其 GCA 大于亲本,而在 ATC 纵轴左边的亲本,其 GCA 小于平均值。在双标图分析中,亲本的 SCA 定义为各亲本在 ATC 纵轴上的投影,即各父本到 ATC 横轴上垂线的长短显示其 SCA 的大小。如图 1-a 所示, P3 P8 和 P6 的 SCA 效应值最大, P1 和 P4 的 SCA 效应值最小,其顺序为  $P3 > P8 > P6 > P5 > P2 > P7 > P4 = P1$ 。从 GCA 和 SCA 来看, P6 P7 和 P8 是配合力较高的父本, P1 最低。

母本的 GCA 和 SCA 如图 1-b 所示, M7 M8 的 GCA 最高, M1 的最低, 8 个母本的 GCA 顺序为  $M8 > M7 > M6 > M4 > M2 > M5 > M3 > M1$ , SCA 的顺序为  $M4 > M2 > M1 > M8 > M6 > M7 > M5 > M3$  因而可知, M8 M7 M6 M4 M2 的配合力较高, M3 的配合力相对最低。

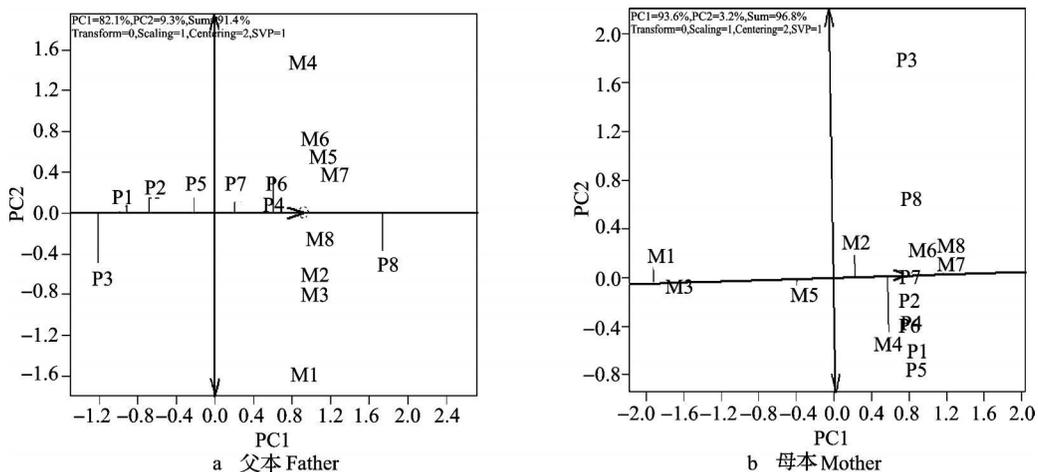


图 1 亲本油酸的一般配合力和特殊配合力

Fig 1 GCA and SCA of parents oleic acid

### 2.2 亲本油酸的最佳配合

把图 2-a 中距原点最远的父本 (试样) 标志点用直线连接起来, 形成一个多边形, 把其他父本都囊括在内, 然后过原点作各边的垂线, 将整个双标图分成若干个扇形区域, 每个母本 (指标) 标志点落于各个区内, 每一区的顶角的父本 (试样) 就是对落在这一区中所有母本 (指标) 的最佳组配父本<sup>[30]</sup>, 如图 2-a 所示, P8 是母本 M1、M2、M3、M5、M6、M7、M8 的最佳组配父本, P6 是母本 M4 的最佳组配父本。由于

没有一个母本落在父本 P1、P2、P3 所在的区中, 所以 P1、P2、P3 不是任何一个母本的最佳组配父本, 父本 P4、P5、P7 不在任何一个顶角位置, 因而它们不是任何一个母本的最佳或最差组配父本。

同理将图 1-b 转换成图 2-b 的形式, 可显示母本的最佳组配, M7 是 P1、P2、P4、P5、P6 的最佳组配亲本 (P4 与 P6 重合), M8 是 P3、P7、P8 的最佳组配亲本, M1、M2、M3、M4 不是任何一个父本的最佳组配亲本, M5、M6 不是任何一个父本的最佳或最差的组配亲本。

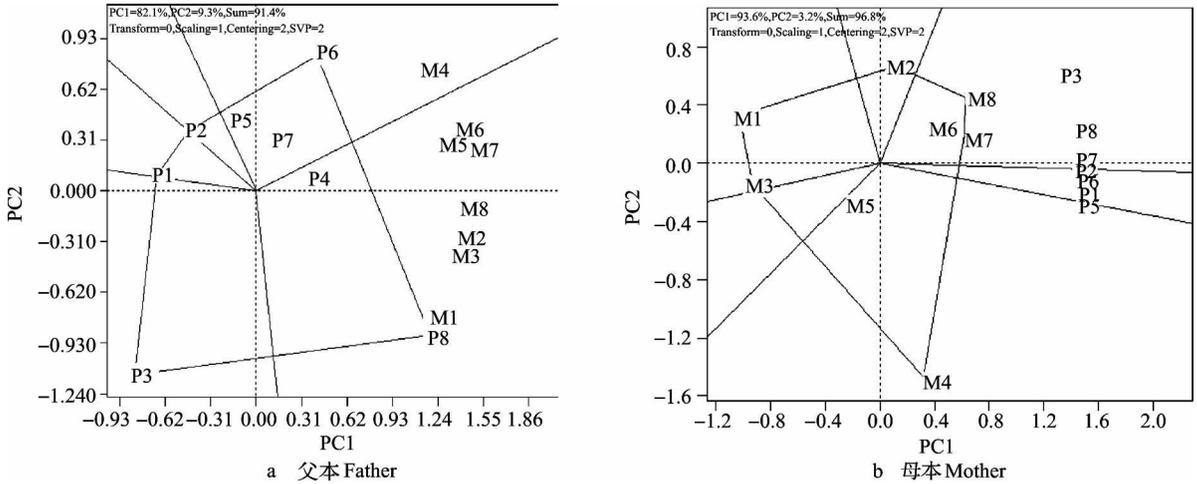


图 2 亲本油酸的最佳组合

Fig 2 Best parent of parents' oleic acid

上面的分析中, 图 2-a 和图 2-b 分别包含父本主效应 (GCA) 和母本主效应 (GCA), 因而并没有显示各特定组合的 SCA, 为了弥补这一点, 对原始数据进行双向中心化, 同时去掉母本和父本的主效应, 形成图 3 所示的双标图, 即充分显示了各组合的 SCA, 可以看出 SCA 高的有 M2 × P3、M4 × P5、M5 × P6、M7 × P6、M8 × P1 等组合。

### 2.3 亲本脂肪酸组分的配合力及其关系

在亲本 - 脂肪酸组分双标图中, 各脂肪酸组分的含量为亲本的 GCA 效应值, 因而反映了各脂肪酸组分之间的遗传关系。在 GGE 双标图中, 用指标向量和相邻指标间的夹角余弦值可判断指标间的相关性, 即各脂肪酸组分之间的相关性可用其夹角的余弦值反映, 将原点到每个脂肪酸组分标志点的连线作为指标向量, 以某一个指标向量为起始, 顺时针方向旋转, 其他脂肪酸组分与该组分夹角的余弦值即为这 2 个脂肪酸组分的相关系数<sup>[17, 20]</sup>。如图 4-a 所示, 父本 - 脂肪酸双标图中反映了脂肪酸组分标准化数据总变异的 96.8%, 说明数据信息得到充分展示。在芥酸含量为 0、二十碳烯酸含量趋近于 0 (均值为 0.87% 左右)、硬脂酸含量变幅都不大 (1.36% ~ 1.75%) 的遗传背景下, 硬脂酸、亚麻酸、亚油酸和棕榈酸之间的夹角均小 90°, 表明这 4 个脂肪酸组分呈显著正相关, 其中硬脂酸与亚油酸、亚麻酸、棕榈酸与亚油酸分别呈显著正相关, 这 4 个脂肪酸组分与油酸的夹角均大于 90°, 说明它们与油酸均呈负相关。

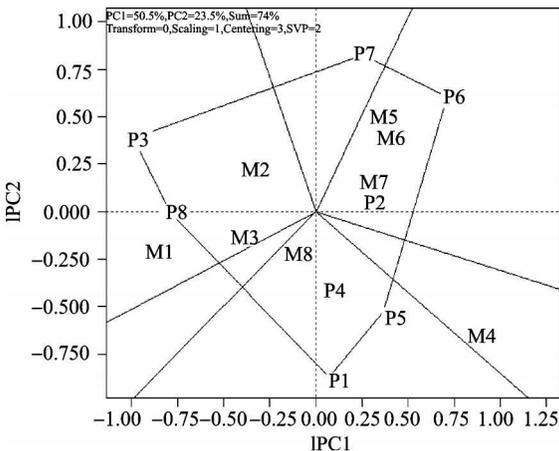
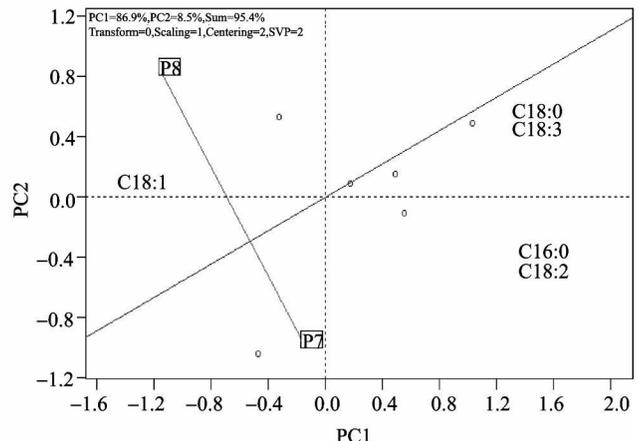
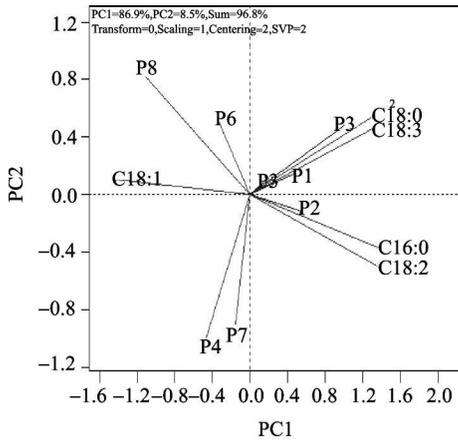


图 3 各组合的 SCA

Fig 3 SCA of combinations

由于双标图同时显示亲本和各脂肪酸组分的 GCA, 所以很容易对任意 2 个父本进行比较, 如对父本 P7 和 P8 进行比较 (图 4-b), 过原点作 P7 和 P8 标志点连线的垂线, 将双标图一分为二, 每一父本在与其同侧的各脂肪酸中表现较好, 反之较差; 父本 P7 的硬脂酸、亚麻酸、棕榈酸和亚油酸等脂肪酸组分的 GCA 优于 P8 但父本 P8 的油酸的 GCA 优于父本 P7

其同侧的各脂肪酸中表现较好, 反之较差; 父本 P7 的硬脂酸、亚麻酸、棕榈酸和亚油酸等脂肪酸组分的 GCA 优于 P8 但父本 P8 的油酸的 GCA 优于父本 P7



a Traits GCA of father and their relation

b Comparison between P7 and P8

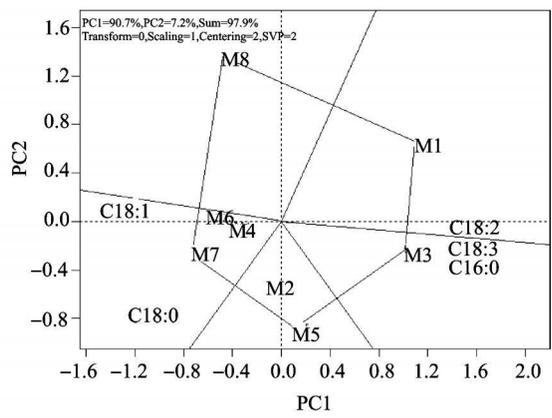
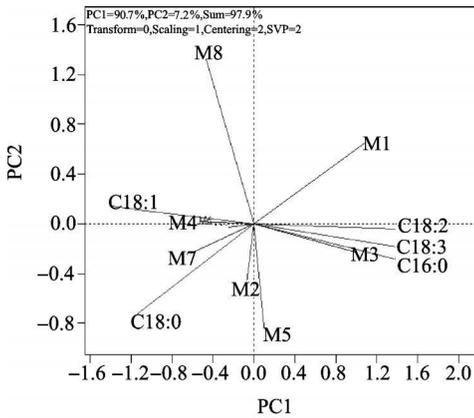
图 4 父本 - 脂肪酸组分双标图

Fig 4 Father fatty acids components biplot

母本各脂肪酸组分配合力的关系如图 5-a 所示, 油酸和硬脂酸呈正相关, 而与棕榈酸、亚油酸、亚麻酸呈负相关。各母本的比较如图 5-b 所示 (用多边形方法), 可显示各母本的优势脂肪酸组分, 母本 M1 亚油酸的 GCA 最高, M3 棕榈酸和亚麻酸的 GCA 最高, M7 油酸和硬脂酸的 GCA 最高。M5、M8

的任一脂肪酸组分的 GCA 都不是最高的。

综合图 4 和图 5 分析表明, 在高油酸的强优势组合选育中, 只要选择油酸含量高的父母本配置组合即可, 因为油酸含量高, 其余成分自然就会低。因各个亲本中硬脂酸的含量差异不大, 且含量很低, 所以对油酸含量的高低几乎没有影响, 故不用考虑。



a Traits GCA of mother and their relation

b Comparison between P7 and P8

图 5 母本 - 脂肪酸组分双标图

Fig 5 Mother fatty acids components biplot

2.4 各杂交种的脂肪酸组分及其关系

各杂交种及其脂肪酸组分的关系如图 6 所示, 双标图显示 94.2% 的总变异, 表明各杂交种及其脂肪酸组分的关系很复杂, 图中还显示各脂肪酸组分的表型关系, 油酸与硬脂酸呈正相关, 与棕榈酸呈负相关, 而与亚油酸、亚麻酸呈极显著负相关, 这点与母本配合力效应双标图所示的结果基本一致。在其

他脂肪酸组分的比较中, 亚油酸与硬脂酸呈负相关, 与棕榈酸呈正相关, 与亚麻酸呈显著正相关。结果表明在这套杂交组合的选择过程中, 亚油酸、亚麻酸、棕榈酸含量极大地影响着油酸的含量, 在以后的选配中, 要注意选择亚油酸、亚麻酸、棕榈酸含量低的组合。

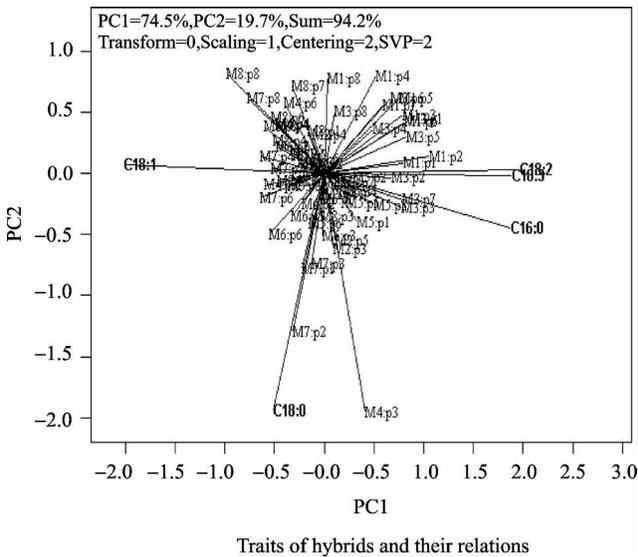


图 6 杂交种各脂肪酸组分及其关系

Fig 6 Fatty acid components of hybrids and their relations

### 3 讨论

传统油菜的一个显著的特点就是芥酸含量高,一般在 45% ~ 50%,油酸含量低,一般在 20% 左右。目前研究报道较多的也是油酸含量为 20% 左右的高芥酸材料和油酸含量为 50% 左右的低芥酸材料,本试验研究的是芥酸含量为 0,油酸含量为 50% ~ 86% 的中高油酸材料的基因遗传的影响。从亲本材料的各个脂肪酸组分的含量可以看出,芥酸含量的大大降低,为其他脂肪酸组分的提高提供了空间,特别是油酸含量的提高。

Y511、Y520 和 Y539 这 3 个材料油酸含量最高,依次为 78.79%、78.06%、86.84%,从双标图分析的试验结果看,不论是作为母本还是作为父本,它们的一般配合力 (GCA) 都是几个亲本中相对最高; L121 和 L308 的油酸含量最低,分别为 51.57%、52.88%,其配合力也相对最低。由此可以看出,亲本油酸含量的高低与其 GCA 的高低有一定的正相关关系,油酸含量高,其一般配合力也高,油酸含量低,其一般配合力也低,这对选择高油酸的亲本非常有益。而各组合的 SCA 的高低与油酸含量的高低无明显关系。

本试验中发现,在芥酸含量为 0 (均值为 0.87% 左右)、硬脂酸含量变幅不大 (1.36% ~ 1.75%) 的遗传背景下,父本中油酸与硬脂酸、亚麻酸、亚油酸和棕榈酸均呈负相关,说明在高油酸的强优势组合选育中,只要选择油酸含量高的父本配置组合即可,因为油酸含量高,其余成分自然就会低。母本中油酸与硬脂酸呈正相关,与棕榈酸、亚油酸、亚麻酸呈负相关,这与 Kondra 等<sup>[32-33]</sup> 指出的低

芥和无芥杂种后代脂肪酸之间的相关关系是一致的,所以在母本的选择中,要选择高油酸、高硬脂酸的母本配置组合。各杂交种脂肪酸组分的表型关系中,亚油酸与亚麻酸呈显著正相关,与油酸呈正相关的是硬脂酸,呈负相关的是棕榈酸、亚麻酸,亚油酸与油酸呈显著负相关,这点与父本的配合力效应在双标图所示出来的结果稍有些差异,而与母本的基本一致。从这点可以看出,本试验的高油酸遗传中,母本效应占主导效应,这与别人的研究结果一致。综合以上结果来看,对油酸、亚油酸和硬脂酸的总量进行选择能够有效地提高菜子油的品质。

与传统的方法相比,双标图表现出极大的直观、便利性。尤其是对于大量的数据集,借助于图解法不但可以清晰分析因素之间的关系,而且可以把各因素间复杂的互作模式更加直观地表现出来,帮助研究者集中少量亲本和组合<sup>[22]</sup>,减少工作量。双标图方法通过对双亲的理解,解释杂交组合的表型变异,而对性状关系的显示,可以促进对亲本系统的理解。本文用双标图的方法显示了父本和母本油酸各自的 GCA、SCA,以图谱的形式显示了 SCA 最高的亲本组合,这大大简单化了亲本选配工作的难度和工作量,更直观明了地全面理解和评价亲本,得出配合力高的亲本和杂交组合,缩短和节约高油酸油菜杂交转育和选配组合的时间和精力。

#### 参考文献

- [1] 王汉中. 中国油料产业发展的现状、问题与对策 [J]. 中国油料作物学报, 2005, 27(4): 100-105
- [2] 索文龙, 戚存扣. 甘蓝型油菜油酸含量的主基因 + 多基因遗传分析 [J]. 江苏农业学报, 2007, 23(5): 396-400
- [3] 张秀英, 皇甫海燕, 陈菁菁, 等. 高油酸油菜的研究进展及前景 [J]. 作物研究, 2007, 21(5): 654-661
- [4] 张宏军, 官春云. 高油酸油菜育种研究进展 [J]. 作物研究, 2005(5): 322-326
- [5] 官春云, 刘春林, 陈社员, 等. 辐射育种获得油菜 (*Brassica napus*) 高油酸材料 [J]. 作物学报, 2006, 32(11): 1625-1629
- [6] Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems [J]. Aust J Biol Sci 1956 9: 463-493
- [7] 王磊, McLaren C G, 杨仕华. 利用双标图分析作物区试数据 [J]. 生物数学学报, 1997, 12(5): 557-563
- [8] Cooper M, Stucker R E, DeLacy IH, et al. W heat breeding nurseries target environments and indirect selection for grain yield [J]. Crop Sci 1997, 37: 1168-1176
- [9] Crossa J, Cornelius P L. Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trait sites under heterogeneity of error variances [J]. Crop Sci 1997, 37: 405-415
- [10] DeLacy IH, Basford K E, Cooper M, et al. Plant adaptation and crop improvement [M]. CAB Int W allingford, Oxon U K, 1996: 39-124
- [11] Gauch H G. Model selection and validation for yield trials with interaction [J]. Biometrics 1988 44: 705-715
- [12] Gauch H G. Full and reduced models for yield trials [J]. Theor Appl Genet 1990, 80: 153-160

- [ 13] 王磊, 曾列先, 余汉勇, 等. 利用加性效应和乘积交互作用模型对国际杂交水稻圃数据的分析 [ J]. 中国水稻科学, 1997, 11( 4): 198-204
- [ 14] 王磊, McClaren C G, 杨仕华. 利用双标图分析基因型和环境交互作用 [ J]. 科技通报, 1997, 13( 5): 281-286
- [ 15] 张泽, 鲁成, 向仲怀. 基于 AMMI 模型的品种稳定性分析 [ J]. 作物学报, 1998, 24( 3): 304-309
- [ 16] Kempson R A. The use of biplots in interpreting variety by environment interaction [ J]. Agri Sci 1984, 103: 123-135
- [ 17] Yan W K, Hant L A, Sheng Q L, et al. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot [ J]. Crop Sci 2000, 40: 597-605
- [ 18] Yan W K, Hunt L A. Genetic and environment causes of genotype by environment interaction for winter wheat yield in Ontario [ J]. Crop Sci 2001, 41: 19-25
- [ 19] Yan W K, Cornelius P L, Crossa J, et al. Two types of GGE biplot for analyzing multi-environment trial data [ J]. Crop Sci 2001, 41: 656-663
- [ 20] Yan W K, Rajcan I. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario [ J]. Crop Sci 2002, 42: 11-20
- [ 21] Yan W K, Hunt L A. Biplot analysis of diallel data [ J]. Crop Sci 2002, 42: 21-30
- [ 22] Gabriel K R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis [ J]. Biometrika 1971, 58( 3): 453-467
- [ 23] 严威凯, 盛庆来, 胡跃高, 等. GGE 叠图法—分析品种 × 环境互作模式的理想方法 [ J]. 作物学报, 2001, 27( 1): 21-28
- [ 24] Fan X M, Kang M S, Chen H M, et al. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China [ J]. Agron J 2007, 99: 220-228
- [ 25] Sanon T S O, PB, Wilson L T, McClung A M, et al. Targeting cultivars to rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses [ J]. Crop Sci 2005, 45: 2414-2424
- [ 26] Lee S J, Yan W K, Ahn J K, et al. Effects of year, site, genotype and their interactions on various soybean isoflavones [ J]. Field Crops Res 2002, 4150: 1-12
- [ 27] Ma B L, Yan W K, Dwyer L M, et al. Graphic analysis of genotype-environment-nitrogen fertilizer and their interactions on spring wheat yield [ J]. Agron J 2004, 96: 169-180
- [ 28] 张勇, 何中虎, 张爱民. 应用 GGE 双标图分析我国春小麦的淀粉峰值粘度 [ J]. 作物学报, 2003, 29( 2): 245-251
- [ 29] Yan W K, Falk D E. Biplot analysis of host-by-pathogen data [ J]. Plant Dis 2002, 86( 12): 1396-1401
- [ 30] 尚毅, 李少钦, 李殿荣, 等. 用双标图分析油菜双列杂交试验 [ J]. 作物学报, 2006, 32( 2): 243-248
- [ 31] Yan W K. GGE biplot: A windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data [ J]. Agron J 2001, 93: 1111-1118
- [ 32] Kondra P, Thomas P M. Inheritance of oleic, linoleic and linolenic acids in seed oil of rapeseed (*Brassica napus*) [ J]. Can J Plant Sci 55: 205-210
- [ 33] Kondra P, Wilson T W. Selection for oleic, linoleic and linolenic acid content in F<sub>2</sub> populations of rapeseed [ J]. Can J Plant Sci 1976, 56: 961-966

欢迎  
订阅

《北方园艺》是由黑龙江省农业科学院

主管、黑龙江省园艺学会和黑龙江省农业科学院  
主办的以科学研究和技术普及相结合的园艺类

综合性科技期刊。

本刊内容丰富、栏目新颖、技术实用、信息全面。设有试验研究、研究简报、设施园艺、栽培技术、园林花卉、生物技术、植物保护、贮藏保鲜加工、食用菌、中草药、新品种选育、产业论坛、专题综述、经验交流、农业经纬等栏目。内容涵盖园艺学的蔬菜、果树、瓜类、花卉、植保等研究领域的新成果、新技术、新品种、新经验。竭诚欢迎全国各地科研院所人员、大专院校师生, 各省、市、县、乡、镇农业技术推广人员、农民科技示范户等踊跃订阅。

国内外公开发行, 半月刊, 每月 15、30 日出版, 邮发代号 14-150, 每册定价 7.00 元, 全年 168.00 元, 全国各地邮局均可订阅, 或直接向编辑部汇款订阅, 订阅者请在汇款单附言栏内写清订购份数, 收件人姓名及详细地址、邮编。

地址: (150086) 黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号  
《北方园艺》编辑部

电话: 0451-86674276

E-mail: bfybjl@163.com

《大豆科技》原刊名《大豆通报》, 主办单位“国家大豆工程技术研究中心”, 协办单位“中国作物学会大豆专业委员会”、“中国食品科学技术学会大豆食品分会”。该刊是在我国著名的大豆专家王金陵先生积极倡导并推进下创办, 部分国家大豆产业技术体系的顾问专家担任编委会顾问组成员, 期刊拥有一支由国内著名和知名的大豆专家、学者组成的编委会队伍。

期刊刊登内容主要分三大版块——“学术篇”(包括: 专家视点、农业生产、病虫害防治、加工技术、农机设备、人物传记、科技前沿摘编等栏目)、“产业篇”(包括行业聚焦、市场分析、政策信息、中华豆制品、产业动态、观察与思考、环球瞭望等栏目)、“科普篇”(设有农情分析、试验示范、技术推广、种子世界、豆农之友、科技致富、在线问答等栏目)。内容涵盖了大豆产业各相关领域, 包括: 品种繁育、栽培技术、田间管理、病虫害防治、收获储藏、农机设备、市场贸易、加工利用、科研开发等。

《大豆科技》为大 16 开本, 68 页, 双月刊, 单月 25 日出版, 国内外公开发行。欢迎广大读者直接向编辑部订阅。本刊另存有少量合订本, 每本收藏价 97 元, 有需要者可直接与编辑部联系。

订刊电话: 0451-55190426, 13936310779 联系人: 杨秋萍