

CRECIMIENTO DEL GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) EN FUNCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA

SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) GROWTH DEPENDING ON IRRIGATION WITH SALINE WATER AND NITROGEN FERTILIZATION

João Batista dos-Santos¹; Cruz Ramón Marengo-Centeno²; Carlos Alberto Vieira de-Azevedo³; Hans Raj-Gheyi⁴; Geovani Soares de-Lima⁵; Vanda Maria de-Lira⁶

¹Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, Paraíba. (agrosantos@hotmail.com). ²Faculdade Maurício de Nassau, Campina Grande. (cruzmarcen@gmail.com). ³Universidade Federal de Campina Grande. (cazevedo@deag.ufcg.edu.br). ⁴Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. (hans@pq.cnpq.br). ⁵PNPD/CAPEs, UFCG. (geovanisoareslima@gmail.com). ⁶Universidade Federal de Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

RESUMEN

El agua es un recurso para la agricultura, urbano e industrial y es insuficiente en zonas con clima semiárido en el noreste de Brasil. El agua salina debe considerarse una alternativa para la expansión de las zonas agrícolas con riego. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del riego con agua salina y fertilización nitrogenada en el crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. EMBRAPA 122-V2000. El estudio se desarrolló en un invernadero de la Universidad Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, entre abril y julio de 2012. El diseño experimental fue totalmente al azar con tres repeticiones, en arreglo factorial 5×5; niveles de salinidad del agua de riego con conductividad eléctrica (ECa) de 0.7, 1.7, 2.7, 3.7 y 4.7 dS m⁻¹ (25 °C) y dosis de N de 50, 75, 100, 125 y 150 mg kg⁻¹, en 75 unidades experimentales. Las variables evaluadas durante el ciclo de crecimiento fueron: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, inicio de floración, apertura máxima de la inflorescencia, diámetro interno y externo del capítulo floral, y contenido de clorofila. Los resultados con ECa de 0.7 dS m⁻¹ decrecieron linealmente. La interacción salinidad del agua del riego y fertilización nitrogenada no fue significativa en las variables, excepto en la altura de la planta 15 d después de la siembra. Las variables de la floración se retardaron con el aumento de la salinidad del agua de riego y el contenido de clorofila disminuyó, pero aumentó con el N.

Palabras clave: agua salina, estrés salino, dosis de nitrógeno.

ABSTRACT

Water is a resource for agriculture, urban and industrial activities. It is insufficient in the arid climate areas in the north east of Brazil. Saline water is as an alternative to the expansion of agricultural irrigation areas. Our objective was to assess the effect of irrigation with saline water and nitrogen fertilization on sunflower (*Helianthus annuus* L.) cv. EMBRAPA 122-V2000 growth. This study was carried out in a greenhouse at the Campina Grande Federal University, Paraíba, Brazil, between April and July 2012. The experimental design was completely random with three replications in a 5×5 factorial arrangement; salinity levels in irrigation water, with electrical conductivity (ECa) of 0.7, 1.7, 2.7, 3.7 and 4.7 dS m⁻¹ (25 °C) and N doses of 50, 75, 100, 125 and 150 mg kg⁻¹ as factors, in 75 experimental units. The variables evaluated during the growth cycle were: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, flowering onset, maximum inflorescence opening, inner and external flower diameter, and chlorophyll content. The results with ECa of 0.7 dS m⁻¹ linearly decreased. The salinity of the irrigation water and nitrogen fertilization interaction was not significant in the evaluated variables, except for the plant height 15 d after sowing. The flowering variables were delayed as the salinity of the irrigation water increased and chlorophyll content decreased, but increased with N.

Key words: saline water, salt stress, nitrogen dosage.

INTRODUCTION

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is used for human and animal nutrition. For this reason, government organisms are interested in this

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: febrero, 2016. Aprobado: marzo, 2017.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 51: 649-660. 2017.

INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) se utiliza para la alimentación humana y animal. Por esto, los organismos gubernamentales se interesan en esta oleaginosa y por la posibilidad de utilizarlo para producir aceite. El girasol puede usarse también para producir biocombustible, que es una alternativa para generar divisa en la agricultura de la región semiárida brasileña, ya que el girasol muestra cierta tolerancia a la sequía y al calor (Silva *et al.*, 2007).

El estudio de las estructuras de las plantas permite detectar la variabilidad genética de las poblaciones de cada especie y la relación entre esta variabilidad y los factores ambientales, lo cual complementa las técnicas para el mejoramiento de los programas genéticos (Macedo *et al.*, 2009). El análisis del crecimiento de las plantas es una técnica viable para conocer las bases fisiológicas de la producción; destaca las influencias de las interacciones ambientales, genéticas y agronómicas. Esta técnica describe las condiciones morfofisiológicas de la planta en función del tiempo y los métodos para su uso se han documentado (Peixoto *et al.*, 2008; Cruz *et al.*, 2010).

El girasol en Brasil requiere estudiarse para obtener información para los programas de mejoramiento y elevar la productividad. Los indicadores de crecimiento y rendimiento agronómico dependen de la morfología y el cambio en el estado hídrico, la integridad de las membranas, las concentraciones de los solutos inorgánicos y la asignación de nutrientes; además, la síntesis de compuestos orgánicos pueden utilizarse como identificadores fisiológicos y bioquímicos (Taiz y Zeiger, 2009).

En la región nordeste brasileña el exceso de sales en el suelo y el agua ejerce efectos adversos en las plantas, como los trastornos osmóticos que dificultan la absorción de agua por las raíces, la toxicidad de iones y el desequilibrio nutricional (Torres *et al.*, 2004). Los niveles altos de salinidad limitan la producción agrícola porque causan modificaciones morfológicas, estructurales y metabólicas en las plantas (Conus *et al.*, 2009). Los efectos de la salinidad del agua de riego en la producción del cultivo de girasol se han evaluado (Nobre *et al.*, 2011; Santos Júnior *et al.*, 2011). Debido a indicadores de estrés salino relacionados con el rendimiento de los granos

oleaginosos y la posibilidad de usarlo para la producción de aceite. El girasol también puede ser utilizado para la producción de biocombustible, que es una alternativa de ingreso en la agricultura brasileña en la zona semiárida ya que las girasoles muestran cierta tolerancia al calor y a la sequía (Silva *et al.*, 2007).

El estudio de las estructuras de las plantas permite detectar la variabilidad de cada especie y la relación entre esta variabilidad y los factores ambientales, lo cual complementa las técnicas para el mejoramiento de los programas genéticos (Macedo *et al.*, 2009). El análisis del crecimiento de las plantas es una técnica viable para conocer las bases fisiológicas de la producción; destaca las influencias de las interacciones ambientales, genéticas y agronómicas. Esta técnica describe las condiciones morfofisiológicas de la planta a lo largo del tiempo; los métodos para su uso se han documentado (Peixoto *et al.*, 2008; Cruz *et al.*, 2010).

El cultivo de girasol en Brasil requiere estudiarse para obtener información para los programas de mejoramiento y elevar la productividad. Los indicadores de crecimiento y rendimiento agronómico dependen de la morfología y el cambio en el estado hídrico, la integridad de las membranas, las concentraciones de los solutos inorgánicos y la asignación de nutrientes; además, la síntesis de compuestos orgánicos pueden utilizarse como identificadores fisiológicos y bioquímicos (Taiz y Zeiger, 2009).

En el noreste de Brasil, el exceso de sales en el suelo y el agua ejerce efectos adversos en las plantas, como los trastornos osmóticos que dificultan la absorción de agua por las raíces, la toxicidad de iones y el desequilibrio nutricional (Torres *et al.*, 2004). Los niveles altos de salinidad limitan la producción agrícola porque causan modificaciones morfológicas, estructurales y metabólicas en las plantas (Conus *et al.*, 2009). Los efectos de la salinidad del agua de riego en la producción del cultivo de girasol se han evaluado (Nobre *et al.*, 2011; Santos Júnior *et al.*, 2011). Debido a indicadores de estrés salino relacionados con el rendimiento de los granos

y calidad del aceite, el girasol se considera como una especie de moderada tolerancia a la sequía y salinidad (Caterina *et al.*, 2007). El objetivo del estudio fue evaluar las variables de crecimiento de girasol cv. EMBRAPA 122-V2000 en función de la salinidad del agua de riego y la fertilización nitrogenada en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de abril a julio de 2012, en un invernadero en el Centro de Tecnología y Recursos Naturales (CTRN), Universidad Federal de Campina Grande, Brasil. El invernadero se ubica en el centro-oriente de la meseta de la Borborema del estado de la Paraíba (7° 13' 11" S, 35° 53' 31" O y 550 m de altitud). La clasificación climática según Köppen de clima mesotermal semihúmedo del tipo Csa con verano caliente y seco (4 a 5 meses) y lluvias de otoño a invierno (Coelho y Soncin, 1982).

Los tratamientos resultaron de la combinación de los factores ECa del agua de riego (0.7, 1.7, 2.7, 3.7 y 4.7 dS m⁻¹ a 25 °C) y dosis de N (50, 75, 100, 125 y 150 mg kg⁻¹ de suelo). La ECa eparada se logró por adición de NaCl. La dosis de N en el suelo que recomienda Novais *et al.* (1991) es 100 mg kg⁻¹. El diseño estadístico fue completamente al azar en arreglo factorial 5×5, con tres repeticiones y 75 unidades experimentales.

Diez semillas se sembraron a 2 cm de profundidad, por recipiente plástico (adaptado como lisímetros de drenaje) con 120 kg de suelo. La germinación inició 4 d después de la siembra (DDS) y continuó hasta el día 13; 15 DDS se dejan las tres plantas más vigorosas por recipiente. En estas se hizo la primera medición de las variables. Al inicio de la fase experimental, en muestras de suelo, a 0.20 m de profundidad, se realizaron análisis químicos de fertilidad y salinidad (Cuadro 1), según los métodos de EMBRAPA (1997).

El riego fue manual, el suelo se mantuvo a capacidad de campo antes del inicio de la siembra. El riego se manejó de acuerdo con el balance hídrico e intervalo de 2 d. La lámina de agua se calculó con el volumen de agua aplicado y el drenado del riego anterior más una lámina de 10 % de lixiviación.

Antes de la siembra se aplicaron abonos inorgánicos fosforados y potásicos a los recipientes, según las necesidades nutricionales de la planta y con la metodología de Novais *et al.* (1991) para invernadero. La fertilización en la base se realizó con 300 mg kg⁻¹ de P₂O₅ y 4 mg kg⁻¹ de B con superfosfato simple y ácido bórico, respectivamente. El fertilizante nitrogenado en forma de urea se aplicó de acuerdo con los tratamientos. La fertilización potásica de 150 mg kg⁻¹ de K₂O provino

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted from April to July 2012, in a greenhouse at the Center of Technology and Natural Resources (CTRN), Universidad Federal de Campina Grande, Brasil. The greenhouse is located in the central-east portion of the Borborema Plateau, Paraíba State (7° 13' 11" S, 35° 53' 31" W and 550 m of altitude). According to Köppen's climatic classification, the climate in the area is A mesothermal semi-humid Csa type, with hot and dry summer (4-5 months) and the rainy season from autumn to winter (Coelho and Soncin, 1982).

Treatments resulted from the combination of the electrical conductivity (Eca) factors from the irrigation water (0.7, 1.7, 2.7, 3.7 and 4.7 dS m⁻¹ at 25 °C) and N doses (50, 75, 100, 125 and 150 mg of ground kg⁻¹). The expected ECa was achieved by NaCl addition. The N dose in the soil, which Novais *et al.* (1991) recommends to be of 100 mg kg⁻¹. The statistical design was completely randomized with a factorial arrangement of 5×5, with three replications and 75 experimental units.

Ten seeds were sown at a 2 cm depth, on plastic containers (adapted as drainage lysimeters) with 120 kg of soil. Germination began 4 d after sowing (DAS) and continued until the 13th day; 15 DAS the three hardiest plants per vessel were left. The first measurement of the variables was made on these plants. At the beginning of the experimental phase, in soil samples at 0.20 m deep, fertility chemical analysis and salinity were carried out (Table 1),

according to the methods proposed by EMBRAPA (1997).

Irrigation was done manually, soil field capacity was maintained before the start of planting. Irrigation was managed according to the water balance and a 2 d interval. Water sheet was calculated with the water volume applied and the previous irrigation drain plus a 10 % leaching sheet.

Before sowing, inorganic phosphate and potassium fertilizers were applied to the pots, according to the nourishing needs of the plant and following the methodology recommended by Novais *et al.* (1991) for greenhouses. Fertilization at the base consisted on 300 kg⁻¹ of P₂O₅ and 4 mg kg⁻¹ of B with simple superphosphate and boric acid, each. Nitrogen in the form of urea fertilizer was applied according to the treatments. Potassium fertilization at a level of 150 mg of K₂O kg⁻¹ came from KCl. Fertilization with N and K was done with a third at planting and two-thirds in coverage in equal parts at 20 and 40 DAS.

The assessment of plant height (Ph), the stem diameter (Sd), the number of leaves (NI) and leaf area (LA), were carried out at 15, 30, 45, 60 and 75 DAS. The plant height was measured with a measuring tape (cm), from the beginning of the stem to the end of the terminal bud. The stem diameter was measured 3 cm from the ground, with an electronic digital caliper. The number

Cuadro 1. Análisis inicial del suelo a 20 cm de profundidad.
Table 1. Initial analysis of the soil at 20 cm depth.

Características químicas			
Fertilidad	Valores	Salinidad	Valores
pH (H ₂ O)	6.17	pH	5.97
MO (g kg ⁻¹)	19.1	ECes (dS m ⁻¹)	2.03
P (mg dm ⁻³)	56.2	Cloruro (mmol _c L ⁻¹)	12.5
Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	3.88	Bicarbonato (mmol _c L ⁻¹)	5.00
Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	2.86	Calcio (mmol _c L ⁻¹)	10.37
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0.3	Magnesio (mmol _c L ⁻¹)	9.63
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0.47	Potasio (mmol _c L ⁻¹)	0.38
Al ³⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0	Sódio (mmol _c L ⁻¹)	4.86
H ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	1.62	RAS (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	1.54
SB (cmol _c kg ⁻¹)	7.51	PSI (%)	5.15
CIC (cmol _c kg ⁻¹)	9.13	OBS: suelo sin problemas del salinidad	
V (%)	82.25		

MO: materia orgánica, CIC: capacidad de intercambio catiónico=[SB+(H⁺+Al³⁺)], SB: suma de bases (Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺), V: saturación de bases=(SB/CIC)×100, ECes: conductividad eléctrica del extracto de saturación, PSI: porcentaje de sodio intercambiable=(Na⁺×100/CIC)
 ❖ MO: organic matter, CIC: cationic exchange capacity=[SB+(H⁺+Al³⁺)], SB: sum of bases (Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺), V: bases saturation=(SB/CIC)×100, ECes: electrical conductivity of the saturation extract, PSI: percentage of intercambiable sodium=(Na⁺×100/CIC).

de KCl. La fertilización con N y K se realizó con un tercio en la siembra y dos tercios en cobertura en partes iguales a los 20 y 40 DDS.

El registro de la altura de la planta (*A_p*), diámetro del tallo (*D_t*), número de hojas (*N_h*) y área foliar (*A_f*) se hizo a los 15, 30, 45, 60 y 75 DDS. La altura de la planta se midió con cinta métrica (cm), desde el inicio del tallo al final de la yema terminal. El diámetro del tallo se midió a 3 cm del suelo, con un calibre digital electrónico. El número de hojas por planta incluyó las de 4 cm o mayores. El *A_f* por planta se determinó con la medida de la distancia del ápice de la nervadura principal a la base de la hoja, según el método propuesto por Maldener *et al.* (2009) y la ecuación 1.

$$A_f = \sum_{L=1}^N 0.1328 * L^{2.5569} \quad (1)$$

donde *A_f*: área foliar total (cm²) y *L*: longitud de la nervadura principal (cm).

Además, se registraron los días para la exposición de la inflorescencia (*R₄*), la apertura total de la inflorescencia (*R₅*) y de duración de la floración. En este caso, según Schneider y Miller (1981), termina al final de la antesis; el diámetro interno (*D_{IC}*) y externo (*D_{EC}*) del capítulo floral se registraron con

of leaves per plant included those of 4 cm or greater. The FA per plant was determined with the measurement of the distance from the apex of the midrib at the base of the leaf, according to the method proposed by Maldener *et al.* (2009) and equation 1.

$$FA = \sum_{L=1}^N 0.1328 * L^{2.5569} \quad (1)$$

where *FA*: total leaf area (cm²) and *L*: midrib length (cm).

In addition, the days for inflorescence exposure (*R₄*), the total inflorescence opening (*R₅*) and the bloom length were recorded. In this case, according to Schneider and Miller (1981) it terminates at the end of the anthesis; the inner diameter (*IDC*) and external (*EDC*) of the flower were recorded with a millimeter rule. The *IDC* measure included the flower only and for the *EDC* the ligulate flowers was measured. *CC* was evaluated at 30 and 45 DAS with a portable chlorophyll monitor (Minolta, Japan, model SPAD-502) and expressed as mg m⁻². This content corresponds to the difference in the optical density between two wavelengths from different crops as an indicator of the nutritional state of the leaf blade (Rodrigues, 2004). The measurements were made between 9:00 and 12:00 h. *CC* was the average of the measurements on three leaves per plant. Due to the direct relationship between the contents of N and chlorophyll,

una regla milimétrica. La medida DIC cubría sólo el capítulo y para el DEC se midió el capítulo con las flores liguladas. El contenido de clorofila (Cc) se evaluó a los 30 y 45 DDS con un medidor portátil de clorofila (Minolta, Japón, modelo SPAD-502) y se expresó en mg m^{-2} . Este contenido corresponde a la diferencia de densidad óptica entre dos longitudes de onda, de cultivos como indicadora del estado nutricional del limbo de la hoja (Rodríguez, 2004). Las mediciones se hicieron entre las 9 y 12 h e iluminación. Cc fue la media de las lecturas en tres hojas por planta. Por la relación directa entre el contenido de N y de clorofila, uno de los usos del SPAD-502 es estimar el contenido de N de la hoja (Marenco y Lopes, 2007).

Con los resultados se realizó ANDEVA. Dado que los resultados son factores cuantitativos, para determinar la regresión por polinomios ortogonales se usó el software SISVAR-ESAL (Ferreira, 2011). En los casos con diferencias significativas se calcularon los coeficientes de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La salinidad del agua de riego afectó significativamente Ap, Nh y Af de los 15 a los 75 DDS, y en el diámetro del tallo a partir de los 30 DDS. El efecto debido a la fertilización nitrogenada o la interacción salinidad del agua \times dosis de N sobre estas variables no fue significativo (Cuadro 2).

Con la ecuación de regresión se verificó que la altura de la planta se ajustó a un modelo lineal, y por cada aumento unitario en la ECa ocurrieron reducciones de 8.74, 12.49, 12.74, 10.75 y 10.04 % a los 15, 30, 45, 60 y 75 DDS (Figura 1A). Flowers (2004) indicó que la reducción del crecimiento de las plantas en estrés salino se explica por exceso de acumulación de ciertos iones en los tejidos vegetales, disminución en el potencial osmótico de la solución del suelo, posible toxicidad iónica e inestabilidad nutricional. Nobre *et al.* (2010) observaron que la altura de la planta de girasol se afectó lineal y negativamente por la salinidad del agua de riego a partir de 0.5 dS m^{-1} .

Cada aumento unitario en ECa redujo el diámetro del tallo en 8.62, 9.52, 11.02 y 11.03 % a los 30, 45, 60 y 75 DDS (Figura 1B). Las plantas en ambientes con concentraciones altas de sales sufren estrés por la disponibilidad limitada de agua del suelo, disminución del potencial osmótico en la zona de la raíz y efecto de concentraciones altas de iones específicos (Gheyi *et al.*, 2010). En dependencia de la salinidad, las plantas no absorben agua e incluso pue-

one of the uses of the SPAD-502 was also to estimate the content of N the leaves (Marenco and Lopes, 2007).

The results were assessed with an ANOVA. Because the results are quantitative factors, to determine the regression by orthogonal polynomials the SISVAR-ESAL software (Ferreira, 2011) was used. In those cases in which there were significant differences the regression coefficients were calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

The salinity of irrigation water significantly affected the Ph, Nh and LA from 15 to 75 DAS, and the stem diameter 30 DAS. The effect due to nitrogen fertilization or interaction water salinity \times N dosage was not significant on these variables (Table 2).

With the regression equation, we verified that the plant height adjusted to a linear model, and for each increase unit in ACEa reduction occurred approximately 8.74, 12.49, 12.74, 10.75 and 10.04 % at 15, 30, 45, 60 and 75 DAS (Figure 1A). Flowers (2004) reported that the reduction of plant growth under salt stress is due excess of certain ions accumulation in the plant tissues, reduction in the osmotic potential of soil solution, possible toxicity of ionic and nutritional instability. Nobre *et al.* (2010) observed that the sunflower plant height was linearly and negatively affected by the water salinity of the irrigation from 0.5 dS m^{-1} .

Every unit increase in the ECa the stem diameter decreased 8.62, 9.52, 11.02 and 11.03 % at 30, 45, 60 and 75 DAS (Figure 1B). Plants in high salts concentration environments are stressed by the limited soil water availability, decrease in osmotic potential in the root area and the high concentrations of specific ions effect (Gheyi *et al.*, 2010). Depending on the salinity, plants may not absorb water and may even lose it, with which growth slows (Dias *et al.*, 2003). Stem diameter linearly decreased from 0.15 to 0.62 mm in sunflower cv. EMBRAPA122-V2000 plants when ECa increased from 1 to 5 dS m^{-1} (Travassos *et al.*, 2009).

The number of leaves (Figure 2A) also linearly dropped, 6.20, 6.37, 7.09, and 4.09 % at 15, 30, 45 and 60 DAS, for every increase unit in the ECa. According to Travassos *et al.* (2009), with ECa varying from 1 to 5 dS m^{-1} the initial growth of the sunflower cv. EMBRAPA 122-V2000 linearly reduced the number of leaves at 28 DAS and it

Cuadro 2. Prueba F y de regresión lineal de variables de girasol cv. EMBRAPA 122-V2000 durante el crecimiento en función de la salinidad del agua de riego y la fertilización nitrogenada.
Table 2. F test and linear regression of variables of sunflower cv. EMBRAPA 122-V2000 during growth as a function of irrigation water salinity and nitrogen fertilization.

Fuente de variación	Prueba F				
	Días después de la siembra				
	15	30	45	60	75
Altura de la planta					
Salinidad (S)	**	**	**	**	**
Regresión lineal	**	**	**	**	**
Nitrógeno (N)	ns	ns	Ns	ns	ns
Interacción (S)×(N)	ns	ns	Ns	ns	ns
CV (%)	9.91	24.43	23.13	16.16	15.17
Diámetro del tallo					
Salinidad (S)	ns	**	**	**	**
Regresión lineal	ns	**	**	**	**
Nitrógeno (N)	ns	ns	Ns	ns	ns
Interacción (S)×(N)	ns	ns	Ns	ns	ns
CV (%)	14.53	16.11	16.89	17.89	18.20
Número de hojas					
Salinidad (S)	**	**	**	**	ns
Regresión lineal	**	**	**	**	ns
Nitrógeno (N)	ns	ns	Ns	ns	ns
Interacción (S)×(N)	ns	ns	Ns	ns	ns
CV (%)	11.46	15.67	15.70	14.17	14.58
Área foliar					
Salinidad (S)	**	**	**	**	**
Regresión lineal	**	**	**	**	**
Nitrógeno (N)	ns	ns	Ns	ns	ns
Interacción (S)×(N)	ns	ns	Ns	ns	ns
CV (%)	11.46	15.67	15.70	14.17	14.58

GL: grados de libertad; CV: coeficiente de variación; **: $p \leq 0.01$; ns: no significativo ❖ DF: degrees of freedom; CV: coefficient of variation; **: $p \leq 0.01$; ns: not significant.

den perderla, con lo que el crecimiento disminuye (Dias *et al.*, 2003). El diámetro del tallo disminuyó linealmente, de 0.15 a 0.62 mm, en las plantas de girasol cv. EMBRAPA122-V2000 al aumentar ECa de 1 a 5 dS m^{-1} (Travassos *et al.*, 2009).

El número de hojas (Figura 2A) también se redujo linealmente, 6.20, 6.37, 7.09 y 4.09 % a los 15, 30, 45 y 60 DDS, por cada aumento unitario en la ECa. Según Travassos *et al.* (2009), con ECa variando de 1 a 5 dS m^{-1} , en el crecimiento inicial del girasol cv. EMBRAPA 122-V2000, redujo linealmente el número de hojas a los 28 DDS, y dependió de la salinidad del agua. Oliveira *et al.* (2010) reportaron resultados similares en girasol.

was water salinity dependent. Oliveira *et al.* (2010) reported similar results in sunflowers.

With the LA regression equations the variable adjustment was verified to a decreasing linear model, with 14.85, 14.88, 16.92, 17.07 and 16.7 % reductions at 15, 30, 45, 60, 75 DAS, for each ECa unit increase (Figure 2B). Oliveira *et al.* (2010) found that sunflower LA decreased (101.37 LA cm^2 per salinity unit increase) linearly with the increase in water irrigation salinity. Silva *et al.* (2009) verified that the increase in the ECa of the nutrient solution significantly reduced the total dry biomass accumulation in ornamental sunflower, which affected LA. According to Tester and Davenport (2003), the decrease in plants LA in

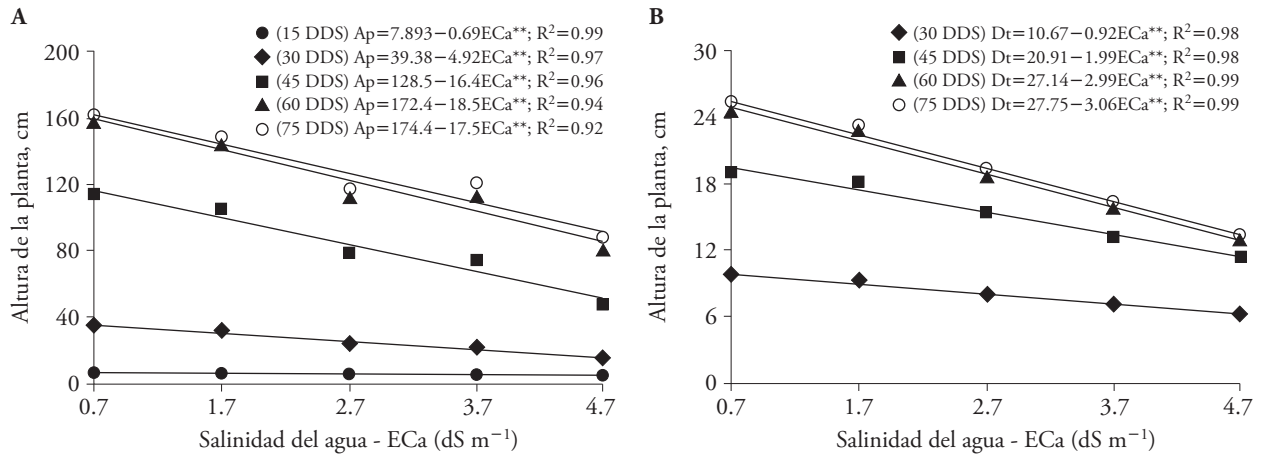


Figura 1. Altura de la planta (A) y diámetro del tallo (B) del girasol cv. EMBRAPA 122-V2000 en función de la salinidad del agua de riego (ECa) a los 30, 45, 60 y 75 d después de la siembra.

Figure 1. Plant height (A) and stem diameter (B) of sunflowers cv. EMBRAPA 122-V2000 as a function of water of irrigation salinity (ECa) at 30, 45, 60 and 75 d after sowing.

Con las ecuaciones de regresión de Af se verificó el ajuste de la variable a un modelo lineal decreciente, con reducciones de 14.85, 14.88, 16.92, 17.07 y 16.7 % a los 15, 30, 45, 60, 75 DDS, por cada aumento unitario de ECa (Figura 2B). Oliveira *et al.* (2010) encontraron que Af del girasol disminuyó (101.37 cm² de Af por unidad de aumento en la salinidad) linealmente con el aumento de la salinidad del agua de riego. Silva *et al.* (2009) verificaron que el aumento de la conductividad eléctrica de la solución de nutrientes redujo significativamente la acumula-

ción de nutrientes en las plantas. Este comportamiento en condiciones salinas puede estar relacionado con los mecanismos de adaptación de las plantas al estrés salino, con la disminución de la superficie respirable. Durante el crecimiento, LA fue más afectada por el aumento de ECa. A los 60 DAS el número de hojas disminuyó 17.07 % y 4.09 %.

La salinidad del agua de riego afectó significativamente los días para las etapas fenológicas de la inflorescencia R4, R5, CID y CED (Tabla 3). La fertilización con N y la salinidad del agua de riego \times N no ejerció un efecto significativo sobre estas variables. Cc mostró

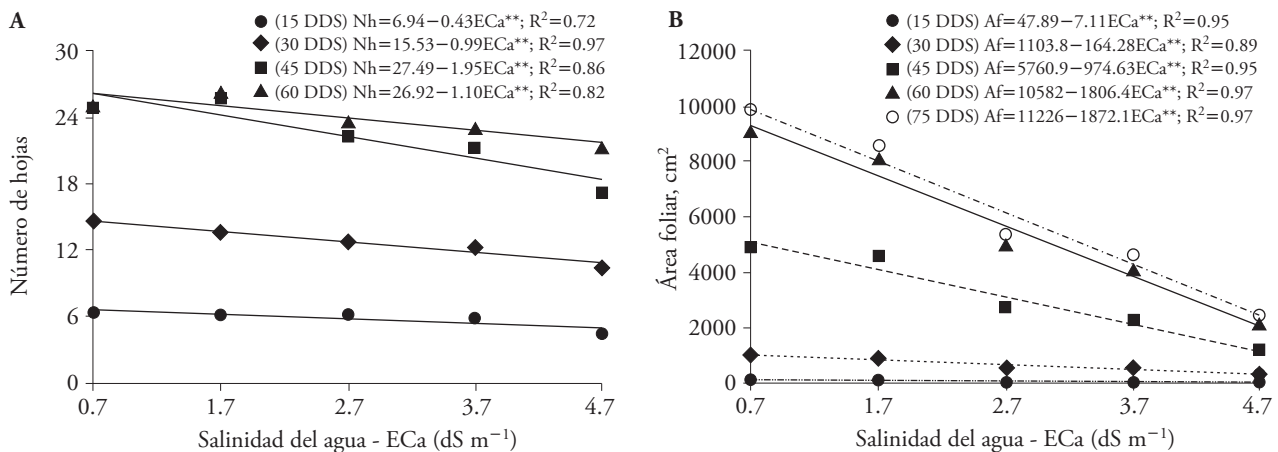


Figura 2. Número de hojas (A) y el área foliar (B) del girasol cv. EMBRAPA 122-V2000, en función de la salinidad del agua de riego a los 15, 30, 45, 60 y 75 d después de la siembra.

Figure 2. Number of leaves (A) and leaf area (B) of sunflowers cv. EMBRAPA 122-V2000, as a function of water of irrigation salinity at 15, 30, 45, 60 and 75 d after sowing.

ción de biomasa seca total en el girasol ornamental, lo que afectó Af. Según Tester y Davenport (2003), la disminución en Af de las plantas en condiciones salinas puede estar relacionada con uno de los mecanismos de adaptación de las plantas al estrés salino, con disminución de la superficie transpirante. Durante el crecimiento Af se afectó más con el aumento de ECa, y 60 DDS disminuyó 17.07 % y 4.09 % el número de hojas.

La salinidad del agua de riego afectó significativamente los días para las fases fenológicas de la inflorescencia R4, R5, DIC y DEC (Cuadro 3). La fertilización con N y la interacción salinidad del agua × dosis N no tuvo efecto significativo en esas variables. La variable Cc mostró un efecto significativo de la salinidad a los 45 DDS, y con la fertilización de nitrógeno a los 30 y 45 DDS. La interacción salinidad del agua de riego × dosis de nitrógeno no tuvo efecto significativo en la referida variable.

Las variables en R4 (apertura inicial de la inflorescencia) y R5 (apertura completa de la inflo-

rescencia) que salinidad tiene un efecto significativo a los 45 DAS, y la fertilización con nitrógeno a los 30 y 45 DAS. La interacción salinidad del agua × dosis de nitrógeno no tuvo efecto significativo en la referida variable.

Las variables en R4 (apertura inicial de la inflorescencia) y R5 (apertura completa de la inflorescencia) (Figuras 3A y 3B) mostraron un comportamiento lineal y creciente a medida que aumentó ECa, de tal manera que para el menor nivel salino (0.7 dS m⁻¹) R4 ocurrió a los 50 DAS, y el mayor (4.7 dS m⁻¹) R4 ocurrió a los 55 DAS. Este aumento en los días, representa un 10.99 % de aumento entre el menor y el mayor ECa. De manera similar, la salinidad de 0.7 dS m⁻¹ de R5 ocurrió a los 55 DAS, y la salinidad de 4.7 dS m⁻¹ llegó a los 60 DAS. Este aumento en los días es un 10.17 % de aumento entre el menor y el mayor ECa.

La diferencia en días entre ambas variables fue de 5 días. Esto sucedió porque las fases fenológicas ocurren simultáneamente. Según Escalante-Estrada *et al.* (2007) on

Cuadro 3. Prueba F y de regresión lineal de la apertura inicial de la inflorescencia (R4), apertura de la inflorescencia completa (R5), diámetro interno del capítulo (DIC), diámetro externo del capítulo (DEC) y el contenido de clorofila del girasol cv. EMBRAPA 122-V2000, en función de la salinidad del agua de riego y fertilización nitrogenada.

Table 3. F test and linear regression of the initial inflorescence opening (R4), total inflorescence opening (R5), flower inner diameter (CID), flower outer diameter (COD) and chlorophyll content in sunflower cv. EMBRAPA 122-V2000, as a function of salinity of irrigation water and nitrogen fertilization.

Fuente de Variación	Prueba F			
	R4	R5	DIC	DEC
Salinidad (S)	*	*	**	**
Regresión Lineal	**	**	**	**
Nitrógeno (N)	ns	Ns	ns	ns
Interacción (S) × (N)	ns	Ns	ns	ns
CV (%)	8.97	8.64	20.47	14.55

Contenido de clorofila	Días después de la siembra			
	30	45	60	75
Salinidad (S)	ns	**	ns	ns
Regresión Lineal	ns	**	ns	ns
Nitrógeno (N)	**	**	ns	ns
Regresión Lineal	**	**	ns	ns
Interacción (S) × (N)	ns	Ns	ns	ns
CV (%)	5.60	6.09	7.69	7.19

GL: Grado de libertad; CV: Coeficiente de variación; **: p ≤ 0.01; *: p ≤ 0.05; ns: no significativo. ❖
 GL: Degree of freedom; CV: coefficient of variation; **: p ≤ 0.01; *: p ≤ 0.05; ns: not significant.

rescencia) (Figuras 3A y 3B) presentaron comportamiento lineal y creciente a medida que ocurrió el aumento de ECa, de manera que para el nivel salino más bajo (0.7 dS m^{-1}) la R4 se produjo a los 50 DDS, y para el más alto (4.7 dS m^{-1}) la R4 fue a los 55 DDS. Este aumento en días representa un aumento de 10.99 % entre la menor y mayor ECa. De manera similar para la salinidad de 0.7 dS m^{-1} la R5 ocurrió a los 55 DDS, y para la salinidad de 4.7 dS m^{-1} a los 60 DDS. Este aumento en días es 10.17 % entre la menor y mayor ECa.

La diferencia en días entre ambas variables fue alrededor de 5 d y ocurrió porque las fases fenológicas del girasol suceden simultáneamente. De acuerdo con Escalante-Estrada *et al.* (2007) con la fertilización nitrogenada en girasol, en México, la antesis ocurrió a los 58 DDS. Así, los resultados de nuestro estudio coincidieron con los de esos autores. También, Olalde-Gutiérrez *et al.* (2000) observaron que la R4 se produjo a las 54 DDS en girasol.

Las ecuaciones de regresión relativas a los diámetros interno y externo del capítulo floral verificaron que se ajustaron a un modelo lineal decreciente (Figuras 4A y 4B) con el aumento de salinidad en el agua de riego. Con 0.7 dS m^{-1} el DIC fue 11.03 cm y con 4.7 dS m^{-1} fue 7.59 cm; esto es una reducción de 31.19 %, y equivale a perder 7.39 % por cada aumento unitario de ECa. La reducción del DEC fue similar, con 0.7 dS m^{-1} fue 25.72 cm y con 4.7 dS m^{-1} fue 20.20 cm; así, se redujo 21.46 %, o 5.17 % por cada aumento unitario de la EC del agua de

sunflowers with nitrogen fertilization in Mexico, anthesis took place 58 DAS. Thus, the results in our study coincide with those authors. Also, Olalde-Gutiérrez *et al.* (2000) observed that R4 occurred at 54 DAS in sunflower.

The regression equations of internal and external diameters of the flower verified that these adjusted to a decreasing linear model (Figures 4A and 4B) with the increase of the salinity in the irrigation water. With 0.7 dS m^{-1} the CID was 11.03 cm and with 4.7 dS m^{-1} was 7.59 cm. This represents a reduction of 31.19 %, and is equivalent to the loss of 7.39 % for each unit increase in RCTs. The reduction of the CED was similar, with 0.7 dS m^{-1} was 25.72 cm and 4.7 dS m^{-1} was 20.20 cm; thus, it decrease 21.46 % or 5.17 % for each unit increase in the EC of the irrigation water. Nobre *et al.* (2010) evaluated the growth and flowering variables of sunflowers growth under salinity stress and nitrogen fertilizer; they reported significant effects in CED and CID with a 4.1 and 7.6 % reduction for each unit of ECa increase (dS m^{-1}).

At 45 DAS the Cc inversely decreased with increasing salinity. With a salinity of 0.7 dS m^{-1} Cc was 45.27 with 4.7 dS m^{-1} Cc was 42.83, which is a 5.39 % decrease. That is, the decrease was 1.33 % per unit of increase in ECa (Figure 5A). With age, leaves increase their capacity to produce photoassimilates until maturity (45 DAS), when photosynthesis rates begin to decrease, senescent leaves were yellowish, the reason for which they do not perform photosynthesis,

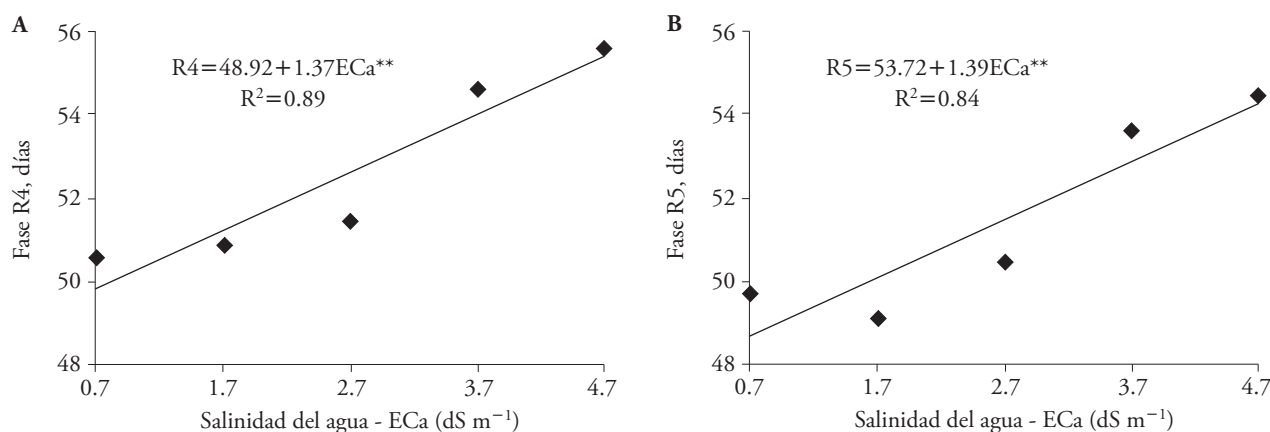


Figura 3. Apertura inicial de la inflorescencia, fase R4 (A) y la apertura completa de la inflorescencia, fase R5 (B), del girasol cv. EMBRAPA 122-V2000, días después de la siembra, en función de la salinidad del agua de riego.

Figure 3. Initial inflorescence opening, phase R4 (A) and complete inflorescence opening, phase R5 (B), of sunflower cv. EMBRAPA 122-V2000, days after sowing, as a function of salinity of the irrigation water.

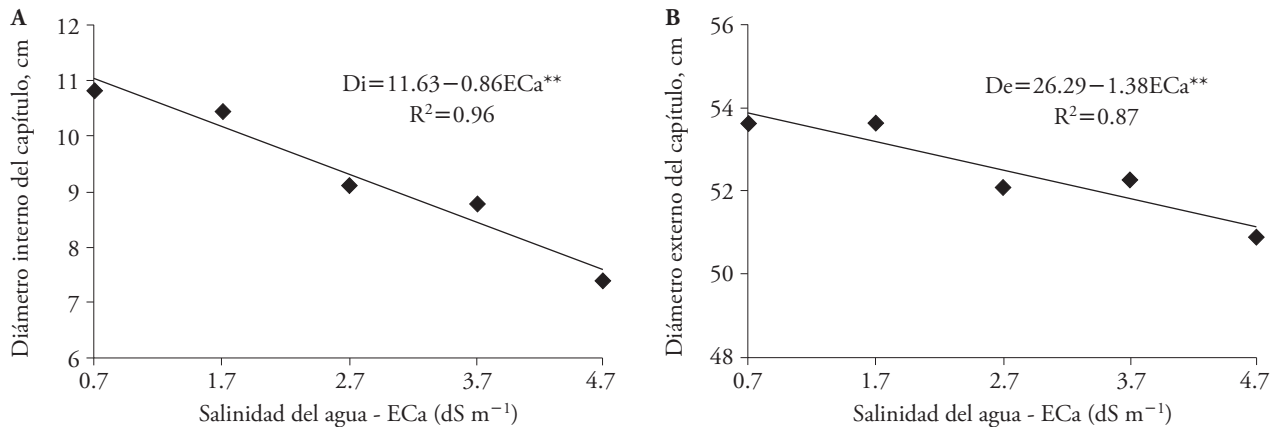


Figura 4. Diámetro interno capítulo floral (A) y diámetro externo del capítulo floral (B), del girasol cv. EMBRAPA 122-V2000, días después de la siembra, en función de la salinidad del agua de riego.

Figure 4. Inner diameter of flower (A) and external diameter of flower (B) of sunflower cv. EMBRAPA 122-V2000 days after sowing, as a function of salinity of the irrigation water.

riego. Nobre *et al.* (2010) evaluaron las variables del crecimiento y floración de girasol, bajo estrés salino y fertilizante nitrogenado, y observaron efecto significativo en DIC y DEC, con reducción de 4.1 y 7.6 % por cada unidad de aumento en la ECa (dS m⁻¹).

A los 45 DDS el Cc disminuyó inversamente con el aumento de la salinidad. Con salinidad de 0.7 dS m⁻¹ el Cc fue 45.27 y con 4.7 dS m⁻¹ el Cc fue 42.83, esto es 5.39 % de disminución. Es decir la disminución fue 1.33 % por unidad de aumento en la ECa (Figura 5A). Con la edad las hojas aumentan su capacidad para producir fotoasimilados hasta la madurez (45 DDS), cuando los índices de fotosíntesis comienzan a disminuir y las hojas senescentes se ven amarillentas, por lo que ya no realizan fotosíntesis, su clorofila se degradó y los cloroplastos perdieron su funcionalidad (Taiz y Zeiger, 2009).

El estrés salino disminuye los parámetros de crecimiento, como Af, debido a la disminución de la actividad fotosintética y degradación de la clorofila (Jamil *et al.*, 2007). Santos (2004) observó que en hojas de girasol, el estrés salino afectó drásticamente la síntesis de la clorofila a los 45 DDS, ya que el NaCl promueve la reducción de ácido aminolevulínico, que es el precursor de la proctoclorofila.

La ecuación de regresión mostró que el efecto del N sobre Cc fue lineal y creciente, entre los 30 y 45 DDS. Con 50 mg kg⁻¹ el Cc 30 DDS fue 40.76 mg m⁻² y con 150 mg kg⁻¹ fue 44.66 mg m⁻²; el au-

their chlorophyll is degraded and their chloroplast loses functionality (Taiz and Zeiger, 2009).

Salt stress decreases growth parameters such as LA, due to the decrease in photosynthesis and chlorophyll degradation (Jamil *et al.*, 2007). Santos (2004) noted that salt stress dramatically affected chlorophyll synthesis in sunflower leaves 45 DAS, since NaCl promotes the reduction of aminolevulinic acid, which is the precursor of proctoclorophyll.

The regression equation showed that the effect of the N on Cc was linear and increasing between 30 and 45 DAS. On the 50 mg kg⁻¹ treatment, the Cc 30 DAS was 40.76 mg m⁻² and with 150 mg kg⁻¹ was 44.66 mg m⁻²; these was a 9.57 % increase, equivalent to 0.10 % per unit increase of N. With 50 mg kg⁻¹ Cc at 45 DAS, it was 42.36 mg m⁻² and with 150 mg kg⁻¹ was 45.76 mg m⁻²; this is an increase of 8.03 % in Cc, or 0.08 % per N unit increase (Figure 5B). Azevedo *et al.* (2011) assessed the chlorophyll fluorescence, as a tool to evaluate sunflower tolerance to salinity. They concluded that salinity increased some fluorescence parameters, and the effect was greater in genotypes Helium-358, AG-960 and AG-967 (66, 75 and 82 %, respectively) and lower in AG-975 (32 %).

Between Ph, DC, NF and LA, the latter showed the higher sensitivity to the salinity increase in the irrigation water. In addition, this increase delayed the time for the inflorescence total opening (R5 phase). With the exception of the chlorophyll content, increasing the levels of N do not mitigate the adverse effects of salt stress.

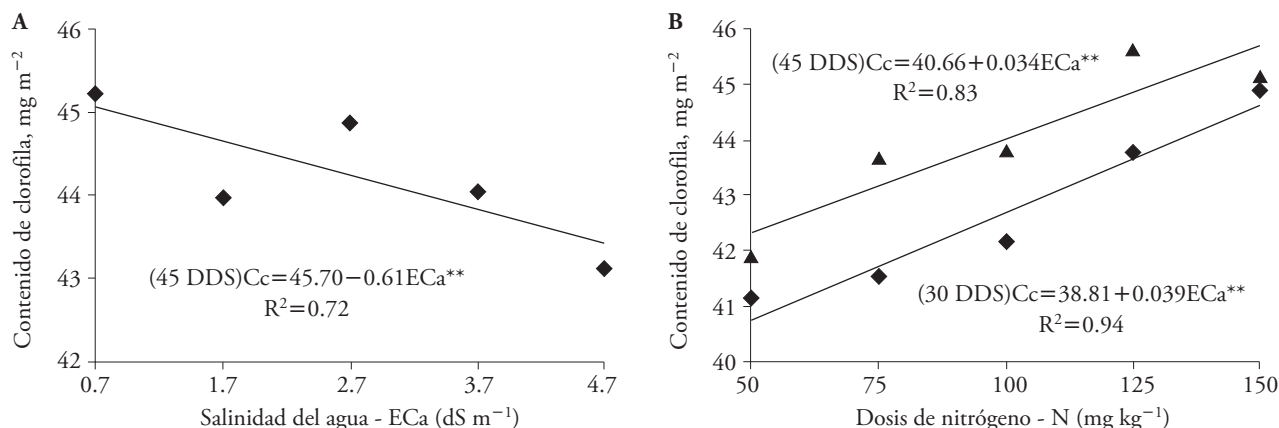


Figura 5. Contenido de clorofila en hojas de girasol cv. EMBRAPA 122-V2000 en función de la salinidad del agua de riego a los 45 DDS (A) y de la fertilización nitrogenada a los 30 y 45 DDS (B).

Figure 5. Chlorophyll content in sunflower leaves cv. EMBRAPA 122-V2000 as a function of salinity of irrigation water at 45 DAS (A) and nitrogen fertilization at 30 and 45 DAS (B).

mento fue 9.57 %, equivalente a 0.10 % por aumento unitario de N. Con 50 mg kg⁻¹ Cc, a los 45 DDS, fue 42.36 mg m⁻² y con 150 mg kg⁻¹ fue 45.76 mg m⁻²; esto es un aumento de 8.03 % en Cc, o 0.08 % por aumento unitario de N (Figura 5B). Azevedo *et al.* (2011) evaluaron la fluorescencia de la clorofila como una herramienta para verificar la tolerancia a la salinidad en girasol, y concluyeron que la salinidad aumentó algunos parámetros de la fluorescencia, y el efecto fue mayor en los genotipos Helio-358, AG-960 y AG-967 (66, 75, y 82 %, respectivamente) y menor en AG-975 (32 %).

Entre AP, DC, NF y AF, la última mostró sensibilidad mayor al aumento de la salinidad del agua de riego. Además, ese incremento alargó el tiempo para la apertura total de la inflorescencia (fase R5). Con la excepción del contenido de clorofila, el aumento de los niveles de N no mitigó los efectos adversos del estrés salino.

CONCLUSIONES

Ap, Dt, Nh y Af del girasol cv. EMBRAPA 122-V2000, disminuyeron con el aumento de la salinidad del agua de riego. La variable más afectada fueron Af y la menos afectada Nh. La interacción entre la salinidad del agua de riego y el N no tuvo efecto en las variables del crecimiento, la excepción fue Ap 15 DDS. El aumento de la salinidad del agua de riego retrasó la abertura inicial de la inflorescencia y total y los diámetros florales internos y externos disminuyeron.

CONCLUSIONS

Ph, Sd, NI and AF from the sunflower cv. EMBRAPA 122V2000 decreased with the increase in the salinity of irrigation water. The most affected variable was LA and NI was the least affected. The salinity of irrigation water and N interaction had no effects on the growth variables, the exception was Ph at 15 DAS. The increase in the salinity of the irrigation water delayed the initial and total inflorescence opening and the internal and external floral diameters decreased. The chlorophyll content decreased with the increased salinity and increased with the N level.

—End of the English version—



El contenido de clorofila decreció con el aumento de la salinidad, e incrementó con el nivel de N.

LITERATURA CITADA

- Azevedo N., A. D., P. P. A. Pereira, D. P. Costa, e A. C. C. Santos. 2011. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta para seleção de tolerância ao estresse salino em girassol. *Rev. Ciênc. Agron.* 42: 893-897.
- Caterina, R. D., M. M. Giuliani, T. Rotunno, A. de Caro, and Z. Flagella. 2007. Influence of salt stress on seed yield and oil quality of two sunflower hybrids. *Ann. Appl. Biol.* 151: 145-154.

- Coelho, M. A. e N. B. Soncin. 1982. Geografia do Brasil. São Paulo: Moderna. 368 p.
- Conus, L. A., P. C. Cardoso, L. dos R. Venturoso, e S. de P. Q. Scalón. 2009. Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes saís. *Rev. Bras. Sementes* 31: 67-74.
- Cruz, T. V., C. P. Peixoto, e M. C. Martins. 2010. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no Oeste da Bahia. *Sci. Agrar.* 11: 33-42.
- Dias, N. S., H. R. Gheyi, e S. N. Duarte. 2003. Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por saís. Departamento de Engenharia Rural. ESALQ/USP. Piracicaba. 118 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2 ed. Rio de Janeiro. 212 p.
- Escalante-Estrada, L. E., Y. E. Escalante-Estrada, y C. Linzaga-Elizalde. 2007. La fertilización nitrogenada en el rendimiento del girasol en México. *Agr. Costarr.* 31: 95-100.
- Ferreira, D. F. 2011. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciênc. Agrotec.* 35: 1039-1042.
- Flowers, T. J. 2004. Improving crop salt tolerance. *J. Exp. Bot.* 55: 307-319.
- Gheyi, H. R., N. S. Dias, e C. F. Lacerda. 2010. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade-INCT sal. 472 p.
- Jamil, M. K., S. U. Rehman, K. J. Lee, J. M. Kim, H. S. Kim, and E. S. Rha. 2007. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. *Sci. Agric.* 64: 111-118.
- Macedo, M. C., S. P. Q. Scalón, A. P. Sari, H. Scalón Filho, Y. B. C. J. Rosa, e A. D. Robaina. 2009. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Magonia pubescens* ST, Hil Sapindaceae. *Rev. Bras. Sementes* 31: 202-211.
- Maldener, I. C., A. B. Heldwein, L. H. Loose, D. D. P. Lucas, F. L. Guse, e M. P. Bortoluzzi. 2009. Modelos de determinação não destrutiva da área foliar em girassol. *Ciênc. Rural* 39: 1356-1361.
- Marengo, R. A., N. F. Lopes. 2007. Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral. 2 ed. Editora UFV. Viçosa. 469 p.
- Nobre, R. G., H. R. Gheyi, F. A. L. Soares, e J. A. F. Cardoso. 2011. Produção do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 35: 929-937.
- Nobre, R. G., H. R. Gheyi, K. G. Correia, F. A. L. Soares, e L. O. de Andrade. 2010. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Rev. Ciênc. Agron.* 41: 358-365.
- Novais, R. F., J. C. L. E. Neves, e N. F. Barros. 1991. Ensaio em ambiente controlado. *In: Oliveira, A. J. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.* Brasília, EMBRAPA-SEA 189-253.
- Olalde-Gutiérrez, V. M., J. A. Estrada-Escalante, P. S. García, L. T. Chávez, A. A. Lagunas-Mastache, y E. C. Román. 2000. Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima calido. *Terra* 18: 314-323.
- Oliveira, F. A., F. R. A. Oliveira, M. S. Campos, M. K. T. Oliveira, J. F. Medeiros, e O. M. P. Silva. 2010. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.* 5: 479-484.
- Peixoto, C. P., J. A. Gonçalves, M. F. S. P. Peixoto, e D. O. Carmo. 2008. Características agronômicas e produtividade de amendoim em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura no Recôncavo Baiano. *Bragantia* 67: 563-568.
- Rodrigues, M. A. 2004. Establishment of continuous critical levels for indices of plant and preside dress soil N status in the potato crop. *Commun. Soil Sci. Plan.* s 35: 2067-2085.
- Santos Júnior, J. A., H. R. Gheyi, D. H. Guedes Filho, N. S. Dias, e F. A. L. Soares. 2011. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Rev. Ciênc. Agron.* 42: 842-849.
- Santos, C. V. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Scientia Horticulturae* 103: 93-99.
- Schneiter, A. A., and J. F. Miller. 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Sci.* 21: 901-903.
- Silva, M. L. O., M. A. F. Farias, A. R. Morais, G. P. Andrade, e E. M. C. Lima. 2007. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 11: 482-488.
- Silva, T. G. F. da, S. Zolnier, J. A. S. Grossi, J. G. Barbosa, C. R. W. Moura, e M. A. Muniz. 2009. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. *Ver. Ceres* 56: 602-610.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2009. *Plant Physiology.* 4 ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc Publishers. 848 p.
- Tester, M., and R. Davenport. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.* 91: 503-527.
- Torres, A. N. L., P. R. G. Pereira, J. T. Törres, G. J. M. Gallotti, J. A. Pilati, J. A. Rebelo, e H. Henkels. 2004. A salinidade e suas implicações no cultivo de plantas. *Florianópolis* 215: 54 p.
- Travassos, K. D., D. R. S. Silva, A. K. S. do Nascimento, F. A. L. Soares, e H. R. Gheyi. 2009. Crescimento inicial do girassol sob estresse salino. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Anais. Petrolina: SBEA.* 4 p.