

网络出版时间:2013-06-20 15:27

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130620.1527.003.html>

不同生态区甘蓝型油菜含油量的 杂种优势及配合力研究

董育红¹, 田建华¹, 陈文杰¹, 侯君利¹, 韦世豪¹,
关周博¹, 张耀文¹, 李得孝², 李殿荣¹

(1 陕西省杂交油菜研究中心, 陕西 大荔 715105; 2 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**研究不同生态区甘蓝型油菜含油量的杂种优势及配合力, 为甘蓝型油菜的高含油量育种提供参考。**【方法】**以 6 个含油量不同、遗传差距较大的高含油量甘蓝型油菜为亲本, 按照 Griffing 完全双列杂交模式 I 配制 36 个试验组合(正反交+亲本), 在大荔冬油菜区和张掖春油菜区 2 个试验点进行随机区组试验, 对 F₁ 代油菜籽含油量的杂种优势及配合力进行分析, 并分析环境效应。**【结果】**在 2 个不同生态区仅有少数组合表现出正向超亲优势, 在张掖春油菜区正向中亲优势组合比例为 80.00%, 含油量的杂种优势在不同生态区的表现有差异, 但出现杂种优势的组合具有较高的一致性; 不同环境下甘蓝型油菜含油量的广义遗传力均大于 90%, 狭义遗传力均接近 80%; 各亲本含油量一般配合力和特殊配合力均存在极显著差异, 配合力虽受环境影响, 但在不同环境下的表现趋势总体上一致; 在张掖春油菜区, 含油量正反交效应达极显著水平, 而在大荔冬油菜区正反交效应并不显著。**【结论】**甘蓝型油菜含油量的遗传主要受加性基因控制, 同时受非加性效应的影响; 高含油量杂交油菜育种应以一般配合力较高的亲本为主; 为春油菜区配制杂交种还需考虑组合的正反交差异。

[关键词] 甘蓝型油菜; 含油量; 杂种优势; 配合力; 生态适应性

[中图分类号] S565.403.51

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)07-0037-06

Heterosis and combining ability in oil contents of *Brassica napus* L. in different ecological regions

DONG Yu-hong¹, TIAN Jian-hua¹, CHEN Wen-jie¹, HOU Jun-li¹, WEI Shi-hao¹,
GUAN Zhou-bo¹, ZHANG Yao-wen¹, LI De-xiao², LI Dian-rong¹

(1 Hybrid Rapeseed Research Center of Shaanxi Province, Dali, Shaanxi 715105, China;

2 College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】**The heterosis and combining ability in oil contents of *Brassica napus* L. were studied in two ecological regions. **【Method】**Thirty reciprocal crosses were made with 6 *Brassica napus* L. lines with different oil contents and genetic backgrounds as parents based on the Griffing Model I design, and a total of 36 accessions including 30 reciprocal crosses and 6 parents were planted in a randomized complete block design in two different ecological regions, spring rape area in Zhangye, Gansu province and winter rape area in Dali, Shaanxi province. Heterosis and combining ability in oil content were analyzed, and environmental effects were preliminarily observed. **【Result】**Only a few crosses exhibited over-parent heterosis in both ecological regions and most crosses exhibited certain mid-parent heterosis in spring rape area.

* [收稿日期] 2013-01-05

[基金项目] 科学家岗位油菜现代产业技术体系建设项目(CARS-13)

[作者简介] 董育红(1971—), 男, 陕西蓝田人, 硕士, 主要从事油菜遗传育种研究。E-mail: dyh9919@163.com

[通信作者] 田建华(1963—), 男, 陕西富平人, 研究员, 主要从事油菜遗传育种研究。

The heterosis of oil content was various in different ecological regions, but the combinations with heterosis were generally consistent. The broad sense heritability of oil content was over 90% and the narrow sense heritability of oil content was more than 80%. The variances of both general combining ability and specific combining ability in oil contents were highly significant. The values of combining ability were variable in different ecological regions but the exhibitions were basically consistent. The reciprocal cross effect of oil content was highly significant in spring rape area but was not detected in winter rape area. 【Conclusion】 The inheritance of oil content of *Brassica napus* L. was mainly controlled by additive gene effect with affects from non-additive effect simultaneously. High-oil line with high general combining ability (GCA) are suitable parents in hybrid rapeseed development for high oil content and the reciprocal effects should be considered in the determination of spring rapeseed hybrid crosses.

Key words: *Brassica napus* L. ;oil content;heterosis;combining ability;ecological adaptation

目前,油菜高效育种的主要目标是提高单位面积的产油量,而利用杂种优势进一步提高杂交种的含油量则是实现这一目标的重要技术措施。亲本选配是杂种优势利用的关键,亲本的配合力直接关系到杂种优势的强弱。配合力是材料自身的内在属性,受多种基因效应支配,同时也受环境的影响^[1]。目前,关于油菜含油量杂种优势及配合力的研究国内外已有报道^[2-4],但对于不同生态区的环境效应均未见论及。本文以 6 个含油量不同、遗传差距较大的高含油量甘蓝型油菜为亲本,研究了冬油菜区、春

油菜区 2 个不同环境条件下含油量的杂种优势及配合力表现,并观察了环境的影响,以期为甘蓝型油菜的高含油量育种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用的 6 个含油量不同、遗传差距较大的高含油量甘蓝型油菜,均来自陕西省杂交油菜研究中心,具体见表 1。

表 1 供试甘蓝型油菜名称及品质

Table 1 Names and qualities of tested *Brassica napus* L. species

编号 Code	名称 Name	含油量/(g·kg ⁻¹) Oil content	芥酸/(g·kg ⁻¹) Erucic acid content	硫苷/(μmol·g ⁻¹) Glucosinolate content
P1	7792-95/772//772	468.3	2.40	14.52
P2	201	500.2	4.90	21.80
P3	陕 3B Shaan 3B	416.0	3.80	26.37
P4	Altex/864B//Start/81008/3/Y58	523.9	6.10	26.29
P5	Wesbrook/1721-1B//869-135/4314	496.4	1.601	8.05
P6	春垦 C1 Chunken C1	471.6	0.00	23.13

注:品质数据为大荔冬油菜区 2009—2011 年的平均值。
Note:Quality values are three years averages from 2009 to 2011 in Dali winter rape area.

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 按照 Griffing 完全双列杂交模式 I 配制 36 个试验组合,包括 30 个正反交组合和 6 个亲本。春油菜区试验 2011-04 播种于甘肃张掖春油菜区试验基地,冬油菜区试验 2011-09 播种于

陕西大荔陕西省杂交油菜研究中心试验地。两地试验都采用随机区组设计,3 次重复,3 行区,行距 0.4 m,行长 2.5 m,株距 0.14 m。两地气候和试验地土壤概况见表 2。

表 2 陕西大荔、甘肃张掖的气候和土壤概况

Table 2 General situation of climate and soil at Dali, Shaanxi and Zhangye, Gansu

环境 Environments	年平均温度/℃ Annual average temperature	年降水量/mm Annual rainfall	年日照时数/h Annual sunshine hours	土壤类型 Type of soil	土壤肥力 Fertility of soil	海拔高度/m Altitude
陕西大荔 Dali Shaanxi	13~14	500~600	2 300~2 400	淤积粘土 Warp clay	高 High	368
甘肃张掖 Zhangye Gansu	4~5	200~300	3 000~3 100	沙壤土 Sandy loam	中等 Medium	2 350

1.2.2 性状测定 成熟时每小区取样 5 株,脱粒晒干后,用 NMR mq 20 型核磁油分分析仪测定样品

含油量。

1.3 统计分析

小区含油量取该小区 5 株样品的平均值,对 2 个生态区分别进行分析。杂种优势的计算方法:中亲优势=(F₁ 值—双亲均值)/双亲均值×100%,超亲优势=(F₁ 值—高值亲本值)/高值亲本值×100%。配合力效应分析按照 Griffing I(包含正反交和亲本的完全双列杂交模式)方法进行。含油量遗传力的估算按照高之仁^[5]的方法进行。所有试验数据的运算分析,通过统计分析软件 DPS 7.05^[6]完成。

2 结果与分析

2.1 不同生态区甘蓝型油菜各亲本及组合间含油量的差异

经检验,甘肃张掖和陕西大荔 2 个试验点的误

差不同质,应当独立进行统计分析。2 个生态区甘蓝型油菜各亲本和组合的含油量平均值见表 3。由表 3 可知,在大荔冬油菜区,6 个亲本含油量为 418.8(P3)~525.5 g/kg(P4),平均 479.3 g/kg;30 个杂交组合含油量为 431.1(P3×P1)~508.4 g/kg(P2×P5),平均 476.7 g/kg,较亲本平均值低 2.6 g/kg。在张掖春油菜区,6 个亲本含油量为 452.8 (P3)~555.1 g/kg(P4),平均 519.1 g/kg;30 个杂交组合含油量为 486.7 (P3×P2)~553.8 g/kg (P5×P4),平均 526.1 g/kg,较亲本平均值高 7.0 g/kg。从表 3 还可以看出,张掖春油菜区甘蓝型油菜 36 个组合(包括亲本和正反交)含油量平均值,比大荔冬油菜区高 47.8 g/kg。

表 3 不同生态区甘蓝型油菜含油量的平均值

Table 3 Mean values of oil contents of <i>Brassica napus</i> L. in different ecological regions g/kg												
父本 Male parents	母本 Female parents											
	P1		P2		P3		P4		P5		P6	
	大荔 Dali	张掖 Zhangye	大荔 Dali	张掖 Zhangye	大荔 Dali	张掖 Zhangye	大荔 Dali	张掖 Zhangye	大荔 Dali	张掖 Zhangye	大荔 Dali	张掖 Zhangye
P1	462.1	533.6	471.8	521.2	431.1	491.6	481.5	549.3	465.5	533.5	474.0	535.8
P2	486.8	542.3	492.7	501.5	459.8	486.7	494.1	529.6	504.1	545.3	473.8	522.3
P3	440.8	494.2	468.7	497.5	418.8	452.8	486.1	528.9	471.9	521.8	451.7	499.9
P4	484.3	549.4	499.8	528.5	481.8	519.7	525.5	555.1	506.6	553.8	475.8	528.9
P5	475.8	527.5	508.4	523.0	470.9	525.8	496.7	549.1	492.6	536.0	483.9	540.1
P6	469.6	543.8	478.8	507.1	445.0	513.5	476.2	528.3	484.7	543.4	484.1	535.7

2.2 不同生态区甘蓝型油菜含油量的杂种优势分析

2.2.1 各组合含油量的杂种优势表现 不同生态区甘蓝型油菜各组合含油量的中亲和超亲优势表现见表 4。由表 4 可以看出,大荔冬油菜区甘蓝型油菜含油量具有正向中亲优势的组比例为40.00%,

平均值为-0.50%;张掖春油菜区具有正向中亲优势的组比例为 80.00%,平均值为 1.39%。说明在春油菜区,大多数甘蓝型油菜杂交组合具有正向中亲优势。在大荔和张掖 2 个生态区,具有正向超亲优势的组比例都较低,尤其在大荔,仅有 1 个组合的正反交具有正向超亲优势。

表 4 不同生态区甘蓝型油菜各组合含油量的杂种优势表现

Table 4 Heterosis performance of the combinations for oil contents of *Brassica napus* L. in different ecological regions

环境 Environment	中亲优势 Mid-parent heterosis			正向超亲优势 Positive over-parent heterosis			
	变幅/% Range	均值/% Average	正向组合比例/% Proportion of positive heterosis combinations	变幅/% Range	均值/% Average	正向组合比例/% Proportion of positive heterosis combinations	超亲优势组合 Over-parent combinations
大荔 Dali	-5.76~3.56	-0.50	40.00	2.31~3.19	2.75	6.67	P2×P5,P5×P2
张掖 Zhangye	-3.41~5.54	1.39	80.00	0.02~1.73	1.18	20.00	P1×P2,P1×P6, P5×P2,P5×P6, P6×P1,P6×P5

2.2.2 含油量杂种优势与环境的关系 对 2 个生态区甘蓝型油菜各组合的中亲优势和超亲优势分别进行相关分析,相关系数均达 1% 极显著水平($r_{\text{中亲优势}}=0.8126^{**}$, $r_{\text{超亲优势}}=0.5452^{**}$),表明在不同生态条件下,多数杂交组合含油量的杂种优势

具有一致性。

2.3 不同生态区甘蓝型油菜含油量的遗传力分析 不同生态区甘蓝型油菜含油量的遗传力分析见表 5。

表 5 不同生态区甘蓝型油菜含油量的遗传力估计值

Table 5 Estimations of heritability in oil contents of *Brassica napus* L. in different ecological regions %

环境 Environment	广义遗传力 Broad sense heritability	狭义遗传力 Narrow sense heritability
大荔 Dali	91.99	78.35
张掖 Zhangye	97.83	79.19

由表 5 可见,不同生态区甘蓝型油菜种子含油量的广义遗传力和狭义遗传力都较高;在不同生态区,遗传力具有高度的一致性。表明甘蓝型油菜种子含油量主要受基因型控制,其中加性效应占主要部分。因此,提高甘蓝型油菜种子含油量的主要途径

表 6 不同生态区甘蓝型油菜含油量的配合力分析

Table 6 Analysis of combining ability in oil contents of *Brassica napus* L. in different ecological regions

环境 Environment	变异来源 Source	DF	SS	MS	F
大荔 Dali	一般配合力 GCA	5	138.340 2	27.668 0	185.600 7**
	特殊配合力 SCA	15	21.910 8	1.460 7	9.798 7**
	反交 Reciprocals	15	3.075 8	0.205 1	1.375 5
	误差 Error	70	10.435 1	0.149 1	
张掖 Zhangye	一般配合力 GCA	5	134.499 3	26.899 9	699.904 8**
	特殊配合力 SCA	15	26.132 8	1.742 2	45.329 8**
	反交 Reciprocals	15	8.594 2	0.572 9	14.907 4**
	误差 Error	70	2.690 4	0.038 4	

注: ** 表示差异达 1% 显著水平。

Note: ** represents significant at 1% probability level.

2.4.2 一般配合力效应 由表 7 可以看出,在大荔冬油菜区,一般配合力效应值最大的亲本是 P4 (1.755 1),最小的是 P3(−2.313 5);在张掖春油菜区,一般配合力效应值最大和最小的也是 P4 (1.473 8)与 P3(−2.614 8)。在 2 个生态区各亲本

表 7 不同生态区甘蓝型油菜含油量的一般配合力效应值

Table 7 Effect values of general combining ability in oil contents of *Brassica napus* L. in different ecological regions

环境 Environment	P1	P2	P3	P4	P5	P6
大荔 Dali	−1.035 5 d	0.849 0 b	−2.313 5 e	1.755 1 a	1.088 4 b	−0.343 5 c
张掖 Zhangye	0.475 2 c	−0.769 3 e	−2.614 8 f	1.473 8 a	1.136 9 b	0.298 2 d

注:同行数据后不同小写字母表示差异显著。

Note: Different letters in the same row mean significant difference at 5% level.

2.4.3 特殊配合力效应 从表 8 可以看出,在大荔冬油菜区,有 4 个组合的含油量存在显著的正向特殊配合力效应,其中 P3×P4 组合的特殊配合力效应值最大(1.258 8);而在张掖春油菜区,共有 8 个组合的含油量存在显著或极显著的正向特殊配合力效应,其中 P3×P5 效应值最大(1.367 0)。在两地均表现出显著的正向特殊配合力效应的组合有 4 个(P3×P4,P3×P5,P1×P6 和 P2×P5)。

虽然同一组合的特殊配合力在两地有所不同,但在 2 个生态条件下,各组合含油量特殊配合力效

是,利用育种手段不断累积控制含油量的微效多基因。

2.4 不同生态区甘蓝型油菜含油量的配合力分析

2.4.1 配合力方差分析 2 个生态区甘蓝型油菜含油量各亲本之间配合力方差分析结果见表 6。由表 6 可以看出,陕西大荔和甘肃张掖 2 个生态区,甘蓝型油菜各亲本材料之间一般配合力和特殊配合力方差均达极显著水平,即各亲本材料的一般配合力和特殊配合力效应均存在极显著差异。在张掖春油菜区反交效应方差也达极显著水平。

的一般配合力效应值有差异,但也有显著的相关性($r=0.758\ 8^*$)。P1、P2 和 P6 的一般配合力效应在 2 个生态区表现出较明显的差异,其他亲本的表现具有一致性。

应值具有极显著的相关性($r=0.859\ 0^{**}$),这表明不同环境下甘蓝型油菜含油量特殊配合力的表现大多是一致的,且 2 个生态条件下含油量特殊配合力相关性大于一般配合力。

2.4.4 反交效应 所有参试组合在大荔冬油菜区反交效应不显著,而在张掖春油菜区反交效应极显著(表 6),表明在不同环境下甘蓝型油菜含油量反交效应总体上是不一致的,配制春油菜杂交组合时要考虑正反交的差异。从表 9 可以看出,所选亲本中,P1×P2/P5/P6、P2×P3/P5/P6、P3×P4/P6 之

间存在显著或极显著的反交效应。

表 8 不同生态区甘蓝型油菜含油量的特殊配合力效应值

亲本 Parents	P2		P3		P4		P5		P6	
	大荔 Dali	张掖 Zhangye	大荔 Dali	张掖 Zhangye	大荔 Dali	张掖 Zhangye	大荔 Dali	张掖 Zhangye	大荔 Dali	张掖 Zhangye
P1	0.093 5	0.979 8**	−0.747 3	−1.063	−0.124 3	0.496 8**	−0.680 9	−1.053	0.869 4**	0.719 0**
P2			0.196 6	0.104 8	−0.602 0	−0.288 8	0.994 6**	0.554 8**	−0.563 4	−0.516 6
P3					1.258 8**	1.078 4**	0.675 5**	1.367 0**	−0.202 6	0.495 6**
P4							−0.373 1	0.046 8	−1.504 5	−1.403
P5									−0.007 9	0.250 6*

注: ** 和 * 分别表示正向特殊配合力效应显著或极显著。
Note: ** and * represent the effect of positive specific combining ability are significant differences and very significant differences, respectively.

表 9 春油菜区甘蓝型油菜含油量的反交效应

Table 9 Reciprocal in oil contents of <i>Brassica napus</i> L. in spring rape area										
亲本 Parents		P2	P3	P4	P5	P6				
P1		1.055**	0.133 3	0.008 3	−0.301 7*	0.398 3**				
P2			0.543 3**	−0.051 7	−1.115 0**	−0.761 7**				
P3				−0.460 0**	0.198 3	0.678 3**				
P4					−0.236 7	−0.031 7				
P5						0.165 0				

注: ** 和 * 表示反交效应显著或极显著。
Note: * and ** represent reciprocal is significant difference and very significant difference.

3 讨 论

3.1 甘蓝型油菜含油量的杂种优势及环境影响

前人研究表明,油菜籽含油量是多基因控制的数量性状,大多数组合都有明显的中亲优势和超亲优势,但含油量的杂种优势远不如单株产量等性状^[3-4,7-12]。本研究结果表明,不同生态区甘蓝型油菜一部分组合具有中亲优势,少数组合具有正向超亲优势,且优势幅度较小。本试验亲本材料含油量较高,这是否为导致仅有少数杂交组合具有正向超亲优势的原因,还需要进一步研究,但高含油量亲本材料的选用,使得研究结果对高含油量杂交油菜育种更有参考意义。

虽然含油量性状受基因型和环境双重影响^[8],但本研究中 2 个生态区的杂种优势呈现出极显著的相关性,这说明杂种优势在不同环境下多数表现具有一致性。同时并非所有组合在不同环境下杂种优势都表现一致,在组合选配时,还应注意观察特定组合在不同环境下的表现。在大荔冬油菜区,组合 P2×P5 正反交均具有一定的超亲优势;在张掖春油菜区,组合 P1×P6、P5×P6 正反交也都具有一定的超亲优势。

3.2 甘蓝型油菜含油量的配合力及环境影响

有研究表明,油菜含油量最佳遗传模型为 D-2

模型,即 1 对加性主效基因+加-显性多基因混合模型^[8-10]。本研究结果显示,甘蓝型油菜含油量一般配合力方差和特殊配合力方差均达极显著水平,一般配合力方差大于特殊配合力方差,且狭义遗传力接近 80%,充分说明含油量以加性基因效应为主,同时受非加性效应的影响,这与前人研究结果^[2-3,8-10]类似。

在 2 个生态区,各亲本的配合力效应值(包括一般配合力和特殊配合力)有差异,但也有显著的相关性,说明在不同环境下,甘蓝型油菜含油量配合力的表现大多是一致的。

3.3 甘蓝型油菜高含油量育种的亲本选配原则

配合力反映了亲本材料的潜力,受多种基因效应支配,亲本材料性状配合力的高低和遗传力的大小,直接关系到杂交组合优势的强弱。关于油菜数量性状配合力的有关研究认为,要配制强优势组合必须综合考虑亲本的一般配合力和特殊配合力,二者效应值都比较高的亲本最有应用价值^[13-16],但同时满足上述条件的亲本却很少。本研究结果表明,甘蓝型油菜含油量主要受加性效应控制,所以只需要选择一般配合力高的 2 个亲本,就能达到良好的效果,如 P4、P5 2 个一般配合力较高的亲本正反交组合在 2 个生态区都表现出较高的含油量,而 2 个一般配合力都低的亲本之间,很难配出高含油量的

组合,如 P3 与 P1、P3 与 P6。由于非加性效应对含油量也有影响,所以 2 个一般配合力差异较大的亲本间也有可能获得高含油量的效果。如在张掖春油菜区,P2 一般配合力较低,但组合 P5×P2 的含油量高达 545.3 g/kg。

总之,甘蓝型油菜高含油量育种亲本的选配应以一般配合力较高的亲本为主。此外在张掖春油菜区组合间反交效应极显著,所以在为春油菜区配制杂交组合时还应注意正反交组合的观察。

[参考文献]

[1] 卢庆善,孙毅,华泽田. 农作物杂种优势 [M]. 北京:中国农业科技出版社,2001:71-72.
Lu Q S,Sun Y,Hua Z T. Crop heterosis [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2001: 71-72. (in Chinese)

[2] 韩继祥. 甘蓝型油菜含油量的遗传研究 [J]. 中国油料, 1990 (2):1-6.
Han J X. Genetic analysis on oil content in rapeseed [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1990(2): 1-6. (in Chinese)

[3] 戴维,牛应泽,郭世星,等. 不同环境下甘蓝型油菜含油量的杂种优势及配合力分析 [J]. 西南农业学报,2008,21(3):581-585.
Dai W,Niu Y Z,Guo S X,et al. Analysis of heterosis and combining ability in oil content in *Brassica napus* L. under different environments [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2008, 21(3): 581-585. (in Chinese)

[4] Yadava T P,Gup V P. Heterosis and genetic architecture for oil content in Mustard [J]. Genet Plant Breed, 1975, 35: 152-155.

[5] 高之仁. 数量遗传学 [M]. 成都:四川大学出版社,1986.
Gao Z R. Quantitative genetics [M]. Chengdu, Sichuan University Press, 1986. (in Chinese)

[6] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统:试验设计、统计分析 & 数据处理 [M]. 北京:科学出版社,2007:599-604.
Tang Q Y,Feng M G. DPS data processing system: Experimental design, statistical analysis and data mining [M]. Beijing: Science Press, 2007: 599-604. (in Chinese)

[7] 傅廷栋. 中国油菜杂种优势利用研究概况 [J]. 作物研究, 1990, 4(3): 1-4.
Fu T D. General statement on the studies and utilization of rapeseed heterosis in China [J]. Crop Research, 1990, 4(3): 1-4. (in Chinese)

[8] 付三雄,戚存扣. 甘蓝型油菜含油量的主基因+多基因遗传分

析 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25(4): 731-736.
Fu S X, Qi C K. Major gene plus polygene inheritance of oil content in *Brassica napus* L. [J]. Jiangsu J of Agr Sci, 2009, 25(4): 731-736. (in Chinese)

[9] Zhang S F, Ma C Z, Zhu J C, et al. Genetic analysis of oil content in *Brassica napus* L. using mixed model of major gene and polygene [J]. Acta Genetica Sinica, 2006, 33(2): 171-180.

[10] 张洁夫,戚存扣,浦惠明,等. 甘蓝型油菜含油量的遗传与 QTL 定位 [J]. 作物学报, 2007, 33(9): 1495-1501.
Zhang J F, Qi C K, Pu H M, et al. Inheritance and QTL identification of oil content in rapeseed (*Brassica napus* L.) [J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(9): 1495-1501. (in Chinese)

[11] Govil S K, Srivastava A N. Gene action for oil content in Indian mustard [J]. Agric Sci, 1983, 63: 404-406.

[12] 张书芬,宋文光,任乐见,等. 甘蓝型双低油菜数量性状的遗传力及基因效应 [J]. 中国油料, 1996, 18(3): 1-3.
Zhang S F, Song W G, Ren L J, et al. Studies on hereditary capacity of quantitative characters and gene effects of CMS double low *Brassica napus* [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1996, 18(3): 1-3.

[13] 李莓,陈卫江. 杂交油菜数量性状配合力与遗传力分析 [J]. 湖南农业科学, 2002, 7(4): 19-21.
Li M, Chen W J. Analysis of combining ability and heritability in major quantitative characters of hybrid rapeseed [J]. Hunan Agriculture Sciences, 2002, 7(4): 19-21. (in Chinese)

[14] 李浩杰,浦晓斌,张锦芳,等. 几个甘蓝型油菜品系主要农艺性状配合力和遗传力研究 [J]. 中国农学通报, 2007, 23(6): 255-259.
Li H J, Pu X B, Zhang J F, et al. Combining ability and genetic ability of main agronomic character s in *Brassica napus* L. [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(6): 255-259. (in Chinese)

[15] 王俊生,李少钦. 甘蓝型优质杂交油菜亲本主要数量性状配合力与遗传力研究 [J]. 陕西农业科学, 2002(1): 1-3.
Wang J S, Li S Q. The study on main quantitative characters and genetic ability of high quality parents of hybrid *Brassica napus* L. [J]. Shaanxi Journal Agricultural Sciences, 2002(1): 1-3. (in Chinese)

[16] 王伟荣,刘洪军,方光华,等. 五个甘蓝型油菜品种(系)的杂种优势和配合力分析 [J]. 上海农业学报, 1999, 15(2): 45-50.
Wang W R, Liu H J, Fang G H, et al. Analysis of heterosis and combining abilities of five rapeseed cultivars (lines) in *Brassica napus* L. [J]. Acta Agriculture Shanghai, 1999, 15(2): 45-50. (in Chinese)