

豆漿豆腐加工之大豆品種適合性研究¹

I. 大豆品種間種子和豆漿性狀之變異及相關

陳庚鳳² 陳嘉昇³ 鄭隨和⁴

摘 要

大豆為主要植物性蛋白質來源，大豆食品為民間傳統的日常生活重要副食物，需求量極大，但目前本省大豆育種目標均以產量為主，對於適合加工特性品種之探討甚為缺乏，即使針對加工選育為育種目標亦因缺乏相關資料，而無所適從，本研究初期調查大豆種源之種子性狀和豆漿衍生物主要性狀間之變異性及相關性，並就季節等環境因子之影響加以探討，以提供育種選拔之參考。

由二年秋作種源品系分析之結果，豆漿產量之變異係數為3.7及2.97，豆漿蛋白為10.3及9.65，固形物為8.6及7.62，錘度7.8及9.02較種皮及豆渣的變異性為低。各性狀相關性，由二年結果表現一致性的重要性狀為錘度與豆漿蛋白，固形物，豆腐鮮重，豆腐乾重具有很顯著相關（ $r=0.52, 0.57$ ）（ $r=0.70, 0.54$ ）（ $r=0.41, 0.66$ ）（ $r=0.52, 0.44$ ）。豆漿蛋白與豆腐重（ $r=0.33, 0.54$ ）。錘度似可作為篩選加工品系的簡單指標。另外21個品系（種）在三期作試驗結果，顯示夏作種子粗蛋白質含量高，但豆漿蛋白質的含量則以春作較高，其他性狀在二年間六期作的表現則缺乏一致性。

關鍵字：豆腐、豆漿、加工、大豆品種

前 言

大豆為主要的植物性蛋白質來源，普通加工為日常生活之豆腐、豆乳及一些醱酵食品。本省食品加工業者對大豆之需求量大，據估計除省產大豆外，尚有10%的進口量提供於食品加工之用。因此，展望本省之大豆，除積極提高其生產力外，對於適合食品加工用品種的發展亦極迫切。目前本省大豆之推廣品種中尚未有針對加工品質而選育者，即使曾將之列為育種目標，也由於歷年在食品用大豆品種特性上探討的缺失而無所適從。一理想的食用大豆品種，除產量、生長特性外，尚應注意蛋白質組成分、蛋白質抽取率、種皮厚度、吸水性、成品產量等加工性狀及其他之可能影響因素。

近年曾有關於種子化學組成、豆腐化學組成與加工品質之研究（Lu *et. al*, 1980；Tosi *et. al*, 1981；Wang *et. al*, 1983；Johnson *et. al*, 1984）而對於品種、栽

1. 本研究承農委會經費補助，特此致謝。

2. 高雄區農業改良場副研究員。

3. 前高雄區農業改良場助理，現為國立台灣大學農藝學研究所博士班學生。

4. 行政院農業委員會技正。

培環境與食品價值或農藝特性與子實特性等關係之研究甚少，另有關加工品質性狀之遺傳基礎的研究亦不多見。本研究首先調查大豆品種間種子和豆漿及其衍生物主要性狀之遺傳變異，並尋求種子性狀與加工性狀之關係。此外並探討季節等環境因子對種子性狀與豆漿品質之影響，以做為進一步研究之基礎，並提供為育種之參考。

材料與方法

(一)大豆品種間種子和豆漿主要性狀變異之研究

由種源庫中取300品種（系）順序排列種植，每品系一行，行長6公尺，行株距50×10公分，按慣行法管理，生育期間調查主要農藝特性，收穫後於相同條件下調製貯藏，每品系取樣兩次以進行豆漿性狀之分析。豆漿依實驗室豆漿製法製作（cheng, 1983）。調查及分析項目包括千粒重、種皮百分率、含水量、粗蛋白質、粗脂肪、種子吸水性、豆漿產量、固形物、豆漿蛋白、豆腐重等。

(二)季節對大豆種子性狀與豆漿主要性狀之影響

供試材料為大連豆、台農15號、百美豆、十石……等21個國內外推廣品種。田間採3重複RCBD設計，行長6公尺，4行區，行株距50×10公分，分春、夏、秋三季進行，按慣行法管理，採收後以同一條件調製貯存備用。豆漿之調製同上，加工時每小區取樣二次。調查項目包括千粒重、種皮%、含水量、粗蛋白質、粗脂肪、種子吸水性、水溶性蛋白、豆漿產量、固形物、顏色、豆漿蛋白質、豆渣等。主要性狀之調查及分析方法如下所述：

種子吸水%：種子於烘箱內風乾至恒定水分後（約8~9%）取約10g之種子（ W_1 ）於37°C浸水6小時後將水倒去，以棉紙拭乾種皮表面之水分而後稱重（ W_2 ）。

$$\text{種子吸水}\% = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

種皮%：取約10g之種子（ W_1 ）浸水隔夜後剝去種皮，種皮於80°C烘乾24小時後稱重（ W_2 ）。

$$\text{種皮}\% = \frac{W_2}{W_1} \times 100$$

種子粗蛋白及粗脂肪：由近紅外線分析儀（NIR）測定，以乾物重為基準（即設定含水分為0時之讀值）。

豆漿產量：取25g種子，浸水5.5小時後將水倒去，再以250ml之蒸餾水磨漿。豆漿連渣經由濾布抽氣過濾，豆渣及濾布再以1000rpm離心5分鐘收集得之豆漿連同原濾出之豆漿一起稱重，即得豆漿產量。

豆渣重：上述離心後之豆渣及布於50°C隔夜烘乾後稱重再扣除布重。

豆漿蛋白質含量：取2ml之豆漿利用Kjeldahle法測定，所得之數值以豆漿產量百分比表示。

豆漿固形物：取40ml豆腐於80°C，24小時烘乾稱重，本文內之固形物量以40ml豆漿

內所含固形物重量表示。

水溶性蛋白：15g種子磨粉，經40mesh（0.420mm）篩網過篩，取5.0g豆粉加50ml去離子水，放入75°C、120cycle/min之水槽內45分鐘，再取出靜置5分鐘。抽取10ml溶液於1500 rpm離心10分鐘，再取2ml之上澄液以Kjeldahе法測定。 $\%wsp = \text{粗蛋白重} / \text{豆粉重} \times 100\%$ 。

豆腐濕重：豆漿加熱至70°C以上，取40ml加入1.52g $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 於4000rpm離心10min，倒去水後稱重。

豆腐乾重：上述豆腐濕重於37°C烘乾24小時後稱重。

結果與討論

(一) 品種間種子和豆漿衍生物性狀之變異性

75年由種源逢機品系調查得之種子性狀之平均值及變異性，列於表1，其中以種皮之變異係數及子粒重變異係數較大，分別為23.3，29.0，其次為吸水百分率變異係數為8.5，而粗蛋白質及粗脂肪變異係數均較小，分別為3.6及5.2。對豆漿性狀之變異性，以豆渣變異最大為25，次為豆腐濕重，豆腐乾重及豆漿蛋白，分別為13.8，12.0及10.3，再次為固形物及錘度，分別為8.6及7.8（列於表2）。

表 1. 75年秋季種子性狀之平均值及變異性

性 狀	平 均	標準偏差	極小值	極大值	變異係數
吸 水 (%)	111.4	9.5	65.0	168.0	8.5
種 皮 (%)	6.0	1.4	2.2	12.0	23.3
粗蛋白 (%)	43.3	1.5	39.8	53.3	3.6
粗脂肪 (%)	20.1	1.0	16.8	23.0	5.2
千粒重 (g)	164.9	47.7	39.0	417.0	29.0

表 2. 75年秋季豆漿性狀之平均值及變異性

性 狀	平 均	標準偏差	極小值	極大值	變異係數
豆漿產量 (g)	258.0	9.54	211.50	275.90	3.7
錘 度	6.3	0.52	3.60	7.20	7.8
豆漿蛋白 (%)	3.05	0.31	1.70	3.99	10.3
固 形 物 (g)	2.30	0.20	1.28	2.78	8.6
豆 渣 (g)	9.7	2.50	5.10	19.10	25.8
豆腐濕重 (g)	10.2	1.41	5.10	13.60	13.8
豆腐含水率 (%)	79.3	5.58	10.30	85.10	7.0
豆腐乾重 (g)	2.05	0.25	1.04	2.84	12.0

76年種源逢機取出300個品種（系），調查種子性狀平均值及變異性，結果與75年度相似，列於表3。以種皮百分率變異係數最大，次之種子吸水性，分別為21.25、15.46。在豆漿性狀方面，豆渣的變異係數最大為18.5，其次為豆腐乾重、豆腐濕重、豆漿蛋白、錘度及固形物，而以豆漿產量最低，此顯示種皮百分率，種子吸水性品種間差異性大。在豆漿性狀中豆渣量品種間變異大，而豆漿產量變異小，由此可推測品種間豆漿產量沒有很大的差異，但豆腐產量與質地，可能在品種間有差異。Wang *et. al*, (1983)認為日本大豆品種較美國品種適合製造豆腐。Smith *et. al* (1960)指出豆腐中成分與產量隨品種而異，但產區的影響比品種本身為大，而Skurray *et. al*, (1980)則認為品種間差異小，而加工過程中加鈣量之多寡影響豆腐產量及質地。顯然選出適合加工用大豆品種仍有許多問題存在。

表 3. 76 年秋季各性狀之平均值及變異性

性 狀	平 均	標準偏差	極小值	極大值	變異係數
種子吸水性	115.65	17.88	70.20	235.64	15.46
種皮 (%)	7.06	1.50	5.03	12.89	21.25
豆 渣 重	8.21	1.52	6.37	14.43	18.5
豆 漿 產 量	260.64	7.73	234.04	279.86	2.97
豆 漿 蛋 白	2.86	0.28	1.94	3.51	9.65
固 形 物	2.31	0.18	1.52	2.42	7.62
錘 度	6.10	0.55	1.84	6.75	9.02
豆 腐 濕 重	8.10	0.86	4.53	10.02	10.6
豆 腐 乾 重	6.22	0.71	1.12	2.14	11.42
豆腐含水率	76.41	1.41	69.50	80.06	1.85

(二)種子性狀和豆漿衍生物性狀之相關性

75年秋種源庫參試品種（系）種子性狀及豆漿衍生物性狀相關之分析結果由表4的相關矩陣中得知相關係數達0.4以上且極顯著之性狀為錘度與豆漿蛋白（0.52**），固形物（0.70**），豆腐濕重（0.41**），豆腐乾重（0.52**）。豆漿蛋白與固形物（0.49**）。固形物與豆腐濕重（0.48**）豆腐乾重（0.65**）。豆腐濕重與豆腐水分（0.68**），豆腐水分與豆腐乾重（-0.45**）。

76年秋種源庫參試品種（系）種子性狀及豆漿衍生物性狀相關分析之結果（表5）就錘度與豆漿蛋白（0.57**），固形物（0.55**），豆腐濕重（0.66**），豆腐乾重（0.45**）豆漿蛋白與豆腐濕重（0.54**），豆腐乾重（0.49**）。豆腐濕重與豆腐水分（0.63**），豆腐乾重（0.94**）。豆腐水分與豆腐乾重（0.73**）。綜合75，76兩年相關分析資料之比較結果，年度間性狀相關表現一致的相關性狀計有種子吸水性與豆腐水分，豆腐乾重呈負相關且達顯著水準。豆漿產量與錘度，豆漿蛋白呈正相關，達極顯著，與豆渣重呈負相關極顯著。錘度與豆漿蛋白，固形物，豆腐濕重，

表 4. 黃色種皮參試品系之種子及豆漿主要性狀之相關矩陣 (n=220)

	吸 水 %	種 皮 %	粗 蛋 白	粗 脂 肪	千 粒 重	豆 漿 產 量	錘 度	豆 漿 蛋 白	固 形 物	豆 渣 重	豆 腐 濕 重	豆 腐 水 分
種 皮%	.25**											
粗 蛋 白	-.35**	-.20*										
粗 脂 肪	.23**	.26**	-.73**									
千 粒 重	.03	-.39**	.03	.02								
豆漿產量	.22**	.18*	-.19*	-.22*	.04							
錘 度	.11	.08*	.00	.01	.05	.21**						
豆漿蛋白	.08	.10	.35**	-.21**	.05	.30**	.52**					
固 形 物	.05	.08	.03	.06	.07	.20*	.70**	.49**				
豆 渣 重	.07	-.06	.11	-.16*	.03	-.25**	-.31**	-.16*	-.26**			
豆腐濕重	.03	-.20*	.33**	-.11	.05	-.07	.41**	.33**	.48**	-.20*		
豆腐水分	-.21**	-.13	.12	.05	-.00	-.06	-.03	.07	.05	-.06	.68**	
豆腐乾重	-.26**	-.02	.23**	-.08	.02	.02	.52**	.35**	-.65**	-.18*	.32**	-.45**

表 5. 76 年秋種子及豆漿衍生物性狀之相關矩陣

	種 子 吸 水 (%)	種 皮 (%)	豆 漿 產 量	錘 度	豆 漿 蛋 白	固 形 物	豆 渣 重	豆 腐 濕 重	豆 腐 水 分
種 皮%	0.5260**								
豆漿產量	-0.5268**	-0.6904**							
錘 度	-0.3236**	-0.5315**	0.6944**						
豆漿蛋白	-0.4145**	-0.3941**	0.4383**	0.5741**					
固 形 物	-0.2478**	-0.784	-0.1303	0.5488**	-0.0419				
豆 渣 重	0.5241**	-0.6756**	-0.7788**	-0.7534**	-0.5998**	0.1797*			
豆腐濕重	-0.4929**	-0.5557**	0.5490**	0.6623**	0.5394**	-0.2257*	-0.6861**		
豆腐水分	-0.1674*	-0.2500**	0.1881*	0.1395	0.2037*	0.0420	-0.2346*	0.6320**	
豆腐乾重	-0.4949**	-0.5580**	0.4737**	0.4454**	-0.4969**	0.0902*	-0.5941**	0.9402**	0.7314**

豆腐乾重均呈極顯著的正相關，與豆渣重呈極顯著的負相關。豆漿蛋白與豆渣呈負相關，與豆腐濕重，豆腐乾重呈正相關。豆腐濕重與豆腐水分，豆腐乾重呈正相關。豆腐濕重與豆腐水分，豆腐乾重呈正相關。Wang *et. al*, (1983)報告中指出種子蛋白質含量與豆腐內含蛋白質呈顯著正相關 ($r=0.8$)，其脂肪亦相同，顯然種子蛋白質與脂肪直接影響豆漿內蛋白質與脂肪的濃度，進而影響豆腐的成份，對豆腐產量而言無顯著差異，但影響豆腐產量的因素，為製造過程中蛋白質的回收率 (recover protein)，蛋白質回收率與豆腐產量呈顯著正相關 ($r=0.67$)，而種子蛋白質與蛋白質及脂肪之比例有顯著相關 ($r=0.79$)。至於豆腐凝結過程中，由試驗發現有些品種在等量加鈣下，凝結性較差，此種質地品種間顯著差異，學者認為受化學成分的影響，就大豆種子蛋白質成分而言，11S蛋白質所形成之豆腐較7S所形成者為硬，如在豆腐中加入植酸 (Phytic acid) 可增加豆腐硬度 (Saio, 1969)。又有許多學者認為豆腐的產量與質地受加工條件之影響 (Saio, 1979; Tsai *et. al*, 1981; Wang and Hesseltine, 1982)。事實上，環境及遺傳基因亦影響11S及7S基因之表現 (Murphy and Resurreccion, 1984)。然不管如何提高大豆種子蛋白質含量將有利於豆漿、豆腐內含蛋白質增加。

(三) 季節對種子性狀及豆漿衍生物性狀之影響

由21個國內外大豆品種探討季節對加工衍生物性狀的影響，依75年三期作資料綜合分析之結果，表6、表7顯示除千粒重、豆漿產量、豆渣在季節間差異不顯著外，對於其他性狀如種子吸水性，以秋作夏作為高，種皮、粗蛋白、粗脂肪、錘度、水溶性蛋白、豆漿蛋白，固形物等均以夏作，春作高於秋作。76年21個品種三期作之資料結果，種子吸水、種皮、粗蛋白、豆渣以夏作為高，錘度、豆漿蛋白，固形物，則以春、秋作高於夏作。(表8、表9)。綜合二年資料顯示，種子蛋白質，脂肪含量，以春夏作高於秋作，豆漿蛋白質亦以春作高於秋作。湯 (1965) 分析不同季節生產之種子其蛋白質，脂肪含量皆以春作為高。陳 (1986) 在分析不同季節生產之種子蛋白質，脂肪含量亦得相似之結果，且種子蛋白質含量高者，其豆漿蛋白質含量亦高，由此似可推測春夏作生產之大豆，在品質上似乎有利於加工食用。

表6 種子性狀於期作間之比較 (21 品種之平均值)

季 節	吸 水 (%)	種 皮 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	千粒重 (g)
春	109.7 ^{b+}	6.66 ^a	44.2 ^b	20.7 ^a	163.5 ^a
夏	121.0 ^a	6.73 ^a	44.9 ^a	20.5 ^a	162.5 ^a
秋	124.6 ^a	6.18 ^b	43.9 ^b	19.7 ^b	164.6

+不同字母表差異達5%水準。

表 7. 豆漿性狀於期作間之比較 (21 品種之平均值)

季	節 豆漿產量	錘度	水溶性蛋白	豆漿蛋白	固形物	豆渣
春	266.0 ^a	6.95 ^a	30.1 ^b	3.33 ^a	2.58 ^a	7.43 ^a
夏	266.9 ^a	7.14 ^a	32.6 ^a	3.09 ^{a b}	2.42 ^b	8.62 ^a
秋	262.2 ^a	6.54 ^b	27.3 ^c	2.84 ^b	2.32 ^b	7.54 ^a

表 8. 76 年種子性狀於期作間之比較 (21 個品種之平均值)

期	作 吸 水 (%)	種 皮 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	千粒重 (g)
春	115.39 ^b	5.91 ^c	46.18 ^b	18.94 ^a	164.4 ^a
夏	125.65 ^a	8.45 ^a	46.95 ^a	18.43 ^a	163.3 ^a
秋	107.06 ^c	6.38 ^c	39.58 ^c	17.82 ^b	165.2 ^a

表 9. 76 年豆漿性狀於期作間之比較 (21 個品種之平均值)

期	作 豆漿產量	錘度	豆漿蛋白	固形物	豆渣	豆腐鮮重	豆腐含水
春	262.33 ^a	6.61 ^a	3.36 ^a	2.38 ^a	7.21 ^c	10.27 ^a	73.85 ^b
夏	254.91 ^a	6.33 ^b	3.19 ^b	2.31 ^a	8.75 ^a	9.96 ^b	79.92 ^a
秋	258.87 ^a	6.68 ^a	3.19 ^b	2.39 ^a	7.54 ^b	9.76 ^b	78.87 ^a

參考文獻

1. 陳庚鳳 · 1986 · 溫度與光照對大豆產量及種子品質之影響 · 國立台灣大學農藝學研究所碩士論文。
2. 湯文通 · 1965 · 不同種植季節與不同地區對大豆油分含量與蛋白質含量之影響。中華農學會報新52：31-41。
3. Cheng, S. H. 1983. Variation in some soybean seed characteristics of possible importance in soybean processing. MS Thesis. University of Illinois.
4. Johnson, L. D. and L. A. Wilson. 1984. Influence of soybean variety

- and the method of processing in tofu manufacturing: Comparison of methods for measuring soluble solid in soymilk. *J. Food. Sci.* 49: 202-206.
5. Lu, J. Y., E. Cater and R. A. Cheng. 1980. Use of calcium salts for soybean curd preparation. *J. Food Sci.* 45: 32-34.
 6. Murphy, P. A. and A. P. Resurrecion. 1984. Varietal and environmental differences in soybean glycinin and β -conglycinin content. *J. Agric. Food Chem.* 32: 911-915.
 7. Saio, K., M. Kamiya and T. Watanabe. 1969. Food processing characteristics of soybean 11S and 7S. Part I. Effect of differences of protein component among soybean varieties on formation of tofu-gel. *Agric. Biol. Chem.* 33: 1301-1308.
 8. Saio, K. 1979. Tofu-relationships between texture and fine structure. *Cereal Food World* 24: 342-345.
 9. Skurray, G., J. Cunich and O. Carter. 1980. The effect of different varieties of soybean and calcium ion concentration on the quality of tofu. *Food chem.* 6: 89-95.
 10. Smith, A. K., T. Watanabe and A. M. Nash. 1960. Tofu from Japanese and United States soybean. *Food Technol.* 14: 332-336.
 11. Tsai, S. J., C. Y. Lan, C. S. Kao and S. L. Chen. 1981. Studies on the yield and quality characteristics of tofu. *J. Food Sci.* 46: 1734-1738.
 12. Wang, H. L., E. W. Swain and W. F. Kwolek. 1983. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu. *Cereal chem.* 60 (3): 245-248.
 13. Wang, H. L., and C. W. Hesseltine. 1982. Coagulation conditions in tofu processing. *Proc. Biochem.* 17: 7-10.
 14. Watanabe, T., C. Fukamachi, O. Nakayama, Y. Teramachi, K. Abe, S. Suruga, and S. Miyanaga. 1960. Studies on tofu (In Japanese) Report of Food Research Institute, Ministry of Agriculture and Forestry. Tokyo. *Japan 14B*: 6.