

文章编号:1003-8701(2004)06-0025-05

大豆异黄酮研究与育种概况

孟凡钢¹, 富 健¹, 孟庆良², 彭 辉³, 陈书森⁴, 宋志峰¹(1.吉林省农业科学院大豆研究中心,吉林 公主岭 136100;2.安图县万宝镇农业站;
3.吉林市农科院植保所;4.公主岭市教育局)

摘 要:概述了大豆异黄酮的含量、性质及作用、机理,大豆异黄酮育种,大豆异黄酮开发利用前景。

关键词:大豆;异黄酮;育种

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

1966年 Folaman 和 Pope 最早提出异黄酮类可能具有抗雌激素作用。1974年匈牙利科学家首次将异黄酮用于饲料添加剂。Graham 等(1991)报道了大豆异黄酮具有抗血栓、抗氧化和诱导大豆结瘤等生物活性。近年来,动物试验和癌细胞培养研究证实,大豆异黄酮对人类具有保健作用,能降低血清胆固醇、预防癌症、调节女性经期不适、预防骨质疏松等。而近期的研究表明,大豆异黄酮也可以促进动物繁殖、泌乳和生长,显示了大豆异黄酮可以作为动物生长的调节剂和促进剂。

1 大豆异黄酮含量及性质

1.1 大豆种子中异黄酮分布

成熟大豆种子中异黄酮的含量在下胚轴(包括胚根和胚芽)中的含量较高,而在子叶中的含量较低,种皮中的含量很少。在种子中最高含量可达7%左右。在未成熟的大豆种子中随着种子的发育异黄酮的含量逐渐增加,特别是6"-0-丙二酰-5,7,4'-三羟基异黄酮-7-葡萄糖苷和5,7,4'-三羟基异黄酮-7-葡萄糖苷的含量升高特别快,成熟后两者含量占异黄酮总含量的66%左右。Naim(1974)还指出,大豆异黄酮含量的99%是葡萄糖苷类。Kudou 等(1991)研究发现,大豆种子中3种丙二酰基异黄酮葡萄糖苷具有热不稳定性,在加热情况下能转化为相应的异黄酮糖苷。成熟大豆种子中异黄酮的分布见表1。

1.2 大豆异黄酮性质

1.2.1 显色

异黄酮类化合物与其他黄酮类化合物相比,由于A、B、C环共轭程度与黄酮类相比较小,因此仅显微黄色、灰白或无色,紫外线下多显紫色。大豆异黄酮中的染料木素呈灰白色结晶,紫外灯下无荧光,大豆素呈微白色结晶,紫外灯下无荧光。

收稿日期:2004-07-19

作者简介:孟凡钢(1978-),男,吉林省安图人,吉林省农业科学院大豆研究中心工作,主要从事大豆遗传育种研究。

表 1 大豆种子中异黄酮的分布 mg/100 g

序号	化合物	室温(提取 24 h)		80℃(提取 15 h)	
		胚轴	子叶	胚轴	子叶
1	Daidzin	320	45	838	145
2	Genistin	118	80	246	210
3	Glycitin	485	—	1 004	—
4	6"-O-Acetyl daizin	2	2	57	8
5	6"-O-Acetyl genistin	105	1	39	1
6	6"-O-Acetyl glycitin	6	—	89	—
7	6"-O-Malonyl daizin	423	70	8	3
8	6"-O-Malonyl genistin	144	117	4	—
9	6"-O-Malonyl glycitin	445	—	11	—
10	Daidzein	102	53	35	11
11	Genistin	35	48	16	14
12	Glycitein	—	—	15	—
总量		2 185	396	2 362	392

注:品种为 Suzuyutaka

1.2.2 旋光性

大豆异黄酮的甙元不具有旋光性,但对于结合型的糖甙结构而言,由于结构中引入了糖基,因而具有旋光性。

1.2.3 溶解性

大豆异黄酮的甙元一般难溶或不溶于水,可溶于甲醇、乙醇、乙酸、乙酯和乙醚等有机溶剂中及稀碱中,大豆异黄酮的结合式甙元易溶于甲醇、乙醇、吡啶、乙酸、乙酯及稀碱液中,难溶于苯、乙醚、氯仿和石油醚等有机溶剂,对水溶解度增加,可溶于热水。

1.2.4 酸碱性

由于异黄酮分子中有酚羟基,故其显酸性,可溶于碱性水溶液中及吡啶中。

2 大豆异黄酮主要功效、机理

2.1 对身体雌激素的双向调节作用

当人体内雌激素水平低时,植物异黄酮占据雌激素受体,发挥弱雌激素效应,表现出提高雌激素水平的作用;当人体内雌激素水平高时,植物异黄酮以“竞争”方式占据受体位置,同样发挥弱雌激素效应,但由于它的活性仅为体内雌激素的 2%,所以,表现出降低体内雌激素水平的作用,这就是植物异黄酮著名的对雌激素的双向调节作用。

2.2 抗氧化作用

金雀异黄素(genistin)含 5、7、4 三个酚羟基,大豆甙元含 7、4 两个酚羟基。酚羟基作为供氧体能与自由基反应使之生成相应的离子或分子,熄灭自由基,终止了自由基的连锁反应。大豆异黄酮对动物也有比较明确的抗氧化作用,大豆异黄酮提取物对阿霉素引起的小鼠过氧化水平提高和抗氧化酶活性的降低也有明显的抑制作用。

2.3 防癌、抗癌作用

植物异黄酮的抗肿瘤作用主要是通过以下机制来实现的:一是大豆异黄酮的抗雌激素作用,能抑制一些依赖于雌激素生长肿瘤的繁殖;二是其对肿瘤细胞合成过程中所需的酶,如酪氨酸激酶拓扑异构酶有明显的抑制作用;三是在癌细胞繁殖阶段,大豆异黄酮有明显抑制肿瘤血管增生的作用,间接抑制肿瘤细胞的生长;四是大豆异黄酮的抗氧化作用,能减轻活性氧、自由基对细胞的损伤,防止细胞突变和癌发生。植物异黄酮的

抗肿瘤作用突出地表现在一些对激素有依赖的肿瘤上,如乳腺癌(雌激素依赖性肿瘤),大量的实验及临床研究已证明此点,同时对其他一些肿瘤,如胃肠道肿瘤、肝癌和前列腺癌等也有抑制作用。

2.4 降低胆固醇的作用

人群膳食干预试验发现,血胆固醇正常的女性每天摄入 45 mg 的异黄酮后,可使血胆固醇下降。Potter、Anderson、Anthony 等对绝经女性和动物的研究表明,大豆异黄酮可有效地降低总胆固醇、低密度脂蛋白(LDL)、极低密度脂蛋白(VLDL)水平,并抑制动脉粥样斑块的形成。

3 大豆异黄酮遗传育种

大豆异黄酮是大豆种子中的重要成分,它在种子中的含量受遗传、经纬度、海拔、温度和光照等因素的影响。进一步了解这些因素对大豆种子中异黄酮积累的影响,将有利于大豆异黄酮遗传育种工作。

3.1 大豆异黄酮遗传特性

大豆异黄酮含量受多种内外因素的影响,其中遗传因素是其重要的影响因子之一。大豆异黄酮含量的遗传具有数量性状遗传的特点。大豆异黄酮的含量受主效基因和微效基因控制,控制异黄酮含量的主效基因的遗传变异是极显著的,微效基因不显著。大豆异黄酮在种子中的积累是经过一系列的酶催化完成的,在这些酶中,有的对异黄酮的合成起着关键性的作用,有些起着次要的作用。这正说明了大豆异黄酮的质量-数量性状的遗传特点,关键酶代表主效基因,次要酶代表微效基因。当合成异黄酮的关键酶受到抑制时,异黄酮的积累量相对减少;次要酶受到抑制时,异黄酮的积累也相对减少,但对总含量的影响不大。

3.2 不同环境条件对大豆种子中异黄酮积累的影响趋势

3.2.1 不同大豆品种的异黄酮含量与经纬度以及海拔高度的相互关系

孙君明等研究了 7 个不同大豆品种的异黄酮含量与纬度和海拔高度呈正相关,与经度呈负相关。不同品种所达到的显著程度不同。就相对程度而言,纬度与各品种的相关程度最高,且均达到显著或极显著水平;与经度相关程度次之;与海拔高度的相关最低(表 2)。

表 2 7 个大豆品种的异黄酮含量与经纬度以及海拔高度之间的相关系数 (孙君明等,1997)

品种	南汇早黑豆	楚秀	淮豆 1 号	吉林 3 号	901-5024	鲁黑豆 2 号	张家口黑豆
纬度	0.810*	0.926**	0.923**	0.840*	0.983**	0.943**	0.922**
经度	-0.912*	-0.986**	-0.879*	-0.794	-0.999**	-0.945*	-0.745
海拔	0.658	0.536	0.839**	0.515	0.667	0.801*	0.377

注:* 和 ** 分别表示 $P_{0.05}$ 和 $P_{0.01}$ 的显著水平,下表同。

3.2.2 不同大豆品种的异黄酮含量与平均气温、降水量和日照时数的相关关系

表 3 7 个大豆品种的异黄酮含量与平均气温、降水量和日照时数的相关系数 (孙君明等,1997)

品 种	平均含量	南汇早黑豆	楚秀	淮豆 1 号	吉林 3 号	901-5024	鲁黑豆 2 号	张家口黑豆
平均气温	-0.879**	-0.786*	-0.839**	-0.844**	-0.682	-0.932**	-0.935**	-0.728*
降 水 量	-0.566	-0.451	-0.618	-0.671	-0.428	-0.532	-0.690	-0.301
日照时数	0.600	0.674	0.418	0.727*	0.589	0.508	0.616	0.394

孙君明等研究表明,大豆异黄酮的含量与平均温度和降水量呈负相关,与日照时数呈正相关。平均含量与平均气温的相关程度最高,达显著水平($r=-0.879$);与日照时数相关次之($r=0.600$);与降水量之间的相关最低($r=-0.566$)。

3.3 大豆异黄酮遗传育种

大豆异黄酮对于人体具有重要的保健作用,但同时异黄酮产生的苦味,使大豆制品适口性较差。国外对大豆异黄酮的研究比较深入,尤其是美国和日本。目前他们已成功选育出一批异黄酮大豆新品种,而我国在异黄酮品种选育方面相对还比较落后。

3.3.1 育种目标制定

我国作为大豆的主要生产国之一,要立足于国际市场,就必须不断根据市场需求,改进大豆品质。在大豆异黄酮育种方面,可以根据不同需求制定高异黄酮(用作异黄酮提取原料等)或低异黄酮(用作食品加工原料等)的选育目标。

3.3.2 亲本选择

由于异黄酮的遗传存在主效基因效应,因此,在大豆异黄酮的品质改良中,亲本的选择十分重要。根据育种目标选择高或低异黄酮含量的杂交后代,亲本之一亦应具有高或低异黄酮含量,而且微效基因有正反两方面的作用,特别在微效基因的遗传变异相对较大的组合或世代中,其效应更不应该忽视。在大豆异黄酮的育种选择过程中,要想获得理想的基因组合,一是采用双亲异黄酮含量均高或均低的组合,这样的组合出现正向或负向超亲的机会较少,但高含量或低含量异黄酮的个体较多;二是可通过超亲来达到理想目的,超亲率高的组合虽然双亲并不十分优良,但大量的超亲现象可以弥补双亲的不足,使后代拥有较多的优良个体;而那些中亲值不高,正向或负向超亲少的组合,育种选择的几率变小。

3.3.3 杂交后代选择

大豆异黄酮具有数量性状的遗传特点,因此,判断一个异黄酮杂交组合是否优良,主要体现于它在各世代的正态分布或近正态分布,是偏于高值还是偏于低值。即一个异黄酮杂交组合是否优良,主要着重于这个组合是不是大多数个体表现含量较高(异黄酮含量介于双亲之间,偏于高亲值的个体较多)。一般在群体分布偏于低值的组合中,很难选出突出的高含量个体。所以,在杂交的早期世代,抓住那些表现偏高值的组合,重点地进行选择是很有意义的。

大豆杂种 F_2 子粒异黄酮含量开始出现明显分离。杂交后代异黄酮含量的变化,目前发现只受一个主效基因控制,所以对异黄酮的选择可以在较早的分离世代进行,但在单株选择时,应优先选择主效基因型纯合的植株,再选择农艺性状优良的植株。孙君明、常镇汝等研究杂交后代异黄酮含量变化的结果表明,杂种 F_1 、 F_2 异黄酮含量介于双亲之间,而且与双亲具有一定的相关性,双亲异黄酮含量制约着 F_1 、 F_2 异黄酮含量的变化。双亲对 F_3 以及后续世代的影响较大,所以,在大豆异黄酮的育种选择过程中,对选择后续世代非常重要。

4 大豆异黄酮开发利用前景

现代人的生活节奏快、压力大,身体保健日受关注。大豆异黄酮对人体生理代谢有调节功能,有利于预防肿瘤发生、提高机体免疫功能、降低胆固醇和预防心血管等疾病发生。并且由于异黄酮在植物植株中同样含有并具有生物生化活性,可以利用异黄酮抑

菌作用,培育抗病植株,增加大豆植株抗病性,减少农药的使用量,提高经济效益。另外,在进行大量的动物试验后发现,大豆异黄酮对动物还具有提高繁殖能力、促进动物生长和提高泌乳性能等作用。我国具有丰富的大豆资源,我国的研究开发人员应加紧开发含有大豆异黄酮的各种新产品,创造出可观的经济效益。经调查,市场对大豆异黄酮的年需求量在 1 500 t,而目前的年生产量为 500 t,大豆异黄酮的研究开发还有很大的市场潜力。

目前,在全球范围内,大豆异黄酮类产品都是以功能食品的身份在市场上销售,有消息称,国际上一些大型制药企业也已经开始了大豆异黄酮药物的研发。在美国和欧洲,以大豆异黄酮为主要成分的保健食品已成为一种新型畅销食品。据统计,全球各种大豆异黄酮保健食品总销售额已达 2~3 亿美元。目前,该类产品最大的生产厂家是美国的 ADM 公司。国外市场上含有大豆异黄酮的保健食品达数十种。但国内至今尚未开发出大众化的大豆异黄酮保健食品。第四届世界大豆加工与利用会议期间,专设大豆食品和人类健康的分会场,报告在大豆营养、保健功能研究中的新进展。生产厂家大力开发适合欧美人口味的大豆功能食品,从大豆中提取的药品、保健品(如大豆异黄酮、卵磷脂)已大量投放市场。美国大豆育种家重视选育食用、菜用大豆品种和针对特定加工用途的品种。预计在 21 世纪初,大豆食品在欧美国家将日益普及,蕴藏着巨大的商业机会。

参考文献:

- [1] 孙君明,等.大豆异黄酮的研究概况[J].大豆科学,1995,(5).
- [2] 王春娥,等.大豆异黄酮的成分、含量及特性[J].食品科学,1998,19(4).
- [3] 孙君明,等.地理环境对大豆种子异黄酮积累的影响趋势[J].大豆科学,1997,16(4).
- [4] 孙君明.大豆子粒中异黄酮含量的遗传初步分析[J].中国农业科学,2002,35(1):16-21.
- [5] 孙君明,等.大豆子粒中异黄酮含量的质量-数量性状的遗传分析初探[J].大豆科学,1998,17(4).
- [6] 孙君明,等.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).
- [7] 刘志胜,等.大豆异黄酮及其生理功能研究进展[J].食品工业科技,2000,(1).
- [8] 毛峻琴.大豆异黄酮的研究进展[J].中草药,2000,31(1):61-64.
- [9] 莫惠东.质量-数量性状的遗传分析 I. 遗传组成和主效基因基因型鉴别[J].作物学报,1993,19(1):1-6.
- [10] Kudou, S et al. Agric Biol Chem 1991, 55: 2227-2233.
- [11] Horowitz, R M & Asen, S. Phytochemistry(Oxf). 1989, 28: 2531-2532.
- [12] Eldridge, A & K wolek, W F J. Agric. Food Chem. 1983, 31: 394-396.
- [13] Walz, E. Ann. Chem. 1931. 498: 118-155(in German).
- [14] Naim M, et al. Soybean isoflavones characterization, determination and antifungal activity. J. Agri. Food Chem. 1974, 22(5): 806-810.
- [15] Morris P F, et al. Identification and accumulation of isoflavonoids and isoflavone glucosides in soybean leaves and hypocotyls in resistance responses to *Phytophthora megasperma* f. sp. *Glycines*.Physiological and Molecular Plant Pathology, 1991, 39: 229- 244.
- [16] Coward L, et al. 1993, Genistein, daidzein and their β -glycoside conjugates:antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets[J]. Agric Food Chem, 41, 1961-1967.
- [17] Kosslak R M, et al. Induction of *Bradyrhizobium japonicum* common in nod genes by isoflavones isolated from *Glycine max*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1987, 84: 7428-7432.
- [18] Huang A, et al. 1981, Characterization of the nonvolatile minor constituents responsible for the objectionable taste of defatted soybean flour[J]. Food science 47, 19-23.
- [19] Koes R E. Spelt C E. Mol. N M. The chalcone sybthase multigene family of *Petunia hybrida*(V30): differential light-regulated expression during flower development and UV light induction. Plant Mol. Biol. 1989, (12): 213-225.