

Rendimiento, acumulación y distribución de biomasa en girasol en función de la salinidad y nitrógeno

Yield, accumulation and distribution of biomass in sunflower depending on salinity and nitrogen

José Alberto Salvador Escalante-Estrada¹ ,
Cid Aguilar-Carpio^{1*} ,
Yolanda Isabel Escalante-Estrada² 

¹Posgrado de Botánica, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, CP. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

²Instituto de Investigación Científica área de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Guerrero. Chilpancingo Guerrero México.

*Autor de correspondencia: aguilar.cid@colpos.mx

Nota científica

Recibida: 26 de agosto 2021

Aceptada: 23 de febrero 2022

Como citar: Escalante-Estrada JAS, Aguilar-Carpio C, Escalante-Estrada YI (2022) Rendimiento, acumulación y distribución de biomasa en girasol en función de la salinidad y nitrógeno. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(1): e3116. DOI: 10.19136/era.a9n1.3116

RESUMEN. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de nitrógeno en girasol bajo suelos salinos, sobre las variables días a etapas fenológicas, biomasa total, índice de cosecha, rendimiento, tamaño del grano, número de granos, área del capítulo, número de granos por capítulo, la acumulación y distribución de materia seca. El cultivar Victoria Mejorado, se sembró en suelos con diferente nivel de salinidad (2 y 7 dS m⁻¹) y nitrógeno (0 y 100 kg ha⁻¹). La salinidad y nitrógeno no afectan las fases fenológicas, tamaño del grano, índice de cosecha y distribución de materia seca. La biomasa, rendimiento, número de granos, área del capítulo, número de granos por capítulo y la acumulación de materia seca en cada órgano de la planta se redujo por la elevada salinidad del suelo, sin embargo, la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno generó una mayor acumulación de materia seca y rendimiento en girasol.

Palabras clave: Etapas fenológicas, índice de cosecha, número de granos, área del capítulo, asterácea.

ABSTRACT. The objective of the study was to determine the effect of nitrogen in sunflower under saline soils, on the variable, days to phenological stages, total biomass, harvest index, yield, grain size, number of grains, chapter area, number of grains per chapter, accumulation, and distribution of dry matter. The cultivar Victoria Mejorada was planted in soils with different levels of salinity (2 and 7 dS m⁻¹) and nitrogen (0 and 100 kg ha⁻¹). Salinity and nitrogen do not affect phenological phases, grain size, harvest rate and dry matter distribution. The biomass, yield, number of grains, area of the chapter, number of grains per chapter and the accumulation of dry matter in each organ of the plant was reduced by the high salinity of the soil, however, the application of 100 kg ha⁻¹ of nitrogen generated a greater accumulation of dry matter and yield in sunflower.

Key words: Phenological stages, harvest index, number of grains, capitulum area, asteracea.

INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una planta que pertenece a la familia botánica de las *Asteraceae*, y uno de los principales cultivos oleaginosos del mundo por presentar un contenido de aceite entre 30 a 50%, altos niveles de ácidos grasos no saturados, bajos contenidos de grasa saturada y de 20 a 27% de proteína en sus semillas (Ramulu et al. 2011). Además de destinarse a la alimentación humana y animal, para producir biocombustible (Sánchez-Muniz et al. 2016, Ur-Rehman et al. 2019). Se ha reportado, que el cultivo presenta tolerancia a la sequía, calor y salinidad (Do Santos et al. 2017). No obstante, la condición salina del suelo limita el crecimiento vegetativo y reproductivo del girasol (Hasanuzzaman et al. 2013). El efecto negativo de la salinidad del agua de riego sobre la producción del girasol ha sido reportado por Gomes et al. (2011) y Dos-Santos et al. (2017). Para lograr producir en regiones con suelos salinos se ha propuesto el lavado del suelo, la aplicación de materiales azufrados, uso de especies cultivadas tolerantes a la salinidad y las prácticas de manejo del cultivo apropiadas como la fertilización (Arenas-Julio et al. 2021a). Al respecto, Ma et al. (2016) reportan que con salinidad de 2.5 a 10.7 dS m⁻¹ se retrasa el inicio de aparición de la yema reproductiva, acelera la madurez fisiológica y, sugieren que el suministro de agua y la aplicación de 135 kg ha⁻¹ de nitrógeno puede reducir estos efectos adversos. Mientras que Feitosa et al. (2016), reportan que el cv. BRS 324 de girasol, sembrado en macetas con fertirriego (0.8 a 6.4 dS m⁻¹) y dosis de 0, 25, 50 y 75 kg ha⁻¹ de nitrógeno, tuvo el mayor rendimiento de grano en las plantas no estresadas por la salinidad y con el nivel más alto de nitrógeno.

Por otra parte, se propone que la fertilización nitrogenada apropiada podría obtener mayor crecimiento y rendimiento del girasol bajo condiciones de salinidad, ya que el nitrógeno (N) es determinante para el crecimiento y rendimiento de los cultivos agrícolas como lo demuestra Arenas-Julio et al. (2021a) al evaluar diferentes niveles de nitrógeno (50 y 100 kg ha⁻¹) en suelos con distintos grados de salinidad (0.49, 1.75 y 5.11 dS m⁻¹) en-

contraron que al incrementar la dosis de nitrógeno, también lo hacia la biomasa total, el rendimiento de grano y sus componentes en el cultivo de girasol, pero fue decreciendo a medida que fue aumentando la CE. Respecto a la distribución de materia seca en los órganos de la planta, especialmente en el grano, es de suma importancia a analizar para lograr un mayor rendimiento de grano, por su parte, Escalante-Estrada et al. (2020) señalan que, con la aplicación de nitrógeno, la acumulación de materia seca en los órganos de la planta se incrementa, sin afectar el porcentaje de distribución. En México existen regiones bajo condiciones salinas, sobre todo en zonas como Montecillo, México, en donde existe la propuesta de cultivar girasol, por lo que es de importancia generar conocimiento en la región sobre la fertilización nitrogenada en suelos salinos. Por lo cual, el objetivo del estudio fue determinar el efecto de nitrógeno en girasol bajo suelos salinos en clima templado, sobre las variables días a etapas fenológicas, biomasa total, índice de cosecha, rendimiento en grano, tamaño del grano, número de granos por m², área del capítulo, número de granos por capítulo, la acumulación y distribución de materia seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones de régimen de lluvia en Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México, México (19° 29' Norte y 98° 53' Oeste y 2 250 msnm) de clima templado (García 2005), en un suelo con un gradiente de salinidad 2 y 7 dS m⁻¹ (S2 y S7) en los primeros 30 cm de profundidad. En cada nivel de salinidad (Sal), se sembró el 10 de junio de 2018, el cultivar de girasol Victoria Mejorado, bajo tratamientos de fertilización nitrogenada 0 y 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N0 y N100), aplicados en forma dividida, el 50% antes de la siembra y el otro 50% a los 40 días, como fuente de nitrógeno se utilizó urea (46% N). El diseño experimental usado fue de bloques al azar en arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. A la parcela mayor correspondió el nivel de salinidad y a la menor el nitrógeno. La densidad de población fue de 50 mil plantas ha⁻¹, surcos de 70 y 25 cm entre plantas.

Durante el desarrollo del cultivo se registró la media de la temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$, °C), mínima ($T_{\text{mín}}$, °C), evaporación (EV, mm) y precipitación pluvial (PP, mm), datos proporcionados por la estación Agrometeorológica del Colegio de Postgraduados. También se registró la fenología del cultivo de acuerdo con la clave de Schneiter y Miller (1981). A madurez fisiológica (MF, R9) se midió la biomasa total (BT materia seca total en g m^{-2}), la acumulación de materia seca (g m^{-2}), distribución en cada órgano de la planta [distribución (%) = (materia seca acumulada en el órgano / materia seca o biomasa total) x 100], rendimiento de grano (RG, peso de la MS acumulada en el grano, 10% de humedad), tamaño de grano (TG, mg), número de granos por m^2 (NG), área del capítulo (AC, cm^2), número de granos por capítulo [GC = NG / densidad de población (plantas m^{-2})] e índice de cosecha [IC = (materia seca del grano / materia seca total) * 100].

A las variables en estudio se les realizó un análisis de varianza y a las que resultaron con diferencias significativas, se les aplicó la prueba de comparación de medias Tukey, además de un análisis de correlación y regresión mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología y elementos del clima

La emergencia del cultivo ocurrió a los 10 días después de la siembra (dds); la aparición del capítulo o etapa R1 a los 59 dds, floración (antes, R5) a los 78 dds y la MF (R9) a los 122 dds. La media de la $T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$ durante la etapa vegetativa fue de 26 y 10 °C, respectivamente; mientras que en la etapa reproductiva fue de 23 y 9 °C, respectivamente. La EV y PP estacional fue de 490 mm y 210 mm, respectivamente. La ocurrencia de las etapas fenológicas fue en tiempo similar entre tratamientos, lo que indica, que los niveles de nitrógeno y salinidad no repercutieron sobre la fenología de la planta, además de que las condiciones ambientales fueron las adecuadas al no influir en la fenología de la planta. Resultados similares fueron registrados por Arenas-Julio *et al.* (2021a) en donde no observaron

cambios en la fenología por el efecto del nitrógeno, salinidad y densidad de población. La media de la $T_{\text{máx}}$ durante el crecimiento del cultivo fue cercana al intervalo óptimo (18 - 25 °C) para el desarrollo de esta especie, pero la $T_{\text{mín}}$ fue más baja, lo que indica que esta condición pudo limitar el desarrollo del cultivo (Ruiz *et al.* 2013). Asimismo, de siembra (S) a floración (R5) y R5 a madurez fisiológica (R9), la EV superó a la PP ocasionando un severo estrés hídrico al cultivo lo que limitó el crecimiento y rendimiento. El consumo de agua por el cultivo fue afectado básicamente por la energía incidente proveniente de la radiación solar y la temperatura, la cual aumento la evaporación de la superficie del suelo y del dosel vegetal.

En la Tabla 1, se presenta el análisis de varianza para la BT, RG, NG, AC, GC y la acumulación de materia seca en cada órgano de la planta, donde se observa que los principales cambios significativos fueron por efecto de salinidad y nitrógeno, pero no por la interacción. El tamaño del grano (TG), el índice de cosecha, la distribución de materia seca no presentó diferencias significativas. Así, la presentación de resultados y discusión se hará con base a efectos principales de salinidad y nitrógeno, sin incluir las interacciones

Biomasa total, índice de cosecha, rendimiento y componentes

En la Tabla 2, se observa que el incremento en salinidad a 7 dS m^{-1} , redujo la BT en 24%, el RG en 28%, que fue producto de la reducción del NG en 25%, AC en 18% y GC en 18%, en relación con S2. El TG y el IC no fueron afectados, en promedio fueron de 59 mg (0.059 g por grano) y 0.28, respectivamente. La alta salinidad presente en el suelo afectó la producción de grano, que fue producto de la reducción de los componentes del rendimiento. La menor BT en alta salinidad (7 dS m^{-1}) puede ser producto de una disminución en la tasa fotosintética como lo indicaron Zeng *et al.* (2014). También, esta reducción por efecto de salinidad ha sido reportada bajo condición de maceta y fertiriego hasta con 5.5 dS m^{-1} por Zeng *et al.* (2015) y Silva de Oliveira *et al.* (2019). Mientras que Arenas-Julio *et al.* (2021b)

Tabla 1. Análisis de varianza en la acumulación de materia seca en las estructuras rendimiento y componentes del girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de la salinidad (Sal) y nitrógeno (N).

FV	RG (g m ⁻²)	IC	TG (mg)	NG (m ²)	AC (cm ²)	GC	Tallo	Hojas	Receptáculo (g m ⁻²)	Granos	BT
Salinidad	**	NS	NS	*	**	*	**	**	**	**	*
Nitrógeno	**	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	**
Sal x N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

*, * P > 0.05 y 0.01, respectivamente. NS = diferencias no significativas P > 0.05. RG = rendimiento en grano; TG = tamaño del grano; NG = número de granos; AC = área del capítulo; GC = granos por capítulo; BT = biomasa (materia seca) total; FV = factor de variación o tratamientos.

Tabla 2. Rendimiento y componentes del girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de la salinidad y nitrógeno.

Tratamientos	BT (g m ⁻²)	Índice de cosecha	RG (g m ⁻²)	TG (mg)	NG (m ²)	AC (cm ²)	GC
S2	1067 a¶	0.29 a	314 a	60 a	5233 a	261 a	1047 a
S7	815 b	0.28 a	227 b	58 a	3913 b	214 b	783 b
Media	941	0.28	270	59	4573	231	915
Tukey 0.05	99	0.02	70	7	112	32	118
N100	1107 a¶	0.28 a	310 a	58 a	5345 a	250 a	1069 a
N0	827 b	0.30 a	250 b	57 a	4366 b	211 b	873 b
Media	967	0.29	280	58	4855	231	971
Tukey 0.05	95	0.02	45	4	600	23	69

¶En columnas con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey 0.05. S2 = 2 dS m⁻¹; S7 = 7 dS m⁻¹; BT = biomasa total; RG = rendimiento en grano; TG = tamaño del grano; NG = número de granos; AC = área del capítulo; GC = granos por capítulo. N0 y N100 = sin aplicación de nitrógeno y 100 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

no registraron diferencias significativas en el peso de 100 semillas en suelos con una CE de 0.49 y 1.75 dS m⁻¹. Resultados que difieren a lo encontrado por Arenas-Julio *et al.* (2021a) en donde el IC y peso de 100 semillas mostraron una reducción a medida que aumentaba la salinidad del suelo (0.49, 1.75 y 5.11 dS m⁻¹).

Al aplicar fertilizante nitrogenado en suelos salinos se logró incrementar el 34% en la BT, en 24% en RG, 2% en NG, 18% en AC y 22% en GC (Tabla 2). El IC y TG no mostró cambios significativos por efecto del nitrógeno, siendo en promedio de 0.29 y 58 mg (0.058 g por grano), respectivamente. La incorporación de nitrógeno en el suelo mejoro la producción de BT, RG y sus componentes. Este incremento en el RG por el nitrógeno se debe al incremento en el NG y GC, debido a que el N estimula la aparición en el número de flores, además de lograr mayor translocación de fotoasimilados en la planta como fue reportado por Arenas-Julio *et al.* (2021a). Incrementos en el RG del girasol también han sido reportados por Dos-Santos *et al.* (2017). En relación con el IC y TG no se observó respuesta por efecto de la fertilización

nitrogenada. Esto indica, que el nitrógeno aplicado en suelos con diferente CE presenta una translocación de fotoasimilados en la misma proporción, hacia el grano. Tendencias similares, registraron Arenas-Julio *et al.* (2021a) con el uso de 0, 50 y 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno, ya que observaron diferencias en el tamaño del grano. Lo que difiere, a la reportado por Arenas-Julio *et al.* (2021b) al encontrar diferencias en el IC cuando aplicaron 0 y 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno.

Acumulación y distribución de materia seca en los órganos del girasol

En el suelo con el mayor nivel de salinidad (7 dS m⁻¹) la acumulación de materia seca en el tallo se redujo en 18%, en hojas 24%, en receptáculo 25% y en grano 28%. En ambos niveles de salinidad la mayor acumulación correspondió al tallo, seguida del grano, receptáculo y hojas (Tabla 3). La mayor acumulación de MS correspondió al suelo con baja salinidad (S2), contrario a lo observado en S7. Esto puede deberse al exceso de sales en suelo, que provocó disminución en la acumulación de materia seca en los diferentes órganos de la planta, de-

bido a una alteración en los procesos metabólicos de la planta (Dos-Santos *et al.* 2017, Arenas-Julio *et al.* 2021b). En relación con lo anterior, Escalante-Estrada y Rodríguez-González (2010) en diferentes niveles de salinidad (5, 7 y 11 dS m⁻¹), encontraron una alta acumulación de materia seca en el tallo, a medida que fue aumentando la conductividad eléctrica. En lo que respecta a la distribución de materia seca (%), esta no fue afectada por la salinidad. La distribución promedio fue de 31% en tallo, 13% en hoja, 27% receptáculo y 28% grano (Figura 1). Esto indica, que el efecto de la salinidad repercutió en la distribución de materia seca de forma homogénea.

Tabla 3. Acumulación de materia seca en girasol (*Helianthus annuus* L.) en función del nivel de salinidad y nitrógeno.

Tratamientos	Tallo	Hojas	Receptáculo (g m ⁻²)	Grano
S2	319 a¶	144 a	290 a	314 a
S7	260 b	110 b	218 b	227 b
Media	289	127	254	270
Tukey 0.05	40	30	48	70
N100	358 a¶	148 a	291 a	310 a
N0	245 b	100 b	236 b	250 b
Media	301	124	263	280
Tukey 0.05	45	35	50	45

¶En columnas valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey 0.05. S2 = 2 dS m⁻¹; S7 = 7 dS m⁻¹. N0 y N100 = sin aplicación de nitrógeno y 100 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

La aplicación de nitrógeno incrementó la acumulación de materia seca en tallo (48%), hoja (48%), receptáculo (23%) y el grano (24%). La acumulación más alta se encontró en el tallo, seguida del grano, receptáculo y hojas (Tabla 3). El uso del fertilizante nitrogenado aumentó la acumulación de materia seca principalmente en tallo y hoja, seguido del receptáculo y el grano. Lo anterior señala, que la aplicación de nitrógeno promueve una tolerancia a la salinidad al reducir los efectos adversos en el crecimiento de la planta, ya que el nitrógeno posiblemente mejoró la traslocación de nutrimentos en la estructura de la planta y sus órganos reproductivos y al mismo tiempo presentó un efecto osmótico (Zeng *et al.* 2015). Al respecto, Arenas-Julio *et al.* (2021a, 2021b) observaron la mayor acumulación en las estructuras de la planta con la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno. Para el caso de la distribución de materia seca, esta

no fue afectada por la fertilización nitrogenada, lo cual comprueba que los fotoasimilados, son distribuidos de forma equitativa en la estructura de la planta y órganos reproductivos, independientemente de la dosis de nitrógeno utilizada. En promedio el tallo representó el 31% de la materia seca total, las hojas el 12%, el receptáculo el 27% y el grano el 29% (Figura 1). Tendencias semejantes han sido reportadas por Escalante-Estrada *et al.* (2020).

Análisis de correlación entre el rendimiento en grano, sus componentes y la biomasa total

El RG se correlacionó en el orden siguiente: con el NG ($r = 0.95^{**}$); GC ($r = 0.95$); AC ($r = 0.85^{*}$); BT ($r = 0.92^{**}$) y el IC ($r = 0.70^{*}$). El RG presentó una alta correlación con el NG, GC, AC, BT y en menor medida con el IC. Esto indica que, de acuerdo con la ontogenia de la planta, el efecto de salinidad y de nitrógeno, se reflejará en primera instancia, en el AC, posteriormente en el llenado del capítulo representado por GC y en el NG por área. Además, en el tamaño de la planta (BT) y en la asignación de MS hacia el grano (IC). Tendencias semejantes fueron reportadas para el cv. Victoria Mejorado por Escalante-Estrada *et al.* (2015).

La BT presentó alta relación con el peso del tallo ($r = 0.95^{**}$), seguida de la acumulación de MS en el grano ($r = 0.92^{**}$), la acumulación en el receptáculo ($r = 0.90^{**}$) y en la hoja ($r = 0.80^{*}$). El RG y BT en suelos con 7 dS m⁻¹, fue en promedio de 227 y 815 g m⁻², respectivamente. La mayor BT y RG se logró con la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de N, que fue de 1107 y 310 g m⁻², respectivamente. La BT presentó alta relación con el peso del tallo, seguida del grano, receptáculo y hoja. Esto indica que los cambios en BT por el efecto de salinidad y de nitrógeno, dependerán en primera instancia de cambios en el peso de tallo, seguida de la acumulación de MS en el grano, receptáculo y hojas. Al respecto, Mena *et al.* (2018) observaron que la mayor acumulación de MS en los órganos del girasol se presentó en el tallo seguida del grano, receptáculo y hojas.

El crecimiento y rendimiento del girasol se reduce al sembrar en suelos hasta con 7 dS m⁻¹, debido a la reducción en acumulación de materia seca

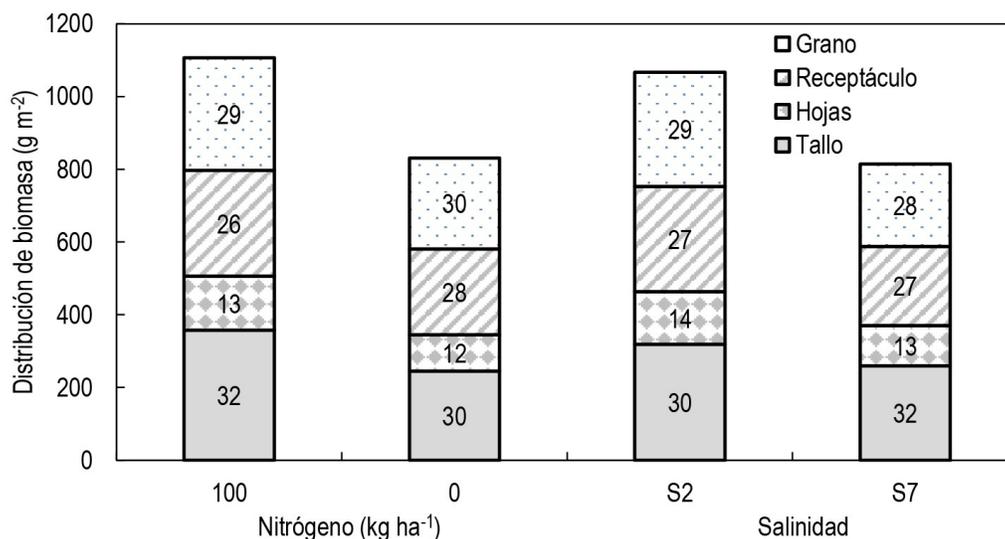


Figura 1. Distribución de materia seca (%) en girasol (*Helianthus annuus* L.) en función del nivel de nitrógeno y salinidad. Número dentro del cuadro indica el porcentaje. S2 = 2 dS m⁻¹; S7 = 7 dS m⁻¹.

en los órganos de la planta y la biomasa total, menor tamaño de capítulo, número de granos por capítulo y número de granos por m². Del comportamiento del AC, NG y GC depende el RG, como ha sido encontrado en varios cultivares de girasol (Escalante-Estrada *et al.* 2015). En la condición de salinidad de 2 a 7 dS m⁻¹ y fertilización nitrogenada (100 kg ha⁻¹) se incrementó la acumulación de materia seca en cada órgano de la planta y en consecuencia la total, el rendimiento en grano y sus componentes inmediatos como el área del capítulo, número de granos por capítulo y por m² (Escalante-Estrada *et al.* 2020). Esto indica que para promover una mejor productividad en suelo con alta salinidad es necesario la implementación de fertilizantes nitrogenados, de acuerdo con las necesidades de crecimiento de la planta. La distribución de materia seca no fue afectada de manera significativa por la salinidad y el nitrógeno, lo que confirma lo reportado por Escalante-Estrada y Rodríguez-González (2010).

Los niveles de salinidad y nitrógeno no afectan

los días a ocurrencia a fases fenológicas y la distribución de la materia seca en los órganos de la planta. La biomasa total, rendimiento de grano, número de granos, área del capítulo y número de granos por capítulo se reducen por el aumento en la salinidad del suelo, pero se incrementan con el nivel más alto de nitrógeno. El tamaño del grano e índice de cosecha no es afectado por la salinidad y aplicación de nitrógeno. La acumulación de materia seca en cada órgano de la planta se reduce con el nivel más alto de salinidad y se incrementa con la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno.

AGRADECIMIENTOS

Este manuscrito está dedicado a la memoria de la MC. María Teresa Rodríguez González, gracias por todas sus enseñanzas y dedicación en el área de Ecofisiología de Cultivos, Posgrado de Botánica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos.

LITERATURA CITADA

Arenas-Julio YR, Escalante-Estrada JAS, Ortiz-Solorio CA, Volke-Haller VH, Rodríguez-González MT, Aguilar-Carpio C (2021a) Producción de girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y densidad de población.

Acta Agrícola y pecuaria 7: 1-11.

- Arenas-Julio YR, Escalante-Estrada JAS, Aguilar-Carpio C, Rodríguez-González MT, Sosa-Montes E (2021b) Rentabilidad y rendimiento de girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y biofertilizante. *Biocencia* 23: 45-51.
- Dos-Santos JB, Marengo-Centeno CR, Vieira de-Azevedo CA, Raj-Gheyi H, De-Lima GS, De-Lira VM (2017) Crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de la salinidad del agua de riego con fertilización nitrogenada. *Agrociencia* 51: 649-660.
- Escalante-Estrada JA, Rodríguez-González MT (2010) Sunflower biomass distribution and seed yield in saline soil of Mexico highlands. *HELIA* 33: 127-134.
- Escalante-Estrada JAS, Rodríguez-González MT, Escalante-Estrada YI (2015) Fenología, biomasa y rendimiento de cultivares de girasol en Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1: 307-311.
- Escalante-Estrada JAS, Rodríguez-González MT, Escalante-Estrada YI (2020) Distribución de biomasa y rendimiento en cultivares de girasol en función de la densidad de población y nitrógeno. *Acta Agrícola y Pecuaria* 6: 1-6.
- Feitosa HO, De Lacerda CF, Marinho AB, Costa RNT, De Carvalho CM, Gheyi HR (2016) Productivity and economic analysis of sunflower/maize crop rotation under different levels of salinity and nitrogen. *African Journal of Agricultural Research* 11: 1999-2006.
- García E (2005) Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición. UNAM. México. 207p.
- Gomes NR, Raj GH, Loureiro SFA, Ferreira CJA (2011) Produção do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35: 929-937.
- Hasanuzzaman M, Nahar K, Fujita M (2013) Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In: Ahmad P, Azooz M, Prasad M (ed) *Ecophysiology and responses of plants under salt stress*. Springer. New York. pp: 25-87.
- Ma T, Zeng W, Li Q, Wu J, Huang J (2016) Effects of water, salt and nitrogen stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) at different growth stages. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 16: 1024-1037.
- Mena L JL, Díaz PAL, Aguilar DR (2018) Efecto de la densidad de población en el desarrollo y distribución de la biomasa del girasol, variedad Caburé - 15. *Revista de Ciências Agrárias* 41: 23-35.
- Ramulu N, Murthy K, Jayadeva HM, Venkatesha MM, Kumar RHS (2011) Seed yield and nutrients uptake of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by different levels of nutrients under irrigated condition of eastern dry zone of Karnataka, India. *Plant Archives* 11: 1061-1066.
- Ruiz CJA, Medina GG, González AIJ, Flores LHE, Ramírez OG, Ortiz TC, Byerly MKF, Martínez PRA (2013) Requerimientos agroecológicos de cultivos. 2da Edición. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564p.
- Sánchez-Muniz FJ, Bastida S, Benedi J (2016) Sunflower oil. In: Caballero B, Finglas P, Toldrá F (ed) *Encyclopedia of Food and Health*. United Kingdom. pp: 217-226.
- Schneider AA, Miller JF (1981) Description of sunflower growth stages. *Crop Science* 21: 901-903.
- Silva de Oliveira D, Pereira de Oliveira E, Jardelino DT, Costa SH, Gonçalves NAC, Alves de Andrade FH, Barros de Magalhães W (2019) Behavior of sunflower irrigated with salt water and nitrogen fertigation. *Journal of Agricultural Science* 11: 342-352.

- Statistical Analysis System (SAS Institute) (2003) SAS/STAT User's Guide Release 9.1 Edition. Cary, NC, USA. 112p.
- Ur-Rehman A, Safeer M, Qamar R, Mohsin Altaf M, Sarwar N, Farooq o, Mazher Iqbal M, Ahmad S (2019) Exogenous application of salicylic acid ameliorates growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Agrociencia* 53: 207-217.
- Zeng W, Xu C, Huang J, Wu J, Ma T (2015) Emergence rate, yield, and nitrogen-use efficiency of sunflowers (*Helianthus annuus*) vary with soil salinity and amount of nitrogen applied. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 46: 1006-1023.
- Zeng WZ, Xu C, Wu JW, Huang JS, Zhao Q, Wu M (2014) Impacts of salinity and nitrogen on the photosynthetic rate and growth of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Pedosphere* 24: 635-644.