

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DEL AJONJOLI (*Sesamum indicum* L.) BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE SUMINISTRO DE AGUA*

Fidel Patarroyo M.
Jaime Navas A.**

1. RESUMEN

En el presente trabajo se analizaron algunas características fisiológicas y morfológicas del crecimiento asociadas con rendimiento en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y su plasticidad bajo diferentes condiciones de suministro de agua.

Para el suministro de agua se impusieron dos tratamientos: riego suplementario (CRS) cuando el suelo había consumido el 50% del agua aprovechable y condiciones naturales de precipitación en la zona (SRS).

Las características fisiológicas de crecimiento indican que el riego suplementario es capaz de modificar la capacidad genética de producción de la variedad de ajonjolí ICA-Pacandé. La mayor plasticidad correspondió a la tasa de crecimiento relativo y a la tasa de asimilación neta y ninguna plasticidad a la relación de área foliar.

Las más importantes características morfológicas de mayor plasticidad al tratamiento CRS son altura de planta, área foliar, número de cápsulas y altura al inicio de la capsulación; el número de ramas por planta y el número de cápsulas por nudo no exhibieron plasticidad.

El modelo matemático que mejor describe la curva de crecimiento de la variedad de ajonjolí ICA - Pacandé es:

$$Y = B_0 - B_1 x + B_2 X^2 - B_3 X^3$$

La altura de planta, el número de cápsulas y el peso seco total (aéreo y subterráneo) son las mejores características para obtenerla.

Los datos colectados en este trabajo permiten concluir que una aproximación fisiológica al estudio de rendimiento en ajonjolí podría producir buenos resultados en corto tiempo.

2. INTRODUCCION

En 1.970 el área cultivada con ajonjolí ascendió a 36 mil hectáreas con un rendimiento medio de 667 kg/ha mientras que en 1.976 el área de cultivo fue de 32 mil hectáreas con un rendimiento medio de 559 kg/ha. Este rendimiento fuera de ser muy bajo, ya que es posible obtener rendimientos superiores a 1.900 kg/ha tal como lo han demostrado algunos experimentos realizados sobre fertilización y riego en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias "Nataima" (9), es una de las causas por las cuales el área dedicada al cultivo ha permanecido estática en nuestro país. Este factor puede ser superado logrando mayores rendimientos para lo cual es necesario conocer cómo crece la planta.

Según Clements (1) la intensidad del crecimiento de un cultivo está determinada por la interacción entre el complejo ambiental y genético. El control sobre un componente del ambiente puede suscitar cambios inesperados en otros componentes además de que, como afirman Schawcroft y colaboradores (11), es posible modificar las plantas y las comunidades por medio de la disminución del desperdicio de

* Contribución del Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias UN-ICA y del Programa de Fisiología Vegetal. Adaptación de la tesis de grado presentada por el autor principal al Programa de Graduados como requisito parcial para optar al título de Magister Scientiae.

** Ingeniero Agrónomo M.S. Programa Fisiología Vegetal, Apartado Aéreo 40 Espinal e Ingeniero Agrónomo Ph.D. Subgerente de Investigación. ICA. Bogotá.

agua y la conservación de niveles aceptables de producción.

El ajonjolí es cultivo considerado como resistente a la sequía y de hecho es cultivado en Colombia en zonas y épocas secas; prácticamente ningún agricultor hace previsión de riego cuando cultiva ajonjolí.

Hay divergencia entre diferentes autores en cuanto a los requerimientos de agua por parte de esta especie pero ninguno niega que el ajonjolí responde a riego suplementario cuando éste se aplica en estadios tempranos del cultivo (10, 12).

El trabajo tiene como objetivo determinar la respuesta del ajonjolí al tratamiento de riego suplementario; se pretendió estudiar cuáles características fisiológicas y morfológicas están asociadas con incrementos en rendimiento debidos a riego suplementario.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

El conocimiento de la actividad fotosintética de los órganos y tejidos asimilatorios de una planta y de su respuesta a los factores ambientales forma las bases para cualquier estudio de tasas de fotosíntesis y/o producción primaria de un cultivo (2).

Las limitaciones impuestas por deficiencias de agua sobre el crecimiento de las plantas son a menudo el resultado de efectos detrimentales sobre los procesos físicos y fisiológicos asociados con la disminución de los potenciales de agua en las hojas y en el suelo (5).

Mahmoud, citado por Lazim y El Nadi (8), dice que los bajos rendimientos en ajonjolí se pueden deber a variedades locales inadecuadas, a baja población de plantas por hectárea y a factores adversos de suelo y agua. El Nadi y Lazim (3) concluyeron que cambios en la humedad del suelo no afectaron la turgencia relativa del ajonjolí mientras que la apertura estomatal disminuyó cuando el intervalo entre riegos fue mayor.

Las características estomatales del ajonjolí pueden servir como útiles índices fisiológicos de rendimiento potencial en climas calientes y secos (4).

4. MATERIALES Y METODOS

Este experimento se realizó con la variedad de ajonjolí ICA - Pacandé en el Centro Experimental "Nataima" durante el segundo semestre de 1976. Se impusieron dos tratamientos: uno con riego suplementario (CRS) y otro bajo las condiciones naturales de precipitación de la zona (SRS). La necesidad de riego suplementario se determinó mediante la curva de retención de humedad del suelo. Cuando las determinaciones periódicas de humedad del suelo mostraron que se había consumido el 50% del agua aprovechable se aplicó riego por gravedad hasta llevar el suelo a capacidad de campo de acuerdo con lo descri-

to por varios autores (6, 7). Las características de los suelos de los lotes experimentales aparecen en la Tabla 1. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas; la parcela principal correspondió a los tratamientos de riego y la sub-parcela a épocas de siembra.

TABLA 1. Características físico-químicas y retención de humedad (%) del suelo. Lote II-2, C.E. "Nataima" Espinal. 1.976B.

Profundidad (m)	0,20
Textura	FArA
pH	6,2
C.I.C. (meq/100 g)	20,00
Bases totales (meq/100 g)	8,90
M.O. (%)	1,40
P (ppm)	15,31
K (meq/100 g)	0,25
Densidad aparente (g/cm ³)	1,847
Retención de humedad (%Hv) a:	
– 0,10 bar (CC)	27,037
– 0,33 bar	25,392
– 0,50 bar	24,585
– 1,00 bar	23,957
– 3,00 bar	22,981
– 15,00 bar (PMP)	21,460
Agua aprovechable (AA)	5,611
50% x AA	2,805
% Hv para efectuar riego	24,230

CC = Capacidad de campo
 PMP = Punto de marchitez permanente
 % Hv = Porcentaje con base en volumen
 FArA = Textura franco arcillo arenosa

La cuantificación de los componentes del crecimiento se realizó mediante medidas de longitud de las partes aéreas y subterráneas de la planta, pesos verde y seco de cada una de las partes de la planta y área foliar. El área foliar se determinó por el método gravimétrico del disco en el cual el área total se calcula a partir de la relación entre el área y el peso de los discos y el peso total de hojas secas.

5. RESULTADOS

La temperatura ambiental media durante el período vegetativo varió entre 27,2 y 29,4° C. La precipitación total media hasta la fecha de corte fue de 40,91 mm (Figura 1); la distribución de ésta hizo necesaria la aplicación de riego cinco veces: a los 10, 20, 47, 52 y 82 días de emergidas las plántulas. La figura 2 muestra la altura media de las plantas durante el período vegetativo. Este parámetro indica una correlación positiva al factor ambiental por cuanto las mayores alturas medias correspondieron al tratamiento CRS.

El número total de cápsulas, contadas a partir de los 40 días, fue siempre superior en el tratamiento con riego suplementario. Para los dos tratamientos se observa correlación positiva entre el número y el peso seco de las cápsulas.

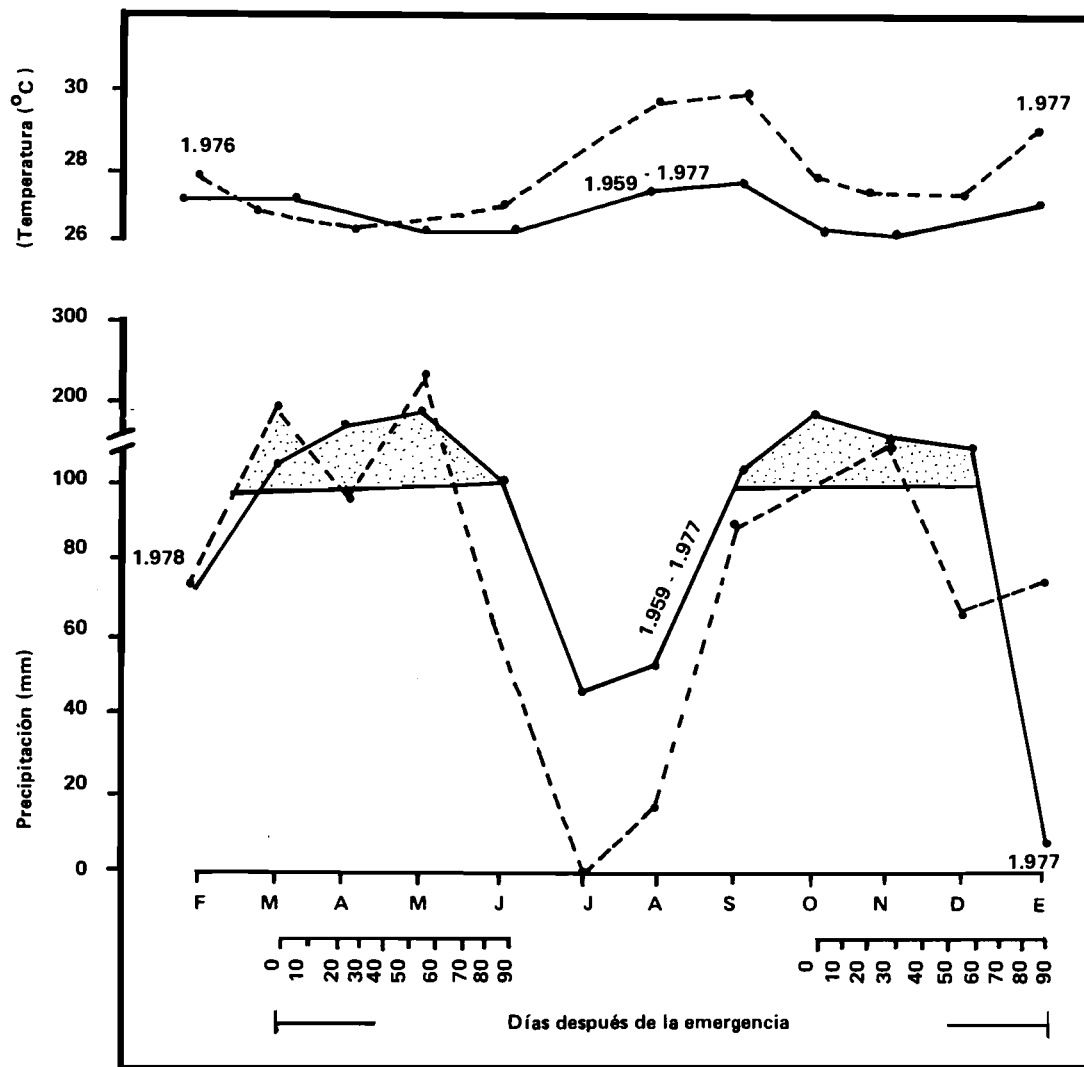


FIGURA 1. Variación mensual de los promedios de temperatura y precipitación entre 1959 y 1977 y entre 1976 y 1977. Nataima.

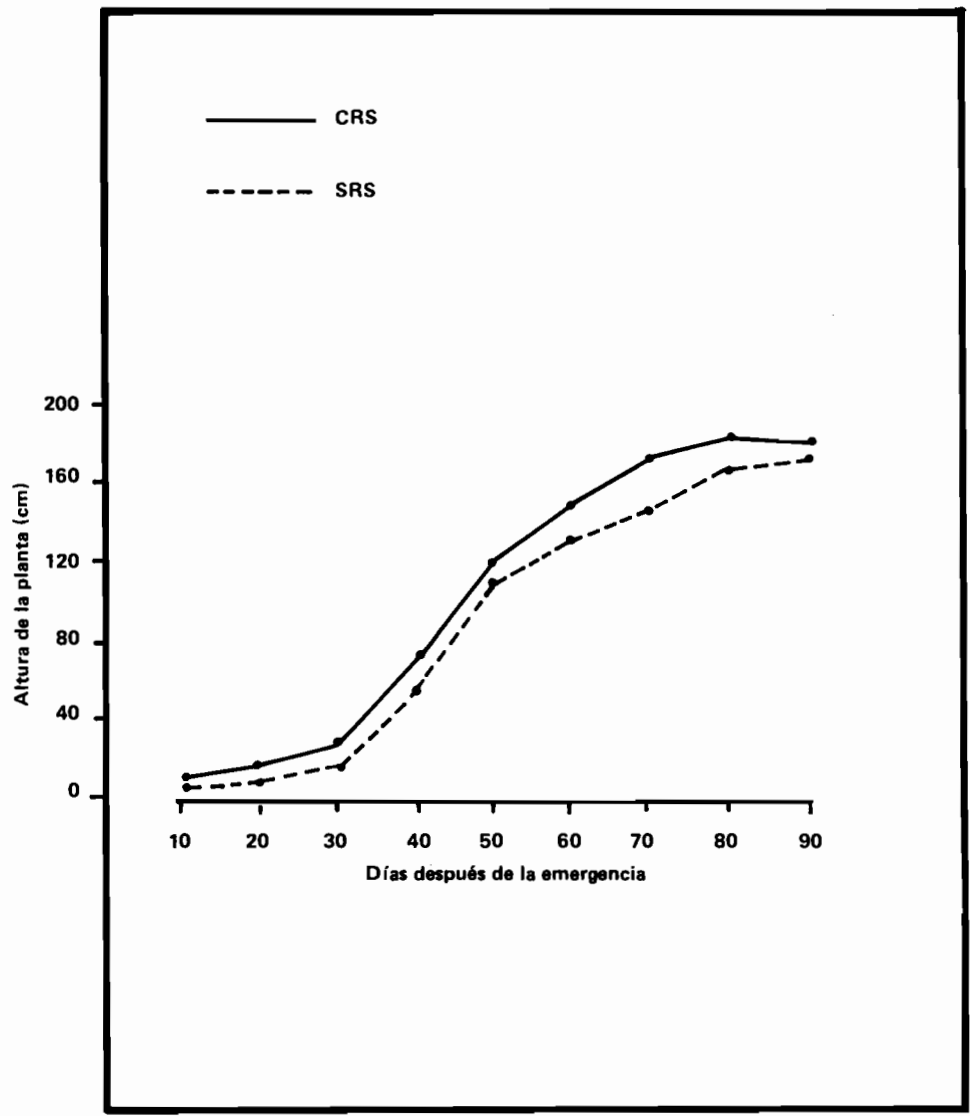


FIGURA 2. Comportamiento de la altura de la planta. Nataima, 1.976B.

La tasa de crecimiento relativo (TCR) o sea la capacidad que tiene la planta de producir material elaborado por unidad de material ya formado presenta para el tratamiento CRS su mayor valor entre los 20 y 30 días (Tabla 2), época en la cual ya se ha iniciado la capsulación de la planta, mientras que para el tratamiento SRS lo presenta entre los 30 y 40 días y entre los 60 y 70 días; este valor disminuye luego en forma gradual. Hasta los 30 - 40 días (Figura 3) se observa un incremento gradual y entre los 60 - 70 los dos tratamientos alcanzan aproximadamente iguales valores máximos; luego estos valores comienzan a disminuir. Para el tratamiento SRS los valores de este parámetro son sensiblemente diferentes de los del tratamiento CRS y en general se observa que sus valores son altos en el tratamiento CRS y viceversa.

El mayor valor de la tasa de asimilación neta (TAN), o sea la cantidad de material asimilado por decímetro cuadrado de área foliar durante el día, aunque diferente durante los primeros 50 días, ocurre entre 10 - 20 y 70 - 80 días para el tratamiento CRS y entre 30 - 40, 60 - 70 y 80 - 90 días para SRS. En general, este parámetro muestra una variabilidad pronunciada en el tratamiento SRS (Figura 3).

La relación del área foliar (RAF) máxima, es decir la máxima producción de área foliar por gramo de peso producido, se obtuvo a los 30 días de la emergencia en los dos tratamientos; luego mermó en forma gradual. El índice de área foliar (IAF), o sea la producción del área foliar por unidad de área del suelo ocupada por la planta, va en aumento y su mayor valor se obtuvo a los 60 y 80 días de la emergencia para los tratamientos CRS y SRS respectivamente. Se encontró correlación positiva entre este parámetro y el número de hojas de la planta (Figura 4).

Se obtuvo un rendimiento medio de 1.245,2 kg/ha para CRS y de 1.149,6 kg/ha para SRS.

6. DISCUSION

Era de esperar que la menor altura media de la planta correspondería al tratamiento SRS porque además de reducción de la turgencia la deficiencia hídrica en la planta causa reducción de la elongación celular la cual reduce a su vez el alargamiento de tallo, raíz y hoja; además, es la elongación celular el proceso fisiológico más sensitivo y el primer afectado con tensiones hídricas entre 0 y 10 bares (6).

TABLA 2. Parámetros de crecimiento de la variedad para cada uno de los tratamientos. Nataima. 1.976B.

Tratamiento	Intervalo	Días	TCR (g/d.g.)	AF dm ²	TAN (g/d. dm ²)	RAF (dm ² /g)	IAF (dm ² /dm ²)
CRS		10		0,05		0,39	0,002
	1-2	20	0,15	2,07	0,07	2,49	0,09
	2-3	30	0,15	9,59	0,09	1,60	0,43
	3-4	40	0,12	27,08	0,09	1,17	1,20
	4-5	50	0,07	44,88	0,08	0,88	1,99
	5-6	60	0,05	54,20	0,06	0,67	2,41
	6-7	70	0,005	39,81	0,009	0,47	1,77
	7-8	80	0,04	47,59	0,09	0,38	2,12
	8-9	90	0,005	28,25	0,02	0,22	1,26
SRS		10		0,05		0,50	0,002
	1-2	20	0,15	1,71	0,07	2,51	0,08
	2-3	30	0,14	6,48	0,08	1,69	0,29
	3-4	40	0,15	33,40	0,11	1,26	1,48
	4-5	50	0,08	52,34	0,08	0,84	2,33
	5-6	60	-0,005	39,26	-0,007	0,66	1,75
	6-7	70	0,06	53,26	0,10	0,50	2,37
	7-8	80	0,006	49,03	0,01	0,43	2,18
	8-9	90	0,03	35,22	0,09	0,23	1,57

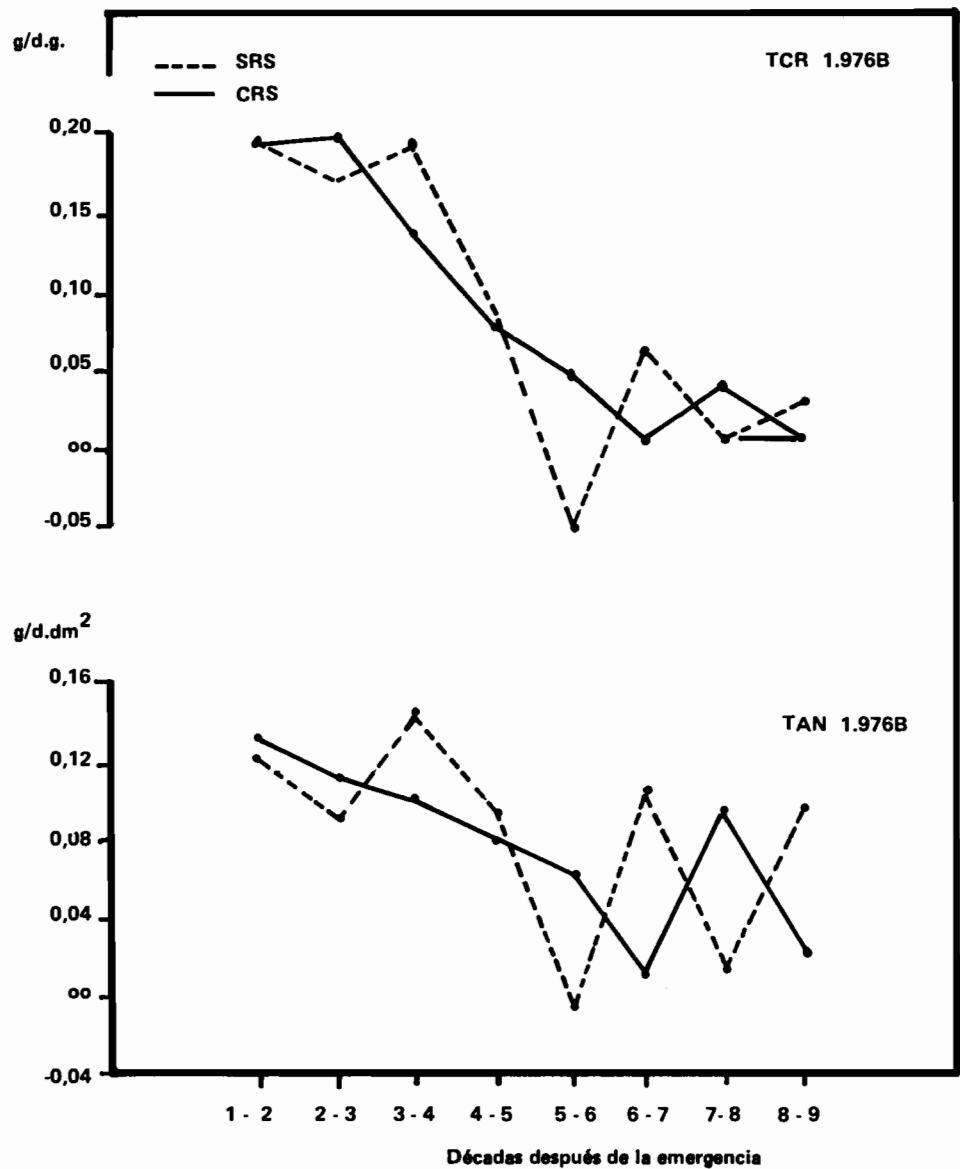


FIGURA 3. Efecto de la humedad sobre las tasas de crecimiento relativo (TCR) y de asimilación neta (TAN).

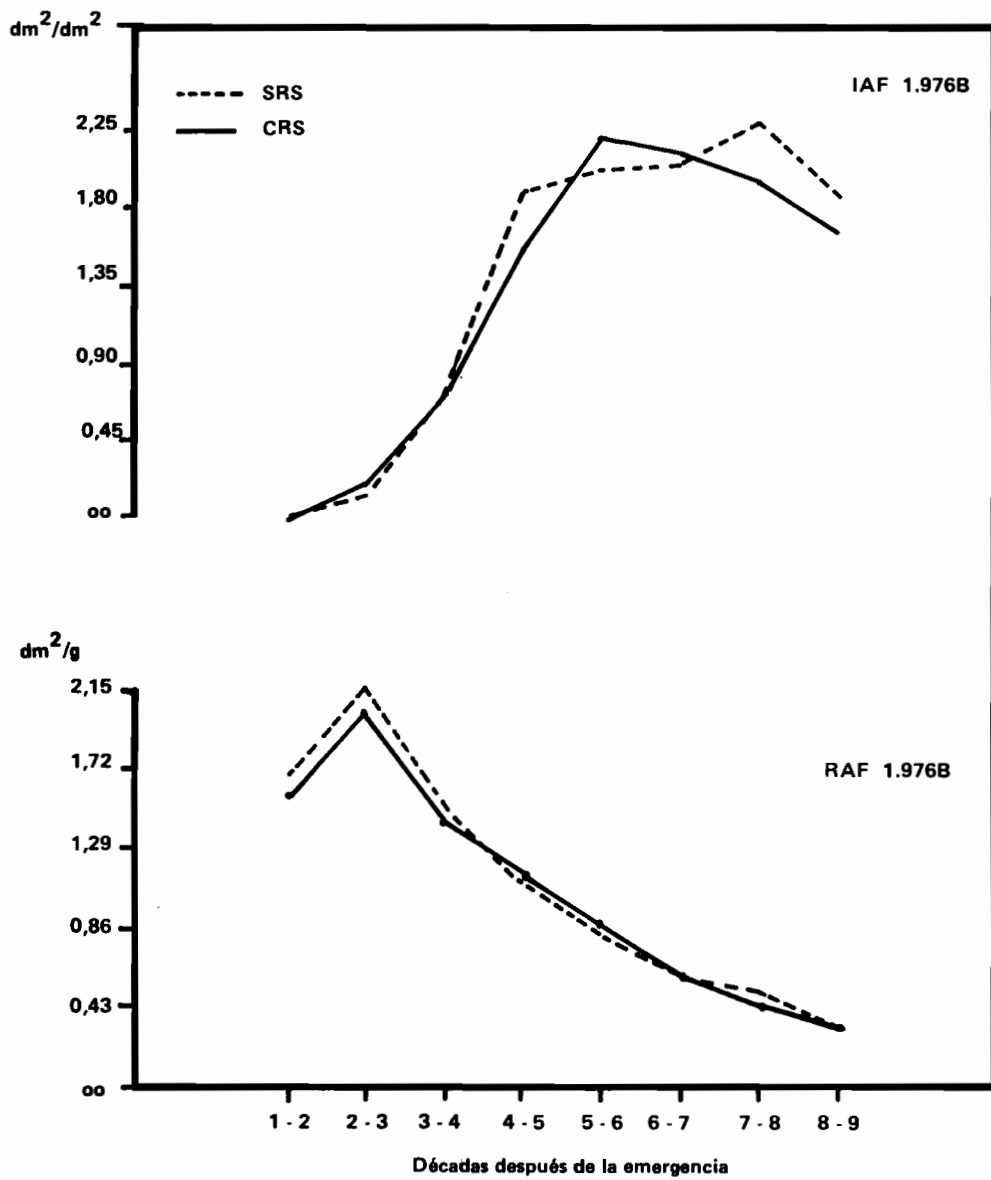


FIGURA 4. Influencia de la humedad sobre el índice (IAF) y la relación (RAF) de áreas foliares.

El mayor valor absoluto obtenido para la tasa de crecimiento relativo con el tratamiento CRS constituye resultado lógico por cuanto la tensión hídrica afecta tanto la síntesis como el traslado de compuestos orgánicos y además muestra que un factor ambiental como el riego suplementario facilita la expresión del potencial genético productivo de la variedad. La diferencia en época de ocurrencia entre los dos tratamientos posiblemente se puede explicar por lo acentuado del proceso respiratorio en dichas épocas aparte de la probable respuesta, entre los 60 - 80 días, al agua proveniente de precipitación.

La diferencia en alcanzar una mayor tasa de crecimiento relativo indica que bajo las condiciones del tratamiento CRS se presentó mayor tasa de transformación del CO₂ fijado para la época de la diferenciación.

Los cambios graduales de los valores relativos de este parámetro (Tabla 2) indican que hubo eficiencia en el uso del agua aplicada. Esto es, por cada gramo de agua usado hubo mayor producción de materia seca en el tratamiento con riego suplementario que en el de precipitación natural. Este mayor valor de TCR está más o menos correlacionado con el valor de relación de área foliar producida por unidad de peso seco elaborado. Las tasas de asimilación neta, aunque diferentes entre tratamientos, presentan su máximo en un período similar para ambos tratamientos. Esto se explica por cuanto la diferencia en relación de área foliar es mínima entre los 40 - 50 días para los dos tratamientos y porque dicho período probablemente cubre los procesos de adaptación previos a la fase productiva y en los cuales tanto la asimilación como la respiración por unidad de área están cambiando en forma por demás semejante. Esta similitud obtenida se ajusta a la igualdad $TCR = TAN \times RAF$.

Comparando los dos tratamientos se deduce que el riego suplementario después de la emergencia es de notoria significancia. Esto debido a que aun cuando la cantidad de área foliar producida por gramo de materia seca sea más o menos similar para los dos tratamientos bajo condiciones de riego suplementario esta área foliar es más eficiente en su tasa asimilatoria. Además, las precipitaciones fuera de conducir a una respuesta en el tratamiento SRS significaron una mayor disponibilidad de agua como consecuencia de la textura pesada del suelo y por ende de su aceptable poder de retención de agua.

7. CONCLUSIONES

El análisis de algunas características fisiológicas del crecimiento y de su plasticidad mostró que el riego suplementario es capaz de modificar el comportamiento ontogénico de la variedad de ajonjolí ICA-Pacandé.

Entre las características fisiológicas analizadas se presentó diferencia en plasticidad. Se mostraron co-

mo plásticas la tasa de crecimiento relativo y la tasa de asimilación neta y como medianamente plástico, especialmente en la fase reproductiva, el índice de área foliar; la relación de área foliar no reveló plasticidad.

Las características morfológicas analizadas también mostraron diferente plasticidad al riego suplementario. El área foliar por planta, la altura de planta, la altura al inicio de la capsulación mostraron plasticidad mientras que la longitud de la raíz principal tuvo apenas mediana plasticidad; el número de ramas por planta, el número de cápsulas por nudo y el tamaño de la cápsula no mostraron ninguna plasticidad.

Los pesos verde y seco de los órganos de la planta fueron siempre mayores con el tratamiento CRS.

El modelo matemático que mejor describe la curva de crecimiento de la variedad de ajonjolí ICA-Pacandé es:

$$Y = B_0 - B_1 X + B_2 X^2 - B_3 X^3$$

En él los puntos críticos (en días después de la emergencia) son los siguientes:

Mínimo 11 - 14;	promedio 12,5
Inflexión 41 - 63;	promedio 52,0
Máximo 70 - 111;	promedio 90,5

La altura de planta, el número de cápsulas y la materia seca total (aérea y subterránea) son las características más adecuadas para la obtención de estos puntos críticos.

8. SUMMARY

Analysis of sesame growth under different water supply conditions.

The purpose of this work was to analyse the trends of physiological and morphological growth characteristics associated with yield in sesame (*Sesamum indicum* L.) and their plasticity under different conditions of water supply.

Water supply consisted of two treatments: supplementary irrigation (CRS) at 50% consumption of available water and natural conditions of precipitation in the region (SRS).

The estimated values of physiological growth characteristics indicated that the supplementary irrigation modified the genetic capacity of production in the sesame variety ICA-Pacandé. The greater plasticity was shown by relative growth rate (RGR) and net assimilation rate (NAR); no plasticity was demonstrated by the leaf area ratio (LAR).

The morphological characteristics which showed high plasticity to the CRS treatment were plant height, leaf area, capsule quantity and height of the first capsule; branch quantity and number of capsules per node did not exhibit plasticity.

The mathematical model which best described the shape of the growth curve of the sesame variety ICA-Pacandé was given by:

$$Y = B_0 - B_1 X + B_2 X^2 - B_3 X^3$$

Plant height, capsule quantity and total (aerial and underground) weight of the dry matter are the best characteristics for obtaining it.

From this study it was concluded that a physiological approach to study of yield in sesame could produce good results in a short time.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CLEMENTS, F.F. Interaction of factors affecting yield. *Annual Review of Plant Physiology* v. 15, p. 409-442. 1.964.
2. CHARTIER, P.H.; CATSKY, J. Photosynthetic systems conclusions. *En: International Biological Programme. Photosynthesis and productivity in different environments. Cambridge University Press* v. 3, p. 425-433. 1.975.
3. EL NADI, A.H.; LAZIM, M.H. Growth and yield of irrigated sesame. II. Effects of population and variety on reproductive growth and seed yield. *Experimental Agriculture* v. 10, p. 71-76. 1.974.
4. HALL, A.E.; YERMANOS, D.M. Leaf conductance and leaf status of sesame strains in hot, dry climates. *Crop Science* v. 15, p. 789-793. 1.975.
5. HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology* v. 24, p. 519-570. 1.973.
6. -----; AVECEDO, E. Plant responses to water deficits, water use efficiency, and drought resistance. *Agricultural Meteorology* v. 14, p. 59-84. 1.974.
7. KRAMER, P.J. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. México, Edutex 1.974. 538 p.
8. LAZIM, M.H.; EL NADI, A.H. Growth and yield of irrigated sesame. I. Effects of population and variety on vegetative growth. *Experimental Agriculture* v. 10, p. 65-69. 1.974.
9. LOPEZ, V. Epocas críticas de riego en ajonjolí y su efecto en la incidencia de *Macrophomina phaseoli*. Ibagué, ICA Programa de Desarrollo de Recursos de Agua y Tierra, 1.975. 18 p. (Mecanografiado).
10. RAMOS, N.G. Oleaginosas. Palmira, Universidad Nacional, 1.964. p. 15.
11. SCHAWCROFT, R.W.; LEMON, E.R.; ALLEN Jr., I.M.; STEWART, D.W.; JENSEN, S.E. The soil - plant - atmosphere model and its predictions. *Agricultural Meteorology* v. 14, p. 287-307. 1.974.
12. WEISS, B.A. Sesame. *En: Castor, sesame and safflower. London, Leonard Hill, 1.971. p. 410-477. (Mimeografiado).*