

# 大豆地方品种豆腐产量与有关加工性状遗传变异的初步研究\*

章晓波 盖钧镒

(南京农业大学大豆研究所 210014)

## 摘 要

本文采用 298 份大豆材料(其中主要是南方和黄淮海地区地方品种)研究湿、干豆腐产量、湿豆腐含水率、蛋白质原料利用率、蛋白质抽提率、蛋白质凝固率、残余蛋白率、豆腐蛋白保水率等 8 个性状的遗传变异。南方与黄淮海来源品种豆腐产量及有关加工性状的变异均较大,但干、湿豆腐产量等,南方品种的平均数显著大于黄淮海品种平均数。子粒全蛋白含量与豆腐产量未见显著线性相关,但与豆腐蛋白保水率极显著负相关。百粒重与豆腐产量极显著正相关,与蛋白质原料利用率显著正相关。黑种皮品种豆腐产量、蛋白质原料利用率和抽提率的平均数极显著低于其它种皮色品种。

**关键词** 大豆地方品种;豆腐产量与有关加工性状;遗传变异

豆腐是我国首创的传统大豆食品,我国人民在实践中对大豆品种豆腐产量及有关加工性状的特点积累了丰富的经验,但系统的研究却始于国外。一些研究<sup>[9,10,11]</sup>表明,品种间豆腐产量存在显著遗传差异。周新安等<sup>[6]</sup>(1992)对蛋白质含量不同的 15 个大豆品种研究的结果,豆腐产量和豆浆、豆腐蛋白质含量等品种间有差异,但与大豆全蛋白含量无显著相关。以往的研究建立在小样本基础上,为验证和发展已有结果,本文通过对大样本的研究,探索豆腐产量及有关加工性状的遗传变异,为豆腐加工用品种的选育提供依据,同时筛选适于加工豆腐的特异种质材料。

## 材料与方法

按品种的地理来源,从南京农业大学大豆研究所 1990 年资源圃 1184 份材料中抽取

\* 本文于 1993 年 10 月 12 日收到。

This paper was received Oct. 12, 1993.

298份作供试材料,其组成如下:江苏114,江西30,安徽24,山东23,云南4,广东9,浙江13,辽宁2,湖北14,四川8,福建8,河南7,贵州7,北京5,上海4,陕西4,广西3,湖南2,河北1,台湾2,美国11,日本1,越南1,墨西哥1,其中,主要来自我国南方及黄淮海地区。

田间试验于1991年在南京农业大学卫岗试验站进行,采用完全随机区组设计,2次重复,2行区,行长1.67米,行距0.33米,条播。由于灾害性天气,延迟于7月21日播种,田间管理与一般大田生产相似。考察花色、茸毛色、种皮色、脐色扩散性、百粒重等。

实验室豆腐加工按Zuzman<sup>[7]</sup>(1986)和周新安等<sup>[8]</sup>(1992)的方法进行,考察8个豆腐加工性状(大豆样品风干重都是30克):

$$\text{湿豆腐产量} = \frac{\text{该样品制成豆腐的湿重}}{\text{大豆样品风干重}} \times 100 (\text{克}/100 \text{克})$$

$$\text{干豆腐产量} = \frac{\text{该样品制成豆腐的烘干重}}{\text{大豆样品风干重}} \times 100 (\text{克}/100 \text{克})$$

$$\text{湿豆腐含水率} = \frac{\text{湿豆腐重} - \text{干豆腐重}}{\text{湿豆腐重}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{蛋白质原料利用率} &= \frac{\text{该样品制成的湿豆腐重} \times \text{湿豆腐中蛋白质含量}(\%)}{\text{大豆样品风干重} \times \text{大豆中蛋白质含量}(\%)} \times 100\% \\ &= \text{蛋白质抽提率} \times \text{蛋白质凝固率} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\text{蛋白质抽提率} = \frac{\text{豆浆体积}(\text{ml}) \times \text{豆浆中蛋白质含量}(\text{g}/\text{ml})}{\text{大豆样品风干重}(\text{g}) \times \text{大豆中蛋白质含量}(\%)} \times 100\%$$

$$\text{蛋白质凝固率} = \frac{\text{湿豆腐重}(\text{g}) \times \text{湿豆腐中蛋白质含量}(\%)}{\text{豆浆体积}(\text{ml}) \times \text{豆浆中蛋白质含量}(\text{g}/\text{ml})} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{残余蛋白率} &= \frac{\text{大豆样品风干重} \times \text{大豆中蛋白质含量} - \text{豆浆体积} \times \text{豆浆蛋白质含量}}{\text{大豆样品风干重} \times \text{大豆蛋白质含量}} \times 100\% \\ &= 1 - \text{抽提率}(\%) \end{aligned}$$

$$\text{豆腐蛋白保水率} = \frac{\text{湿豆腐重} \times \text{湿豆腐含水率}}{\text{湿豆腐重} \times \text{湿豆腐蛋白质含量}} (\text{克水}/\text{克})$$

对供试材料中的夏大豆类型按湿豆腐产量分层随机抽取100个品种,用双缩脲方法<sup>[1,2]</sup>测定大豆种子全蛋白含量、豆浆及黄浆水的蛋白含量。统计分析方法按参考文献<sup>[3,4]</sup>(马育华,1982,1988)进行。

## 结果与分析

### 一、大豆地方品种豆腐产量与有关加工性状的遗传变异

#### 1. 大豆地方品种的豆腐产量

298个大豆品种湿、干豆腐产量的平均数分别为171.27g/100g和42.60g/100g(表1),但是各品种平均数间变化较大,湿、干豆腐产量的遗传变异系数分别为10.38%和12.20%,均较大,表明大豆品种中豆腐产量存在着丰富的遗传变异,具有较大的选择潜力。

鉴于实际商品加工以湿豆腐产量为准,因此按湿豆腐产量筛选出12份产量最高的材料(表2)。将当前生产上较为常用的1138-2、淮豆2号和泗豆11三个育成品种湿豆腐产量平均数作对照与12个品种的湿豆腐产量分别加以比较,则发现它们较对照相对高

13.67~20.19%。12个高产湿豆腐品种包括春、夏、秋3种播季类型,经独立性检验( $\chi^2=19.895<\chi^2_{0.05}=26.30$ ),表明湿豆腐产量与播季类型无关。

表1 豆腐产量及有关加工性状的平均数与遗传变异分析

Table 1 Mean and genetic variation of tofu yield and related processing characters

性 状 Trait	平均数 Mean	变 幅 Range	标准差 Standard deviation	遗传变异 系数(%) gcv	遗传力(%) h <sup>2</sup>	F
湿豆腐产量(克/100克) Fresh tofu yield	171.27	113.3~212.0	19.06	10.38	76.89	7.65**
干豆腐产量(克/100克) Dry tofu yield	42.60	22.5~51.8	5.62	12.20	74.95	6.98**
湿豆腐含水率(%) Percent of water content in fresh tofu	75.18	71.21~80.70	1.98	1.95	50.65	3.05**
豆腐蛋白保水率(克水/克) Ratio of water to protein of fresh tofu	4.89	3.00~9.59	1.07	18.63	56.85	3.65**
蛋白质原料利用率(%) Recovery of protein	63.49	32.32~84.74	10.49	14.11	57.51	3.71**
蛋白质抽提率(%) Extractability of protein	72.14	39.45~96.30	10.78	12.91	59.58	3.95**
蛋白质凝固率(%) Coagulability of protein	87.69	80.09~94.52	2.82	1.72	16.74	1.40*
残余蛋白率(%) Percent of residual protein	27.86	4.70~60.55	10.77	33.42	59.60	3.95**

注:1.遗传力计算以小区平均为单位  
2.\*表示0.05显著水平,\*\*表示0.01极显著水平  
Note:1.h<sup>2</sup> was calculated on a plot-mean basis.  
2.\* and \*\* represent significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

从表2可见,在我国各地都存在高产湿豆腐品种资源,但不同地理来源品种的平均数及变异度不尽相同(表3)。南方地区品种湿、干豆腐产量平均数显著和极显著高于黄淮海地区,分别为174.94克/100克对168.83克/100克湿豆腐及44.07克/100克对42.19克/100克干豆腐。两地区品种湿豆腐产量的方差差异不显著( $F=1.033<F_{0.05}$ ),两地区变异系数分别为南方13.78%和黄淮海14.03%,均存在着丰富的遗传变异;但黄淮海地区干豆腐产量的方差极显著大于南方( $F=11.00>F_{0.01}$ ),黄淮海地区变异更丰富些,其变异系数为12.18%,而南方为3.50%。14份国外引入材料湿、干豆腐产量平均数分别为173.0g/100g和43.8g/100g,均介于南方平均数与黄淮海平均数之间。

表2 高产湿豆腐品种一览表

Table 2 Varieties with superior fresh tofu yield

品种编号 Code of variety	湿豆腐产量(g/100g) Fresh tofu yield	干豆腐产量(g/100g) Dry tofu yield	来源省份 Source province	原产地播季类型 Planting season type
N3691-1-1	209.33	48.17	JS	Su
N22436	209.00	48.33	JS	Su
N3428-2-2	208.33	49.33	JS	Su
N3312	201.00	47.50	JS	Sp
N72-1	200.50	45.50	JS	Su
N3250-1	207.50	47.50	JX	Su
N3270-2	204.50	46.33	JX	Sp
N21175	203.67	51.83	JX	Au
N5994	202.00	43.33	ZJ	Sp
N3209	202.33	45.83	GD	Sp
N8628-1	212.00	46.50	YN	Su
N7485-1	201.17	43.83	LN	Su
CK	179.67	47.33	JS	Su

Note: JS=Jiangsu province; JX=Jiangxi province; ZJ=Zhejiang province; GD=Guangdong province; YN=Yunnan province; LN=Liaoning province; Sp=Spring planting season type; Su=Summer planting season type; Au=Autumn planting season type.

进一步分析江苏省的地方品种,苏南区、江淮区和淮北区湿豆腐产量平均数依次为180.8,176.8,172.2克/100克,干豆腐产量平均数依次为45.5,44.3,42.6克/100克,因此,省内干、湿豆腐产量的平均数有南部高于北部的趋势。LSD 测验结果表明,除苏南区干、湿豆腐产量平均数与淮北区差异均达极显著水平外,其余差异均不显著。将3个地区品种湿豆腐产量的方差进行 Bartlett 一致性检验( $\chi^2=5.451, P0.05\sim0.01$ ),差异不显著,但3个地区干豆腐产量方差差异极显著( $\chi^2=23.563, P<0.01$ ),淮北区的方差最大,而苏南与江淮无显著差异。

2. 大豆地方品种的蛋白质原料利用率、抽提率和凝固率

蛋白质原料利用率的遗传变异系数较大(表1),大豆品种中存在着丰富的遗传变异。抽提率同凝固率相比,前者的遗传变异系数大得多,且凝固率均在80%以上,说明凝固率在品种间表现较稳定,蛋白质原料利用率主要受抽提率的影响。提高蛋白质原料利用率应使用抽提率高的高蛋白品种,同时通过改进加工工艺,使更多的蛋白质提取出来。

100个夏大豆品种中有16个表现较高的蛋白质原料利用率,比对照(淮豆2号、泗豆11)分别相对高27.3~45.2%,其中6个品种抽提率较高,比对照分别相对高29.3~45.2%(表4)。

来源于南方及黄淮海的大豆地方品种,蛋白质原料利用率、抽提率和凝固率的平均数均差异不显著(表3),黄淮海蛋白质原料利用率的方差( $F=2.19\geq F_{0.01}$ )及抽提率方差( $F=2.41\geq F_{0.01}$ )均极显著大于南方,而凝固率方差差异不显著( $F=1.014< F_{0.05}$ )。

表 3 南方和黄淮海地区大豆地方品种豆腐产量、蛋白质原料利用率、  
蛋白质抽提率、蛋白质凝固率的平均数和标准差

Table 3 Means and standard deviations of tofu yield, protein recovery, protein extractability and  
protein coagulability of soybean landraces from Southern China and Huanghuaihai area

	地 区 Area	平均数 Mean	标准差 S. D.	变异系数(%) C. V.	变 幅 Range
湿豆腐产量 Fresh tofu yield	南方(154) Southern China	174.94	24.08	13.78	116.00~212.00
	黄淮海(118) Huanghuaihai area	168.83	23.69	14.03	113.33~209.00
干豆腐产量 Dry tofu yield	南方(154) Southern China	44.07	1.55	3.50	28.17~51.00
	黄淮海(118) Huanghuaihai area	42.19	5.14	12.18	22.50~49.17
蛋白质原料利用率 Protein recovery	南方(47) Southern China	65.23	8.20	12.57	42.07~77.17
	黄淮海(42) Huanghuaihai area	81.86	12.13	19.61	62.32~84.74
蛋白质抽提率 Protein extractability	南方(47) Southern China	74.01	8.13	10.99	52.19~86.46
	黄淮海(42) Huanghuaihai area	70.40	12.61	17.91	39.45~95.30
蛋白质凝固率 Protein coagulability	南方(47) Southern China	87.93	2.91	3.31	80.65~94.52
	黄淮海(42) Huanghuaihai area	87.51	2.89	3.30	80.09~92.64

注:括弧内为品种数

Note:The number in parentheses is the number of landraces.

表 4 蛋白质原料利用率和抽提率表现较高的品种一览表

Table 4 Landraces with superior recovery, extractability and coagulability of protein.

品种编号 Code of varieties	蛋白质原料利用率 Recovery of protein	蛋白质抽提率 Extractability of protein	来源省份 Province
N10709	78.55	86.57	JS
N3755—1	80.73	86.54	JS
N5466	74.42	86.47	JS
N10461	75.07		JS
N22334	74.51		JS
N22440	74.53		JS
N22651	74.29		JS
N22441—1	77.05		JS
N1797	74.93		ZJ
N1833	75.00		ZJ
N2173	84.74	95.30	AH
N21249	75.05		AH
N3854	79.32	89.36	HB
N4938—1	77.17		HN
N7345	75.33		BJ
N6592—1	76.08	84.91	MX
CK	58.36	65.63	JS

Note: JS=Jiangsu, ZJ=Zhejiang, AH=Anhui, HB=Hebei, HN=Henan, BJ=Beijing, MX=Mexico.

### 3. 豆腐产量及有关加工性状的综合分析

选用干、湿豆腐产量、蛋白质原料利用率、抽提率、凝固率和湿豆腐含水率这6个较重要的性状进行主成分分析,结果前3个主成分的累积贡献率达90.86%,因此选取前3个主成分。在这3个主成分构成的空间中,来自南方的47个品种及来自黄淮海的42个品种相互穿插分布,没有出现品种间地理源上的特点。

将上述6个性状进行聚类分析,发现聚类过程中南方及黄淮海的品种可聚合在同一类之中。合理分类下( $\Lambda$ 检验为4,5,6三种),南方及黄淮海的品种在各类中都有分布,因此,来自南方和黄淮海的品种无明显的地理分布上的差异存在,这与主成分分析结果一致。

## 二、豆腐产量及有关加工性状的相关

### 1. 豆腐产量及有关加工性状相互间的相关

表5结果表明,湿、干豆腐产量极显著正相关( $r=0.78^{**}$ ),在本试验加工条件下湿豆腐产量与湿豆腐含水率相关不显著;蛋白质原料利用率和抽提率与干、湿豆腐产量之间均极显著正相关,凝固率与干、湿豆腐产量均显著正相关;蛋白质原料利用率与抽提率、凝固率极显著正相关( $r$ 分别为 $0.99^{**}$ , $0.64^{**}$ ),蛋白质抽提率与凝固率极显著正相关( $r=0.51^{**}$ )。

### 2. 豆腐产量及有关加工性状与一些形态、农艺性状的相关

经独立性检验,种皮色、花色、茸毛色和脐色扩散性4个质量性状中,只有种皮色与湿豆腐产量( $\chi^2=125.074$ , $P<0.01$ )、蛋白质原料利用率( $\chi^2=33.047$ , $P0.025\sim0.05$ )及抽提率( $\chi^2=32.889$ , $P0.025\sim0.05$ )有关。

LSD检验结果表明,黄色(176.6克/100克)、绿色(173.0克/100克)、褐色(170.2克/100克)和双色(167.7克/100克)品种湿豆腐产量平均数均极显著大于黑色品种(151.4克/100克),因此从出豆腐多少来说,最好不选用黑色品种。将5种种皮色品种湿豆腐产量的方差进行Bartlett方差一致性检验( $\chi^2=7.126$ , $P0.05\sim0.10$ ),差异不显著。

通过LSD测验,蛋白质原料利用率和抽提率的平均数黄色品种(分别为65.5%与73.3%)、绿色品种(分别为63.4%与72.8%)和褐色品种(分别为64.5%与74.0%)之间均差异不显著,但它们与黑色品种(52.5%,60.0%)均差异极显著,因此从提高豆腐或豆浆中蛋白质含量来说,最好不选用黑色品种。经Bartlett方差一致性检验,蛋白质原料利用率( $\chi^2=5.041$ , $P0.10\sim0.25$ 和抽提率( $\chi^2=4.384$ , $P0.10\sim0.25$ )均差异不显著。

干、湿豆腐产量与百粒重极显著正相关( $r$ 分别为 $0.49^{**}$ , $0.45^{**}$ ),籽粒越大,出豆腐有可能越多。蛋白质原料利用率、抽提率与百粒重显著正相关( $r$ 分别为 $0.22^{**}$ , $0.22^{**}$ ),百粒重越大,提取出来的蛋白质有可能越多,蛋白质原料利用率有可能越高。

### 3. 豆腐产量及有关加工性状与全蛋白含量间的相关

全蛋白含量与干、湿豆腐产量为不显著负相关(表5),说明大豆蛋白质含量高,用其制成的豆腐产量不一定高。全蛋白含量与蛋白质原料利用率、抽提率和凝固率的相关系数分别为 $-0.15$ , $-0.19$ , $0.12$ ,均未达显著水平,因此高蛋白大豆做成的豆浆或豆腐中蛋白质含量不一定也高。

表5 豆腐产量及有关加工性状间、百粒重和全蛋白含量与豆腐加工性状间的相关系数  
Table 5 Coefficients of correlation among tofu yield and related processing characters and  
between 100-seed weight, content of whole protein and tofu processing characters

湿豆腐产量干豆腐产量		湿豆腐含水率	蛋白质原料	蛋白质抽提率	蛋白质凝固率	残余蛋白率	蛋白保水率
Fresh tofu yield	Dry tofu yield	Percent of water content in fresh tofu	料利用率 Protein recovery	Protein extract- ability	Protein coagulabi- lity	Percent of residual protein	Ratio of water to protein
湿豆腐产量							
Fresh tofu yield	0.78**	0.03	0.27**	0.26**	0.23**	-0.26**	0.22**
干豆腐产量							
Dry tofu yield		-0.61**	0.47**	0.47**	0.25**	-0.47**	-0.11
湿豆腐含水率							
Percent of water content in fresh tofu			-0.39**	-0.42**	-0.12	0.42**	0.43**
蛋白质原料 利用率							
Protein recovery				0.99**	0.64**	-0.99**	-0.77**
蛋白质抽提率							
Protein extractability					0.51**	-1.00**	-0.76**
蛋白质凝固率							
Protein coagulability						-0.51**	-0.56**
残余蛋白率							
Percent of residual protein							0.76**
百粒重							
100-seed weight	0.49**	0.45**	-0.11	0.22**	0.22**	0.12	-0.22**
全蛋白含量							
Content of whole protein	-0.09	-0.11	-0.05	-0.15	-0.19	0.12	0.19
							-0.32**

注: \* 为 0.05 显著水平, \*\* 为 0.01 极显著水平  
Note: \* and \*\* represent significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

## 讨 论

一般认为高蛋白质含量的大豆制成的豆腐具有较高的蛋白质含量<sup>[8,9,10,11]</sup>,这显然忽视了不同大豆品种蛋白质原料利用率的不同。本研究及其他一些研究均表明<sup>[5,6,9]</sup>,高蛋白质含量的大豆不一定产生高蛋白质含量的豆浆或豆腐,要获得高蛋白质含量的豆腐,必须选用全蛋白含量高同时其蛋白质原料利用率也高的品种。

豆腐干物质中含有蛋白质(46.03~52.05%),脂肪(16.69~23.54%),灰分(11.18~12.43%)和碳水化合物(16.47~20.05%)等<sup>[9]</sup>,进一步研究大豆中油脂等向豆腐的转化情况,对适合于加工豆腐的特用大豆育种工作有一定的意义。

本研究采用 Guzman<sup>[7]</sup>(1986)的豆腐加工方法,结果发现有很少部分品种渣浆混和物煮沸时出现糊化现象,渣浆与水结合较紧密,不易分离,但基本上发生于黑色或褐色且籽粒较小的品种,因此,在使用渣浆一同煮沸的方法时,应该考虑到品种的种皮颜色、籽粒大小等特性,具体原因有待于进一步探究。

本试验所使用的种子均是在南京地区秋播条件下收获的,所获得的某些试验结果有待于进一步的验证。

## 参 考 文 献

- [1] 张龙翔等,1982,生化实验方法和技术,人民教育出版社
- [2] 张家藻等,1987,大豆科学,6(2):151~156
- [3] 马育华主编,1988,田间试验和统计方法(第二版),农业出版社
- [4] 马育华,1982,植物育种的量遗传学基础,江苏科学技术出版社
- [5] 周新安等,1992,大豆科学,11(4):283~289
- [6] 武天龙等,1986,大豆科学,9(1):9~18
- [7] Guzman, G. J. and P. A. Murphy, 1986, J. Agric. Food Chem., 34:791~795
- [8] L. D. Johnson and L. A. Wilson, 1984, J. Food Sci., 49:202~204
- [9] B. T. Lim, et al., 1990, J. Food Sci., 55(4):1088~1092
- [10] H. L. Wang, 1983, Cereal Chem., 60(3):245~248
- [11] H. L. Wang and J. F. Cavins, 1989, Cereal Chem., 66(5):359~361

## A PRELIMINARY STUDY ON GENETIC VARIATION OF TOFU YIELD AND RELATED PROCESSING CHARACTERS OF SOYBEAN LANDRACES

Zhang Xiaobo      Gai Junyi

(Soybean Research Institute, Nanjing Agricultural University, Nanjing, 210014)

### Abstract

The genetic variation of eight tofu yield and related processing characters, dry tofu yield,



percent of water content in fresh tofu, protein recovery, protein extractability, protein coagulability, percent of residual protein and ratio of water to protein of 298 soybean landraces and introductions mainly from Southern China and Huanghuaihai area was studied. The coefficients of genetic variation of six tofu yield and related processing characters were large enough except protein coagulability and percent of water content in fresh tofu. The coefficients of variation of tofu yield and related processing characters of soybean landraces from Southern China and Huanghuaihai area were both large enough, but the means of dry and fresh tofu yield of landraces from Southern China were significantly larger than that of landraces from Huanghuaihai area. The means of tofu yield, protein recovery and extractability of soybean landraces with black seed coat were very significantly lower than that of ones with other colour seed coat. The 100-seed weight were significantly correlated with tofu yield and protein recovery. The content of whole protein in seed was correlated significantly and negatively with the ratio of water to protein of fresh tofu.

**Key words** Soybean landraces; Tofu yield and related processing characters; Genetic variation

### 欢迎订阅 1996 年《中国油料》

《中国油料》是中国农科院油料作物研究所主办的油料作物专业科技刊物。公开发行,季刊。主要刊登油菜、大豆、花生、芝麻、向日葵、胡麻、红花及其它油料作物有关品种资源、遗传育种、耕作栽培、生理生化、综合加工利用以及品质测试技术方面的论文、研究报告、应用技术、综述、动态等文稿。可供农业科研、教学和生产部门的技术人员参考。

每期定价 2.00 元、全年 8.00 元。国内代号,38-13,全国各地邮局均可订阅,需订者可直接寄款本刊编辑部订购。

地址:湖北·武汉市·武昌保集安·油料所 邮编:430062