

王健胜, 侯桂玲, 李少钦, 等. 甘蓝型油菜育种亲本产量及品质性状遗传效应分析[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(3): 489-493.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.03.004

甘蓝型油菜育种亲本产量及品质性状遗传效应分析

王健胜¹, 侯桂玲¹, 李少钦², 陈明辉¹, 田建华², 李殿荣²

(1. 平顶山学院, 河南 平顶山 467000; 2. 陕西省杂交油菜研究中心, 陕西 大荔 715105)

摘要: 为了探讨甘蓝型油菜育种材料的遗传效应, 采用 MINQUE(1) 统计方法及 AD 模型对 11 个甘蓝型油菜育种材料及其杂种后代的产量性状和品质性状进行了遗传分析。结果表明, 4 个主要性状均存在极显著的加性效应和显性效应, 其与环境的互作效应也达到了极显著水平, 品质性状的遗传率明显高于单株产量的遗传率; 4 个性状的杂种 F_1 和 F_2 代平均优势表现较好, 而超亲优势表现普遍较差; 品质性状间存在较好的相关性, 但其与单株产量的相关性较差; 所有亲本主要性状的遗传效应差异明显, 选用适合亲本可实现对特定目标性状的有效改良。

关键词: 甘蓝型油菜; 产量及品质性状; 遗传分析

中图分类号: S565.4.032

文献标识码: A

文章编号: 1000-4440(2015)03-0489-05

Genetic effects of yield traits and quality traits for breeding parents of *Brassica napus* L.

WANG Jian-sheng¹, HOU Gui-ling¹, LI Shao-qin², CHEN Ming-hui¹, TIAN Jian-hua², LI Dian-rong²

(1. Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China; 2. Hybrid Rapeseed Research Center of Shaanxi Province, Dali 715105, China)

Abstract: In order to study the genetic effects of agricultural traits of rapeseed breeding lines, inheritance analysis of the yield traits and quality traits for 11 elite rapeseed parents and their F_1 were conducted using MINQUE(1) method and AD model. Four traits showed significant additive effects and dominant effects, and their interactions with environment were significant as well. The quality traits showed higher heritability than yield per plant. The F_1 and F_2 of the four traits exhibited good mid-parent heterosis but poor better-parent heterosis. Correlations were found among the quality traits, not between quality traits and yield per plant. All 11 parents had a wide range of difference in genetic effect of main agricultural traits, which made it possible for them to be used for target trait-oriented improvement.

Key words: *Brassica napus* L.; yield trait and quality trait; genetic analysis

中国是世界上主要油菜种植国之一。目前, 中国油菜常年播种面积约 7×10^6 hm^2 , 总产量 1.2×10^7 t, 播种面积和总产量均居世界首位, 单产也高于世界平均水平^[1]。尽管如此, 现阶段中国的油菜生产仍面临着提高产量和改善品质等诸多问题^[2-5]。

而加强油菜育种研究无疑是解决油菜生产问题的有效途径之一。

油菜农艺性状改良是油菜育种的重要基础, 而开展油菜主要农艺性状遗传研究已经成为性状改良的前提和主要内容, 同时也是提高油菜育种效率的关键。前人针对油菜产量和品质性状的遗传及相关性进行了较多的研究。唐泽静等^[6]利用 51 个低芥品系探讨了油菜品质性状间的关系, 发现芥酸和硫苷含量与其他品质性状均无显著相关性, 认为在低芥基础上进一步选择双低或双无新品种, 不会影响其他品质性状。胡中立^[7]认为硫苷含量与含油量、蛋白质含量均

收稿日期: 2014-12-02

基金项目: 河南省科技厅科技攻关项目(KJT142102110171); 河南省教育厅自然科学研究计划项目(12B180025)

作者简介: 王健胜(1978-), 男, 陕西礼泉人, 博士, 讲师, 主要从事作物遗传育种研究。(E-mail) wjsheng1998@163.com

呈显著负相关。邓武明等^[8]分析了甘蓝型油菜产量性状的遗传及相关性,结果表明,千粒质量的遗传符合加性-显性模型,单株有效角果数、角粒数和单株粒质量的遗传符合加性-显性-上位性模型,单株粒质量与每角粒数、主序有效角果数、千粒质量呈极显著正相关,与二次有效分枝数呈极显著负相关,与单株有效角果数、一次有效分枝数的相关性不显著。王瑞等^[9]研究发现每角粒数、一次有效分枝数、单株有效角果数等均是影响单株籽粒质量的主要遗传因子,认为通过单个性状的选择不能对单株籽粒质量进行有效改良。沈金雄等^[10]探讨了甘蓝型油菜杂种优势及产量性状的遗传改良,认为在油菜产量性状杂种优势利用中,首选目标性状应为一次分枝数和角果数,只有在保证一次分枝数和角果数前提下,提高角粒数、千粒质量才是一条有效途径。在品质性状与产量性状关系方面,前人也作了部分研究,但获得的结论不尽一致。高志宏等^[11]研究认为芥酸、含油量和产量呈负相关,而胡中立^[7]认为硫苷含量与千粒质量呈显著正相关。张建模等^[12]发现单株产量与硫苷、芥酸含量呈极显著正相关,与含油量呈极显著负相关。

虽然前人针对油菜品质及产量性状的遗传及相关性分析进行了较多的研究,但关于品质及产量性状的遗传效应分析以及以此为基础进行油菜育种材料评价比较的研究较少^[13],而这些研究有利于油菜目标育种材料的有效利用、育种亲本的选配及目标性状育种效率的改善。为此,本研究以陕西省部分主要油菜育种种质为材料,对油菜的部分产量及品质性状进行较为深入系统的遗传分析,以期为油菜高产优质育种提供一定的科学支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与性状调查

试验材料选用陕西省杂交油菜研究中心近年来育成的优良甘蓝型高世代品系,其中包括 4 份不育系及其保持系,分别是陕 3B、陕 5B、陕 6B 和加 25/7842B,7 份恢复系分别为垦 C1-1、垦 C1-2、A74、K407、90-0-28/5557//7399-8、D89/4314//A74 和 Marnoo/垦 C1-1//7399-8。试验采用不完全双列杂交,测配组合时选用不育系作母本,考种时选用对应保持系。2013 年 10 月将全部亲本及杂交组合种植于陕西省杂交油菜研究中心试验田,随机区组设计,3 行区,行距 0.4 m,行长 2.5 m,并设置 3 个重复。

2014 年 5 月成熟后每个重复随机选取 10 个单株,对单株产量、芥酸含量、硫苷含量和含油量 4 个主要性状进行测定。含油量采用 NMR mq 20 型核磁共振分析仪测定,硫苷含量采用超高效液相色谱内标法测定,芥酸含量采用近红外(NIRS)技术测定。

1.2 数据分析

采用朱军等提出的加性-显性遗传模型分析方法^[14-16]对数据进行分析,运用 MINQUE(1)法估算性状的遗传方差、加性和显性效应、杂交优势等不同遗传效应值,各估算值和预测值的标准误用 Jack-knife 方法估算,以检验各参数的显著性。

2 结果与分析

2.1 甘蓝型油菜部分性状的遗传效应分析

甘蓝型油菜部分性状的遗传效应估计值见表 1。从表 1 中可以看出,4 种性状的加性方差和显性方差都达到极显著水平,表明这些性状的遗传既存在基因的加性效应也存在基因的显性效应。同时可以看出,不同性状的加性方差和显性方差表现差异较大,其中硫苷含量的加性方差和显性方差最大,其次是芥酸含量,而单株产量和含油量的加性方差和显性方差都较小。在 F_1 方差分量比率方面,不同性状的表现也存在一定差异,所有性状的加性方差均达到极显著水平,显性方差除芥酸含量外均达到极显著水平,另外,与性状方差表现不同, F_1 方差分量比率中芥酸含量的加性方差大于硫苷含量的加性方差。在机误方面,绝大多数性状的方差分量和 F_1 方差分量比率都达到了极显著水平,说明甘蓝型油菜性状的田间表现在受基因遗传控制的同时,外界栽培条件对其也会产生一定的影响。

甘蓝型油菜部分性状的遗传率分析结果(表 1)显示,所有性状的遗传率均达到极显著水平,不同性状的遗传率表现差异较大。在狭义遗传率方面,芥酸含量最高,其次是硫苷含量,而单株产量最低,可以看出,品质性状表现均好于单株产量,说明在油菜田间性状改良时,品质性状比较适合在早期世代进行选择,而产量性状的选择则适宜在较晚世代开展。性状的广义遗传率表现特征与其狭义遗传率基本一致,3 个品质性状的广义遗传率都在 89% 以上,表明这些性状的遗传受环境条件影响较小,而单株产量的广义遗传率只有 28%,说明单株产量受栽培等外界条件的影响程度较大。

表 1 甘蓝型油菜不同性状遗传效应估计值

Table 1 Estimated value of genetic effects for different traits of rapeseed

性 状	方差分量			F ₁ 方差分量比率			遗传率	
	加性	显性	机误	加性	显性	机误	狭义遗传率	广义遗传率
单株产量	1.36 **	3.18 **	11.94 **	0.08 **	0.19 **	0.72 **	0.08 **	0.28 **
芥酸含量	92.11 **	3.99 **	1.37 **	0.95 **	0.04	0.01 ⁺	0.95 **	0.99 **
硫苷含量	1 656.10 **	124.83 **	47.64 **	0.91 **	0.07 **	0.03	0.91 **	0.97 **
含油量	4.27 **	0.38 **	0.56 **	0.82 **	0.07 **	0.11 **	0.82 **	0.89 **

⁺、*、** 分别表示达到 0.10、0.05、0.01 显著水平。

2.2 甘蓝型油菜部分性状的杂种优势分析

甘蓝型油菜杂种 F₁ 和 F₂ 不同产量性状和环境互作效应的预测值及杂种优势的平均值见表 2。由表 2 可知,性状在不同世代与环境互作效应差异较大,在 F₁ 代,4 种性状除含油量外与环境互作预测值均未达到显著水平,但在 F₂ 代,4 种性状与环境互作预测值均达到显著水平,其中芥酸含量和硫苷含量与环境互作预测值均达到极显著水平,这表明与 F₁ 代相比,油菜 F₂ 代性状的表现受环境影响相对较

大。在群体平均优势方面,所有性状的 F₁ 和 F₂ 代平均优势都达到了显著性水平,除单株产量外,其余性状的平均优势也都呈现极显著水平,这表明 4 种性状的杂种平均优势表现都较好,这是油菜杂种优势利用的重要基础。性状超亲优势的表现与平均优势表现差异很大,可以看出,杂种后代 4 种性状超亲优势都表现为极显著水平的负效应,说明利用超亲优势对油菜杂种后代进行改良的效果较差。

表 2 甘蓝型油菜 F₁ 和 F₂ 代不同性状的杂种优势表现

Table 2 Heterosis performance of F₁ and F₂ for different traits of rapeseed

性 状	性状与环境互作预测值		群体平均优势		群体超亲优势	
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
单株产量	25.18	23.41 *	0.14 *	0.07 *	-0.20 **	-0.27 **
芥酸含量	7.59	6.01 **	0.42 **	0.21 **	-0.49 **	-0.71 **
硫苷含量	47.94	39.93 **	0.33 **	0.16 **	-0.41 **	-0.58 **
含油量	43.92 *	43.03 ⁺	0.04 **	0.02 **	-0.03 **	-0.05 **

⁺、*、** 分别表示达到 0.10、0.05、0.01 显著水平。

2.3 甘蓝型油菜部分性状间的相关性分析

甘蓝型油菜不同性状间的相关系数见表 3,从表 3 可以看出,不同性状间的相关性差异较大。单株产量与芥酸含量和含油量均呈正相关,其中与含油量呈极显著正相关,但其与硫苷含量呈负相关,这表明在提升油菜产量的同时可以兼顾含油量的提高,而单株产量的变化对芥酸含量和硫苷含量影响甚微。在油菜品质性状间相关性方面,芥酸含量与硫苷含量及含油量均呈极显著正相关,这种相关性对改善芥酸和硫苷含量非常有利,但对改良含油量较为不利,因为降低芥酸含量和硫苷含量是油菜品质改良的重要目标,而芥酸和硫苷含量之间存在的这种正相关可以让育种者同时实现硫苷含量和芥酸含量的有效改良,同理,芥酸含量的降低也会在一定程度上导致含油量的下降。硫苷含量和含油量之间呈极显著负相关关系,

这种相关性对油菜品质改良是较为有利的,利用其关系可以在提高油菜含油量的同时也能有效降低硫苷含量,从而实现油菜品质性状的综合改良。

表 3 甘蓝型油菜不同性状间的相关性分析

Table 3 Correlation among different traits of rapeseed

性状	单株产量	芥酸含量	硫苷含量	含油量
单株产量	1.00			
芥酸含量	0.04	1.00		
硫苷含量	-0.08	0.64 **	1.00	
含油量	0.25 **	0.21 **	-0.29 **	1.00

*、** 分别表示相关性达到 0.05、0.01 显著水平。

2.4 参试育种材料部分性状的遗传特点分析及综合评价

表 4 列出了 11 个参试育种材料部分性状的遗传效应估计值。从表 4 可以看出,不同亲本间农艺

性状的遗传效应差异较大。在单株产量方面,所有亲本的遗传效应整体表现都较差,绝大多数品种的加性效应和显性效应均未达到显著水平,而且部分品种还呈现出负的遗传效应。其中, D89/4314//A74 表现最好,其单株产量都表现为正的遗传效应,加性效应也达到了显著水平,单株产量表现最差的品种是垦 C1-2 和 Marnoo/垦 C1-1//7399-8。在芥酸含量方面,绝大多数品种均表现为遗传负效应,这种遗传特点对改良芥酸含量来说是较为有利的;虽然垦 C1-2 的芥酸含量遗传效应表现最好,但其在改良芥酸含量方面却是最差的,除此之外,加 25/7842B 和陕 5B 的表现也较差,而其余品种在改良芥酸含量

方面效果均较好。硫苷含量的遗传效应特点和芥酸含量类似,但其表现要优于芥酸含量,可以看出,多数品种硫苷含量表现为负的遗传效应且均达到显著性水平,说明这些品种在改良硫苷含量方面效果较好,其中 90-0-28/5557//7399-8 表现最好,而垦 C1-2 和 A74 的硫苷含量遗传效应表现最差,不适合用于油菜硫苷含量改良。品种间含油量的遗传效应差异较大,其中 D89/4314//A74、垦 C1-1、垦 C1-2 和 Marnoo/垦 C1-1//7399-8 的含油量遗传效应表现较好,其加性效应都达到了正向极显著水平,表明这 4 个品种在改良油菜含油量方面效果较好,而其他品种含油量遗传效应普遍较差。

表 4 参试育种材料主要性状的加性效应和显性效应估计值

Table 4 Estimates of additive and dominant effects of main traits in rapeseed parents

亲 本	遗传效应	单株产量	芥酸含量	硫苷含量	含油量
陕 3B	加性	-0.46	-0.90 *	-7.15 *	-1.13 ⁺
	显性	0.10	-0.62	-11.93 ⁺	-1.27 ⁺
陕 5B	加性	0.80	-1.64 ⁺	-8.13 **	0.29
	显性	0.17	-2.79 ⁺	-10.92 ⁺	-0.18
陕 6B	加性	-0.63	-1.34 *	-8.34 **	0.42
	显性	-2.93 ⁺	-1.77 ⁺	-8.90	-0.68 *
加 25/7842B	加性	-0.30	-1.64 ⁺	-11.97 **	0.73
	显性	-2.86 ⁺	-2.76 ⁺	-15.72 ⁺	-0.76 *
垦 C1-1	加性	-0.51	-3.00 **	-14.91 **	0.87 **
	显性	-0.96	-0.03	-0.73	-0.18 ⁺
垦 C1-2	加性	0.25	20.34 **	63.59 **	1.07 **
	显性	-0.96 *	1.39	8.17	-0.12 ⁺
A74	加性	-1.16	-2.66 *	51.40 **	-3.94 **
	显性	-4.52 ⁺	-1.96 *	-11.63 *	-2.41 ⁺
K407	加性	1.39 ⁺	-2.14 **	-14.89 **	0.35
	显性	0.63	-0.07	3.22	-0.26 ⁺
90-0-28/5557//7399-8	加性	-0.79	-1.72 *	-17.66 **	-0.41
	显性	1.00 ⁺	-0.58 ⁺	-3.19 ⁺	-0.66 *
D89/4314//A74	加性	1.07 *	-1.91 **	-15.95 **	1.04 **
	显性	1.72 ⁺	0.05	0.60	0.47
Marnoo/垦 C1-1//7399-8	加性	0.32	-3.39 **	-15.97 **	0.71 **
	显性	-1.58 *	-0.88 ⁺	0.60	-0.06

+, *, ** 分别表示达到 0.10、0.05、0.01 显著水平。

3 讨 论

油菜品质及产量性状的遗传效应分析可以帮助我们了解目标性状的基本遗传规律,为在育种中对其进行有效选择提供重要依据。本研究系统分析了油

菜部分产量及品质性状的主要遗传效应,结果表明,油菜不同性状间亲本及杂种 F₁ 代的遗传方差差异较大,其中,品质性状的遗传方差表现要好于单株产量,这与育种实践中总结的基本规律相符合,一般来说,相对于品质性状,产量性状受环境条件的影响会更

大。品质性状的遗传率远高于单株产量,这与品质性状的遗传特点紧密相关,以往的研究结果^[17-19]已表明,油菜含油量和芥酸含量的遗传主要表现为1对或2对主基因+多基因模式,同时少数主基因在含油量和芥酸含量的遗传中具有最主要的作用,而这种遗传特点决定了品质性状受环境条件影响较小,从而具有较高的遗传率。杂种优势是现代油菜研究利用的重要方面,本研究结果表明,所有性状杂种后代的平均优势表现都较好,这与沈金雄等^[10]、张书芬等^[20]、王俊生等^[21]针对其他性状杂种优势研究获得的结论基本一致,但在超亲优势方面存在一定的差异,这可能与选用的研究材料及目标性状不同有关。在相关性方面,本研究的4个性状也表现出较大的差异,值得一提的是,研究发现油菜的硫苷含量和芥酸含量存在极显著正相关,该结果与硫苷含量和芥酸含量是独立遗传的结论^[22]及低硫苷材料或低芥酸材料可成功独立选育的实践存在一定差异,可能是本研究选取的特定研究材料所致,因此,该研究结果还有待于下一步选用更多种质材料进行更深入和全面的探讨。另外,硫苷含量和芥酸含量均与含油量之间呈极显著的负相关,这种相关性对育种者开展油菜品质改良是较为有利的,利用这种相关性可以有效实现油菜“高油量、低硫苷和低芥酸”的育种目标。

优良育种材料是实现理想育种目标的重要基础,而对优良育种材料主要性状的遗传效应进行综合评价无疑是显著提高育种效率的关键,只有掌握了每个育种材料主要性状的遗传特点及优缺点,才能真正高效地充分利用这些材料,但前人在这方面的研究甚少^[13, 23-24]。为此,本研究系统分析了11个优良育种材料的农艺、品质性状遗传效应,发现不同品种间主要性状的遗传效应存在较大差异,综合比较后发现所有品种的品质性状表现明显好于单株产量,在供试材料中,D89/4314//A74农艺、品质性状的遗传效应综合表现最好,选用其做亲本可以较好实现对油菜多个主要性状的有效改良。当然,每个材料的不同性状遗传均表现出一定的优缺点,在育种实践中只要能充分利用并发挥其在某一性状上的优势,那么这些材料在改良某些特定性状方面将具有较大的潜力。

参考文献:

[1] 官春云.“农业科技创新与服务”笔谈:依托科技创新与服务加快油菜产业发展方式转变[J].湖南农业大学学报:社会科学版,2010,11(4):1-3.

- [2] 熊秋芳,文静,李兴华,等.中国油菜科技创新与产业发展[J].中国农业科技导报,2014,16(3):14-22.
- [3] 张文学,张伟欣,葛道阔,等.基于生物量的油菜叶曲线模型[J].江苏农业学报,2014,30(6):1259-1266.
- [4] 纪秀娥,史留功,胡春红,等.油菜素内酯对小麦、玉米种子萌发的影响[J].江苏农业科学,2014,42(9):88-89.
- [5] 彭琦,张洁夫,张维,等.甘蓝型油菜裂角性快速鉴定的方法及其应用[J].江苏农业科学,2014,42(11):128-130.
- [6] 唐泽静,杨光伟.油菜主要品质性状的相关性回归分析[J].西南农业大学学报,1986(4):106-110.
- [7] 胡中立.甘蓝型油菜几个品质性状的遗传分析[J].中国油料,1987(1):19-21.
- [8] 邓武明,阳小虎,文凤君,等.甘蓝型油菜产量性状的遗传及相关与通径分析[J].中国油料作物学报,2003,25(4):27-30.
- [9] 王瑞,李加纳,谌利,等.甘蓝型黄籽油菜主要性状的遗传相关分析[J].中国油料作物学报,2003,25(3):8-11.
- [10] 沈金雄,傅廷栋,杨光圣,等.甘蓝型油菜杂种优势及产量性状的遗传改良[J].中国油料作物学报,2005,27(1):5-9.
- [11] 高志宏,赵继献,任廷波,等.甘蓝型优质杂交油菜产量与品质性状的相关分析[J].贵州农业科学,2013,41(7):73-77.
- [12] 张建模,邹小云,宋来强,等.杂交油菜主要产量性状与品质性状的关系研究[J].江西农业学报,2006,18(6):16-20.
- [13] 李少钦,王健胜,张文学,等.甘蓝型油菜优良亲本对杂种后代产量性状的遗传效应分析[J].中国油料作物学报,2011,33(6):545-549.
- [14] 朱军,季道藩,许馥华.作物品种间杂种优势遗传分析的新方法[J].遗传学报,1993,20(3):262-271.
- [15] 朱军.估算遗传方差和协方差的混合模型方法[J].生物数学学报,1992,7(1):1-11.
- [16] 朱军.广义遗传模型与数量遗传分析新方法[J].浙江农业大学学报,1994,20(6):551-559.
- [17] 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.
- [18] 戚存扣,盖钧锰,章元明.甘蓝型油菜芥酸含量的主基因+多基因遗传[J].遗传学报,2001,28(2):182-187.
- [19] 张洁夫,戚存扣,浦惠明,等.甘蓝型油菜芥酸含量的遗传与QTL定位[J].江苏农业学报,2008,24(1):22-28.
- [20] 张书芬,马朝芝,朱家成,等.甘蓝型油菜主要农艺和产量性状的杂种优势及其分离世代分析[J].中国油料作物学报,2007,29(2):121-125.
- [21] 王俊生,张文学,田建华,等.紧凑型油菜数量性状的遗传与杂种优势研究[J].西北农业学报,2006,15(3):31-36.
- [22] 周永明,刘后利.甘蓝型油菜几个品质性状的相互关系[J].华中农业大学学报,1989,8(2):97-101.
- [23] 李少钦,王俊生,张文学,等.杂交油菜亲本主要农艺性状的遗传分析[J].西北农业学报,2005,14(1):13-16.
- [24] 赵志,余青兰,杜德志.青海省新型甘蓝型油菜品系主要性状研究[J].青海大学学报:自然科学版,2006,24(6):4-7.

(责任编辑:张震林)