

代表性大豆种质异黄酮主要组分含量鉴定

葛一楠, 孙君明, 韩粉霞, 于福宽, 张晶莹, 马磊, 张金巍, 闫淑荣, 杨华, 刘章雄, 邱丽娟
(中国农业科学院作物科学研究所/农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程/农业部北京大豆生物学重点实验室, 北京 100081)

摘要:采用 HPLC 检测方法, 对 100 份不同来源的代表性大豆种质进行异黄酮含量分析, 结果显示大豆种质中主要含有 6 种异黄酮组分, 分别为黄豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、丙二酰基黄豆苷、丙二酰基黄豆黄苷和丙二酰基染料木苷, 且异黄酮含量在不同生态区间和品种间均存在显著差异, 变异丰富; 南方产区大豆品种的异黄酮总含量最高, 黄淮大豆产区次之, 北方大豆产区最低; 6 种主要异黄酮组分含量的变异系数变化范围为 33.44% ~ 52.03%。相关分析表明异黄酮总含量与各主要组分含量之间均呈极显著正相关, 与脂肪含量呈极显著负相关。在此基础上, 筛选出高异黄酮含量的大豆种质 2 份, 分别为平顶黑豆和 PI-567479, 低异黄酮含量的大豆种质 2 份, 分别为茶色豆和牡丰 1 号, 可以用于大豆异黄酮育种或遗传研究。

关键词:大豆; 种质; 异黄酮; HPLC

Major Isoflavone Components in Soybean Seeds from the Representative Core Samples

GE Yi-nan, SUN Jun-ming, HAN Fen-xia, YU Fu-kuan, ZHANG Jing-ying,
MA Lei, ZHANG Jin-wei, YAN Shu-rong, YANG Hua, LIU Zhang-xiong, QIU Li-juan

(Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences/National Key Facility for Crop Gene Resources
and Genetic Improvement/MOA key Laboratory of Soybean Biology, Beijing 100081)

Abstract: Isoflavone contents were analyzed by HPLC methods in 100 representative soybean cultivars from different regions in this study. The results showed that all 100 cultivars contained six of major isoflavone components in soybean seeds, including daidzin, glycitin, genistin, malonyldaidzin, malonylglycitin and malonylgenistin, and there were significant difference on the isoflavone content among ecological regions and varieties, which explained the abundant genetic variation of isoflavone content in the soybean germplasm. The average of total isoflavone content in soybean cultivars from south region was the highest, and that from north region was the lowest. Coefficient of variation for the six major isoflavone components was ranged from 33.44% to 52.03%. Correlation analysis showed that there was significantly positive correlation among the isoflavone components, in which correlation coefficient between total isoflavone content and malonylgenistin was the maximum. A significantly negative correlation was presented between total isoflavone content and oil content. Two soybean cultivars with high isoflavone content (*cv.* Pingdingheidou, and *cv.* PI-567479), and two cultivars with low isoflavone content (*cv.* Chasedou and *cv.* Mufeng) were selected for soybean breeding and genetic study on the isoflavone.

Key words: Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]; Germplasm; Isoflavone; HPLC

大豆异黄酮是一类次生代谢产物, 具有植物类雌激素作用, 在预防癌症^[1]、保护心脑血管^[2]、预防骨质疏松^[3]和减轻妇女更年期综合症^[4]方面具有重要的保健功能。其主要含有 12 种组分, 包括 9 种

收稿日期: 2010-12-08 修回日期: 2011-01-19

基金项目: 转基因重大专项(2011ZX08004-003); 国家“863”计划(2006AA100104); 国家支撑计划(2006BAD13B05 和 2006BAD01A04); 院所基金和国家自然科学基金项目(31171576)

作者简介: 葛一楠, 在读硕士, 研究方向: 大豆品质育种。E-mail: gyn1205@163.com

通讯作者: 孙君明, 博士, 研究员, 研究方向: 大豆品质育种。E-mail: sunjm@mail.caas.net.cn

异黄酮糖苷和3种配糖体^[5],在种子中的含量范围为0.5‰~7‰,平均含量为2‰左右^[6-7]。大豆异黄酮化合物与豆制品的苦涩味有关,异黄酮配糖体大豆黄素(daidzein)和染料木素(genistein)比糖苷类化合物具有更强的苦涩味^[5]。

国内外学者利用高效液相色谱(HPLC)技术对不同国家和地区的大豆种质的异黄酮含量进行了分析,发现不同大豆品种间异黄酮含量显著不同,表明遗传差异的存在^[6-12]。另外,大豆异黄酮受光照^[13]、温度^[14]、水分^[14]、肥料^[15]和地理纬度^[16-18]等环境条件的影响也较大,因此开展大豆异黄酮育种必须综合考虑各种因素的影响。我国大豆种质资源丰富,拥有大豆种质3万多份,但其利用率却相对很低,特别是特用品质评价数据极少。大豆核心种质构建的目的是以最小的资源数量和遗传重复,最大限度地代表整个资源的遗传多样性,由于其规模小,代表性强,更有利于开展种质资源的有效鉴定和评价,具有较大的实用价值^[19]。

表1 不同生态区来源的100份大豆种质列表

Table 1 100 soybean cultivars from the various ecotype regions

生态区 Ecotype region	品种数 Variety number	品种名称 Variety name
北方大豆区 North region	14	绥农1号、牡丰1号、黑河1号、克北一号、青豆、白城秣食豆、茶色豆、小白脐、锦州4-1、黄脐、牛毛黄、大粒黑豆、方正秣食豆、黑农2号
黄淮海夏大豆区 Huanghuaihai valley region	51	商951099、郑8516、信阳羊眼豆、绿豆豆、胜利三号、平顶黑、平顶黄豆、青六号、鲁豆4号、烟黄3号、大黄豆、中黄13、密云老爷脸、中黄20、小黑豆-1、小黑豆-2、白露豆、白皮黄豆、夏黑豆、黄秆豆、小黄豆-1、小黄豆-2、南关小皮青、大屯小黑豆、冀豆12、邳县四粒糙、绿皮黄豆、祥田小黄豆、猫眼豆、倪丁花眉豆、大天鹅蛋、小米豆、天鹅蛋-1、天鹅蛋-2、四粒圆、泌阳小籽黄、博爱红皮皂角、青裸圆豆、第六黄豆-2、早熟18、邳县大紫花糙、滨海大黄豆壳子甲、铜山青大豆、酒豆2号、元豆、赤城绿黄豆、7651-1、气死洼、盘石豆、争光1号、鲁黑豆2号
南方大豆区 South region	22	中豆32、丰城早黄豆、杂豆-6、蒲豆451、东山白马豆、六月黄、郟县小黄豆、厦门藤仔豆、同安紫红、糖为泉水豆、细黄豆-9、二季早豆-2、大黄豆-1、大黄豆-2、皂角豆、泉变11、恩平青豆、马带黑豆-3、8307-8-1、泰兴牛毛黄、泥豆、南汇早黑豆
国外品种 Aboard region	13	PI486355、PI594399、PI567479、PI593949、PI594455、Nova、Amsoy、多玛卡、托利萨、杜纳吉卡、东山69、中特一号、十胜长叶、艾卡166

1.2 植株农艺性状调查

每个品种每个重复从每行中间随机抽取10株大豆植株,按株高、底荚高度、主茎节数、有效分枝、单株荚数、单株粒数和百粒重等7个农艺性状进行考种。

1.3 蛋白质和油份含量测定

取50g大豆子粒,采用德国Bruker公司的傅立叶变换近红外光谱仪(MPA Near Infrared spectrum System)扫描采集样品的近红外吸收光谱,近红外光

谱吸收范围在4000~8000/cm,每个样品重复扫描3次。利用Bruker公司的OPUS 4.2软件的Quant2方法,采用蛋白质干基和脂肪干基模型分析样品的蛋白质和油份含量。

1 材料与方法

1.1 大豆种质材料

按照不同生态区和类型比例,从248份大豆微核心种质中选取80份,从50个不同生态区的大豆主栽品种中选取20个品种,共计100份(表1),以上材料均由中国农业科学院作物科学研究所大豆基因资源发掘与利用课题组提供。2009年种植于中国农业科学院作物科学研究所昌平试验基地,采用随机区组设计,3次重复。

谱吸收范围在4000~8000/cm,每个样品重复扫描3次。利用Bruker公司的OPUS 4.2软件的Quant2方法,采用蛋白质干基和脂肪干基模型分析样品的蛋白质和油份含量。

1.4 异黄酮标准样品制备

异黄酮12种组分标准样品黄豆苷(daidzin, D)、黄豆黄苷(glycitin, GL)、染料木苷(genistin, G)、丙二酰基黄豆苷(malonyldaidzin, MD)、丙二酰基黄豆黄苷(malonylglycitin, MGL)、丙二酰基染料木苷

(malonylgenistin, MG)、乙酰基黄豆苷(acetyldaidzin, AD)、乙酰基黄豆苷(acetylglycitin, AGL)、乙酰基染料木苷(acetylgenistin, AG)、黄豆苷元(daidzein, DE)、大豆黄素(glycitein, GLE)和染料木素(genistein, GE)由日本东北农业研究中心的菊池彰夫博士提供,每个标准样品的浓度均为200 $\mu\text{g}/\text{ml}$,等量混合制成混合标样备用。

1.5 异黄酮提取方法

每个品种取20 g的大豆子粒在旋风磨(Retsch ZM100, $\Phi = 1.0 \text{ mm}$, Rheinische, Germany)中磨粉,准确称取100 mg大豆粉放入带有螺帽的有机玻璃试管中,加入含0.1% (V/V)乙酸的70% (V/V)乙醇水溶液5 ml;50 $^{\circ}\text{C}$ 超声提取1h(25 kHz);5000 rpm离心10 min,取上清液经0.2 μm 滤膜过滤,4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱保存待用。

1.6 异黄酮的HPLC分析

采用Agilent 1000高效液相色谱仪(HPLC)检测异黄酮含量。手动进样,进样量10 μl ;色谱柱:YMC-Pack, ODS-AM-303, 250 mm \times 4.6 mm I. D., S-5 μm , 120 \AA ;柱温35 $^{\circ}\text{C}$;流动相A为0.1% (V/V)乙酸的超纯水,B为0.1% (V/V)乙酸的乙腈水溶液;洗脱梯度13% ~ 35%;运行时间70 min;流速1.0 ml/min;检测波长260 nm。每个样品重复进样

2次,取两次结果的平均值作为异黄酮组分含量的检测结果。

1.7 数据分析

利用SAS软件对目标性状进行平均值、峰度、偏度、中亲值、相关性、方差和差异显著性等统计分析。依据12种异黄酮标准样品的保留时间和最大吸收光谱定性,以Daidzin在260 nm波长的紫外吸收值为基础,参照孙君明等^[20]的公式计算样品中的各异黄酮组分的准确含量和总异黄酮含量。

2 结果与分析

2.1 异黄酮标准样品和子粒中异黄酮组分的HPLC检测比较

采用Agilent 1000高效液相色谱仪(HPLC)分析大豆子粒中异黄酮组分含量,依据梯度洗脱分析方法对部分参数进行优化,可以清晰地分离出12种主要异黄酮组分,按照标准样品保留时间定性,其洗脱顺序分别为D、GL、G、MD、MGL、AD、AGL、MG、DE、GLE、AG、GE(图1),而在大豆种子中主要含有D、GL、G、MD、MGL和MG(图2),其他组分含量极少,故总异黄酮含量(total isoflavone, TIF)按此6种组分之和计算: $\text{TIF} = \text{D} + \text{GL} + \text{G} + \text{MD} + \text{MGL} + \text{MG}$ 。

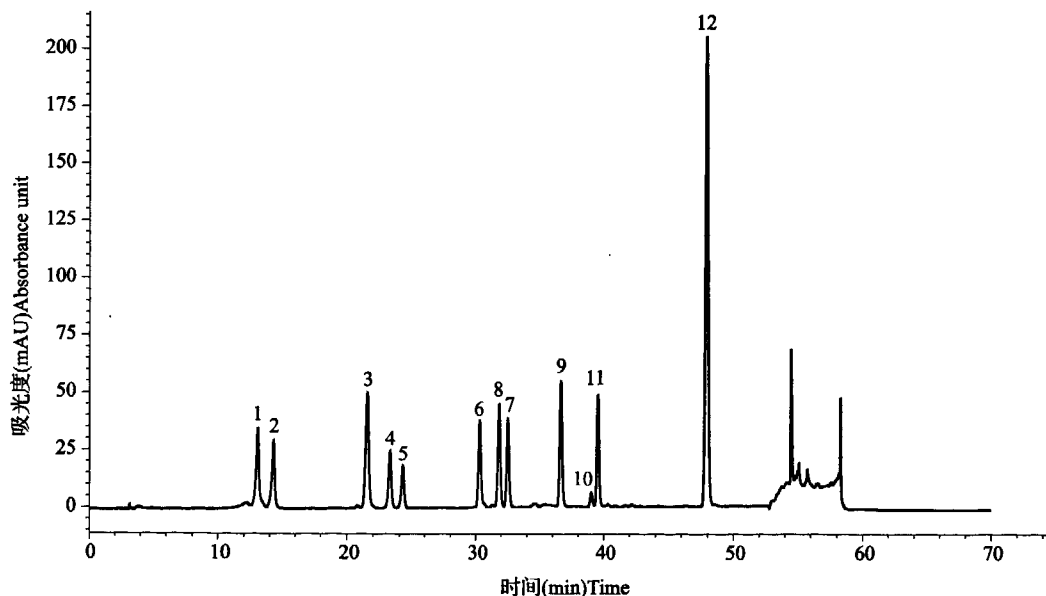


图1 异黄酮12种组分标准样品的HPLC图谱

Fig. 1 The HPLC chromatogram of the standard samples of 12 isoflavone components

1: 黄豆苷; 2: 黄豆苷; 3: 染料木苷; 4: 丙二酰基黄豆苷; 5: 丙二酰基黄豆苷; 6: 乙酰基黄豆苷; 7: 丙二酰基染料木苷; 8: 乙酰基黄豆苷; 9: 黄豆苷元; 10: 大豆黄素; 11: 乙酰基染料木苷; 12: 染料木素。下同

1: Daidzin, 2: Glycitin, 3: Genistin, 4: Malonyldaidzin, 5: Malonylglycitin, 6: Acetyldaidzin, 7: Malonylgenistin, 8: Acetylglycitin, 9: Daidzein, 10: Glycitein, 11: Acetylgenistin, 12: Genistein. The same as below

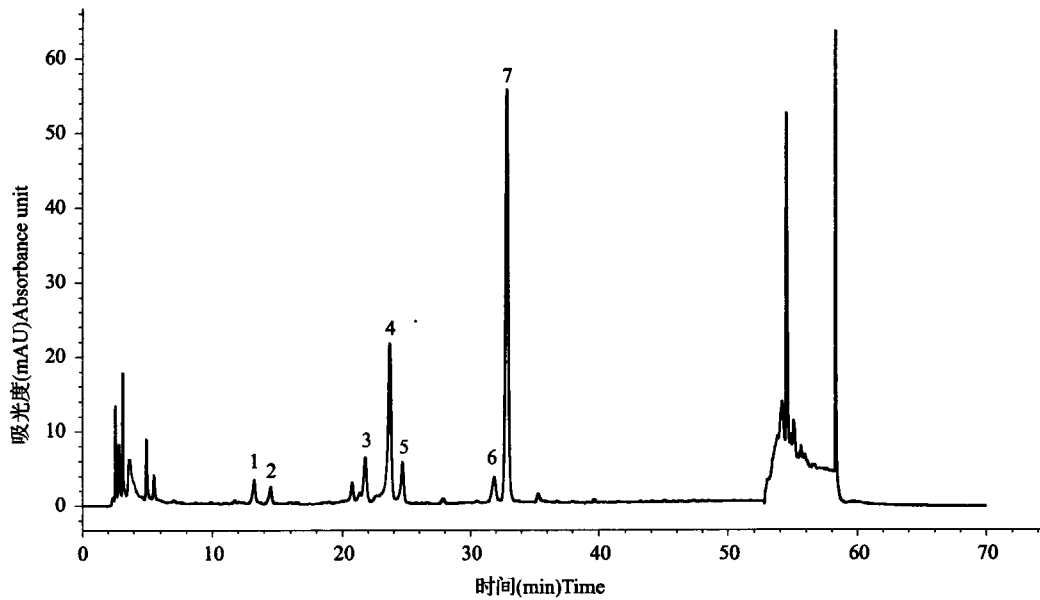


图2 大豆种质天鹅蛋子粒中异黄酮的 HPLC 检测图谱

Fig. 2 The HPLC chromatogram of the isoflavone components in the cv. ZDD00921 seeds

2.2 代表性大豆种质的异黄酮含量差异表现

100 份大豆种质中均含有上述 6 种主要大豆异黄酮组分,个别种质还含有其他组分,如大豆种质天鹅蛋子粒中含有少量的乙酰基黄豆苷组分(图 2)。

大豆种质的平均异黄酮总含量为 2258.30 $\mu\text{g/g}$,且主要以丙二酰基结合体形式的异黄酮组分存在于大豆种子中,占总含量的 83.70%;在各单一组分中,以丙二酰基染料木苷的平均含量最高,黄豆黄苷的平均含量最低;6 种主要异黄酮组分含量的变异系数变化范围为 33.49% ~ 52.30% (表 2)。其中,异黄酮总含量最高的种质为黄淮海主产区的平顶黑豆,最低含量为北方春大豆产区的茶色豆,二者相差

3602.17 $\mu\text{g/g}$,其倍数差达 5.20,总变异系数为 31.79% (表 3)。

不同生态区大豆种质的异黄酮含量存在差异(表 3)。异黄酮平均总含量以北方春大豆产区品种最低,黄淮海大豆主产区次之,南方大豆产区最高。相反,其变异系数以北方区最高,黄淮海次之,南方区最低。大豆种质间异黄酮含量的广泛遗传差异,为大豆异黄酮育种的亲本选择创造了条件。

由表 4 可知,异黄酮单一组分含量在不同品种间均存在极显著差异,表明大豆种质间大豆异黄酮组分含量存在遗传差异。不同生态区内葡萄糖苷形式的异黄酮含量差异不显著,丙二酰基异黄酮组分

表 2 100 份大豆种质不同异黄酮组分含量的方差分析

Table 2 Analysis of variance for the Isoflavone components content in 100 soybean cultivars

异黄酮组分 Isoflavone component	数量 No.	最小值 Min	最大值 Max	倍数 Multiple	均值 Mean	标准差 s	方差 Variance	变异系数 (%) CV
黄豆苷 Daidzin	100	42.29	230.64	5.45	107.74	42.84	18.08	39.77
黄豆黄苷 Glycitin	100	26.53	180.11	6.79	61.63	27.67	7.77	44.90
染料木苷 Genistin	100	85.08	410.35	4.82	204.95	75.92	57.33	37.04
丙二酰基黄豆苷 Malonyldaidzin	100	187.78	1247.67	6.64	643.89	224.92	507.74	34.93
丙二酰基黄豆黄苷 Malonylglycitin	100	45.61	522.68	11.46	128.46	67.19	45.74	52.30
丙二酰基染料木苷 Malonylgenistin	100	417.71	2219.18	5.31	1117.78	374.37	1397.20	33.49
异黄酮总含量 Total isoflavone content	100	857.74	4459.15	5.20	2258.30	717.95	5135.46	31.79

表 3 不同生态区来源的大豆种质的异黄酮总含量方差分析

Table 3 Analysis of variance for the isoflavone components content in different regions

生态区 Ecotype	最小值 Min		最大值 Max		异黄酮总含量 Total isoflavone content					
	品种名称 Name	含量 Content	品种名称 Name	含量 Content	均值 ($\mu\text{g/g}$) Mean	标准差 s	方差 Variance	变异系数 (%) CV	F	Pr > F
北方地区 North region	茶色豆	857.74	白城秣食豆	3525.68	1705.89	711.25	679235.88	41.69	11.94	<0.0001
黄淮海地区 Huanghuaihai region	早熟 18	1148.32	平顶黑豆	4459.15	2308.48	676.14	601519.20	29.28	34.78	<0.0001
南方地区 South region	泉变 11	1384.18	二季早豆 -1	3677.37	2465.48	658.73	569693.47	26.72	24.06	<0.0001
国外品种 Aboard variety	杜纳吉卡	1462.62	PI567479	4073.95	2271.41	790.83	787376.99	34.82	14.88	<0.0001

和异黄酮总含量存在显著和极显著差异。异黄酮组分及总含量在不同生态区的品种间也存在极显著差异,说明异黄酮含量在不同的生态区间也存在遗传差异,变异丰富。另外,丙二酰基异黄酮组分在重复间差异不显著,葡萄糖苷形式的异黄酮(D、GL和G)在重复间存在显著和极显著差异,且总异黄酮含

量在重复间也存在极显著差异,说明异黄酮含量受种植环境因素的影响较大。异黄酮组分和总含量在品种间、不同生态区间和不同重复间的差异显著性分析表明,大豆异黄酮含量不仅受遗传因素影响,而且也受环境因素的影响,因此在进行异黄酮研究的过程中,要充分考虑环境因素的影响。

表 4 大豆种质异黄酮含量在生态区间、品种间和重复间的差异显著性测验

Table 4 Analysis of significant difference for the isoflavone content among ecotypes, varieties and repeats in soybean seeds

异黄酮组分 Isoflavone component	变异来源 Variability source														
	生态区 Ecotype					品种 Variety					重复 Repeat				
	自由度 df	平方和 SS	均方 Mean square	F 值	Pr > F	自由度 df	平方和 SS	均方 Mean square	F 值	Pr > F	自由度 df	平方和 SS	均方 Mean square	F 值	Pr > F
黄豆苷 Daidzin	3	238012.86	79337.62	1.14	0.3336	99	450988.40	4649.36	21.	<0.0001	2	166558.17	83279	33.96	<0.0001
黄豆黄苷 Glycitin	3	5171.08	1723.6950	1.51	0.2139	99	135977.00	1599.73	5.37	<0.0001	2	16416.09	5708.04	4.28	0.0159
染料木苷 Genistin	3	75028.18	250009.05	2.38	0.0704	99	1514485.04	15941.95	2.10	<0.0001	2	302241.72	151120.8	15.59	<0.0001
丙二酰基黄豆苷 Malonyldaidzin	3	1654017.16	551339.05	8.40	<0.0001	99	13112050.10	147326.41	4.69	<0.0001	2	237528.9	118764.45	1.75	0.1761
丙二酰基黄豆 黄苷 Malonylglycitin	3	81722.19	27240.73	3.71	0.0122	99	1168219.40	12297.04	2.61	<0.0001	2	29574.33	14787.17	1.70	0.1859
丙二酰基染料 木苷 Malonylgenistin	3	15611917.70	5203972.620	6.47	0.0003	99	172228365.30	193515.02	7.93	<0.0001	2	414381.24	207196	1.20	0.3032
异黄酮总含量 Total isoflavone content	3	16956836.17	5652278.72	8.96	<0.0001	99	136185839.30	1433535.20	5.66	<0.0001	2	5904112.87	2952056.43	4.78	0.0094

通过对 100 份大豆种质的异黄酮含量分析,筛选出高异黄酮含量种质 2 份,分别为平顶黑豆和 PI-567479,低异黄酮含量种质 2 份,分别为茶色豆和牡丰 1 号,可以作为大豆亲本材料服务于大豆异

黄酮育种。

2.3 异黄酮各组分含量的相关性分析

大豆总异黄酮与各组分含量之间均存在极显著正相关,特别是丙二酰基染料木苷与总异黄酮含量

的相关系数最大($r = 0.958$),其次是丙二酰基黄豆苷($r = 0.902$),这可能与丙二酰基异黄酮葡萄糖苷占总异黄酮含量的比例高有关。异黄酮各单一组

分间也均达到显著或极显著正相关,特别是其异黄酮甙元形式相同的组分间相关系数最高(表5)。

表5 大豆子粒中异黄酮各组分含量的相关性分析

Table 5 Correlation analysis among the isoflavone components in soybean seeds

异黄酮组分 Isoflavone components	黄豆苷 Daidzin	黄豆黄苷 Glycitin	染料木苷 Genistin	丙二酰基黄豆苷 Malonyldaidzin	丙二酰基黄豆黄苷 Malonylglycitin	丙二酰基染料木苷 Malonylgenistin
黄豆黄苷 Glycitin	0.274 **					
染料木苷 Genistin	0.758 **	0.234 *				
丙二酰基黄豆苷 Malonyldaidzin	0.842 **	0.274 **	0.739 **			
丙二酰基黄豆黄苷 Malonylglycitin	0.417 **	0.591 **	0.353 **	0.484 **		
丙二酰基染料木苷 Malonylgenistin	0.714 **	0.247 *	0.877 **	0.767 **	0.522 **	
异黄酮总含量 Total isoflavone content	0.830 **	0.354 **	0.884 **	0.902 **	0.609 **	0.958 **

* 和 ** 分别代表 0.05 和 0.01 显著性水平,下同

* and ** represented the significant level at $P < 0.05$ and 0.01 , respectively, the same as below

2.4 异黄酮与主要农艺和品质性状相关性分析

通过对 100 份种质的相关性分析发现异黄酮含量与油份含量呈极显著负相关,与底荚高度和株高

分别呈显著和极显著正相关,与其他农艺和品质性状相关不显著(表6),说明株高和油份含量可作为大豆异黄酮间接选择的参考指标。

表6 大豆异黄酮含量与主要农艺和品质性状的相关性分析

Table 6 Correlation analysis among isoflavone content, agronomic traits and quality traits

性状 Trait	株高 Plant height	底荚高度 Lowest pod height	主茎节数 Nodes No.	有效分枝 Branches No.	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	百粒重 100 - grain weight	油份含量 Oil content	蛋白含量 Protein content
油份含量 Oil content	-0.342 *	-0.330 *	-0.043	-0.064	0.244 *	0.314	0.381 **		
蛋白含量 Protein content	0.201	0.202	-0.109	0.035	-0.207	-0.237 *	-0.130	-0.759 **	
异黄酮含量 Isoflavone content	0.478 **	0.258 *	0.143	0.019	0.144	0.109	-0.176	-0.323 **	0.171

3 讨论

本研究通过在相同地点种植代表性大豆种质分析其异黄酮含量变化,经方差分析发现品种间和生态区组间的异黄酮含量均存在极显著差异,表明异黄酮含量在大豆种质间明显存在遗传差异,这与前人^[6-12]的分析结果相同。另外,部分异黄酮单一组分(D和G)在重复间存在极显著差异,表明环境因素对大豆子粒中的异黄酮单一组分含量影响也很大,因此在选育高/低异黄酮含量的大豆品种时应关注其环境因素对表型的影响^[13-18]。

异黄酮类物质的合成前体是苯丙氨酸和丙二酰辅酶A,在苯丙氨酸裂解酶,香豆酸辅酶A连接酶,

查尔酮合成酶,查尔酮异构酶,异黄酮还原酶等酶催化下,经过羟基化、甲氧基化和烷基化过程,形成不同的异黄酮类化合物^[21]。通过异黄酮各组分相关性分析发现来自同一甙元形式的异黄酮组分(如D和MD、G和MG)之间的相关系数均较高,可能与来自同一合成路径的异黄酮组分受相同关键酶的调控有关。

大豆异黄酮是一类次生代谢产物,在种子中的含量相对较少,虽然本研究通过相关性分析发现大豆异黄酮含量与植株高度呈极显著正相关,与脂肪含量呈极显著负相关,可以作为大豆异黄酮育种中的参考指标,但在实际育种中还应以生化检测结果为主,其他间接鉴定方法为辅。

本研究通过分析不同大豆主产区异黄酮极值比值发现异黄酮含量变化范围为 2.66 ~ 4.11。而刘广阳等^[12]测定野生大豆种质中异黄酮极值比值范围在 10 左右,表明野生大豆相比栽培大豆具有更丰富的异黄酮遗传变异,因此可以利用栽培和野生大豆杂交的方法获得更丰富的异黄酮含量的遗传变异类型。

本研究发现来自南方大豆产区的种质平均异黄酮含量显著高于北方春大豆种质,这与孙君明等^[8]研究结果相反,这可能由于本研究所选的 100 份来源广泛的大豆种质均是在同一地点种植的缘故,这有待进一步通过多年多点大样本认证。

致谢:感谢中国农业科学院作物科学研究所常汝镇研究员对本文大豆种质资源区域分类提出的宝贵意见。

参考文献

- [1] Sarkar F H, Li Y W. Soy isoflavones and cancer prevention [J]. *Cancer Invest*, 2003, 21: 744-757
- [2] Clarkson T B. Soy, soy phytoestrogens and cardiovascular disease [J]. *J Nutr*, 2002, 132(S): 566-569
- [3] Setchell K D R, Lydeking-Olsen E. Dietary phytoestrogens and their effect on bone: Evidence from *in vitro* and *in vivo*, human observational, and dietary intervention studies [J]. *Am J Clin Nutr*, 2003, 78: 593-609
- [4] Coward L, Banes N C, Setchell K D R, et al. Genistein, daidzein and their β -glycoside conjugates; antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets [J]. *J Agric Food Chem*, 1993, 41: 1961-1967
- [5] Kudou S, Fleury Y, Welti D, et al. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds [*Glycine max* (L.) Merr.] [J]. *Agric Biol Chem*, 1991, 55(9): 2227-2233
- [6] Kitamura K, Igita K, Kikuchi A, et al. Low isoflavone content in some early maturing cultivars, so called "Summer type soybean" in Japan [J]. *Breed*, 1991, 41: 651-654
- [7] Wang C Y, Sherrard M, Pagadala S, et al. Isoflavone content among maturity group 0 to II soybeans [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2000, 77: 483-487
- [8] 孙君明, 丁安林, 常汝镇. 中国大豆异黄酮含量的初步分析 [J]. *中国粮油学报*, 1995, 10(4): 51-54
- [9] 孙君明, 韩粉霞, 丁安林. 高效液相色谱 (HPLC) 技术鉴定中国南方大豆品种异黄酮主要组分 [J]. *植物遗传资源学报*, 2004, 5(3): 222-226
- [10] 林红, 来永才, 齐宁, 等. 黑龙江省野生大豆、栽培大豆高异黄酮种质资源筛选 [J]. *植物遗传资源学报*, 2005, 6(1): 53-55
- [11] 来永才, 李炜, 王庆祥, 等. 黑龙江省野生大豆高异黄酮新种质创新利用 I 异黄酮含量及与籽粒相关性状的初步分析 [J]. *大豆科学*, 2006, 25(4): 414-416
- [12] 刘广阳, 齐宁, 林红, 等. 黑龙江野生和栽培大豆异黄酮与其组分相关性分析 [J]. *植物遗传资源学报*, 2008, 9(3): 378-380
- [13] 孙君明, 丁安林, 沈黎明. 光照对大豆幼苗组织中异黄酮含量和分布的影响 [J]. *植物学报*, 1998, 40(11): 1015-1021
- [14] Lozovaya V V, Lygin A V, Ulanov A V, et al. Effect of temperature and soil moisture status during seed development on soybean seed isoflavone concentration and composition [J]. *Crop Sci*, 2005, 45: 1934-1940
- [15] Vyn T J, Yin X H, Bruulsema T W, et al. Potassium Fertilization Effects on Isoflavone Concentrations in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] [J]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50: 3501-3506
- [16] Eldridge A C, Kwolek W F. Soybean isoflavones; Effect of environment and variety on composition [J]. *J Agric Food Chem*, 1983, 31: 394-396
- [17] Hoeck J A, Fehr W R, Murphy P A, et al. Influence of genotype and environment on isoflavone contents of soybean [J]. *Crop Sci*, 2000, 40: 48-51
- [18] 孙君明, 丁安林. 大豆异黄酮含量及影响因素的评价 [J]. *中国粮油学报*, 1998, 13(2): 10-13
- [19] 邱丽娟, 曹永生, 常汝镇, 等. 中国大豆 (*Glycine max*) 核心种质构建 I. 取样方法研究 [J]. *中国农业科学*, 2003, 36(12): 1442-1449
- [20] 孙君明, 孙宝莉, 韩粉霞, 等. 快速检测大豆籽粒中十二种异黄酮组分的 HPLC 方法 [J]. *中国农业科学*, 2009, 42(7): 2491-2498
- [21] Jung W, Yu O, Lau S M, et al. Identification and expression of isoflavone synthases, the key enzyme for biosynthesis of isoflavones in legumes [J]. *Nature Biotech*, 2000, 18: 208-212

(上接第 920 页)


参考文献

- [1] 郭银燕, 张云康, 杨作栋, 等. 浙江省早籼稻近期区试品种品质性状的综合分析 [J]. *中国水稻科学*, 1998, 12(3): 139-143
- [2] 赵国珍, 刘吉新, 李全衡, 等. 云南梗稻碾磨品质性状稳定性分析 [J]. *植物遗传资源学报*, 2009, 10(2): 272-277
- [3] 王丹英, 章秀福, 朱智伟, 等. 食用稻米品质性状间的相关性分析 [J]. *作物学报*, 2005, 31(8): 1086-1091
- [4] 曾亚文, 申时全, 徐绍忠, 等. 云南软米低直链含量及其相关性遗传分析 [J]. *植物遗传资源学报*, 2004, 5(1): 12-16
- [5] 鲍根良, 王俊敏, 富田桂, 等. 密穗水稻品种籽粒蛋白性状改良研究 [J]. *植物遗传资源学报*, 2004, 5(4): 378-381
- [6] 蒋开锋, 郑家奎, 赵甘霖, 等. 四川省新育成杂交水稻组合的品质分析 [J]. *中国水稻科学*, 2004, 18(1): 80-82
- [7] 蒋志农. 云南稻作 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1995: 5-11
- [8] 赵国珍, 杨世准, 苏振喜, 等. 云南高原梗稻与韩国梗稻品质特性比较分析 [J]. *中国水稻科学*, 2008, 22(3): 331-334
- [9] 苏振喜, 赵国珍, 廖新华, 等. 云南梗型特色软米食味品质性状稳定性分析 [J]. *中国水稻科学*, 2010, 24(3): 320-324
- [10] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 332-339, 367-373
- [11] 雷东阳, 谢放鸣, 徐建龙, 等. 稻米粒形和垩白度的 QTL 定位和上位性分析 [J]. *中国水稻科学*, 2008, 22(3): 225-260
- [12] 敖雁, 徐辰武, 莫惠栋. 籼型杂交种稻米品质性状的数量遗传分析 [J]. *遗传学报*, 2000, 27(8): 706-712
- [13] 浅田正. 水稻粒形特性与育种 [J]. *农业技术*, 1990, 44(6): 39-42
- [14] 杨联松, 白一松, 许传万, 等. 水稻粒形与稻米品质间相关性研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2001, 29(3): 312-316

代表性大豆种质异黄酮主要组分含量鉴定

作者: [葛一楠](#), [孙君明](#), [韩粉霞](#), [于福宽](#), [张晶莹](#), [马磊](#), [张金巍](#), [闫淑荣](#), [杨华](#), [刘章雄](#), [邱丽娟](#), [GE Yi-nan](#), [SUN Jun-ming](#), [HAN Fen-xia](#), [YU Fu-kuan](#), [ZHANG Jing-ying](#), [MA Lei](#), [ZHANG Jin-wei](#), [YAN Shu-rong](#), [YANG Hua](#), [LIU Zhang-xiong](#), [QIU Li-juan](#)

作者单位: [中国农业科学院作物科学研究所/农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程/农业部北京大豆生物学重点实验室, 北京, 100081](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) 

英文刊名: [Journal of Plant Genetic Resources](#)

年, 卷(期): 2011, 12(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201106014.aspx