

## T11 - EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y AGRONÓMICO EN CULTIVARES DE SOJA DE DIFERENTES GRUPOS DE MADURACIÓN

<sup>1</sup>R. A. Martignone\*; <sup>2</sup>M. S. Romagnoli; <sup>2</sup>I. M. Rosbaco; <sup>2</sup>G. Tuttolomondo

<sup>1</sup>Fisiología Vegetal. Fac. Cs. Agrarias. U.N.R. - CIUNR; <sup>2</sup> Sistemas de Cultivos Extensivos: Cereales y Oleaginosas, Fac. Cs. Agrarias, UN Rosario, (S2125ZAA) Zavalla, Argentina. Tel.: 54-0341-4970080/85. E-mail: [rmartig@unr.edu.ar](mailto:rmartig@unr.edu.ar).

**Palabras claves:** Soja, respuesta termofotoperiódica, comportamiento agronómico.

### INTRODUCCIÓN

Los diferentes grados de sensibilidad termofotoperiódica que presentan los cultivares de soja dependen no sólo del genotipo sino también de la etapa de desarrollo. En este sentido, se han aplicado modelos matemáticos con distinto grado de complejidad para describir la duración de los distintos estadios fenológicos, particularmente el período emergencia (VE) – inicio de floración ( $R_1$ ),  $R_1$  – comienzo de llenado de las semillas ( $R_5$ ) y  $R_5$  – madurez fisiológica ( $R_7$ ), en función de la temperatura y el fotoperíodo diarios promedios (Hadley et al., 1984; Jones et al., 1991; Sinclair et al., 1991; Roberts, et al., 1996). Uno de los modelos más sencillos es el desarrollado por Hadley et al., 1984.

Cuando se analiza la adaptación de los genotipos de soja a las condiciones de cultivo, la premisa de mayor importancia es optimizar la productividad de los cultivos haciendo coincidir sus estadios fenológicos críticos con las condiciones ambientales más favorables, minimizando la ocurrencia de períodos de estrés en estadios más vulnerables. Por esto, es importante caracterizar la respuesta de diversos cultivares de soja a la temperatura y al fotoperíodo con el objeto de lograr que los estadios más críticos para la determinación de los componentes del rendimiento más importantes no se desarrollen bajo condiciones ambientales desfavorables. Cada región de cultivo presenta características que, con un determinado margen de probabilidad, pueden predecirse los períodos de estrés ambiental más importantes. Por ello, es conveniente determinar la ocurrencia de los períodos más críticos de los genotipos de soja en base a su respuesta termofotoperiódica.

Con anterioridad, se caracterizaron cultivares de los GM V a VII difundidos entre las campañas 1983/84 y 92/93 en ensayos en la E.E.A. Oliveros INTA (Martignone et al., 1996). El objetivo de este trabajo fue cuantificar la incidencia del fotoperíodo y de la temperatura sobre la duración de los estadios emergencia (VE) – inicio de floración ( $R_1$ ),  $R_1$  - comienzo del crecimiento de las semillas ( $R_5$ ) y  $R_5$  - madurez fisiológica ( $R_7$ ) y evaluar el comportamiento agronómico para diversos cultivares actuales de los grupos de maduración (GM) II a VIII en las condiciones ambientales de la localidad de Zavalla (33° 01' S – 60° 53' O).

### MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo durante la campaña 2004/05 en el Campo Experimental "J. Villarino" (Facultad de Ciencias Agrarias, U.N.Rosario) ubicado en Zavalla, sobre un suelo Argiudol vértico de mediana fertilidad. Se emplearon 4 fechas de siembra (FS): 21/10/04 (FS1), 23/11/04 (FS2), 27/12/04 (FS3) y 20/01/05 (FS4). Los cultivares (cv.) evaluados fueron: AW2886RR de GM II; ADM3100 y ADM3700 de GMIII, ADM4200, ADM4600, DM4800, ADM4870 y A4910RG de GM IV; ADM50048, TJ2049RR, A5766RG, RAR514 y TJ2055RR de GM V; A6411RG de GM VI; A7636RG y Coker75RR de GM VII y A8000RG de GM VIII. Durante el ciclo de los cv. se registraron los estadios fenológicos y presencia de enfermedades de fin de ciclo (EFC) en  $R_5$  (0: sin síntoma; 1: síntomas leves; 2: síntomas parcialmente severos; 3: síntomas severos). Para caracterizar fenológicamente cada una de las etapas se registró: temperaturas y duración del fotoperíodo promedio diarios (T y F, respectivamente). En  $R_7$ , se evaluó vuelco (0: sin vuelco, 4: muy volcado) y en  $R_8$  se tomaron 2 muestras de 1 m<sup>2</sup> por parcela determinándose: altura de planta (ALT) y número de nudos del tallo principal (NU). El

diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones. En abril de 2005 se produjo un granizo que destruyó las parcelas. En ese momento, los cv de la FS4 se encontraban en estados reproductivos por lo tanto sólo se consideró la fenología hasta R<sub>1</sub>.

Se calculó la tasa de desarrollo (D) correspondiente a los períodos VE-R<sub>1</sub>, R<sub>1</sub>-R<sub>5</sub> y R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub> como la inversa del tiempo que duraron dichos períodos. Se analizó la longitud de los períodos a través de D como una función lineal de la temperatura (T) y el fotoperíodo (F). Este modelo (Hadley et al., 1984) establece además, que los efectos de la temperatura media diaria y el fotoperíodo tienen efectos aditivos por lo tanto la descripción matemática se puede realizar mediante un polinomio simple: **Velocidad = D = a' + b' T + c' F**; donde T es la temperatura media diaria; b' es el coeficiente térmico; F es el fotoperíodo diario y c' es el coeficiente fotoperiódico y a' es la ordenada al origen. La sensibilidad térmica (ST) y la sensibilidad fotoperiódica (SF) se determinaron a partir de los coeficientes térmicos y fotoperiódicos de la ecuación calculada.

## RESULTADOS

La duración de los estadios fenológicos se modificó en todos los cultivares con las distintas fechas de siembra (Figura 1). Con valores de temperatura media diaria en aumento se acortó la longitud de las etapas y con valores de fotoperíodos promedios mayores, la duración de cada estadio fue mayor. No se pudo relacionar las variaciones que registraron las etapas fenológicas con el rendimiento y sus componentes debido a la incidencia del granizo que destruyó la mayoría de las parcelas antes que alcanzaran la madurez de cosecha.

El modelo matemático lineal utilizado para estimar la sensibilidad termofotoperiódica y predecir la duración de los estados fenológicos es simple, permitiendo estimar los respectivos coeficientes de los cv. analizados. A diferencia de los ensayos de Oliveros (Martignone, et al, 1996), con los actuales cv. el modelo matemático ensayado tuvo mejor ajuste para caracterizar los estadios post floración. La diferencia entre los valores de duraciones observados y calculados no superó en más de 1 día para el período E-R<sub>1</sub> y se ajustó perfectamente para los restantes períodos reproductivos (Cuadro 1), con desvíos estándar máximos de 2 días. A partir de los coeficientes b' y c' se determinó que todos los cv. estudiados presentaron sensibilidad a la temperatura media diaria y al fotoperíodo diario. La duración del ciclo total de los cv. fue decreciente con el atraso en la FS (Figura 1). No obstante, hubo una respuesta diferencial en la duración de las etapas VE-R<sub>1</sub>, R<sub>1</sub>-R<sub>5</sub> y R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub>, en función del diferente grado de ST y SF. Los cv. A5766RG, RAR514, TJ2055RR, A6411RG, A7636RG, Coker75RR y A8000RG tuvieron el mayor acortamiento del período VE-R<sub>1</sub> con el atraso de la FS. En A4910RG, la etapa VE-R<sub>1</sub> no manifestó variación por la baja ST y SF. AW2886RR, ADM3100 y ADM4600 presentaron la mayor ST y A7636RG y A8000 RG tuvieron la mayor SF, respectivamente. Para R<sub>1</sub>-R<sub>5</sub>, A4910RG y ADM4870 demostraron alta ST y SF, mientras que AW2886 RR y ADM3100 tuvieron menor ST y SF. RA514 y A7636RG presentaron la mayor SF y la más baja ST, respectivamente. Para el resto de los cv. la ST y SF fue intermedia. En todos los casos estos resultados se tradujeron en un acortamiento de la etapa, variable según el grado de SF y ST. Para R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub>, los cv. más sensibles a ambos factores fueron: ADM3100, A4910RG, ADM4600, A5766RG y los que tuvieron la menor ST y SF fueron TJ2055RR y Coker75 RR. Por lo tanto, el grado de acortamiento de los ciclos fue el resultado de la variabilidad en la ST y SF en los diferentes estadios.

En cuanto al vuelco, los cv. que manifestaron el mejor comportamiento (escala = 0) en todas las FS fueron: AW2886RR; ADM3100; ADM3700; ADM4200; ADM4600; ADM4870; A4910RG; ADM 50048; TJ2049RR; A 5766RG; RA514; TJ2055RR; A6411RG y A7636RG. Los cv. que se mencionan a continuación presentaron diferentes magnitudes de vuelco: ADM 4800 en la FS1 y en la FS2 (2 y 3 respectivamente, según escala), y en las FS1, FS2 y FS3, Coker 75 RR (3,5; 3 y 2 respectivamente, según escala) y A8000RG (4; 3,5; y 3 respectivamente, según escala). Este problema agronómico estuvo asociado a las condiciones climáticas imperantes durante las etapas tempranas del desarrollo del cultivo lo cual se tradujo en la expresión de un crecimiento vegetativo excesivo en estos

cv. que fueron de alto porte. En el caso del cv. A8000RG, el problema se vió potenciado por tener un ciclo muy largo para esta latitud.

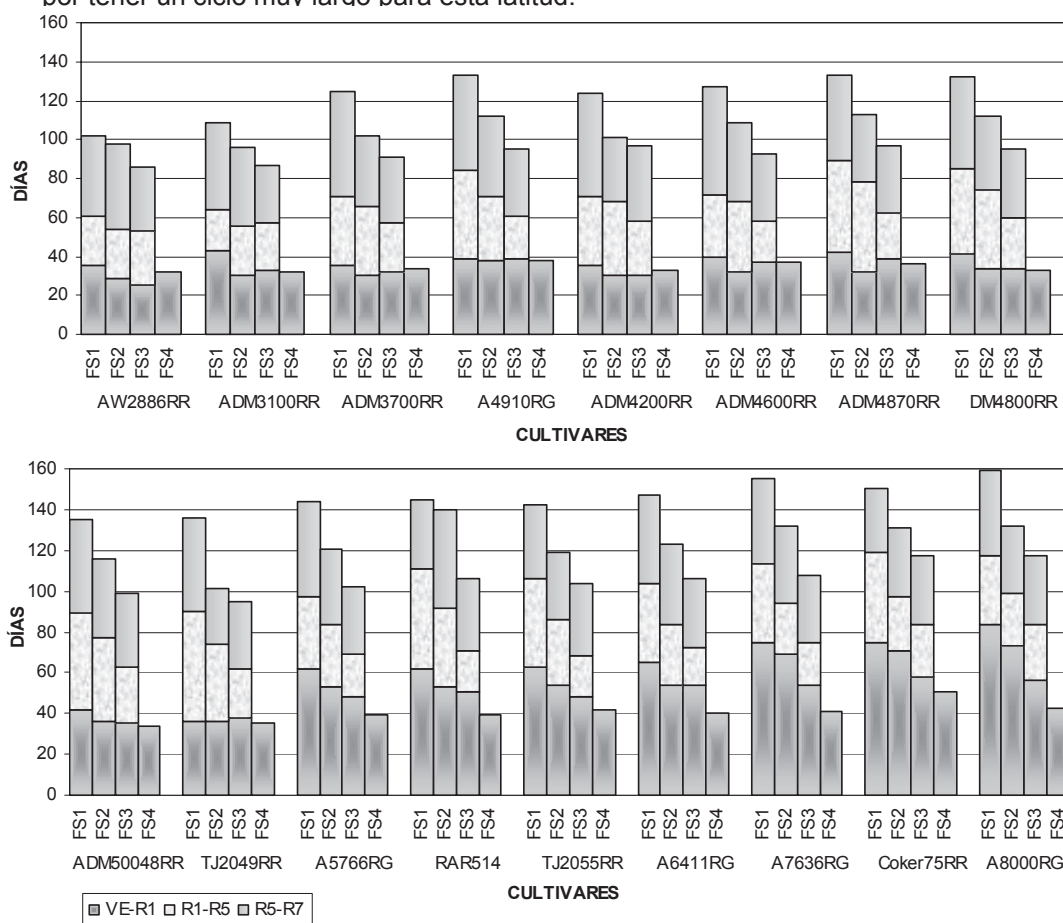


Figura 1: Duración de los estados fenológicos VE-R<sub>1</sub>, R<sub>1</sub>-R<sub>5</sub> y R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub> en las cuatro fechas de siembra y para los genotipos estudiados.

Cuadro N° 1: Sensibilidad térmica (ST), sensibilidad fotoperiódica (SF), diferencia entre valores observados y calculados (OC) y desvío estándar de la diferencia (DE) de los cv. estudiados para los periodos VE-R<sub>1</sub>; R<sub>1</sub>-R<sub>5</sub> y R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub>. Referencias: a = alta; b = baja e i = intermedia.

CV.	VE - R <sub>1</sub>				R <sub>1</sub> - R <sub>5</sub>				R <sub>5</sub> - R <sub>7</sub>			
	ST	SF	OC	DE	ST	SF	OC	DE	ST	SF	OC	DE
AW2886RR	a	l	0	0	b	b	0	0	i	i	0	0
ADM3100	a	l	0	0	b	b	0	0	a	a	0	0
ADM3700	i	l	0	1	i	i	0	0	i	i	0	0
A4910RG	b	b	0	1	a	a	0	0	a	a	0	0
ADM4200	i	l	0	1	i	i	0	0	i	b	0	0
ADM4600	a	l	0	0	i	i	0	0	a	a	0	0
ADM4870	i	l	0	0	a	a	0	0	i	b	0	0
ADM50048	i	i	0	0	i	i	0	0	i	b	0	0
DM4800	i	i	0	1	i	i	0	0	i	i	0	0
TJ2049RR	b	i	0	1	b	i	0	0	i	i	0	0
A5766RG	i	i	-1	1	i	i	0	0	a	a	0	0
RAR514	i	i	0	2	i	a	0	0	i	i	0	0
TJ2055RR	i	i	0	2	i	i	0	0	b	b	0	0
A6411RG	i	i	0	2	i	i	0	0	i	i	0	0
A7636RG	i	a	1	2	b	i	0	0	i	i	0	0
Coker75RR	i	i	0	0	i	i	0	0	b	b	0	0
A8000RG	i	a	0	0	i	i	0	0	i	i	0	0

En Coker75RR y A8000RG, el vuelco registrado incrementó la incidencia de patógenos fúngicos, detectándose la presencia de *Cercospora kikuchii* (2 según escala, en ambos); *Septoria glycines* (1,5 y 2,5 respectivamente); *Phomopsis sojae* (1,5 en ambos) y *Alternaria* sp. (1, en A8000RG). Dichos patógenos estuvieron acompañados por la aparición temprana del tizón bacteriano *Pseudomonas syringae* (3) que intensificó la pérdida de la superficie foliar fotosintéticamente activa en la etapa reproductiva.

Para el resto de los cv. las EFC de mayor incidencia en las tres primeras FS, fueron: *Cercospora kikuchii*, *Septoria glycine* y *Pseudomonas syringae* (alcanzando valores promedios de 1,5, 2 y 2 respectivamente). ADM4200 manifestó excelente sanidad en todas las FS. AW2886 RR expresó buen comportamiento sanitario en las dos primeras FS pero en la FS3 presentó un 70 % de senescencia foliar anticipada en R<sub>3</sub>, provocado por *Cercospora kikuchii*.

En la FS 4, predominó la presencia de *Cercospora kikuchii*, fundamentalmente en los ciclos cortos (valores promedios de 2, según escala) y un ataque leve pero generalizado de *Pseudomonas syringae* (1 según escala). Las menores temperaturas y radiación solar incidente imperantes durante el PLL afectaron el normal llenado del grano y provocaron retención foliar. Asociado a este fenómeno se registró la aparición de un número importante de semillas verdes que alcanzó valores de hasta un 11 % en el cv. A 8000 RG, ya que no pudieron completar su madurez fisiológica.

Con respecto a ALT, determinada a la cosecha, los mayores valores se obtuvieron para la FS2 excepto para DM4800, ADM4870 y A4910RG cuyos valores disminuyeron con el atraso de FS. El mismo comportamiento tuvo el NU. Para el resto de los cv. no se encontró correspondencia entre reducción en ALT y NU.

## CONCLUSIONES

- El grado de acortamiento de los ciclos fue el resultado de la variabilidad en la ST y SF en los diferentes estadios.
- Este modelo de regresión lineal múltiple utilizado es simple y útil para describir los estados de desarrollo de la soja. Para validar el modelo propuesto son necesarias observaciones en un mayor número de ambientes y campañas agrícolas, permitiendo incorporar los nuevos cultivares que se vayan desarrollando. Esto permitirá establecer criterios de selección de cultivares para distintas fechas de siembra, evitando los períodos de estrés en etapas críticas de los cultivos.
- Es importante además, detectar la variabilidad en el comportamiento sanitario para las EFC, por la difusión que éstas han adquirido en la actualidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Hadley, P., Roberts, E.H., Summerfield, R.J. y Minchin, F.R., 1984. Effects of temperature and photoperiod on flowering in soybean [*Glycine max*(L.) Merrill]: a quantitative model. *Ann. Bot.* 53: 669-681.
- Jones, J.W.; Boote, K.J.; Jagtap, S.S. y Mishoe, J.W., 1991. Soybean development. In: Ritchie, J. T. y Hanks, R.J. (eds.) *Modelling Plant and Soil Systems*. Agron. Monogr. N° 31. ASA-CSSA-SSSA, PP. 71-90.
- Martignone, R.A., Morandi, E.N., Bodrero, M.L. y Quijano, A. 1996. Caracterización de la respuesta fototérmica de cultivares de soja. *Actas XXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal*, Mendoza, 23 al 22 de marzo de 1996, pp. 84-85.
- Roberts, E.H.; Qi, A; Ellis, R.H; Summerfield, R.J.; Lawn, R.J. y Shanmugasundaram, S., 1996. Use of field observations to characterise genotypic flowering responses to photoperiod and temperature: a soybean exemplar, *Theor. Appl. Genet.* 93:519-533.
- Sinclair, T.R.; Kitani, S.; Hinson, K.; Bruniard, J. y Horie, T., 1991. Soybean flowering date: linear and logistic models based on temperature and photoperiod, *Crop Sci.* 31:786-790.