

Componentes de rendimiento de cártamo en mínima labranza y rotación de cultivos comparado con labranza tradicional

Yield components in safflower under minimum tillage and crop rotation compared to traditional tillage

Alberto Borbón Gracia¹, Gabriel Antonio Lugo García², Carlos Patricio Saucedo Acosta², Víctor Valenzuela Herrera³, Xochilt Militza Ochoa Espinoza^{1*3}✉

¹ Campo Experimental Norman E. Borlaug. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Calle Dr. Norman E. Borlaug km. 12, Col. Valle del Yaqui, CP. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México.

² Universidad Autónoma de Sinaloa, Colegio de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Avenida Japaraqui, CP. 81110, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

³ Campo Experimental Valle de Culiacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Carretera Culiacán-el Dorado km. 17.5, CP. 80398, Culiacán Sinaloa, México.

RESUMEN

En cártamo, estudios sobre el impacto de labranza de conservación (LC) en el rendimiento y sus componentes son limitados, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de cártamo y sus componentes en labranza tradicional (LT) y LC con rotación de cultivos. El estudio se realizó en el sur de Sonora, México, durante los ciclos otoño-invierno 2019-2020 y 2020-2021. El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo factorial, los tratamientos fueron cártamo/maíz, cártamo/trigo y cártamo/cártamo en LC y cártamo/cártamo en LT, la variedad utilizada fue SEMAY-OL. Se determinaron variables agronómicas y rendimiento. El mayor rendimiento de grano se obtuvo en cártamo/maíz y cártamo/trigo en LC, mientras que el menor rendimiento se presentó en monocultivo en LC y LT. El sistema de labranza no mostró efecto sobre el peso de mil granos (PMG), plantas m⁻² y diámetro del tallo. El número de capítulos m⁻², PMG, peso hectolítrico y número de granos por capítulo presentaron asociación positiva con el rendimiento de grano. El sistema de labranza con rotación de cultivos presenta influencia sobre componentes de rendimiento con excepción del PMG. La rotación de cultivos en el sistema de LC permite incrementar el rendimiento de esta oleaginosa.

Palabras clave: monocultivo, labranza de conservación, *Carthamus tinctorius* L.

ABSTRACT

In safflower, studies on the impact of conservation tillage (LC) on yield and its components are limited, so the objective of this study was to evaluate grain yield and yield components in conventional tillage (LT) and LC with crop rotation. The study was conducted in southern Sonora, Mexico, during the fall-winter 2019-2020 and 2020-2021 cycles. The experimental design was randomized blocks with factorial arrangement, the treatments were the rotation safflower/corn, safflower/wheat and safflower/safflower in LC and safflower/

safflower in LT, the variety used was SEMAY OL. Agronomic variables and yield were determined. The highest grain yield was obtained in the safflower/corn and safflower/wheat rotation in LC, while the lowest yield was in monoculture in LC and LT. The tillage system showed no effect on weight of a thousand grain (PMG), plants m⁻² and stem diameter. The number of chapters m⁻², the PMG, the grain weight and the number of grains per chapter, showed a positive association with the grain yield. The tillage system in combination with crop rotation has an influence on the yield components with the exception of PMG. Crop rotation in the LC system allows to increase the yield of this oilseed.

Keywords: monoculture, conservation tillage, *Carthamus tinctorius* L.

INTRODUCCIÓN

El cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) es un cultivo que se produce en varias regiones del mundo (da Silva *et al.*, 2015), inicialmente se utilizaba para la extracción de color de sus pétalos (Sirel y Aytac, 2016) pero su principal virtud es producir uno de los aceites de mayor calidad para el consumo humano (Ávila *et al.*, 2017). Kazajstán, México, La Federación Rusa, India y Estados Unidos de América destacan como los principales productores. Durante el periodo de 2010 al 2019 nuestro país se ubicó como el segundo mayor productor a nivel mundial (FAOSTAT, 2021). A nivel nacional la superficie cosechada en promedio, desde el 2018 al 2023, fue de 29,356 ha, con una producción media anual de 52,482 t, de las cuales el estado de Sonora aportó el 44.7 % del volumen total de la producción, colocando a la entidad como productora principal de esta oleaginosa (SIAP, 2024).

La producción nacional de esta oleaginosa permite cubrir sólo el 80 % del requerimiento en el país y el resto se importa de Estados Unidos de América (SIAP, 2019), situación acentuada por una reducción acelerada de la superficie establecida con cártamo en México. Un escenario similar se presentó a nivel estatal en Sonora, de 42,495 ha que se

*Autor para correspondencia: Xochilt Militza Ochoa Espinoza

Correo-e: ochoaxochilt@gmail.com

Recibido: 29 de abril de 2024

Aceptado: 13 de octubre de 2024

Publicado: 27 de noviembre de 2024

sembraron en promedio del 2010 al 2012 pasaron a 10,096 ha cosechadas del 2018 al 2023, lo que representa un 23.7 % de la superficie que se sembraba hace 10 años (SIAP, 2024).

El descenso de la superficie ocupada por esta oleaginosa obedece a la rentabilidad que ofrecen otros cultivos como el trigo y el maíz, aunque éstos requieren una mayor inversión que el cártamo (FIRA, 2018) y cada ciclo disminuyen las ganancias por un constante incremento en el precio de los combustibles y de los insumos como la semilla y los fertilizantes. Además, su demanda hídrica es mucho mayor, esto es de suma relevancia debido a que en la región del sur de Sonora el déficit de agua para riego agrícola es recurrente (CONAGUA, 2024), por lo cual el cártamo representa una alternativa por su bajo requerimiento hídrico (Aguilera *et al.*, 2021; Hussain *et al.*, 2015; Bishwoyog *et al.*, 2020).

Lo anterior genera la necesidad de incrementar la rentabilidad del cultivo de cártamo, aspecto que se puede mejorar mediante la siembra directa (SD) o labranza de conservación (LC), combinada con rotación de cultivos. En este cultivo, los estudios agronómicos sobre el impacto de la SD en el rendimiento y sus componentes son limitados; o bien, solo se consideran como parte de la descripción varietal y en condiciones de labranza tradicional (Valadez y Cervantes, 2017; Borbón *et al.*, 2019), por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento del cártamo y sus componentes en labranza tradicional (LT) y LC con rotación de cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

El presente trabajo se realizó en el Sitio Experimental Valle del Mayo, Navojoa, Sonora, México, perteneciente al Campo Experimental Norman E. Borlaug del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado geográficamente a 27° 00' 47" LN, 109° 30' 03" LO y 39 msnm. El clima en la región presenta una temperatura promedio anual de 22.7 °C, con mínima media de 14 °C y máxima de 31.4 °C, con precipitación anual de 396 mm, distribuida el 83 % en los meses de junio a octubre y un 13 % de noviembre a marzo (CONAGUA, 2020). El suelo en el área experimental es de tipo vertisol, con un contenido de arcilla mayor al 50 % (Borbón *et al.*, 2020).

Tratamientos y diseño experimental

Las rotaciones de trigo y maíz después de cártamo y el monocultivo de cártamo se establecieron en LC, mientras que en LT solo se utilizó el monocultivo de cártamo por ser este el sistema tradicional empleado en la región. Las rotaciones entre cultivos se alternaron durante tres ciclos de producción (Tabla 1). Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y cuatro repeticiones por tratamiento. La parcela experimental fue de ocho surcos de 100 m de longitud, con una separación entre surcos de 0.8 m. La parcela útil fueron dos surcos centrales de 5 m de longitud (8 m²). Los tratamientos con monocultivo, tanto en LT como en LC, permanecieron en la misma parcela. Las rotaciones en LC cambiaron de ubicación de acuerdo al diseño establecido (Tabla 1).

Tabla 1. Rotaciones de cártamo con maíz y trigo en sistemas de LC, comparados con el monocultivo de cártamo en LC y LT.

Table 1. Safflower rotations with corn and wheat in TC systems, compared to safflower monocultive in TC and CT.

Trat.	SL	'Ciclos de producción		
		2018-2019	2019-2020	2020-2021
1		Cártamo / trigo	Trigo / cártamo	Cártamo / trigo
2	LC	Cártamo / maíz	Maíz / cártamo	Cártamo / maíz
3		Cártamo / cártamo	Cártamo / cártamo	Cártamo / cártamo
4	LT	Cártamo / cártamo	Cártamo / cártamo	Cártamo / cártamo

Negritas indica el cultivo estudiado. Trat.: tratamientos, SL: sistema de labranza, LC: labranza conservación, LT: labranza tradicional.

Manejo agronómico

El sistema de LT se estableció en un terreno cuya preparación es convencional de manera permanente, la cual se trabaja con cincel, se rastrea e incorpora el rastrojo cada ciclo. La LC se realizó en un suelo donde los últimos diez años la siembra se realiza sin previo laboreo y se deja el total del rastrojo de los diferentes cultivos en rotación o monocultivo sobre la superficie del suelo. En LT el laboreo en cada ciclo consistió en un paso de cincel de tres picos a una profundidad de 50 cm, dos pasos de rastra con un equipo de 28 discos (John Deere®) a 20 cm de profundidad, nivelación y surcado.

El estudio se implementó desde el ciclo otoño-invierno 2010-2011, pero los componentes de rendimiento se evaluaron en los ciclos otoño-invierno 2019-2020 y 2020-2021, en todo el terreno experimental hubo un periodo de descanso durante los meses de verano y se mantuvo libre de maleza durante dicho tiempo, con el uso del herbicida glifosato (FAENA® FUERTE 360), el cual se aplicó en dosis de 3 L ha⁻¹, con un aspersor de 12 boquillas (Swissmex®) propulsada por un tractor, con un gasto de agua de 250 L ha⁻¹.

La variedad de cártamo utilizada fue SEMAY OL, ésta fue liberada por INIFAP y es la de mayor uso en el sur de Sonora. La siembra se realizó con una sembradora de precisión (Monosem®), fue en húmedo después del riego de presiembra, a hilera sencilla y en surcos con 80 cm de separación. La densidad de siembra fue de 16 semillas por metro lineal, alrededor de ocho kg de semilla ha⁻¹.

La aplicación del riego durante el ciclo otoño-invierno 2019-2020 fue en la etapa de inicio de ramificación, formación de botones florales y durante el inicio de floración, mientras que en el ciclo otoño-invierno 2020-2021 solo se aplicó un riego de auxilio en la etapa de inicio de ramificación, en ambos ciclos se utilizó el sistema de riego por gravedad, con sifones de aluminio de una pulgada. La fertilización fue con la fórmula 149-52-00 kg ha⁻¹ (N-P-K), en presiembra se aplicó el total del P y la mitad del N y el resto de la dosis se suministró antes del primer riego de auxilio. El fertilizante se depositó en banda a un costado de la hilera de plantas, con una sembradora triguera de cuatro surcos, a la cual se le adaptaron discos cortadores corrugados en la parte frontal. La fuente



de N fue Urea (46-00-00) y la de P fue fosfato monoamónico (11-52-00).

El combate de malezas en LC fue con una aplicación de 3 L ha⁻¹ del herbicida glifosato (FAENA® FUERTE 360) antes de la siembra, donde se eliminó todo tipo de maleza que germinó con el riego de presiembra, mientras que en LT esta primera generación de malezas se combatió al momento de dar tierra con un equipo cultivador; en postemergencia al cultivo fue necesario realizar otra aplicación de herbicida para el control de maleza de hoja ancha en todos los tratamientos, para lo cual se utilizó metsulfuron metil + thifensulfuron metil (15 g ha⁻¹). La aplicación del herbicida fue alrededor de los 35 días después de la siembra (DDS) en los cuatro tratamientos y durante los dos ciclos de evaluación, con un gasto de agua de 250 L ha⁻¹. El combate de plagas y de enfermedades no fue innecesario.

Variables evaluadas

La altura de planta (cm) se midió previo al momento de la cosecha del grano, para lo cual se utilizó un flexómetro, se consideró desde la base del suelo hasta los capítulos más altos de la planta. El número de plantas cosechadas m⁻² se registró mediante conteo y se obtuvo el diámetro del tallo con el uso de un vernier graduado en cm.

El número de capítulos m⁻² se obtuvo mediante el registro de éstos en 1.25 m lineales de un surco cuya competencia era completa. La obtención de las muestras de capítulos se realizó cuando el cultivo ya estaba en madurez de cosecha (alrededor del 8 % de humedad en el grano), éstas se colectaron en forma manual.

El peso de grano por capítulo se obtuvo mediante el cociente entre el peso del grano obtenido y el número total de capítulos m⁻², así también el número de granos por capítulo se obtuvo con una regla de tres entre el peso de mil granos y el peso total de la muestra, obteniendo el total de granos m⁻² y posteriormente dividiéndolos entre el número de capítulos, como el procedimiento realizado por Olivo *et al.* (2020).

El peso de mil granos (g) se calculó al contabilizar 1000 granos de muestra compuesta obtenida al azar del grano cosechado y la obtención de su peso con una báscula digital.

El rendimiento de grano (kg ha⁻¹) se obtuvo mediante la cosecha de dos surcos con competencia completa de cinco metros de longitud (8 m²), la cosecha fue manual y la trilla se realizó con cosechadora mecánica. El rendimiento se ajustó al 8 % de humedad en el grano, el peso hectolítrico (PHE, kg hL⁻¹) se estimó mediante el peso de un litro de grano.

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza para las variables evaluadas, donde los factores de variación fueron los ciclos y las rotaciones en LC vs LT, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson entre el rendimiento, capítulos por m², número de granos por capítulo, peso de 1000 granos y peso hectolítrico. Para los cálculos se usó el paquete estadístico SAS 9.3 (SAS Institute, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de grano de cártamo

El mayor rendimiento se obtuvo con las rotaciones cártamo después de trigo y cártamo después de maíz en LC, mientras que el rendimiento más bajo lo presentó el tratamiento de cártamo después de cártamo en LC ($P \leq 0.05$), el cual fue similar a cártamo en LT (Tabla 2). Comparable a lo reportado por Borbón *et al.* (2020), quienes mencionan que el monocultivo de cártamo en LC afecta el rendimiento de este cultivo, a su vez encontraron un mayor rendimiento de cártamo cuando éste se siembra en LC pero con rotación de cultivos. Mientras que Küçük y Akbolat (2018) no encontraron diferencias en rendimiento de grano de cártamo entre LT, agricultura reducida y siembra directa en trabajos realizados en una provincia de Turquía. Larson *et al.* (2021) compararon el sistema de LC vs LT y mencionan que los rendimientos de cártamo no fueron más altos al utilizar el barbecho.

Tabla 2. Componentes de rendimiento de cártamo evaluado en LC con rotación de cultivos comparado con cártamo en LT durante los ciclos otoño-invierno 2019-2020 y 2020-2021.

Table 2. Safflower yield components evaluated in TC with crop rotation compared to safflower in CT, during the 2019-2020 and 2020-2021 fall-winter cycles.

Rotación y SL	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	PMG (g)	# capítulos m ⁻²	Peso (g) de granos capítulo ⁻¹	# granos capítulo ⁻¹
Cártamo/trigo LC	1952 a	31.97	287.75 ab	0.66 a	22.80 ab
Cártamo/maíz LC	2077 a	31.12	307.88 a	0.70 a	22.57 a
Cártamo/cártamo LC	1014 b	30.20	248.25 b	0.46 b	15.20 b
Cártamo/cártamo LT	1287 b	31.52	281.38 ab	0.48 b	15.42 b
C.V.	12.48	4.13	14.82	22.04	21.76
DMS	275.31	NS	58.12	0.17	5.61

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). SL= sistema de labranza; LC= labranza de conservación; LT= labranza tradicional; PMG= peso de mil granos; CV= coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa.

úmero de capítulos por m²

El número de capítulos m² fue diferente entre las rotaciones. La rotación cártamo después de maíz en LC tuvo el mayor número de capítulos por unidad de superficie ($P \leq 0.05$), aunque con diferencia solo con el monocultivo en el sistema de LC, pero este último fue similar a los tratamientos de cártamo después de trigo en LC y cártamo en LT (Tabla 2). Esta variable mostró una asociación positiva ($r = 0.46$, $P \leq 0.01$) con el rendimiento de grano, por lo cual se le considera el principal componente de rendimiento en el cultivo de cártamo (Singh *et al.*, 2016). Este mismo componente presentó una correlación negativa con el peso de 1000 granos ($r = -0.0059$, $P \leq 0.01$) y con el peso hectolítrico ($r = -0.15$, $P \leq 0.01$).

Granos y su peso por capítulo

El número de granos y el peso de los mismos por capítulo presentaron diferencias entre las rotaciones en ambos sistemas de labranza ($P \leq 0.05$), la LC con rotación de cultivos mostró un mayor promedio en ambos componentes de rendimiento (Tabla 2). La asociación entre el peso del grano y el número de capítulos fue negativa aunque no significativa, lo anterior se debe a que dicha relación es una respuesta fisiológica compensatoria provocada por la competencia por los fotosintatos que también se presenta en diversos cultivos (Rebetzke *et al.*, 2016; Sayama *et al.*, 2017). El número de granos por capítulo también se correlacionó de manera positiva ($r = 0.73$, $P \leq 0.01$) con el rendimiento de grano, lo cual coincide con Hussain *et al.* (2014), quienes señalan que existe una asociación positiva entre dichas variables.

Peso de 1000 granos

La rotación no presentó efecto en el peso de 1000 granos, dichos valores fueron desde 30.2 hasta 31.97 g, en la variedad Promesa el peso promedio de 1000 granos es de 43 g, ya que esta variable es afectada por el ambiente y el genotipo (Valadez y Cervantes, 2017); sin embargo, este componente de rendimiento se asoció de manera positiva con el peso de grano por capítulo y con el rendimiento de grano, similar a lo que reportan Hussain *et al.* (2014).

Plantas por m²

El número de plantas m² fue similar entre las rotaciones en ambos sistemas de labranza, lo cual difiere con lo que reportan Küçük y Akbolat (2018), quienes señalan un mayor porcentaje de plantas emergidas por m² en favor del sistema de LT. El diámetro de tallo tampoco mostró diferencia entre tratamientos (Tabla 3). El número de plantas m² presentó una asociación negativa con el diámetro de tallo ($r = -0.78$, $P \leq 0.01$), esta es una respuesta observada en muchos cultivos ocasionada por el incremento de la densidad de plantas y atribuida a una reducción de la penetración de la luz al interior del dosel (Raei *et al.*, 2014).

Peso hectolítrico y altura de planta

La rotación de cártamo después de maíz presentó mayor peso hectolítrico en comparación con el monocultivo en

Tabla 3. Componentes de rendimiento de cártamo evaluado en AC con rotación de cultivos comparado con cártamo en LT durante los ciclos otoño-invierno 2019-2020 y 2020-2021.

Table 3. Safflower yield components evaluated in TC with crop rotation compared to safflower in CT, during the 2019-2020 and 2020-2021 fall-winter cycles.

Rotación y SL	PHE (kg hL ⁻¹)	Altura de planta (cm)	# plantas m ²	Diámetro del tallo (cm)
Cártamo/trigo en LC	0.54 ab	145.87 ab	17.50 a	1.01 a
Cártamo/maíz en LC	0.55 a	143.50 ab	13.75 a	1.06 a
Cártamo/cártamo en LC	0.51 b	139.50 b	18.00 a	0.89 a
Cártamo/cártamo en LT	0.51 b	146.75 a	19.00 a	0.84 a
C.V.	3.99	3.34	18.17	14.31
DMS	0.029	6.71	6.84	0.30

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). LC= siembra directa; LT= labranza tradicional; PHE= peso hectolítrico; CV= coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa.

ambos sistemas de labranza ($P \leq 0.05$), la siembra de cártamo después de trigo en LC mostró un peso hectolítrico similar a la rotación con maíz y sin diferencia con cártamo en monocultivo (Tabla 3). El peso hectolítrico presenta una baja asociación ($r = 0.21$) con el rendimiento de grano y sin significancia, lo cual difiere con Raju *et al.* (2019), quienes señalan una correlación positiva significativa ($r = 0.399$, $P \leq 0.01$).

La altura de planta fue menor en el monocultivo establecido en LC, aunque con diferencia solo con su homólogo en el sistema de LT ($P \leq 0.05$), mientras que cártamo con rotación de maíz y con trigo presentaron altura similar con ambas condiciones en monocultivo (Tabla 3). La diferencia observada entre el sistema de LT y la LC de cártamo difiere con lo reportado por Küçük y Akbolat (2018), quienes señalan que la altura de planta es similar entre sistemas de labranza.

CONCLUSIONES

El sistema de labranza en combinación con la rotación de cultivos presenta influencia sobre el número de capítulos, en el número y el peso de granos de los capítulos, asimismo sobre el peso hectolítrico del grano de cártamo. El uso de la rotación de cultivos en el sistema de LC permite incrementar el rendimiento de esta oleaginosa. El sistema de labranza por sí solo no es suficiente para disminuir el efecto negativo que tiene el monocultivo sobre el rendimiento del grano de cártamo.

REFERENCIAS

- Aguilera, M.N.A., Hernández, J.A., Montoya, C.L., Aguirre, U.L.A., Cerna, C.E. y Landeros, F.J. 2021. Comportamiento de líneas élite de cártamo de alta productividad y calidad de aceite en el Valle del Yaqui, Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 12(3): 421-432.
- Ávila, C.E., Ochoa, E.X.M., Montoya, C.L.M., Aguilera, N.A., Borbón, G.A. y Padilla, P.J.I. 2017. Chey-ol: nueva variedad de cártamo oleica para el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(5): 1209-1212.

- Bishwoyog, B., Sukhbir, S., Sangamesh, V.A., Sultan, B., Rupinder, S. y Dick, A. 2020. Spring safflower water use patterns in response to pre-season and in-season irrigation applications. *ELSEVIER* 228(1): 0378-3774. doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105876.
- Borbón, G.A., Lugo, G.G.A., Reyes, O.A., Valenzuela, H.V. y Saucedo, A.C.P. 2020. Rotación de trigo, maíz y cártamo en labranza de conservación vs. labranza tradicional. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43(4): 371-378. doi.org/10.35196/rfm.2020.4.371.
- Borbón, G.A., Montoya, C.L., Ochoa, E.X.M., Aguilera, M.N.A., Ávila, C.E. y Cota, B.C.I. 2019. SEMAY OL, Nueva variedad de cártamo oleica. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 42(1): 83-85. doi:10.35196/rfm.2019.1.83-85.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua, 2020. Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua, 2024. Monitor de Sequía en México. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- da Silva, C.J., da Silva, A.C., Zoz, T., Toppa, E.V.B., Silva P.B. y Zanotto, M.D. 2015. Genetic divergence among accessions of *Carthamus tinctorius* L. by morphoagronomic traits. *African Journal of Agricultural Research*. 10(52): 4825-4830. doi: 10.5897/AJAR2015.9859.
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2021. Producción mundial de cultivos. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- FIRA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2018. Sistema de costos agrícolas. Resumen de costos. Disponible en: <https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/TemasUsuario.jsp>.
- Hussain, T., Tariq, M.A., Ahmad, I., Saghir, M., Batool, M., Safdar, M., Sher A. y Tariq, M. 2014. Characters association analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 4(6): 63-65.
- Küçük, H. y Akbolat, D. 2018. Investigation of different tillage and seeding methods in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivation. *Scientific Papers Series A. Agronomy*. 61(1): 481-486.
- Larson, C.D., Menalled, F.D., Lehnhoff, E.A. y Seipel, T. 2021. Plant community responses to integrating livestock into a reduced-till organic cropping system. *Ecosphere*. 12(3): 1-15. doi.org/e03412.10.1002/ecs23412.
- Olivo, M., Bassegio, D. y Zanotto, M.D. 2020. Combining ability and heterosis in a diallel cross of safflower under brazilian tropical conditions. *Agronomy Journal*. 112: 1580-1588. doi:10.1002/agj2.20151
- Raei, Y., Garebagh, F.P. y Weisany, W. 2014. Effects of plant density and sowing date on some quantitative and qualitative characteristics of forage sorghum as second cropping. *Advances in Bio Research*. 5(2): 114-118. doi:10.15515/abr.0976-4585.5.2.114118.
- Raju, T.J., Sultana, R., Palchamy K. y Keshavulu, K. 2019. Study on relationships among seed yield components in in F3:4 population in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 8(1): 2205-2207.
- Rebetzke, G.J., Bonnett, D.G. y Reynolds, M.P. 2016. Awns reduce grain number to increase grain size and harvestable yield in irrigated and rainfed spring wheat. *Journal of Experimental Botany*. 67(9): 2573-2586. doi.org/10.1093/jxb/erw081.
- SAS Institute. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA. 8621 p.
- Sayama, T., Tanabata, T., Saruta, M., Yamada, T., Anai, T., Kaga, A. y Ishimoto, M. 2017. Confirmation of the pleiotropic control of leaflet shape and number of seeds per pod by the Ln gene in induced soybean mutants. *Breeding Science*. 67(4): 363-369.
- SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2019. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Sonora, México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>.
- SIAP-SIACON-NG, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta-Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2020. Disponible en: .
- Singh, S., Angadi, S.V., Hilaire, R.S., Grover, K. y VanLeeuwen, D.M. 2016. Spring safflower performance under growth stage based irrigation in the southern high plains. *Crop Science*. 56(4): 1878-1889. doi.org/10.2135/cropsci2015.08.0481.
- Sirel, Z. y Aytaç, Z. 2016. Relationships between the seed yield and some agronomic characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under semi-arid conditions. *Turkish Journal of Field Crops*. 21(1): 29-35. DOI:10.17557/tjfc.50988.
- Hussain, M.I., Lyra, D.A., Farooq, M., Nikoloudakis, N. y Khalid, N. 2015. Salt and drought stresses in safflower: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 36(1). doi:10.1007/s13593-015-0344-8
- Valadez, G.J. y Cervantes, M.J.E. 2017. Promesa, variedad de polinización libre de cártamo para la región de las huastecas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 40(1): 103-105. doi:10.35196/rfm.2017.1.103-105.