

不同遗传背景 BC₃ F₂ 代大豆蛋白质及脂肪含量遗传分析

战宇航,曹广禄,刘 阳,韩英鹏,王 强,孟宪新,魏淑红,李文滨

(东北农业大学 大豆生物学教育部重点实验室/农业部北方大豆生物学与遗传育种区域重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:探索了不同遗传背景条件下 BC₃F₂ 代大豆蛋白质含量及脂肪含量的遗传规律,旨在为选配优良的杂交组合及制定有效育种方案提供理论基础。分别以红丰 11 和早熟 18 大豆品种为供体亲本,黑龙江省主栽品种东农 47 为受体亲本,采用回交 3 次、自交 2 次,得到 2 个回交群体,并对其后代群体的蛋白质含量、油分含量、百粒重等农艺性状进行方差及相关性等分析。结果表明:2 个回交群体间籽粒蛋白质和油分含量差异显著,且同一组合后代群体内表现一致性较好。相关分析表明 BC₃F₂ 代蛋白质、油分含量与供体及受体亲本均呈不显著正相关;BC₃F₂ 后代家系的蛋白质、油分含量与双亲差值呈不显著负相关,与中亲值呈显著正相关,因此用双亲中亲值来预测杂交组合 BC₃F₂ 代的蛋白质和油分含量平均值更加准确。相关分析结果表明百粒重和株高可以作为间接选育大豆高蛋白质和高脂肪品系的间接依据;在大豆高油或高蛋白育种中,亲本宜采用双亲差异大且中亲值较高的来配置组合。

关键词:大豆;品质性状;回交选育

中图分类号:S511 文献标识码:A DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2015.01.0015

Genetic Analysis of Protein and Oil Content in BC₃F₂ Populations of Soybean

ZHAN Yu - hang, CAO Guang - lu, LIU Yang, HAN Ying - peng, WANG Qiang, MENG Xian - xin, WEI Shu - hong, LI Wen - bin

(Chinese Education Ministry's Key Laboratory of Soybean Biology/ Key Laboratory of Northeastern Soybean Biology and Breeding/Genetics of Chinese Agriculture Ministry, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: This study explores genetic regularity of protein and oil content across different genetic backgrounds, which aimed at providing a theoretical basis for developing effective breeding programs. Two BC₃F₂ populations were made a cross between Dongnong 47 and Hongfeng 11, Zaoshu 18 through hybridization twice and backcross three times, and thus protein content, oil content, 100 - seed weight and other agronomic characters were analyzed. The results showed seed protein and oil content of the two backcross populations were different, and the performances of the two backcross populations behave consistency. Correlation analysis showed that seed protein and oil content of the two backcross populations wasn't correlated with protein and oil content of the parents and difference between parents, respectively, while positively correlated with the mean between parents. Hence the mean between parents used to predict protein and oil content of two backcross populations would be more accurate. Correlation analysis showed that 100 - seed weight and plant height were index as indirect selection for breeding varieties with high protein and oil content. The results of the study indicated that higher differences and mean between parents were valuable in high oil or protein breeding.

Keywords: Soybean; Quality trait; Background selection

大豆是重要的植物蛋白来源之一,在我国的农业生产中具有举足轻重的地位^[1]。在以品质性状为目标的大豆品种遗传改良过程中,通过配制杂交组合产生广泛的遗传变异,是实现育种目标的基础^[2]。因此,明确亲本的遗传基础和特性、品质性状和农艺性状间的遗传关系,对于提高后代的品质性状选择效果和选育优良品种具有重要意义。

大豆杂交低世代单株间蛋白质和脂肪含量遗传变异及亲本对后代蛋白质和脂肪含量的影响已有较

多研究结果^[26],普遍认为双亲差异越大,后代的变异也相应越大,双亲蛋白质或油分含量均高,而后代出现高蛋白质或油分含量材料的几率越高,后代的蛋白质或油分含量与父母本双亲中值及双亲差值具有一定的相关性。可见在提高蛋白质和脂肪含量育种中,亲本选择尤为重要。

本研究对不同遗传背景下 BC₃F₂ 代蛋白质和脂肪含量遗传变异和超亲分离进行研究,并对 BC₃F₂ 代品质性状与其它农艺性状的相关性进行分

收稿日期:2014 - 05 - 20
基金项目:国家重点基础研究发展计划“973 计划”前期项目(2012CB126311);国家自然科学基金(31201227,31301339);国家“十二五”科技支撑计划(2011BAD35B06 - 1);现代农业产业技术体系(CARS - 04 - PS04);中国博士后项目(20110491024);黑龙江省博士后项目(LBH11220, LBH - TZ1210);黑龙江省教育厅青年学术骨干项目(1252G014);黑龙江省教育厅新世纪优秀人才项目(1253 - NCET - 005);教育部博士点项目(20122325120012);东北农业大学博士后启动金项目(2012RCB11)。
第一作者简介:战宇航(1987 -),女,硕士,主要从事分子辅助育种研究。E - mail:zyh1987420@163.com。
通讯作者:李文滨(1958 -),男,教授,博导,主要从事大豆遗传育种研究和分子生物技术。E - mail:wenbinli@yahoo.com。

析,以明确不同遗传背景下大豆 BC₃F₂ 代蛋白质和脂肪含量的遗传变异特点,为亲本的合理选配以及有效育种方案的制定提供参考。

1 材料与方法

表 1 杂交亲本特征
Table 1 Characteristics of soybean parents backcrossing

亲本名称 Parents name	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Grains per plant	百粒重 100 - seed weight /g	单株产量 Seeds weight per plant/g	蛋白质含量 Protein content/%	脂肪含量 Oil content/%
东农 47(受体亲本) Dongnong 47(Receptor parent)	29.0	67.8	20.80	14.13	40.80	22.38
红丰 11(供体亲本) Hongfeng 11(Donor parent)	28.2	55.0	18.38	10.11	42.18	21.06
早熟 18(供体亲本) Zaoshu 18(Donor parent)	55.0	128.2	23.10	29.50	42.60	20.90

1.2 试验设计

2008 年在东北农业大学香坊农场,以东农 47 作为母本,分别以红丰 11、早熟 18 为父本配制杂交组合。获得杂种 F₁,并回交 3 代获得 BC₃F₁,再自交 1 代,混收 BC₃F₂ 的种子。分别随机选取 49 株和 119 株作为东农 47 × 红丰 11(I)和东农 47 × 早熟 18(II)群体构建材料。

2012 年将亲本及后代群体材料种植于东北农业大学香坊实验实习基地,随机区组试验设计,行长 3 m,行距 0.6 m,株距 0.05 m,采用常规管理。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 农艺性状 对群体后代进行表型性状的鉴定,主要采用田间调查与室内考种相结合的方法,包括株高、分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重 6 个农艺性状进行调查和记录。

1.3.2 蛋白质和脂肪含量 取每株中籽粒完好、大小一致、无杂质的大豆籽粒 100 g,用近红外线谷物分析仪测定籽粒蛋白含量和脂肪含量,采用 Soybean STM 程序,对每个样本扫描 3 次取平均值,所得到的数据即为大豆干物中的蛋白含量和脂肪含量的百分数,用(%)表示^[6-7]。

1.4 数据分析

采用 SAS 8.0 和 Excel 2010 对 2 个组合亲本和 BC₃F₂ 代蛋白质和脂肪含量的平均值、变异系数和超亲

1.1 亲本材料

以黑龙江省高油大豆品种东农 47 作为受体亲本,高油品种红丰 11、华北高蛋白品种早熟 18 作为供体亲本。两组合双亲主要农艺和品质性状见表 1。

率进行统计分析,并进行相关系数等遗传参数的分析。

2 结果与分析

2.1 不同组合后代群体籽粒蛋白含量的分析

不同组合后代群体籽粒蛋白含量,两群体间差异显著($F > F_{0.05}$),同一组合后代群体内表现一致性较好(表 2)。东农 47 × 红丰 11(I)群体中籽粒蛋白质含量最高家系 s173 为 42.8%,最低家系 s197 为 39.3%。东农 47 × 早熟 18(II)群体中籽粒蛋白含量最高家系 s35 和 s100 为 43.0%,最低家系 s5 为 39.7%。与东农 47 相比,后代群体中超亲家系所占比例为 77.55%。说明通过多代回交及自交,后代家系的籽粒蛋白质含量得到明显改良。从总体趋势看,组合 II 的平均蛋白质含量高于 I。

相关分析表明,BC₃F₂ 代蛋白质含量与母本($r = 0.44$)和父本($r = 0.57$)均呈不显著正相关;BC₃F₂ 代蛋白质含量与双亲差值($r = -0.09$)呈不显著负相关,与中亲值($r = 0.71^*$)呈显著正相关,因此用双亲中亲值来预测杂交组合 BC₃F₂ 代的平均值更加准确。采用 t 测验对 2 个群体 BC₃F₂ 代蛋白质含量平均值与中亲值进行差异性检验,结果表明组合 I 和 II 蛋白质含量与中亲值差异显著($T = 2.01^*$, $T = 3.14^*$)。

表 2 不同组合后代群体籽粒蛋白含量的方差分析
Table 2 Variance analysis of protein content in different crosses

组合 Cross	均值 Mean /%	父本 Female parent/%	母本 Male parent/%	中亲值 Mean between parents/%	双亲差值 Difference between parents/%	差异来源 Difference source	变异系数 Coefficient of variant/%	方差 Variance	平方和 Sum of squares	df	均方 Mean square error	F 值 F value	F _{0.05}
I	41.32	42.20	40.78	41.49	1.42	组间 Between group	1.96	0.65	2.18	1	2.18	3.93	3.89
II	41.57	42.60	40.78	41.69	1.82	组内 Inner group	1.72	0.51	91.98	166	0.55		
总计 Total									94.16	167			

2.2 不同组合后代群体籽粒油分含量的分析

不同组合后代群体籽粒油分含量,两群体间差异不显著,同一组合后代群体内表现一致性较好(表3)。受体东农47为黑龙江省主栽的高油品种,籽粒油分含量达到22.4%,两个群体中籽粒油分含量最高值均为22.7%,且群体中超亲率分别为12.24%和11.76%。说明通过多代回交自交,后代群体的籽粒脂肪含量改良不明显。

相关分析表明,BC₃F₂ 代油分含量与母本

($r=0.35$)和父本($r=0.41$)均呈不显著正相关;BC₃F₂ 代脂肪含量与双亲差值($r=0.47^*$)呈显著正相关,与中亲值($r=0.96^{**}$)呈极显著正相关,因此用双亲中亲值来预测杂交组合BC₃F₂ 代的平均值更加准确。采用 t 测验对2个群体BC₃F₂ 代脂肪含量平均值与中亲值进行差异性检验,结果表明组合Ⅰ和Ⅱ脂肪含量与中亲值差异显著($T=3.55^*, T=2.99^*$)。

表 3 不同组合后代群体籽粒脂肪含量的方差分析
Table 3 Variance analysis of oil content in different crosses

组合 Cross	均值 Mean /%	父本 Female parent/%	母本 Male parent/%	中亲值 Mean between parents/%	双亲差值 Difference between parents/%	差异来源 Difference source	变异系数 Coefficient of variant/%	方差 Variance	平方和 Sum of squares	df	均方 Mean square error	F 值 F value	$F_{0.05}$
Ⅰ	22.13	21.06	22.36	21.71	1.30	组间 Between group	0.98	0.05	0.09	1	0.09	1.58	3.89
Ⅱ	22.08	20.90	22.36	21.63	1.46	组内 Inner group	1.08	0.06	8.99	166	0.05		
总计 Total									9.08	167			

2.3 蛋白质含量与其它农艺性状的相关分析

对亲本和BC₃F₂ 代蛋白质含量与主要农艺性状的相关分析表明(表4),组合Ⅰ蛋白质含量与脂肪含量($r=-0.65^*$)及分枝数($r=-0.24^*$)呈显著负相关;与株高($r=0.50^*$)和百粒重($r=0.80^*$)呈显著正相关;与单株粒重($r=0.29$)、单株粒数($r=0.0034$)和主茎节数($r=0.27$)呈不显著正相关。组合Ⅱ蛋白质含

量与脂肪含量($r=-0.79^*$)及分枝数($r=-0.01^*$)呈显著负相关;与株高($r=0.23^*$)和百粒重($r=0.59^*$)呈显著正相关;与单株粒重($r=0.08$)、单株粒数($r=0.10$)和主茎节数($r=0.06$)呈不显著正相关。两群体呈现相同的趋势。因此,在大豆高蛋白育种中,脂肪含量、百粒重、分枝数和株高可以作为间接选择的依据。

表 4 蛋白质含量与其它农艺性状的相关分析
Table 4 Correlation analysis between protein and other agronomic trait

组合 Cross	性状 Trait	蛋白 Protein	株高 Plant height	节数 Nods number	分枝数 Branches number	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	单株粒重 Seed weight per plant	脂肪 Oil	百粒重 100-seed weight
Ⅰ	蛋白 Protein	1	0.50 [*]	0.27	-0.24 [*]	0.04	0.0034	0.29	-0.65 [*]	0.80 [*]
	脂肪 Oil	-0.65 [*]	-0.25 [*]	0.04	-0.01	0.15	0.38 [*]	0.15	1	-0.47 [*]
Ⅱ	蛋白 Protein	1	0.23 [*]	0.06	-0.01 [*]	0.08	0.10	0.08	-0.79 [*]	0.59 [*]
	脂肪 Oil	-0.79 [*]	-0.15 [*]	0.03	0.06	0.11	0.15 [*]	-0.02	1	-0.56 [*]

*表示相著相关。
* indicate significant correlation.

2.4 脂肪含量与其它农艺性状的相关分析

亲本和BC₃F₂ 代脂肪含量与主要农艺性状的相关分析表明(表4),组合Ⅰ脂肪含量与蛋白质含量($r=-0.65^*$)、百粒重($r=-0.47^*$)和株高($r=-0.25^*$)呈显著负相关;与单株粒数($r=0.38^*$)呈显著正相关;与单株粒重($r=0.15$)呈不显著正相关,与主茎节数($r=0.04$)和分枝数($r=-0.01$)呈不显著负相关。组合Ⅱ脂肪含量与蛋白质含量($r=-0.79^*$)、百粒重($r=-0.56^*$)和株高($r=-0.15^*$)呈显著负相关;与单株粒数($r=0.15^*$)呈显著正相关;与分枝数($r=0.06$)和

主茎节数($r=0.03$)呈不显著正相关;与单株粒重($r=-0.02$)呈不显著负相关。两群体表现相对一致。因此,在大豆高脂肪育种中蛋白质含量、百粒重、单株粒数和株高可以作为间接选择的依据。

3 结论与讨论

提升大豆品质是目前大豆育种的重要目标和方向,选配优异的杂交组合是选育优良大豆品种的有效途径^[8]。结合育种目标和遗传特性选择亲本,是选配组合的关键。东农47为黑龙江省的优质品种,高油高产,稳定性较好。早熟18为华北地区的优质

品种,高蛋白、大籽粒、抗逆性和抗病性较好;红丰 11 是黑龙江省高蛋白品种,抗病性较好。以这两个材料与东农 47 配杂交组合,并选用回交的杂交方式,可以在最大程度上使后代家系保留东农 47 高油的突出特点,同时聚合更多优良性状,有助于选育出优良大豆新品种。

宋启建等^[1]研究表明双亲中存在一个脂肪含量高的亲本,其后代的脂肪含量也较高。本研究中 2 个组合的共同亲本东农 47 属高油品种,回交后代的籽粒脂肪含量及蛋白质含量的均值、中亲值与供体亲本相比均有显著提高。相关分析及 *t* 测验结果表明,后代组合蛋白质含量与中亲值相关性密切,后代脂肪含量与中亲值的相关性水平大于与亲本的相关性水平,在选择亲本或者预测组合表现时,以中亲值较好。选择亲本脂肪差异含量大,中亲值高的组合,且从 BC₃F₂ 代开始进行选择^[9],可在品质育种早期形成一定规模的群体效应,有利于加快育种进程。

本研究初步探索了不同遗传背景下籽粒蛋白质及脂肪含量与产量相关性状间的相关关系。结果表明,蛋白质含量与株高和百粒重;油分含量与单株粒数在 2 个回交群体中呈正相关,这与前人结果一致^[2,9-14]。在综合考虑其他性状的同时,宜选择高油分、高蛋白质含量的个体。为避免因选择压太大造成小群体遗传漂变而导致一些有利基因丢失,个体选择范围宜宽。这样既可以兼顾综合农艺性状,又可以提高育种效率。

参考文献

[1] 宋启建,盖钧镒,马育华. 大豆品种蛋白质、油分含量的遗传特点[J]. 中国农业科学,1989,22(6): 24 - 29. (Song Q J, Gai J Y, Ma Y H. A study on genetic property of protein and oil content in soybean [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1989, 22 (6): 24 - 29.)

[2] 李盛有,宋书宏. 不同遗传背景大豆杂交 F₂ 代脂肪含量遗传分析[J]. 大豆科学, 2011(6):916 - 919. (Li S Y, Song S H. Genetic analysis for fat content in F₂ generation of crosses with different genetic background soybeans [J]. Soybean Science, 2011 (6):916 - 919.)

[3] 王新风,富健 孟凡刚,等. 高蛋白大豆杂交 F₂ 代与亲本蛋白质含量的相关分析[J]. 河南农业科学,2008(2):42 - 44 . (Wang X F, Fu Jian, Meng F G, et al. Correlation analysis of protein content between high protein soybean parents and their F₂ hybrids [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2008 (2): 42 - 44.)

[4] 彭玉华,邱丽娟,高凤兰,等. 大豆不同组合 F₂ 代蛋白质含量的遗传变异分析[J]. 东北农学院学报,1988,19(4):348 - 353. (Peng Y H, Qiu L J, Gao F L, et al. Genetic study on soybean protein content [J]. Journal of Northeast Agricultural Col-

lege, 1988, 19(4): 348 - 353.)

[5] 宋启建,盖钧镒,马育华. 大豆品种蛋白质、油分含量在杂种后代的优势表现及分离变异[J]. 作物学报,1994,20(5): 542 - 547. (Song Q J, Gai J Y, Ma Y H. Studies on heterosis and genetic variability of protein content and oil content in soybean [J]. Acta Agronomica Sinica, 1994, 20(5): 542 - 547.)

[6] 陈恒鹤,尹丽华,王大秋,等. 大豆蛋白质及脂肪含量的遗传和选择效果研究- III. 早期世代的变异与遗传进度[J]. 大豆科学,1991,10(1): 1 - 9. (Chen H H, Yin L H, Wang D Q, et al. Studies on inheritance and selection effect of protein and oil content in soybean III. Variability and genetic advance in early generations [J]. Soybean Science, 1991, 10(1): 1 - 9.)

[7] 陆婉珍,袁洪福,徐广通,等. 现代近红外光谱分析技术 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2000:1 - 146. (Lu W Z, Yuan H F, Xu G T, et al. Modern near - infrared spectrum analysis technology [M]. Beijing: Chinese Petrochemistry Press, 2000: 1 - 146.)

[8] 王曙明,孙寰,王跃强,等. 大豆杂种优势及其高优势组合选配的研究[J]. 大豆科学,2002,21(3):161 - 166. (Wang S M, Sun H, Wang Y Q, et al. Studies on heterosis and high advantage combinations in soybean [J]. Soybean Science, 2002, 21 (3): 161 - 166.)

[9] 毛婷婷,姜振峰,李文滨. 不同遗传背景和环境条件下大豆油分含量与产量性状的相关性和通径分析[J]. 大豆科学,1989, 22(6): 24 - 29. (Mao T T, Jiang Z F, Li W B. Path and correlation analysis between oil content and yield related traits of soybean in multi - genetic backgrounds and multi - environments [J]. Soybean Science, 2012, 31(5): 24 - 29.)

[10] 关荣霞. 大豆重要农艺性状的 QTL 定位及中国大豆与日本大豆的遗传多样性分析 [R]. 北京: 中国农业科学院, 2004. (Guan R X. QTL mapping of soybean agronomic characters and genetic diversity analysis of soybean cultivars from China and Japan [R]. Beijing: Chinese Academy of Agriculture Sciences, 2004.)

[11] 郑永战. 我国大豆种质资源脂肪性状的变异、遗传与基因定位的研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2006. (Zheng Y Z. Variability, inheritance, and QTL mapping of fatty traits in Chinese germplasm of soybean [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006.)

[12] 张海军,王英,张艳,等. 东北地区大豆种质资源脂肪与蛋白质含量分析[J]. 大豆科学,2011,30(2): 215 - 218. (Zhang H J, Wang Y, Zhang Y, et al. Analysis of oil and protein content of soybean germplasm grown in Northeast China [J]. Soybean Science, 2011, 30(2): 215 - 218.)

[13] 章建新,胡根海,马育华. 春大豆主要农艺性状的相关分析 [J]. 新疆农业科学,2003, 40(1): 16 - 19. (Zhang J X, Hu G H, Ma Y H. Correlation analysis of the main agronomic characters in spring soybean [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2003, 40 (1): 16 - 19.)

[14] 游明安,盖钧镒,马育华. 长江中下游夏大豆地方品种群体蛋白质、油分含量及产量等性状的遗传变异和相关研究[J]. 大豆科学, 1989, 8(1):11 - 20. (You M A, Gai J Y, Ma Y H. Studies on genetic variability and correlation of protein content, oil content and yield of the population of land soybean varieties in the lower Yangtze river valley [J]. Soybean Science, 1989, 8(1): 744 - 748.)