

## 施肥、品种及密度对大豆籽粒异黄酮含量的影响

张大勇<sup>1,2</sup>, 谢甫绌<sup>1</sup>, 李文滨<sup>2</sup>, 李冬梅<sup>2</sup>, 张淑珍<sup>2</sup>, 滕卫丽<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>沈阳农业大学农学院, 辽宁 沈阳 110161; <sup>2</sup>东北农业大学大豆所, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**大豆异黄酮由于其特定生理保健功能而受到越来越广泛的关注。2006年进行了砂培试验,用以探索氮、磷、钾肥单因素对大豆籽粒异黄酮含量的影响规律。结果表明:氮肥对大豆籽粒异黄酮总含量有较大影响,低氮处理较高氮处理异黄酮总含量增加54.9%,低氮处理较均衡施肥异黄酮总含量增加23.3%。2007年进行了氮肥施用量、品种与栽培密度3因素田间试验。结果表明:品种、密度、施氮量3项效应及其所有的交互项对大豆籽粒异黄酮总含量与3种组分含量均具有极显著的效应。氮肥施用量对大豆籽粒异黄酮含量的影响规律与砂培试验的结果一致,即大豆籽粒异黄酮总含量随氮肥施用量的增加而降低。不同氮肥施用量、不同密度水平及不同品种间异黄酮总含量的变异幅度为5.97%、10.49%和28.44%。由于单项因素及交互项效应的存在,在进行高低异黄酮大豆栽培生产时,考虑各单项因素的同时也应注意各项因素不同水平的最佳组合。

**关键词:**大豆异黄酮;品种;密度;施肥

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2009)01-0076-05

## Effects of Fertilier, Variety and Planting Density on the Contents of Soybean Isoflavones

ZHANG Da-yong<sup>1,2</sup>, XIE Fu-ti<sup>1</sup>, LI Wen-bin<sup>2</sup>, LI Dong-mei<sup>2</sup>, ZHANG Shu-zhen<sup>2</sup>, TENG Wei-li<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Agricultural College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, Liaoning; <sup>2</sup>Soybean Institute, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Isoflavones in soybean seed are attached great importance for its physical functions for human health. To elucidate the change trend of isoflavone content under different fertilizer, single factor experiment of nitrogen, phosphorous, and potassium application level with sand culture condition was conducted. Results showed that N-application rate affected isoflavone content significantly, and isoflavone content in soybean seed were respectively increased 54.9% and 23.3% in the low ( $0.06 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ) N-application rate than that in high ( $0.48 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ) and middle ( $0.24 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ) N-application rate. In 2007, these results were further verified in the field conditions. Moreover, effect of variety and planting density on soybean isoflavone content were also tested. The results suggested that variety, planting density, fertilization, and their interactions obviously affected soybean isoflavones content. The variation range of soybean isoflavones content was 5.97% for N-application rate, 10.49% for planting densities, and 28.44% for different varieties. Considering the interaction among these three factors, we should pay attention to the optimized combination of three factors for low/high isoflavone production.

**Key words:** Isoflavones; Fertilizer; Variety; Planting density

大豆异黄酮由于其特定生理保健功能而受到越来越广泛的关注。前人研究发现,生态环境对大豆籽粒异黄酮含量有很大的影响。异黄酮含量随年份、地点变化会产生很大变异幅度<sup>[1-4]</sup>。前人同时也作了气象因子等方面的研究<sup>[5]</sup>,找到了一些与异黄酮含量相关密切的生态因子。但是,其中很多生

态因子都是不可控的条件。

对于相对可控的农艺措施中,肥料元素方面,孙君明等<sup>[6]</sup>研究了氮肥对异黄酮的效应,涉及的2个大豆品种(90I-5024和灌县穿心绿)在高氮肥条件下比正常氮肥(全氮)下的异黄酮含量偏低,而在半量氮肥和根瘤菌条件下,2个品种表现不同,低含量

收稿日期:2008-08-18

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2006BAD01A04);黑龙江“十一五”科技攻关资助项目(GA06B101-1-3)。

作者简介:张大勇(1976-),男,在职博士研究生,助理研究员,研究方向大豆遗传育种。E-mail:zhangdayong03@yahoo.com.cn。

通讯作者:谢甫绌,教授,博士生导师。E-mail:snssoybean@yahoo.com.cn。

水平的灌县穿心绿在半量氮肥下异黄酮含量最高,接种根瘤菌后含量却降低;高含量水平的90I-5024在接种根瘤菌后含量却升高,半量氮肥条件下含量最低,表明不同品种对肥料的反应不同,表现为异黄酮含量的差异。大豆异黄酮总含量及其组分大豆黄素、染料木素和黄豆黄素在钾从低到高的不同级别中,随大豆产量的增加,含量增幅明显,甚至增加50%。并且高产肯定伴随着高的异黄酮含量<sup>[7]</sup>。可见栽培措施中的肥料对异黄酮含量有一定的影响。

不同品种间大豆籽粒异黄酮含量差异很大,Kitamura等利用高效液相色谱(HPLC)技术分析了200份日本栽培大豆品种,筛选出一批春播大豆异黄酮含量低的品种<sup>[8]</sup>。巴西的Carro-panizzi也从25份大豆品种中筛选出1份异黄酮含量高的IAC-80品种和1份异黄酮含量很低的BR-36品种<sup>[9]</sup>。孙君明等对50份中国大豆栽培品种进行了研究分析,发现中国大豆品种间存在很大差异,含量低的如楚秀含量为 $446 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,含量高的如淮豆1号的含量为 $6\ 678 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ <sup>[10]</sup>。

综合前人的研究结果可见,基因型及环境条件对大豆籽粒异黄酮含量均具有较大的影响。异黄酮含量与大豆的产量性状同样是在基因型和环境条件的共同作用下通过复杂的生理生化活动和生化代谢过程完成的。

但是对于密度、施肥等综合栽培农艺措施对于大豆籽粒异黄酮含量影响却鲜有报道。在一定的基因型条件下,通过适宜的栽培措施,可以使品种的优良特性得到最大的发挥。因此,在培育出优良品种的同时,研究其高产高效的配套栽培技术至关重要。选定哈尔滨一个地点,探讨密度、施肥、品种三方面对大豆籽粒异黄酮含量的影响,期望衡量它们的相对重要性及为探索本地区在异黄酮含量方面适宜的栽培模式提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

1.1.1 砂培肥料试验 2006年在东北农业大学试验实习基地遮雨棚中进行砂培试验。大量元素营养液配方为普良尼什克夫(Прянишников)营养液配方,微量元素配方为(arnon)营养液配方。设置了氮、磷、钾三元素的高、中、低三水平处理。氮肥低、中、高3个水平通过调节营养液中的 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 的浓

度来实现:LN,  $0.06 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ; MN,  $0.24 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ; HN,  $0.48 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。磷肥低、中、高3个水平通过调节营养液中的 $\text{CaHPO}_4$ 的浓度来实现:LP,  $0.043 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ; MP,  $0.172 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ; HP,  $0.344 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。钾肥低、中、高3个水平通过调节营养液中的 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 的浓度来实现:LK,  $0.04 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ; MK,  $0.16 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ; HK,  $0.32 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。3种元素的中间处理水平为均衡营养液浓度。每天上午每盆(33 cm直径盆)中浇营养液1 000 mL。

1.1.2 田间试验 试验于2007年在东北农业大学试验实习基地(哈尔滨)进行。土壤基础肥力为碱解氮 $140.26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效磷 $40.71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾 $72.53 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有机质3.58%,土壤pH值6.7。

选择7个熟期在哈尔滨相对较为适宜的大豆品种:东农183、东农51、东农48、黑农37、黑农48、垦丰16、绥农14。

施氮量设30、50、70  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 3个水平,分别用F1、F2、F3表示;密度设17、22、27万株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 3个水平,分别用D1、D2、D3表示。其中F2为产量目标3 000  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 下的施氮量,27万株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 为哈尔滨地区的适宜密度水平。田间试验采用完全随机试验设计,4行区,5 m行长,小区面积14  $\text{m}^2$ 。施肥时按照公顷施肥量折合小区用量,以底肥形式于播种前施入。收获时取中间2行的中间3 m行长测产并进行异黄酮含量分析。

### 1.2 室内分析

采用美国戴安高效液相色谱仪系统定量测定样品中的异黄酮含量。色谱系统包括:UVD170紫外检测器,C18色谱柱,AT330柱温箱,AXW-5温度控制器,ASI-100自动进样注射仪,P680高效液相色谱泵,CHROMELEON操作系统。

色谱分析条件:色谱柱:150 mm  $\times$  4.9 mm C18HICHROM316A-LOK(UK);流动相:去离子水;色谱级甲醇=50:50;流速:1  $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ;检测波长:254 nm;柱温:50 $^{\circ}\text{C}$ ;进样量:10  $\mu\text{L}$ ;分析时间:25 min。

异黄酮标准样品购自美国Sigma公司,样品根据标样的保留时间定性,根据标准样品峰面积定量。

以色谱峰峰面积对进样量进行线性回归分析。用Excel软件处理得回归方程。分别为:大豆黄素: $y = 1.158x - 0.0702$ ,  $R^2 = 0.9986$ ,出峰时间为11 min;大豆染料木素: $y = 0.806x + 0.1860$ ,  $R^2 = 0.9994$ ,出峰时间为17 min;黄豆黄素: $y = 2.4013x$

+ 0.0061,  $R^2 = 0.9970$ , 出峰时间为 13 min。

采用张晓波等<sup>[11]</sup>的方法进行样品的前处理。准确称取大豆粉样品 0.100 g 加入 25 mL 容量瓶中,加入 2.0 mol·L<sup>-1</sup> 的盐酸 7 mL, 在旋混仪上充分混匀后,在水浴锅水解,水解温度为 90℃,水解时间 90 min。冷却至室温后,加入氢氧化钠溶液调 pH 值至 7 之后,加入无水乙醇定容至 25 mL。用 0.45 μm 滤膜过滤,加入液谱专用小瓶中封口,4℃ 下保存待测。

参照鞠兴荣<sup>[12]</sup>提供的大豆黄素、黄豆黄素、染料木素三种苷元与其相应葡萄糖化化合物的换算系数(分别为 1.64、1.54、和 1.60)进行换算。

### 1.3 统计分析方法

采用 SPSS12.0 及 Excel 进行数据统计分析。方差分析中密度、施肥及品种项均为固定相,使用一般线性模型(GLM)进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 肥料砂培试验

由图 1 结果可见,单因素肥料处理中氮肥处理对大豆籽粒异黄酮总含量影响幅度最大。低氮处理较高氮处理异黄酮总含量高 54.9%,低氮处理较均衡营养液施肥处理异黄酮总含量高 23.3%。磷肥处理中,各处理间差异不大。钾肥处理中,高低处理

表 1 大豆籽粒异黄酮含量方差分析

Table 1 Variance analysis of isoflavone contents of soybean seed

异黄酮 Isoflavone	密度(D) Planting densities	施肥(F) Fertilization	基因型(G) Genotype	密度×施肥 D×F	基因型×密度 G×D	基因型×施肥 G×F	基因型×密度× 施肥 G×F×D
大豆黄素 Daidzein	**	**	**	**	**	**	**
黄豆黄素 Glycitein	**	**	**	**	**	**	**
染料木素 Genistein	**	**	**	**	**	**	**
总含量 Total isoflavones	**	**	**	**	**	**	**

\*\* 表示 0.01 的显著水平。

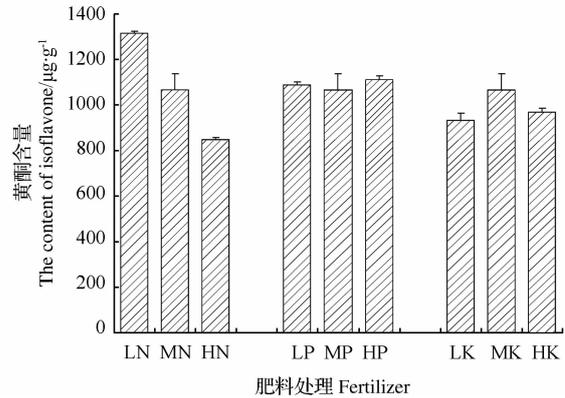
\*\* Mean significant at the 0.01 probability levels.

#### 2.2.1 栽培密度对大豆籽粒异黄酮含量的影响

由密度水平的多重比较结果(表 2)可见,大豆黄素、染料木素及总含量均以 D2 含量最高,D1 含量其次,D3 含量最低。黄豆黄素的含量以 D3 最高,D2 其次,D1 最低。综合试验结果,可见哈尔滨在以大豆黄素、染料木素及总含量为生产目标的大豆生产栽培中,密度应在 22 万株·hm<sup>-2</sup>左右。

2.2.2 施氮量对大豆籽粒异黄酮含量的影响 大豆黄素、染料木素及总含量均以 F1 含量最高,F2 其次,F3 最低(表 3),这与砂培试验的规律一致。结

较均衡营养液施肥处理异黄酮含量有所降低,但是幅度较氮肥处理小很多。因此,2007 年针对氮肥施用量、品种、密度进行田间试验。



LN: low N; MN: middle N; HN: high N  
LP: low P; MP: middle P; HP: high P  
LK: low K; MK: middle K; HK: high K

图 1 肥料处理对大豆籽粒异黄酮总含量的影响

Fig 1 The effect of different fertilizer treatments on the content of isoflavone

### 2.2 田间试验分析

密度、施肥、品种及它们互作对大豆籽粒异黄酮总含量及 3 项组成成分的影响均达到极显著水平(表 1)。由此可见,在以异黄酮含量为目标的大豆栽培生产中,品种、密度、施肥及其互作均应为的考虑范围。

表 2 不同密度水平下大豆籽粒异黄酮含量的差异

Table 2 Diversity of isoflavone contents in different planting densities

密度水平 Planting densities	大豆黄素含量 Daidzein	黄豆黄素含量 Glycitein	染料木素含量 Genistein	总含量 Total isoflavones
D1	361.75Bb	103.04Cc	794.78Bb	2023.59Bb
D2	375.37Aa	114.80Bb	851.27Aa	2154.43Aa
D3	352.65Cc	117.65Aa	743.98Cc	1949.89Cc
%	6.44	14.18	14.42	10.49

% 表示为最高含量与最低含量的差值比上最低含量再乘 100%,下同。

% Mean a percentage = (highest - lowest) / lowest, the same as bellow.

果表明,哈尔滨在以大豆黄素、染料木素及总含量为  $\text{hm}^{-2}$  其以下水平。

生产目标的大豆生产栽培中,施氮量应在  $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  以下。2.2.3 品种对大豆籽粒异黄酮含量的影响 各品

表3 不同施肥水平下大豆籽粒异黄酮含量的差异

Table 3 Diversity of isoflavone contents in different N-application rate/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

施肥水平 Fertilization level	大豆黄素含量 Daidzein	黄豆黄素含量 Glycitein	染料木素含量 Genistein	总含量 Total isoflavones
F1	368.64Aa	111.08Bb	840.01Aa	2119.65Aa
F2	358.27Cb	114.06Aa	778.06Bb	2008.11Bb
F3	362.86Bb	110.35Bb	771.95Cb	2000.15Cb
%	2.89	3.36	8.82	5.97

种间的异黄酮总含量及各组分含量的差异较大(如表4),7个供试品种中V4的大豆黄素含量最高,V2的染料木素含量最高。在总含量上V2与V4的含

量极显著的高于其他参试品种,但是该2个品种没有显著差异。V7的大豆黄素含量、染料木素含量及总含量在参试品种中最低。

表4 不同品种大豆籽粒异黄酮含量的差异

Table 4 Diversity of isoflavone contents in different varieties/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

品种 Varieties	大豆黄素含量 Daidzein	黄豆黄素含量 Glycitein	染料木素含量 Genistein	总含量 Total isoflavones
V1	385.78 Bb	114.79Bb	788.11Cc	2070.43Bb
V2	387.89 Bb	110.66Cbc	885.15Aa	2222.79Aa
V3	350.00 Dd	103.78Ed	798.24Cc	2011.11Ced
V4	425.08 Aa	114.57Bb	845.06Bb	2225.67Aa
V5	354.64 Ded	123.51Aa	759.64Dd	1987.24Cd
V6	360.75 Cc	108.47CDe	806.10Cc	2048.44Bbc
V7	278.66 Ee	107.02Ded	694.41Ee	1732.88Dd
%	52.54	19.01	27.47	28.44

V1: 东农183, V2: 东农51, V3: 东农48, V4: 黑农37, V5: 黑农48, V6: 垦丰16, V7: 绥农14。下同。

V1: Dongnong 183, V2: Dongnong 51, V3: Dongnong 48, V4: Heinong 37, V5: Heinong 48, V6: Kenfeng 16, V7: Suinong 14. The same as below.

从表1到表3的变异幅度数值可见,影响异黄酮含量的3项因素中,品种项的异黄酮总含量及3项组分含量的变异幅度最大,密度的变异幅度其次,肥料的变异幅度最小。因此,在哈尔滨进行高、低异黄酮大豆生产中,首先要对品种加以选择,其次注重栽培密度,而后注意施肥的处理。并且,综

合表2中各项互作效应的存在,在进行高、低异黄酮生产时品种、密度、施肥三项因素的组合也应考虑。

2.2.4 各因素互作效应分析 由于互作效应的存在,使得各因素不同处理水平间有一个最优组合问题。各组合异黄酮总含量见表5(各异黄酮组分含

表5 不同处理组合的异黄酮总含量

Table 5 Effect of different treatment combinations on the total content of isoflavones

密度 Planting densities	施肥量 Fertilizer	品种 Varieties						
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
D1	F1	1969.20	1856.66	2420.51	2018.83	1887.88	1851.55	2257.72
	F2	2165.48	2458.16	1796.27	2069.04	1848.67	1741.96	2157.29
	F3	1646.01	2331.17	2039.46	2340.02	1713.79	2082.13	1843.59
D2	F1	2306.42	2180.24	1930.27	2748.78	1877.68	2724.57	1637.72
	F2	1967.65	2295.62	1938.00	2029.43	1987.97	2286.09	1927.77
	F3	2345.80	2432.38	2191.27	2688.59	2173.88	2073.14	1499.77
D3	F1	2400.91	2230.74	2424.70	2464.01	2045.95	1904.64	1373.72
	F2	1597.05	2120.46	1723.98	2234.90	2602.62	1873.64	1348.19
	F3	2235.36	2099.67	1634.60	1437.46	1746.70	1898.24	1550.14

量未列出)。从表 5 可以得出,异黄酮总含量最高处理组合为 D2F1V4;最低 D3F2V7。大豆黄素含量最高处理组合为 D3F1V4( $596.44 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ),最低为 D3F2V7( $227.75 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )。黄豆黄素含量最高处理组合为 D3F2V5( $289.51 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ),最低为 D1F2V5, ( $55.11 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )。染料木素含量最高处理组合为 D2F1V4 ( $1119.67 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ),最低为 D3F3V4 ( $403.57 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )。

### 3 讨论

大豆籽粒异黄酮作为一种次生代谢产物,其含量受环境条件的影响很大,这在前人的研究结果中已经得到了充分的证实。生态条件对大豆籽粒异黄酮含量的影响特别大,如年份间变异幅度甚至达到 3 倍,但是生态条件的年度间变化无法准确预测,也相对不可控。相对来说,农艺措施方面,如施肥、密度、品种选择方面更可控。从栽培措施方面进行研究的较少,结果得出氮肥施用量对大豆籽粒异黄酮含量有显著的影响,并且不同品种对氮肥施用量的反应不同,这与孙君明的结果一致。对于密度水平对大豆籽粒异黄酮含量影响的研究未见报道。品种间异黄酮含量差异的报道较多,品种间具有较大差异,这在试验中也得到了验证。将密度、施肥及品种联系在一起,衡量几者的相对重要性,初步认为涉及因素中效应大小的顺序为:品种 > 密度 > 施肥。但是,试验仅限于哈尔滨地区的结果分析,若要得到更为充分的证实需要多年多点的栽培试验。

### 4 结论

氮、磷、钾三种肥料元素中氮肥对大豆籽粒异黄酮含量影响幅度最大,低氮处理较高氮处理异黄酮总含量增加 54.9%,低氮处理较均衡施肥异黄酮总含量增加 23.3%。大豆籽粒异黄酮含量的氮肥施用量、密度、品种及其互作均有极显著效应。氮肥施用量间、密度间、品种间大豆籽粒异黄酮总含量及其 3 种组份含量存在显著差异。由于氮肥施用量间、密度间、品种间互作效应的存在,在以大豆籽粒异黄酮含量为目标性状的大豆生产中应通过试验找到品种、施肥水平、密度的最佳组合,从而

达到从农艺措施角度对大豆籽粒异黄酮含量加以调控的目的。

### 参考文献

- [1] Eldridge A C, Kwolek W F. Soybean isoflavones; effect of the environment and variety on composition[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1983, 31: 394-396.
- [2] Wang H J, Murphy P A. Isoflavone composition of American and Japanese soybean in Iowa; effects of Variety, crop year, and location [J]. *Agricultural and Food Chemistry*, 1994, 42: 1674-1677.
- [3] Hoeck J A, Fehr W R, Murphy P A, et al. Influence of genotype and environment on isoflavone contents of soybean [J]. *Crop Science*, 2000, 40: 48-51.
- [4] Tsukamoto C, Shimada S, Igita K, et al. Factors isoflavone content in soybean seeds; changes in isoflavones, saponins, and composition of fatty acids at different temperatures during seed development [J]. *Journal of Agriculture Chemistry*, 1996, 43: 1184-1192.
- [5] 李卫东, 梁慧珍, 卢为国, 等. 大豆籽粒异黄酮含量与生态因子相关关系的研究 [J]. *中国农业科学*, 2004, 37 (10): 1458-1463. (Li W D, Liang H Z, Lu W G, et al. Effects of eco-physiological factors on isoflavone contents in soybean seeds [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(10): 1458-1463.)
- [6] 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: 10-13. (Sun J M, Ding A L. Evaluation of factors affecting isoflavone content in soybeans [J]. *Journal of The Chinese Cereals and Oils Association*, 1998, 13: 10-13.)
- [7] Yin X H, Vyn T J. High soybean yield can mean higher concentrations of isoflavones [J]. *Better Crops*, 2005, 89(4): 13-15.
- [8] Kitamura K A. Low isoflavone content in some early maturing cultivars socalled "summer type soybean" [J]. *Japanese Journal of Breeding*, 1991, 41: 651-654.
- [9] Carrao-panizzi M C, Kitamura K. Isoflavone content in Brazilian soybean cultivars [J]. *Breeding Science*, 1995, 45: 295-300.
- [10] 孙君明, 丁安林, 常汝镇, 等. 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. (Sun J M, Ding A L, Chang R Z, et al. Preliminary results on the content of Chinese soybean [J]. *Journal of The Chinese Cereals and Oils Association*, 1995, 10(4): 51-54.)
- [11] 张晓波, 吴岩, 林红. 高效液相色谱测定水解大豆中异黄酮方法研究 [J]. *粮食与油脂*, 2006(4): 19-21. (Zhang X B, Wu Y, Lin H. Study on method of hydrolyze isoflavone in soybean by HPLC [J]. *Cereals & Oils*, 2006(4): 19-21.)
- [12] 鞠兴荣, 袁建, 汪海峰. 高效液相色谱法测定大豆提取物中大豆异黄酮的含量 [J]. *中国粮油学报*, 2000, 15(4): 26-29. (Ju X R, Yuan J, Wang H F. Determination of isoflavone in extract of soybean by HPLC [J]. *Journal of The Chinese Cereals and Oils Association*, 2000, 15(4): 26-29.)