

EFFECTOS DE LA SALINIDAD SOBRE PARÁMETROS DE LA DINÁMICA DE LA EXPANSIÓN FOLIAR EN GIRASOL

Matías Paire Campanini

Laboratorio de Investigaciones en Fisiología y Biología Molecular Vegetal (LIFiBVe), Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional del Litoral (UNL).

Dr. (Ing. Agr.) Gabriel Céccoli. Director

Área Temática: 8.Ingeniería

Palabras clave: girasol, tolerancia a salinidad, fisiología del estrés, expansión foliar.

INTRODUCCIÓN

La salinización de los suelos es una causa importante de restricción en el uso agronómico de las tierras (Sanderson y col., 1997) dado que elevadas concentraciones de sales en el sustrato, especialmente cloruros y sulfatos de sodio, afectan el crecimiento de las plantas, modificando sus características morfológicas (tamaño y forma de hojas y otros órganos), así como sus respuestas fisiológicas (Céccoli y col., 2015).

El cultivo de girasol tiene una elevada relevancia a nivel mundial, debido a que en el mercado de aceites ocupa el cuarto lugar en orden de importancia (Céccoli y col., 2015). La Argentina es uno de los principales productores de aceite y harinas proteicas derivados de dicho cultivo, siendo el más relevante entre los países del Hemisferio Sur (Céccoli y col., 2015). Por otro lado, en la actualidad, el girasol fue desplazado hacia zonas marginales, incluyendo áreas salinizadas. Esta relocalización de las áreas del cultivo hacia tierras de menor calidad y aptitud ha hecho que los rendimientos hayan sido severamente afectados, siendo necesarios los estudios tendientes a dilucidar como este cultivo se comporta bajo estrés salino. Por otra parte, se ha informado que las restricciones en expansión foliar afectan el rendimiento en este cultivo (Alkio y col., 2003).

Por todo lo anterior, en el presente trabajo se cuantificaron los cambios provocados por salinidad sobre la expansión foliar en dos híbridos comerciales de girasol, hipotetizando que este estrés modifica considerablemente la dinámica de la expansión foliar, encontrándose respuestas diferenciales según el genotipo estudiado.

OBJETIVOS

General: Evaluar cambios en la dinámica de la expansión foliar en dos híbridos comerciales de girasol sometidos a estrés salino.

Específicos: 1- Evaluar las variaciones del área foliar final (de las hojas 6 a 9), en dos híbridos de girasol sometidos a estrés salino. 2- Determinar los efectos de la salinidad sobre las tasas absolutas de expansión foliar en girasol de las hojas 6 a 9. 3- Cuantificar el efecto de la disminución de la tasa de expansión foliar sobre la disminución del área foliar final en la hoja 8. 4- Cuantificar el “efecto aumento de la duración” de la expansión foliar como mecanismo compensatorio frente a la disminución del “efecto tasa” de la expansión foliar sobre el área foliar final bajo salinidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal y condiciones de crecimiento de plantas

Se realizó un experimento sobre plantas de dos híbridos comerciales de Girasol (ACA 885 y MG 80). Las plantas fueron cultivadas en macetas de 5 litros, bajo condiciones

Título del proyecto: “Modelización de la arquitectura y el desarrollo en diferentes genotipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) para maximizar los rendimientos y el uso de la tierra.

Instrumento: CAI+D

Año convocatoria: 2016

Organismo financiador: UNL

Director/a: Dr. (Ing. Agr.) Gabriel Céccoli

controladas en cámaras de crecimiento de tipo “walk in” de la Facultad de Ciencias Agrarias (Esperanza, Sta. Fe). Se llevaron adelante dos tratamientos: condiciones control (sin presencia de sales, 0 mM de NaCl) y bajo salinidad (plantas regadas con solución de 130 mM de NaCl). Se utilizaron 5 plantas por genotipo y tratamiento.

Los efectos de la salinidad se evaluaron midiendo la evolución del área foliar a través del tiempo, las tasas absolutas de expansión foliar y el efecto tasa y duración de la expansión foliar sobre la disminución foliar final debido a salinidad.

Los cambios en el área foliar a través del tiempo y las tasas absolutas de expansión foliar se cuantificaron en las hojas 6 a 9. Para determinar el efecto tasa y el efecto duración de la expansión foliar sobre la disminución del área foliar final por salinidad, se utilizó la hoja 8.

La **salinización** comenzó cuando las plántulas presentaron el primer par de hojas en plena expansión. La misma fue gradual, aplicándose 35 mM el primer y segundo día, 75 mM el tercer y cuarto día y, finalmente, regándose con **130 mM** el quinto día. Los riegos posteriores fueron diarios.

Para evitar la concentración de sales se realizaron lavados periódicos controlando la conductividad de la solución percolante, manteniendo la misma con riegos extras en torno a los 14 dS/m.

Parámetros cuantificados

Medición del Área Foliar: Las mediciones de área foliar se realizaron cada dos días, midiendo largo y ancho de hojas y luego calculando el área foliar mediante la siguiente ecuación alométrica sugerida por Pereyra Irujo y col., (2008) (Ec. 1.):

$$\text{Área foliar} = L \times Ah \times 0,65 \quad (\text{Ec. 1.})$$

Donde: L es el largo de la lámina y Ah, el ancho de la misma.

Análisis de la dinámica de la expansión foliar o curva del área foliar en función del tiempo: Para calcular la expansión foliar en función del tiempo térmico se utilizó la ecuación propuesta por Dosio y col. (2003) (Ec. 2.):

$$y = a / (1 + \exp \{ - [(x - x_0) / b] \}) \quad (\text{Ec. 2.})$$

Donde: “a” expresa el 95 % del área foliar final; “b” indica el grado de curvatura de la curva; “x0” es el tiempo termal, es decir, el valor de x en el cual la hoja alcanza el 50% de su área foliar final.

Medición de las Tasas Absolutas de Expansión Foliar: Las tasas absolutas de expansión foliar, fueron calculadas para ambos híbridos en las hojas 6 a 9, como las pendientes de la función lineal de regresión entre el área foliar y el tiempo termal entre dos mediciones consecutivas, para todo el tiempo en estudio. Se ajustaron las curvas según la siguiente función (Ec. 3.):

$$f = a * \exp (-0,5 * (\ln (x / x_0) / b) ^2) \quad (\text{Ec. 3.})$$

Donde “a”, “b” y “x0” son los parámetros de la curva sigmoidea, descritos anteriormente.

Contribución relativa de la tasa de expansión (“efecto tasa”) y de la duración de la expansión (“efecto duración”) sobre el área foliar final bajo salinidad: Se evaluó la contribución relativa de la intensidad (tasa) y la duración de la expansión sobre la disminución del área foliar final por efecto de la salinidad.

Algebraicamente, los cálculos se realizaron como se detalla a continuación:

$$\text{Efecto tasa (et)} = (Z_{sal} - Z_t) / Z_t \quad (\text{Ec. 4.})$$

$$\text{Efecto duración (ed)} = (a_s - a_t) / a_t - et \quad (\text{Ec. 5.})$$

$$\text{Efecto del tratamiento (ett)} = (a_s - a_t) / a_t \quad (\text{Ec. 6.})$$

$$Z_{sal} = a_s / (1 + \exp \{ - [Fec - x_0 a_s] / b_{sal} \}) \quad (\text{Ec. 7.})$$

$$Fec = x_0 - (b * \ln \{ [1 / 0,95] - 1 \}) \quad (\text{Ec. 8.})$$

Dónde: “Zsal” es el área foliar de las plantas salinizadas al momento en el que las plantas controles finalizan su expansión foliar; “Zt” es el valor de área foliar cuando finaliza la expansión en las plantas controles (95 % del parámetro “a” de la curva sigmoidea); “as” es el parámetro “a” de la curva sigmoidea de las plantas salinizadas (área foliar final); “at” es el parámetro “a” de la curva sigmoidea de las plantas controles (área foliar final); “Fec” es el valor en °Cd en el cual finaliza la expansión foliar en las plantas controles; y “a”, “b” y “x0” son los parámetros de la curva sigmoidea respectivamente, descriptos anteriormente.

Análisis estadístico

Todos los datos fueron estadísticamente analizados utilizando el programa estadístico InfoStat (2009). Se utilizó el test LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5% para evaluar diferencias entre medias.

RESULTADOS

Efecto de la salinidad sobre la expansión foliar de la hoja 6 a la 9 (fig. 1)

Para cada uno de los híbridos, la diferencia entre tratamientos comenzó a presentarse en forma significativa, a partir de la hoja 6 en adelante. Considerando desde la hoja 6 a 9, las diferencias en área foliar final entre tratamientos fueron cada vez menores para el genotipo ACA 885 y cada vez mayores en MG80.

Efecto de la salinidad sobre las tasas absolutas de expansión foliar de la hoja 6 a la 9 (fig. 2)

En el híbrido ACA 885, a partir de la hoja 6 en adelante, las máximas tasas absolutas de expansión foliar bajo salinidad ocurrieron más tarde respecto a las de las plantas control. En promedio, las hojas 6 a 9 de ACA 885 control finalizaron su expansión antes de los 800 °Cd, mientras que en las hojas de plantas salinizadas continuaron expandiéndose a baja tasa hasta, aproximadamente, los 1000 °Cd.

Análisis del “efecto tasa” y el “efecto duración” de la expansión foliar sobre la disminución del área foliar de la hoja 8 por salinidad (fig. 3)

Ambos genotipos disminuyeron el área foliar final de la hoja 8 por efecto de la salinidad. Las disminuciones fueron del 56% para MG80 y del 49% para ACA885.

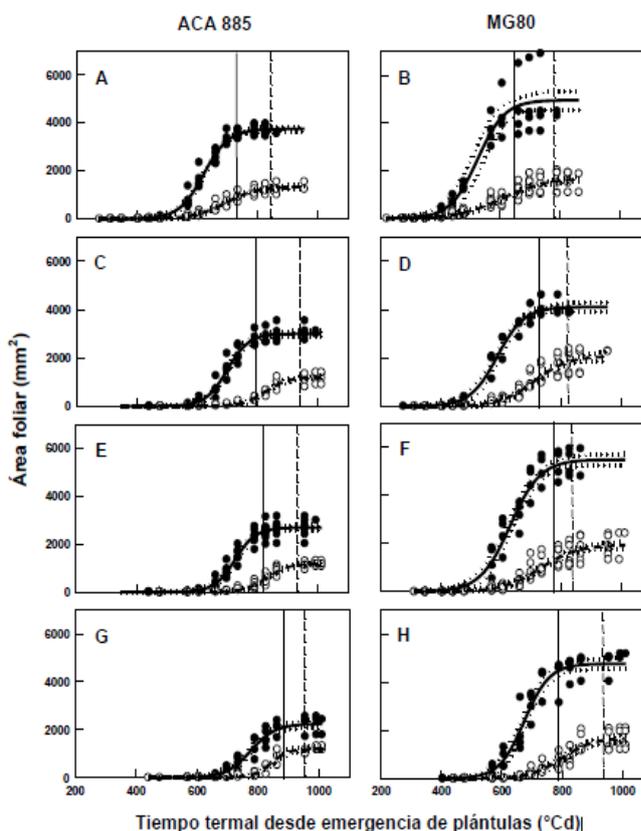


Figura 1. Expansión foliar de la hoja 6 a 9 en dos híbridos de girasol, en condiciones control (líneas y círculos negros) y tratadas con sal (130 mM NaCl, círculos vacíos y líneas discontinuas).

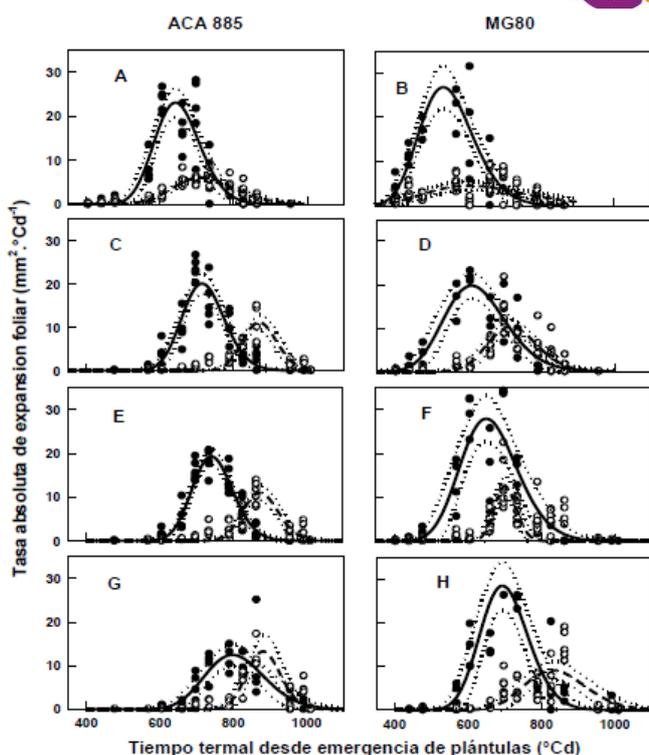


Figura 2. Tasas absolutas de expansión foliar de las hojas 6 a 9 en dos híbridos de girasol, en condiciones control (líneas y círculos negros) y tratadas con sal (130 mM NaCl, círculos vacíos y líneas discontinuas).

Las mermas del área foliar de la hoja 8, se debieron a disminuciones de las tasas absolutas de expansión foliar del 64% y 63% (para MG80 y ACA885, respectivamente). Si bien, ambos híbridos presentaron iguales disminuciones en las tasas absolutas de expansión foliar, ACA885 aumentó la duración de la expansión, permitiendo que la disminución del área foliar final por salinidad sea menos pronunciada en este genotipo respecto de MG80.

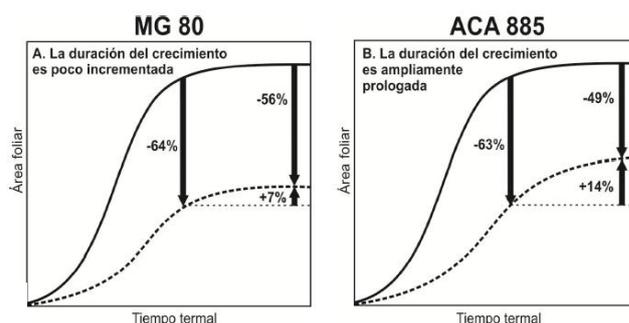


Figura 3. Efecto tasa y efecto duración sobre la reducción de la dinámica de la expansión foliar en dos híbridos de girasol (MG80 y ACA885).

CONCLUSIONES

1. La salinidad disminuyó el área foliar final de las hojas 6 a 9 en ambos híbridos, siendo más afectado el híbrido MG80.
2. Se detectaron disminuciones en las tasas absolutas de expansión foliar, encontrándose un corrimiento en la ocurrencia de la máxima tasa de expansión foliar en ACA885, dando indicios de un aumento en la duración de la expansión.
3. ACA 885 presentó un mecanismo compensatorio de tolerancia a la salinidad que le permitió aumentar la duración de la expansión foliar bajo esta condición abiótica, determinando una menor disminución del área foliar final por este estrés (-49% vs. -56% para los genotipos ACA885 y MG80, respectivamente).

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Alkio M., Schubert A., Diepenrock W., Grimm E. 2003. Effect of source-sink ratio on seed set and filling in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pl. Cell Environ.* 26: 1609-1619.
- Céccoli G., Bustos D., Ortega L.I., Senn M.E., Vegetti A.C., Taleisnik E.L. 2015. Plasticity in sunflower leaf and cell growth under high salinity. *Plant Biology*, 17, 41-51.
- Dosio G. A. A., Rey H., Lecoeur J., Izquierdo N. G., Aguirrezábal L. A. N., Tardieu F., Turc O. 2003. A whole-plant analysis of the dynamics of expansion of individual leaves of two sunflower hybrids. *J. Exp. Bot.* 54: 2541-2552
- Sanderson M., Stair D., Hussey M. 1997. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. *Adv. Agron.* 59: 171-224.
- Pereyra-Irujo G. A., Velazquez L., Lechner L., Aguirrezábal L. A. N. 2008. Genetic variability for leaf growth rate and duration under water deficit in sunflower: analysis of responses at cell, organ, and plant level. *J. Exp. Bot.* 59: 2221-2232.
- Sanderson M., Stair D. and Hussey M. 1997. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. *Adv. Agron.* 59: 171-224.