



Evaluación del potencial genético de rendimiento de líneas experimentales de soja para consumo humano

Estación Experimental Agropecuaria
Marcos Juárez

Trabajo elaborado en el marco del CVT INTA- ROJAS LAGARDE S.R.L.
Institución relacionada: Agencia Nacional de Promoción científica y Tecnológica (ANPCyT)
através del Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR)

Dr. Diego Soldini¹; Lic. Javier Gilli¹; Téc. Agr. Andrés Heredia¹; Ing. Agr. Alfredo Rojas²

1: Técnicos del área Mejoramiento Genético Vegetal, EEA - INTA Marcos Juárez; 2: Técnico de la empresa Rojas Lagarde S.R.L.

Introducción

El desarrollo de germoplasma de soja para consumo humano surge de considerar una de las principales debilidades vinculadas a la producción de soja especial para nichos de mercados en la Argentina. Esta debilidad se basa en que nuestro país pese a ser uno de los principales productores mundiales de soja, no cuenta con programas de investigación orientados a la obtención de germoplasma especial para uso en la alimentación humana. El carácter diferencial de este tipo de soja frente a la soja commodity para uso industrial, se basa en el mayor tamaño de grano, el alto contenido proteico, grano con hilo claro transparente, producción bajo certificación orgánica y no GMO (Organismo Genéticamente Modificado). Estas características son imprescindibles para poder acceder al mercado internacional de este tipo de granos que representa el 10% (20 millones de toneladas) de la producción mundial de soja (Lihue Tue S.A., 2005) y que se destina, tanto a satisfacer necesidades básicas en sectores de bajo poder adquisitivo, como a aportar cualidades nutraceuticas (que benefician a la salud, incluyendo la prevención o tratamientos de enfermedades) por parte de sectores de alto poder adquisitivo.

Frente a esta situación, nuestros principales competidores, Estados Unidos y Brasil y en menor medida Canadá disponen de importantes resultados en lo que se refiere a investigación, producción y exportación de sojas especiales.

En contraposición al valor agregado por la calidad diferencial, este tipo de germoplasma posee menor potencial genético de rendimiento (<15% a <20%) debido principalmente al alto contenido proteico, cuya correlación genética con el rendimiento es negativa. El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial genético de rendimiento de líneas experimentales obtenidas por cruzamientos con progenitores de calidad diferencial para consumo humano.

Materiales y Métodos

En la campaña 2004/05 fueron evaluadas 80 líneas experimentales (F_6) de soja derivadas de la selección de plantas individuales (F_4), correspondientes a 18 poblaciones obtenidas por cruzamientos dialélicos parciales (Soldini, 1998; Geraldi and Miranda-Filho, 1988; Miranda-Filho and Geraldi, 1984) entre dos grupos de progenitores: uno con 6 cultivares comerciales de alto potencial de rendimiento y otro con 3 cultivares exóticos de alto contenido de proteína (>43% peso seco), tamaño de grano (>23gr/100) e hilo claro transparente. Fueron realizados un total de siete ensayos, cuatro en el campo experimental de la EEA-INTA Marcos Juárez (dos ensayos el 17 de noviembre y dos ensayos el 16 de diciembre), y tres ensayos en el campo experimental del Criadero y Semillero privado Santa Rosa (Salto), el 17 de diciembre. La unidad experimental fue representada por una parcela de 4 surcos de 6m de largo, espaciados a 0,52m, con un área útil a cosecha de 6,24m², representada por los dos surcos centrales de la parcela.

Se utilizó un diseño estadístico en bloques completos al azar con dos repeticiones y en cada ensayo se incluyeron los cultivares A3901, DM4600, DM4800 y DM48 como testigos comerciales de alto potencial de rendimiento y los cultivares exóticos FG1, FG2 e IA36, como testigos de alto contenido de proteína y granos grandes.

Los caracteres evaluados fueron: R1: inicio de floración (días); R8: madures fisiológica (días); APF: altura de la planta a floración (cm); APM: altura de la planta a madurez (cm); V: vuelco expresado con nota 1 (parcela erecta) a nota 5 (parcela postrada); Kg/ha(13%): rendimiento de granos por hectárea a 13% de humedad; PCS(gr/13%): peso de cien semillas en gramos a 13% de humedad y %Pr(ps): porcentaje de proteína expresado como peso seco. Los análisis de variancia de los datos y la comparación de medias por el test LSD Fisher fue realizado con el auxilio del programa Genes[□] (Universidade Federal de Vicosa, 1997).

Resultados y Discusión

Los análisis de variancia individuales muestran un coeficiente de variación (CV) experimental de 7,4% a 11,0%), los cuales están por debajo del máximo aceptable (15%) para ensayos de rendimiento de granos. Esto indica que los ensayos son estadísticamente confiables y útiles a fin de discriminar diferencias significativas entre las líneas experimentales y los testigos comerciales (T), a través del test LSD, cuya DMS (Diferencia Mínima Significativa) osciló entre 535 Kg/ha y 899 Kg/ha en los ensayos conducidos en Marcos Juárez y entre 429 Kg/ha y 623 Kg/ha en los ensayos de Salto.

En Marcos Juárez (Tabla 1) no se observan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los testigos comerciales (T) de alto potencial de rendimiento y las 10 mejores líneas, en los ensayo 1 y 2 (fecha de siembra del 17 de noviembre). En la fecha de siembra del 16 de diciembre, se observan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los cultivares A3901 (ensayo 3) y DM4600 (ensayo 4), y las mejores líneas para alimento. No obstante estos resultados requieran ser confirmados, incluyendo la variable años, la fecha de siembra de mediados de noviembre puede ser la óptima para que las líneas expresen su máximo potencial de rendimiento en Marcos Juárez o ambientes similares.

En Salto (Tabla 2) no se observan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los testigos comerciales (T) y las mejores líneas, en los tres ensayos (5, 6 y 7), lo cual muestra que las mejores líneas para alimento, si bien expresan un potencial de rendimiento menor que en Marcos Juárez, son competitivas frente a los testigos comerciales.

Finalmente, considerando los dos parámetros básicos vinculados con el carácter diferencial de este tipo de grano (tamaño de grano y porcentaje de proteína) y el rendimiento (Tabla 3), se destacan en Marcos Juárez 10 líneas experimentales para consumo humano. Estas líneas presentan rendimiento entre 5410 Kg/ha y 4447 Kg/ha, tamaño de grano entre 19,2 gr/100 semillas y 25,1 gr/100 semillas y porcentaje de proteína entre 38,1% y 41,8%. Si bien estos resultados requieren ser confirmados a través de la inclusión de la variable años y análisis conjunto, son positivos considerando que el patrón de referencia comercial para el tamaño de granos es de 23 gr/100 semillas.

Para el porcentaje de proteína, dado los altos rendimientos de las líneas, los valores obtenidos están por debajo del patrón de referencia comercial (correlación negativa entre rendimiento y proteína), que es de 43%. Se espera que en ambientes de menor potencial de rendimiento, las líneas para consumo humano alcancen o superen el patrón de referencia comercial para porcentaje de proteína. El comportamiento medio de las líneas experimentales y de los testigos para todos los caracteres evaluados, se muestra en el Anexo 1.

Conclusiones

- Considerando los parámetros básicos de la soja para consumo humano (tamaño de grano, porcentaje de proteína) y rendimiento, las líneas ALIM1.51, ALIM1.10 y ALIM4.13 se muestran como las más promisorias;
- La fecha de siembra de mediados de noviembre se presenta como las más óptima para que las líneas expresen su máximo potencial de rendimiento en Marcos Juárez o ambientes similares;
- En Salto, si bien el potencial de rendimiento es menor que en Marcos Juárez, las líneas experimentales son competitivas frente a los testigos comerciales.

Tabla 1: Marcos Juárez. Rendimiento de granos (Kg/ha) de los 12 mejores genotipos

F. siembra		17/11/04				16/12/04			
Ensayo		11	22			33		44	
CV(%)		9,3	7,7			11,0		8,3	
PCS(gr/13%)		20,6	20,5			19,5		19,5	
%Pr(ps)		39,7	39,2			40,5		40,0	
DMS(Kg/ha)		899	729			607		535	
01	A3901 (T) A3901	5514 a	ALIM1.51	5410 a	A3901 (T) A3901	3796 a	DM 44600000	4591 a	
02	(T)	5403 a	ALIM3.25	5245 a	(T)	3684 ab	((TT)) D M	3947 b	
03	ALIM1.18	5264 a	ALIM2.03	5238 a	DM 44660000	3575 ab	DM 4488 ((TT)) D	3934 b	
04	ALIM5.112	5248 a	ALIM5.88	5158 a	((TT)) D M	3494 abc	M	3815 b	
05	ALIM3.13	5238 a	ALIM1.31	5153 a	DM48 (T) DM48	3255 abc	ALIM3.35	3804 b	
06	DM4600 (T)	5201 a	ALIM3.12	5146 a	(T)	3229 abc	A3901 (T) A3901	3788 b	
07	DM4600 (T)	5175 a	ALIM5.113	5091 a	ALIM1.18	3187 bc	(T)	3711 b	
08	ALIM1.04	5175 a	ALIM1.22	5066 a	ALIM3.43	3151 bc	ALIM1.49	3627 b	
09	ALIM1.03	5155 a	ALIM3.07	5020 a	ALIM1.04	3080 bc	ALIM3.25	3555 b	
10	ALIM1.52	5107 a	DM 44660000	4996 a	ALIMEC1	2951 c	ALIM9.08	3549 b	
11	ALIM3.20	5091 a	((TT)) D M	4961 a	ALIM3.13	2949 c	ALIM3.08	3547 b	
12	ALIM1.02	5061 a	A3901 (T) A3901	4940 a	ALIM9.10	2945 c	ALIM3.05	3484 b	
	ALIM5.61		(T)		ALIM1.06		ALIM3.12		

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$); CV(%): Coeficiente de variación experimental; DMS(Kg/ha): Diferencia mínima significativa (test LSD Fisher, $\alpha = 0.05$); T: Testigo comercial; PCS(gr/13%): Peso de las semillas (promedio de las mejores líneas); %Pr(ps): Porcentaje de proteína expresado como peso seco (promedio de las mejores líneas).

Tabla 2: Salto. Rendimiento de granos (Kg/ha) de los 12 mejores genotipos

F. siembra		17/12/04					
Ensayo		Ensayo 5		Ensayo 6		Ensayo 7	
CV(%)		10,7		7,4		9,4	
DMS(Kg/ha)		623		429		533	
1		3312 a	ALIM5.97	3170 a	ALIM5.104	3014 a	
2	A3901 (T)	3280 a	ALIM5.63	3166 a	ALIM5.97	3012 a	
3	ALIM3.07	3265 a	ALIM3.08	3123 a	DM4600 (T) DM4600 (T)	2991 a	
4	A3901 (T)	3256 a	ALIM1.51	3117 a		2980 a	
5	ALIM1.18	3223 a	ALIM5.116	3105 a	ALIM3.08	2958 a	
6	DM4800 (T) DM4800 (T)	3121 a	ALIM1.37	3095 a	ALIM3.25	2934 a	
7	ALIM1.27	3099 a	ALIM3.25	3093 a	ALIM5.75	2899 a	
8	ALIM1.10	3095 a	ALIM9.08	3027 a	ALIM1.31	2876 a	
9	ALIM3.05	3090 a	ALIMFG1	3022 a	ALIM1.51	2795 a	
10	ALIMFG1	3050 a	DM4600 (T) DM4600 (T)	3021 a	ALIM9.08	2790 a	
11	DM4600 (T) DM4600 (T)	3027 a	ALIM1.31	2989 a	ALIM5.76	2785 a	
12		3011 a	ALIM1.31	2972 a	ALIM1.49	2738 a	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$); CV(%): Coeficiente de variación experimental; DMS(Kg/ha): Diferencia mínima significativa (test LSD Fisher, Alfa=0,05); T: Testigo comercial.

Tabla 3: Marcos Juárez (fecha de siembra 17 de noviembre): Comportamiento de las 10 mejores líneas experimentales, según los parámetros básicos para la soja alimento

N°	Lin e caass	Kg/ha	PCS(gr/13%)	%Pr(ps)	N°	Lin e caass	Kg/ha	PCS(gr/13%)	%Pr(ps)
01	ALIM1.51	5410	22,0	40,4	06	ALIM1.10	4724	25,1	41,1
02	ALIM5.112	5264	22,3	40,6	07	ALIM4.13	4580	25,0	41,8
03	ALIM3.13	5248	22,6	39,6	08	ALIM5.46	4447	20,9	41,8
04	ALIM3.20	5155	23,7	40,1	09	ALIM3.14	4180	19,2	41,3
05	ALIM5.113	5091	23,9	38,1	10	ALIM1.03	5175	19,2	40,6

Kg/ha(13%): rendimiento de granos por hectárea a 13% de humedad; PCS(gr/13%): peso de cien semillas en gramos a 13% de humedad y %Pr(ps): porcentaje de proteína expresado como peso seco

Anexo 1. Marcos Juárez (fecha de siembra 17 de noviembre): Comportamiento medio de las líneas experimentales y testigos para todos los caracteres evaluados

Tratamientos	R1 (días)	R8 (días)	APF (cm)	APM (cm)
Media Testigo Comercial	49	126	53	83
Mejor Testigo Comercial	49	---	---	---
Media Testigo Alimento	49	122	47	67
Mejor Testigo Alimento	49	---	---	---
Media Línea Experimental	49* (60) 64**	139 (142) 149	44 (65) 93	70 (112) 130
ALIM1.51 (mayor Kg/ha)	63	140	61	70
ALIM1.10 (mayor PCS/gr)	63	142	74	120
ALIM4.13 (mayor %Pr/ps)	62	141	69	90
Tratamientos	V (Nota)	Kg/ha (13%)	PCS/gr (13%)	%Pr (ps)
Media Testigo Comercial	1.0	5200	---	37.7
Mejor Testigo Comercial	1.0	5514	---	38.8
Media Testigo Alimento	1.0	---	28.4	39.2
Mejor Testigo Alimento	1.0	---	29.0	40.3
Media Línea Experimental	0.8 (2.2) 4.5	3532 (4651) 5410	15.2 (20) 25.1	37.1 (39.4) 41.8
ALIM1.51 (mayor Kg/ha)	1.0	5410	22.0	40.4
ALIM1.10 (mayor PCS/gr)	2.3	4724	25.1	41.1
ALIM4.13 (mayor %Pr/ps)	1.3	4580	25.0	41.8

*: Mínimo; **: Máximo; R1: inicio de floración; R8: madures fisiológica; APF: altura de la planta a floración; APM: altura de la planta a madurez; V: vuelco 1 (parcela erecta) a 5 (parcela postrada); Kg/ha(13%): rendimiento de granos por hectárea a 13% de humedad; PCS(gr/13%): peso de cien semillas en gramos a 13% de humedad y %Pr(ps): porcentaje de proteína expresado como peso seco.

Bibliografía

- Geraldi, I. O. ; Miranda-Filho, J. B. 1988. Adapted models for the analysis of combining ability for varieties in partial crosses. Revista Brasileira de Genética, v.11, n.2, p.419-430.
- Lihue Tue S.A. 2005. www.lihuetue.com/es
- Miranda-Filho, J. B.; Geraldi, I. O. 1984. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. Revista Brasileira de Genética, c.7, p.677-688.
- Soldini, D. O. 1998. Potencial genético de cruzamientos dialélicos parciais de soja com ênfase nas produtividades de grãos e óleo. Tesis Doctoral. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de Sao Paulo. 80pp.
- Universidade Federal de Vicosa. 1997. Departamento de Biología Geral. Programa Genes® Versao 96.1: Aplicativo computacional en genética e estatística (software). UFV. 442pp.+ 2 disquetes.

Agradecimientos

- A los asistentes *E. Pesaresi, R. Gill, E. Picco, C. Baleani*, por su participación y colaboración en la conducción de los ensayos, toma de datos y procesamiento de semillas;
- Al Ing. Agr. Roberto Wright del Criadero y Semillero privado, Santa Rosa, por su predisposición y apoyo en la toma de datos y cosecha.