

Distribución de biomasa y rendimiento en cultivares de girasol en función de la densidad de población y nitrógeno

Biomass distribution and yield in sunflower cultivars
based on population density and nitrogen

José Alberto Salvador Escalante-Estrada^{1*}, María Teresa Rodríguez-González¹,
Yolanda Isabel Escalante-Estrada²

¹Postgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Montecillo, 56230, Texcoco, Estado de México, México.

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

*Autor para correspondencia: jasee@colpos.mx

Fecha de recepción
19 de junio de 2019

Fecha de aceptación
2 de marzo de 2020

Disponible en línea
12 de marzo de 2020

Este es un artículo en acceso
abierto que se distribuye de
acuerdo a los términos de la
licencia Creative Commons



Reconocimiento-
NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar el efecto de la fertilización con nitrógeno (N) y la densidad de población (D), sobre la acumulación y distribución de materia seca (MS) en la planta, así como la biomasa total (BT), el rendimiento (RG) y sus componentes, en los cultivares de girasol Victoria Mejorado y Sunbred. La siembra se efectuó el 3 de mayo de 2016 en Montecillo, Estado de México, México, la cual es una zona de clima templado. El diseño experimental fue de bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas y cuatro repeticiones. Los resultados indican diferencias no significativas para BT y RG entre cultivares. La fertilización con N y el aumento en D elevaron la eficiencia en el uso del agua, la acumulación de MS en los órganos de la planta, la BT, el RG y el número de granos, pero no afectaron los días a etapas fenológicas, el índice de cosecha o el tamaño del grano. La BT y el RG con N fue de 1,232 y 232 g m⁻² y en D alta fue de 1,220 y 219 g m⁻², respectivamente.

PALABRAS CLAVE

Acumulación de materia seca, eficiencia en el uso del agua, índice de cosecha, etapas fenológicas, número de granos.

ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of determining the effect of nitrogen fertilization (N) and population density (D), on the accumulation and distribution of dry matter (DM), total biomass (TB), yield (RG) and its components, in two sunflower cultivars: Victoria Improved and Sunbred. The sowing was on May 3, 2016 in Montecillo, State of Mexico, Mexico; a temperate climate region. The experimental design was a randomized complete block, arranged in subdivided plots with four replicates. The results indicate non-significant differences for TB and GY between cultivars. Fertilization with N and the increase in D, increased the efficiency in the use of water, the accumulation of DM in the organs of the plant, the TB, GY and the number of grains, but did not affect phenological stages, the harvest index and grain size. The TB and GY with N was 1,232 and 232 g m⁻² and in high D was 1,220 and 219 g m⁻², respectively.

KEYWORDS

Dry matter accumulation, water use efficiency, harvest index, phenological stages, number of grains.

INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) se cultiva por sus usos amplios (aceite comestible, confitería, forraje, medicinal, ornato, etc.), por lo que se justifican estudios tendientes a generar conocimiento para elevar su rendimiento y calidad. Esto puede lograrse mediante la siembra de cultivares de mejor adaptación, que expresen su máximo crecimiento y rendimiento en cada región y con prácticas de manejo apropiadas (Escalante et al. 2015a).

Dentro de estas prácticas se encuentra el manejo de la fertilización con nitrógeno (N) y la densidad de población (D). Escalante-Estrada et al. (2012) reportan incrementos hasta del 67% en el rendimiento en grano (RG), con la aplicación de N. Madani et al. (2013) reportan en el híbrido "Iroflor" mayor rendimiento con 120 kg de N ha⁻¹ (al aplicar 50% a la aparición de la octava hoja y 50% a la aparición del receptáculo). Escalante-Estrada et al. (2016a) indican que la aplicación de N aumentó la acumulación de materia seca (MS) en los órganos de la planta, la biomasa total y la productividad del agua de lluvia. Tendencias semejantes en el rendimiento fueron reportadas por Morales et al. (2015).

Por otra parte, el aumento en la densidad de población (D) y la fertilización con nitrógeno han incrementado la biomasa y el rendimiento en grano en girasol por unidad de superficie, así como la proporción de ácido oleico y linoleico (Abd EL-Satar et al. 2017). Escalante-Estrada et al. (2019) reportan que al aumentar la D se ha logrado mayor biomasa en girasol cultivar Victoria Mejorado de polinización abierta bajo régimen de lluvia. Tendencias semejantes reportan Mena et al. (2018) en clima tropical húmedo. Las diferentes D se generan de distintos patrones de siembra cuyo estudio requiere mayor atención.

En diversos trabajos, los días a fases fenológicas no presentan cambios por efecto del N y D (Escalante-Estrada et al. 2016a). La variabilidad en estos factores puede afectar la acumulación y distribución de MS en las estructuras de la planta, que, dependiendo del objetivo de la siembra (forraje, grano o combustible), puede definir la importancia económica. Si el interés es el grano, los estudios deberán enfocarse a una mayor acumulación y distribución hacia esta estructura, mientras que, si el uso es como soporte para leguminosas trepadoras, sería hacia el tallo.

El conocimiento de los mecanismos y factores que pueden influir sobre la distribución de MS es limitado. Escalante et al. (2015a) reportan mayor producción de biomasa en girasol con aplicación de N, y que la

asignación más alta de MS ocurre en el tallo, seguido del receptáculo, grano y hojas. Dicha respuesta dependerá de las condiciones agroecológicas en las que se desarrolle el cultivo, así como de las prácticas de manejo con riego complementario (Escalante et al. 2015b). Por ello, los objetivos del estudio fueron determinar en dos cultivares de girasol, Victoria Mejorado y Sunbred: a) el efecto de la fertilización nitrogenada y b) la densidad de población (siembra a una y dos hileras en el surco) sobre la acumulación y distribución de materia seca en las estructuras de la planta, la biomasa total, el rendimiento y sus componentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en condiciones de campo en Montecillo, Texcoco, Estado de México, México (20° 17' 12" N y 98° 36' 30" O y 2240 msnm), de clima templado (García 2005). La siembra se efectuó el 3 de mayo de 2016. Se estudiaron los factores siguientes: cultivar (Victoria Mejorado —polinización abierta— y Sunbred —híbrido simple—), nivel de nitrógeno (N) (0 y 100 kg ha⁻¹), y densidad de plantas (una y dos hileras de siembra en surcos con distancia entre hileras 0.80 y 0.40 m y entre plantas de 0.25 m, que generaron una densidad (D) de 50,000 y 100,000 plantas ha⁻¹, respectivamente).

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con arreglo en parcelas subdivididas y cuatro repeticiones. La parcela mayor fue el cultivar, la mediana el N y la menor la D. Las variables en estudio fueron: fenológicas, como los días a emergencia (E), a floración (R5) y madurez fisiológica (R9, MF), siguiendo el criterio descrito por Schneiter y Miller (1981). En la cosecha se registraron: la acumulación de materia seca (MS, g m⁻²) en tallo y hoja (PTH), en el receptáculo (PR) y en el grano (RG), así como la suma de los tres, que es la biomasa (MS, total, BT); el índice de cosecha (IC, %), donde $IC = (RG/BT) * 100$; el número (NG) y el tamaño de los granos (TG), mediante el peso seco de cien granos (g). Se calculó la eficiencia en el uso del agua (EUA), producto de la precipitación pluvial (PP, mm), donde: $EUA (g m^{-2} mm^{-1}) = BT \text{ o } RG / PP$ (EUABT y EUARG, respectivamente).

A los datos se les aplicó análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey mediante el paquete SAS versión 9.3 (SAS Institute 2011). Por otra parte, la información de temperatura máxima y mínima y de precipitación pluvial estacional fue proporcionada por la estación Agrometeorológica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología y elementos del clima

No se observaron diferencias entre tratamientos en los días a fases fenológicas, lo cual concuerda con lo reportado por Escalante-Estrada et al. (2016a), probablemente debido a que los cambios en N y D no fueron suficientes para ocasionar efecto sobre la fenología. La emergencia fue ocho días después de la siembra (dds); la etapa R5, a los 66, y la R9 (MF) a los 130 dds. En estudio previo, Escalante-Estrada et al. (2015a) también reportan 130 días a MF para estos cultivares. Para el periodo vegetativo (PV) y reproductivo (PR), la T_{máx} y T_{mín} promedio fue de 24 y 8 °C, y de 24 y 3 °C, respectivamente. Durante el desarrollo del cultivo, la PP fue de 320 mm (70% en el PV y 30% PR).

Acumulación, distribución de materia seca y biomasa total

El ANDEVA para cultivares solamente mostró cambios significativos para el PTH (cuadro 1), donde el CV Victoria presentó mayor cantidad de MS (589 g m⁻²): 16% más que Sunbred, que presentó 507 g m⁻², lo

mayor radiación interceptada y con esto producción de MS más alta, como ha sido reportado por Escalante-Estrada et al. (2012). En contraste, la distribución de MS en los diferentes tratamientos fue similar, con 50% para tallo + hojas; 32% para receptáculo y 18% para el grano (cuadro 1).

Biomasa total, rendimiento en grano, tamaño del grano y número de granos

La fertilización con N y el aumento en D generaron incrementos en la BT, el RG y el NG, pero no en el TG (cuadro 2). Con N, estos fueron de 30%, 34% y 14%, respectivamente, con relación al testigo (sin aplicación de N). Al elevar la D de 50,000 a 100,000 plantas por ha, el incremento fue de 23%, 18% y 18%, respectivamente, lo que indica que el valor más alto (34% para RG y 30% para BT) se logra con la fertilización con N (cuadro 2). Cabe señalar que a la D de 50,000 plantas por ha, la BT de este estudio (995 g m⁻²), el RG (185 g m⁻²) y NG (3083 m⁻²) fueron superiores a los reportados por Escalante-Estrada et al. (2015a), con 613 g m⁻², 148 g m⁻², 2,114 m⁻², respectivamente, para misma localidad y época de siembra. Posiblemente la fecha de siembra más temprana en este estudio (3 de mayo) en relación con el estudio de Escalante-Estrada

Cuadro 1. Análisis de varianza de biomasa, su distribución, rendimiento en grano y sus componentes en dos cultivares de girasol en función de la densidad de población y nitrógeno. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México (verano 2016).

Factor de variación	PTH	PR	BT	IC	RG	TG	NG
V	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N	**	**	**	NS	**	**	**
V*N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
D	**	**	**	NS	**	NS	**
V*D	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N*D	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
V*N*D	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

*, ** P<0.05 y 0.01, respectivamente; NS = diferencias no significativas P<0.05; V = cultivares; N = nitrógeno; D = densidad de población; PTH = peso de tallo y hoja; PR = peso del receptáculo; BT = peso de materia seca total o biomasa; IC = índice de cosecha; RG = rendimiento en grano; TG = tamaño del grano; NG = número de granos.

que indica que el cultivar Victoria es más apropiado para soporte del frijol de guía. La acumulación de MS total solamente mostró incrementos significativos por efecto del N y D, debido a que el N incrementa el área foliar y la D al tener más plantas por m²,

et al. (2015a) (17 de mayo) influyó en la magnitud de la respuesta a estos tratamientos. El TG fue similar, con promedio de 0.06 g.

Cuadro 2. Acumulación de biomasa en tallo y hoja, receptáculo grano (rendimiento) y total y componentes del rendimiento en dos cultivares de girasol en función del nitrógeno y densidad de población. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México (verano 2016).

TRAT	PTH	PR	BT	IC	RG	TG	NG
N100	623 a	397 a	1252 a	18 a	232 a	0.061 a	3803 a
N0	473 b	316 b	963 b	18 a	173 b	0.052 a	3326 b
Tukey 0.05	51	48	89	1.4	19	0.01	381
D10	612 a	388 a	1220 a	19 a	219 a	0.06 a	3650 a
D5	484 b	325 b	995 b	18 a	185 b	0.06 a	3083 b
Tukey 0.05	41	43	70	1.14	10	0.009	307
Media general	548	357	1107	18	202	0.056	3465

En columnas valores con letra similar son estadísticamente iguales de acuerdo con Tukey 0.05. N0 = sin aplicación de N; N100 = aplicación de 100 kg de N ha⁻¹; D5 = 50 mil plantas ha⁻¹ (siembra a una hilera); D10 = 100 mil plantas ha⁻¹ (siembra a doble hilera); PTH = peso de tallo y hoja; PR = peso del receptáculo; BT = peso de materia seca total o biomasa; IC = índice de cosecha; RG = rendimiento en grano; TG = tamaño del grano; NG = número de granos.

Eficiencia en el uso del agua (g m⁻² mm⁻¹)

La eficiencia en el uso del agua (EUA) para la producción de grano (EUARG) y producción de biomasa (EUABT) solamente mostró cambios significativos por efecto de N y D. El girasol con N mostró una EUARG y EUABT más alta (0.72 y 3.9 g m⁻² mm⁻¹, respectivamente), que fue superior en 33% y 30%, respectivamente, al girasol en donde no se aplicó N (figura 1).

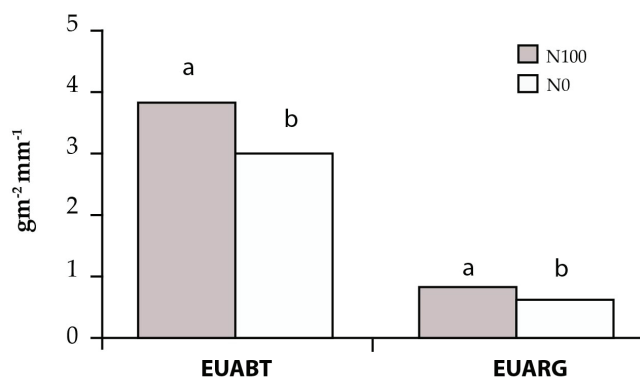


Figura 1. Eficiencia en el uso del agua (g m⁻² mm⁻¹) para la producción de biomasa (EUABT) y para rendimiento en grano (EUARG) en función del nitrógeno en cultivares de girasol. Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México. Verano 2016. N100 = 100 kg de N ha⁻¹; N0 = sin aplicación de N. En columnas valores con letra diferente indica que las diferencias son significativas de acuerdo con la prueba de Tukey 0.05 (EUABT= 0.5; EUARG = 0.1).

En relación con la D, aumentar esta variable (siembra a doble hilera) ocasionó una EUARG y EUABT más alta (0.68 y 3.8 g m⁻² mm⁻¹, figura 2), que fue superior en 17% y 22%, a la D baja (siembra a una hilera). Esta mayor EUA tanto para BT como para RG fue generada por un mayor tamaño del dosel y radiación interceptada (Amjed et al. 2013), al disponer el cultivo bajo estos tratamientos similar cantidad de agua durante su crecimiento. Respuestas semejantes se han reportado en canola por Escalante et al. (2016b) y en girasol cultivar Cobalto por Delgado et al. (2018).

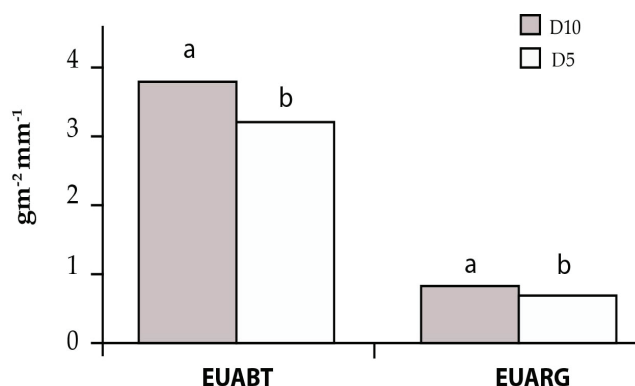


Figura 2. Eficiencia en el uso del agua (g m⁻² mm⁻¹) para la producción de biomasa (EUABT) y para rendimiento en grano (EUARG) en función de la densidad de población en cultivares de girasol. Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México. Verano 2016. D10 = 10 mil plantas ha⁻¹; D5 = 5 mil plantas ha⁻¹. En columnas valores con letra diferente indica que las diferencias son significativas de acuerdo con la prueba de Tukey 0.05. (EUABT = 0.4; EUARG = 0.08).

Con la fertilización nitrogenada y el aumento en densidad de población, producto de la siembra de girasol a doble hilera, se genera un mayor dosel por m², cobertura del suelo y radiación interceptada, para que el agua disponible para el crecimiento sea más utilizada por transpiración y en consecuencia se logre una eficiencia del uso de agua más alta, mayor acumulación de materia seca en tallo-hojas y receptáculo, y, en consecuencia, biomasa total y rendimiento en grano más altos. La distribución de materia seca en los órganos de la planta no fue afectada por los tratamientos, ni los días a ocurrencia a etapas fenológicas. Entre cultivares solamente se observaron diferencias en la acumulación de materia seca en tallo-hojas, siendo el cultivar Victoria Mejorado el de mayor acumulación.

CONCLUSIONES

Para ambos cultivares, Victoria Mejorado y Sunbred, se observó similitud en cuanto a los días a ocurrencia a etapas fenológicas, acumulación de materia seca en receptáculo, biomasa total, índice de cosecha, rendimiento de grano y sus componentes, así como en el tamaño del grano, número de granos y la eficiencia en el uso del agua.

La fertilización con nitrógeno y el aumento en densidad (siembra a doble hilera) incrementaron en ambos cultivares: la acumulación de materia seca en los órganos de la planta, la biomasa total, el rendimiento en grano, el número de granos y la eficiencia en el uso del agua.

La fertilización con nitrógeno y el aumento en densidad de población no afectaron los días a ocurrencia a etapas fenológicas, el índice de cosecha y el tamaño del grano en ambos cultivares.

LITERATURA CITADA

- Abd EL-Satar MA, Abd-EL-Halime AA, Ali HT. 2017. Response of seed yield and fatty acid compositions for some sunflower genotypes to plant spacing and nitrogen fertilization. *Information Processing in Agriculture* 4: 241-252. <http://dx.doi.org/10.1016/j.inpa.2017.05.003>
- Amjed A, Ahmad A, Khaliq T, Ali A, Muhammad A. 2013. Nitrogen nutrition and planting density effects on sunflower growth and yield: a review. *Pakistan Journal of Nutrition* 12: 1024-1035. <http://dx.doi.org/10.3923/pjn.2013.1024.1035>
- Delgado R, Poot WA, Castro S, Segura MTJ, Moreno ME. 2018. Yield and agronomic efficiency of sunflower in response to nitrogen fertilizer application and sowing season. *Revista Caatinga* 31(4): 871-881. <https://dx.doi.org/10.1590/1983-21252018v31n409rc>
- Escalante-Estrada JAS, Rodríguez-González MT, Escalante-Estrada YI. 2012. Modelos de crecimiento y rendimiento del frijol en función del nitrógeno y densidad de población. *Academia Journal* 4 (3): 817-822.
- Escalante-Estrada JAS, Rodríguez-González MT, Escalante-Estrada YI. 2015a. Fenología, biomasa y rendimiento de cultivos de girasol en Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2: 307-311.
- Escalante-Estrada JAS, Rodríguez-González MT, Escalante-Estrada MJ. 2015b. Riego complementario, nitrógeno, eficiencia en el uso del agua y rendimiento de girasol bajo régimen de lluvia en clima templado. Artículo: COMEII-15059. Congreso Nacional COMEII 2015, Jiutepec, Morelos, México, 23 y 24 de noviembre. 11 p.
- Escalante-Estrada JAS, Rodríguez-González MT, Escalante-Estrada YI. 2016a. Biomasa, su distribución y rendimiento en girasol con aplicación dividida de nitrógeno. *Investigación Científica, tecnológica y producción agrícola*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación Especial: 409-414.
- Escalante-Estrada JAS, Rodríguez-González MT, Escalante-Estrada YI. 2016b. Rendimiento, eficiencia en uso del agua en canola en función del nitrógeno y distancia entre hileras. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(6): 1249-1259. <https://dx.doi.org/10.29312/remexca.v7i6.174>
- Escalante-Estrada JAS, Rodríguez-González MT, Escalante-Estrada YI. 2019. Dinámica de crecimiento y rendimiento en girasol bajo dos densidades de población. *Exploratoris: Revista de la Realidad Global* 8(1): 187-191.
- García E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición. UNAM. México, D.F. 217 p.
- Madani A, Vazin F, Haghghi Z. 2013. The effect of irrigation and nitrogen topdressing. *HELIA* 36(59): 99-110. <https://dx.doi.org/10.2298/HEL1359099M>
- Mena JL, Díaz AL, Aguilar R. 2018. Efecto de la densidad de población sobre el desarrollo y distribución de la biomasa del girasol, variedad Carburé-15. *Revista de Ciencias Agrarias* 41(1): 23-35. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17248>
- Morales EJ, Morales-Rosales EJ, Díaz-López E, Cruz-Luna AJ, Medina-Arias N, Guerrero-De la Cruz M. 2015. Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta. *Agrociencia* 49(2): 163-176.
- Schneider AA, Miller JF. 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Science* 21: 901-903. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060024x>
- [SAS Institute] Statistical Analysis System Institute. 2011. SAS/STAT User's Guide Release 9.1. SAS Institute. Cary, USA.