



Biotecnia

ISSN: 1665-1456

Universidad de Sonora, División de Ciencias Biológicas y de la Salud

López-Arias, Claudia A.; Escalante Estrada, José Alberto Salvador; Rodríguez-González, María T.; Aguilar Carpio, Cid
Crecimiento, biomasa, rendimiento y componentes de canola
(*Brassica napus* L.) en respuesta a la fuente nitrogenada
Biotecnia, vol. 25, núm. 3, 2023, Septiembre-Diciembre, pp. 65-70
Universidad de Sonora, División de Ciencias Biológicas y de la Salud

DOI: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i3.2003>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672977632008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UNESM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Crecimiento, biomasa, rendimiento y componentes de canola (*Brassica napus* L.) en respuesta a la fuente nitrogenada

Growth, biomass, yield, and components of canola (*Brassica napus* L.) in response to nitrogen source

Claudia A. López-Arias¹, José Alberto Salvador Escalante Estrada¹, María T. Rodríguez-González¹, Cid Aguilar Carpio^{1,*}

¹ Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, municipio de Texcoco, estado de México, México, CP. 56230.

RESUMEN

La canola es un cultivo oleaginoso de gran importancia mundial. El nitrógeno es uno de los elementos que incrementan la producción del cultivo; por lo que es importante para los productores conocer los requerimientos nutrimentales de este cultivo y que tipo de fuente utilizar. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la fuente nitrogenada sobre el crecimiento, biomasa y rendimiento de canola. La siembra de la canola cultivar "Canorte" fue bajo régimen de lluvia. Los tratamientos que se utilizaron fueron cuatro (testigo, fertilizante nitrogenado en forma de urea, fosfonitrato y sulfato de amonio). Para evaluar el crecimiento y rendimiento del cultivo se registró la altura de la planta, área foliar, biomasa total, índice de cosecha, rendimiento y sus componentes. El cultivo no presentó diferencias en la altura de la planta, biomasa total, índice de cosecha y rendimiento de grano entre las fuentes de nitrógeno utilizadas solo en comparación al testigo. El sulfato de amonio generó una mayor área foliar, número de racimos respecto a los demás fertilizantes, mientras que el número de silicuas también se incrementó por efecto del fosfonitrato. Las fuentes de nitrógeno promovieron un efecto positivo en el crecimiento de la planta y en el rendimiento de grano. El componente que mayor relación presentó con el rendimiento fue la biomasa total.

Palabras clave: Nitrógeno, nutrición, Brassicaceae, producción.

ABSTRACT

Canola is an oilseed crop of great worldwide importance. Nitrogen is one of the elements that increases crop production; therefore, it is important for producers to know the nutritional requirements of this crop and what type of source to use. The objective of the study was to determine the effect of the nitrogen source on the growth, biomass, and canola yield. The canola cultivar "Canorte" was sown during rainfall season. Four treatments were used (control, nitrogen fertilizer in the form of urea, phosphonitrates and ammonium sulfate). To evaluate growth and crop yield, plant height, leaf area, total biomass, harvest index, yield, and its components were recorded. The crop did not present differences in plant height, total biomass, harvest index and grain yield between the nitrogen sources used, in comparison to the control. Ammonium sulfate generated a greater leaf area and number of

bunches compared to the other fertilizers, while the siliques number also increased due the effect of phosphonitrates. Nitrogen sources promoted a positive effect on plant growth and grain yield. The components that presented the greatest relationship with yield was the total biomass.

Keywords: Nitrogen, nutrition, Brassicaceae, production

INTRODUCCIÓN

El género *Brassica* abarca cultivos de importancia económica para la agricultura, como son algunas hortalizas, además de semillas oleaginosas que se utilizan en alimentos, así como de biocombustibles (Bayer *et al.*, 2017; Gómez *et al.*, 2018). La canola o colza (*Brassica napus* L.) es una planta que su semilla se aprovecha en la elaboración de aceite comestible en el mundo, ya que contiene de 36 a 40% de proteína y de 40 % de aceite que proviene del grano, siendo una especie para ser aprovechada, por sus propiedades nutricionales y organolépticas, así también se procesa como biodiesel y como fuente proteica para animales (harina). A nivel mundial Canadá, India, Alemania, Francia y China son los países líderes en la producción de canola (Al-Solaimani *et al.*, 2015; Gill *et al.*, 2015; Gómez *et al.*, 2018). Mientras que, en México se siembra una superficie de 3,202.48 ha de canola, con una producción de 1,968.34 t de grano; siendo, los principales estados productores Tamaulipas, Estado de México, Jalisco, Tlaxcala e Hidalgo (SIAP, 2019).

Para que la canola pueda mostrar todas sus capacidades alimenticias y nutraceuticas, es necesario que se le proporcionen los insumos indispensables para lograr la máxima expresión de su potencial productivo. Uno de esos requerimientos es el nitrógeno (N), elemento más demandado por la planta, ya que actúa sobre procesos metabólicos que ayuda a promover la productividad en el cultivo (Ferreira y Ernst, 2014; Escalante-Estrada *et al.*, 2016; López *et al.*, 2019). Además de que el cultivo de la canola está directamente relacionado con la fertilización nitrogenada, con demandas que van desde los 40 hasta 70 kg ha⁻¹ de N (Borzaco *et al.*, 2019). De acuerdo con Escalante-Estrada *et al.* (2016), el rendimiento y productividad del cultivo de canola esta influenciado por varios factores, entre ellos la fertilización nitrogenada y distribución poblacional.

Las plantas absorben el nitrógeno por la raíz en sus formas iónicas más solubles como son el nitrato (NO₃⁻) y

*Autor para correspondencia: Cid Aguilar Carpio

Correo-e: aguilar.cid@colpos.mx.

Recibido: 23 de marzo de 2023

Aceptado: 19 de junio de 2023

Publicado: 1 de septiembre de 2023

amonio (NH_4^+). Sin embargo, la respuesta de la planta a la nutrición nitrogenada varía según la especie en estudio fuente de nitrógeno y método de aplicación (Larios-González *et al.*, 2021).

Existen estudios en canola que se enfocan en los niveles de fertilización con nitrógeno, sin embargo, son muy pocos los estudios relacionados con el uso de diferentes fuentes de nitrógeno. Entre las fuentes más utilizadas son: la urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio (Kaefer *et al.*, 2015; Chamorro *et al.*, 2017; López *et al.*, 2019). Por lo que, el objetivo del estudio fue determinar la acción de diferentes fuentes de nitrógeno sobre el crecimiento, producción de biomasa total y rendimiento de grano en el cultivo de canola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

La investigación se realizó en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México ($19^\circ 29' \text{ LN}$, $98^\circ 53' \text{ LO}$, a 2 250 msnm), bajo régimen de lluvia. El clima es templado (Cw) (García, 2004), con suelo de textura arcillosa, pH 6.9, 2% de materia orgánica, conductividad eléctrica 0.47 dS m^{-1} , 9.5 mg kg^{-1} de nitratos, 11.6 mg kg^{-1} de amonio, 0.01 mg kg^{-1} de fósforo y $0.014 \text{ cmol kg}^{-1}$ de potasio.

Tratamientos

La siembra de canola cultivar "Canorte 2010" se realizó de forma manual el 23 de mayo de 2017 en surcos distanciados a 80 cm, entre plantas a 10 cm con una densidad de población de $12.5 \text{ plantas m}^{-2}$. Antes de la siembra se realizó un riego para asegurar la germinación de la semilla. Los tratamientos que se utilizaron en el estudio se muestran en la Tabla 1, los cuales fueron suministrado en dos etapas, 50% antes de la siembra y la otra mitad en la primera escarda.

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el estudio.

Tratamientos	Dosis (kg ha^{-1})
1. Testigo	Sin aplicación de nitrógeno
2. Urea (46 %, N)	100
3. Sulfato de amonio (SA, 20.5 % N y 24 % S)	100
4. Fosfonitrato (FN, 33 % N y 3 % P_2O_5)	100

Diseño experimental

El arreglo experimental fue en bloques completos aleatorios en cuatro replicaciones. La superficie de cada unidad experimental se conformó de cuatro surcos de 0.80 cm de ancho y 4 m de largo (12.8 m^2), el tamaño de la parcela experimental fue de 204.8 m^2 .

Variables evaluadas

En el ciclo del cultivo se midió la temperatura máxima ($^\circ\text{C}$), temperatura mínima ($^\circ\text{C}$) y precipitación (mm), datos provenientes de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos. Así mismo, se contabilizaron

los días de las etapas fenológicas del cultivo (Carrie, 2017): E: emergencia, CT: crecimiento longitudinal del tallo principal, AOF: aparición del órgano floral, FL: floración (50% de las flores en el tallo abiertas), FF: formación del fruto, MF: madurez fisiológica (cuando las vainas presentan color paja).

Durante el crecimiento del cultivo, se realizó un muestreo destructivo de tres plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil, en etapa de floración 82 días después de la siembra (dds), dentro de la cual se midió el área foliar (cm^2) con el equipo electrónico LI-COR 3100 (EUA), por otro lado, se midió la altura de la planta (AP, cm) medida desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

A madurez fisiológica se realizó la cosecha del cultivo en donde se evaluó el rendimiento de grano (RG, g m^{-2}), el número de racimos (NR, m^2) y número de silicuas (NS, m^2), asimismo, se determinó la biomasa total (BT, g m^{-2}) con base en materia seca de las estructuras de la planta, para esto, las muestras se dejaron secar en una estufa a 80°C hasta que se registró peso constante. Además, se calculó el índice de cosecha (IC, %), $\text{IC} = (\text{RG} / \text{BT}) \times 100$ (Escalante-Estrada *et al.*, 2016).

Análisis estadístico

Las variables medidas fueron procesadas mediante el paquete estadístico del SAS ver. 9.4, para posteriormente realizar el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$). Además, se realizó un análisis entre las variables de rendimiento y sus componentes con la prueba de correlación de Pearson ($\alpha = 0.05, 0.01$ y 0.001) (SAS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología y condiciones climáticas

Durante el desarrollo del cultivo las temperaturas máximas y mínimas oscilaron entre 24.8 y 11.9°C . Es importante señalar, que la temperatura máxima estuvo por debajo del límite mínimo permisible que mencionan Panozzo *et al.* (2014) y Escalante-Estrada *et al.* (2016). La precipitación acumulada fue de 475 mm y la evaporación de 493 mm . Cabe destacar que de S a FL la acumulación de la precipitación fue de 316 mm , mientras que de FL a MF fue de 158 mm .

Los días a ocurrencia de las etapas fenológicas en el cultivo no fueron modificados por las fuentes de nitrógeno aplicado, ya que, presentaron días similares entre cada evento (Tabla 2). La emergencia se presentó a los 7 dds, mientras que el CT a los 44 dds, para la AOF fue a los 63 dds, FL a 82 dds, FF a 93 dds y la MF a los 130 dds. La duración de las etapas fenológicas fue mayor a la reportada por Panozzo *et al.* (2014) y Escalante-Estrada *et al.* (2016), posiblemente debido a las diferentes condiciones ambientales, épocas de siembra y variedad de cultivo de canola utilizada.

El análisis de varianza mostró efectos significativos debido a las fuentes de nitrógeno utilizadas en la AP, AF, BT, RG, NR y NS, no así, para el IC (Tabla 3).

Altura de la planta (AP)

La AP fue favorecida por la aplicación de las diferentes fuentes de fertilización nitrogenada, las cuales no presentaron

Tabla 2. Promedios decenales de la temperatura (mínima y máxima) y acumulación decenal de la precipitación en el ciclo del cultivo de canola.**Table 2.** Decennial average of temperature (minimum and maximum) and decennial accumulation of precipitation in the canola crop cycle.

Mes	Decenal	Precipitación (mm)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Fases fenológicas
Mayo	3	59.6	24.8	16.2	S - E
Junio	1	14.5	23.4	16.5	
	2	22.5	24.8	12.8	
	3	18.1	23.4	13.8	
Julio	1	100.6	20.0	13.1	CT
	2	31.8	21.4	12.4	AOF
	3	24.7	22.2	12.1	
Agosto	1	29.1	22.8	13.3	FL
	2	15.9	23.5	13.2	
	3	71.7	21.4	13.5	FF
Septiembre	1	28.8	17.8	15.2	
	2	34.7	21.5	13.4	
	3	18.4	21.2	15.0	
Octubre	1	5.2	21.9	11.9	MF

S: siembra; E: emergencia; CT: crecimiento longitudinal del tallo principal; AOF: aparición del órgano floral; FL: floración; FF: formación del fruto; MF: madurez fisiológica.

S: sowing; E: emergency; CT: longitudinal growth of the main stem; AOF: appearance of the floral organ; FL: flowering; FF: fruit formation; MF: physiological maturity.

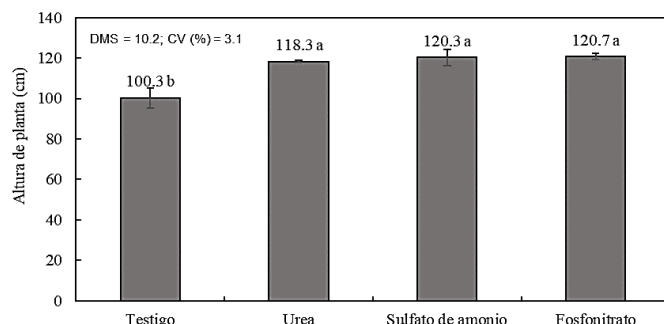
Tabla 3. Análisis de varianza para altura de la planta (AP), área foliar (AF), biomasa total (BT), índice de cosecha (IC), rendimiento de grano (RG) y sus componentes del cultivo de canola en función de la fuente nitrogenada.**Table 3.** Analysis of variance for plant height (AP), leaf area (AF), total biomass (BT), harvest index (IC), grain yield (RG) and its components of the canola crop as a function of the nitrogen source.

Fuente de variación	BT	IC	RG	NR	NS	AP	AF
Tratamiento	**	ns	**	**	**	**	**
Pr > F	0.0012	0.2394	0.0015	0.0001	< 0.0001	0.0028	< 0.0001
Media general	568	26	148	49	454	115	1912
CV (%)	12.1	6.7	11.4	6.5	2.1	3.1	6.5

NR = número de racimos; NS = número de silicuas.

NR = bunches number; NS = siliques number.

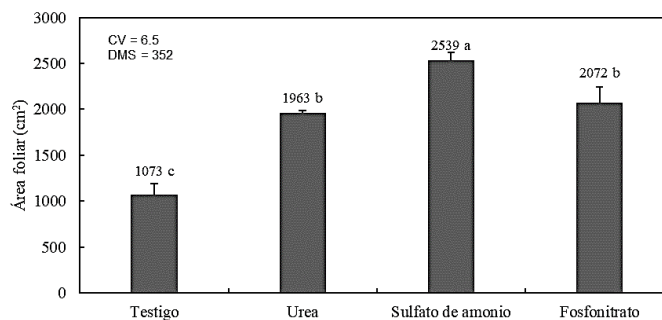
diferencias significativas entre fuentes, solo con respecto al testigo ($P > 0.05$). No obstante, la aplicación de FN generó un incremento del 20.3 %, seguido de SA y la urea, con un aumento del 19.9 y 17.9 % en relación con el testigo, respectivamente (Figura 1). Bybordi y Ebrahimian (2013) y

**Figura 1.** Altura de la planta en el cultivo de canola en función de la fuente nitrogenada (100 kg ha^{-1}).**Figure 1.** Plant height and root length in canola as a function of nitrogen source (100 kg ha^{-1}).

Al-Solaimanii *et al.* (2015) encontraron que al aumentar los niveles de nitrógeno (urea) también se acrecentaba la altura de la planta de canola. La disponibilidad de nitrógeno en el suelo independientemente de la fuente utilizada promovió el alargamiento celular de tallo (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Lo que también ha sido reportado por Kaefer *et al.* (2014) y Kaefer *et al.* (2015), quienes no observaron diferencias al aplicar SA y urea en la altura de la planta. Contrario a lo reportado por Öztürk (2010) al presentar una mejor respuesta con urea en comparación al SA.

Área foliar (AF)

El área foliar presentó un incremento con la aplicación de las fuentes nitrogenadas, en donde se registraron diferencias significativas respecto al testigo sin aplicar ($P > 0.05$) (Figura 2). Esto posiblemente se deba a la presencia de nitrógeno en el suelo, ya que es un nutrimento esencial en diferentes procesos metabólicos de la planta, debido a que, estimula el crecimiento del aparato fotosintético (Azcón-Bieto y Talón,

**Figura 2.** Área foliar por planta de canola en función de la fuente nitrogenada (100 kg ha^{-1}).**Figure 2.** Leaf area per canola plant as a function of nitrogen source (100 kg ha^{-1}).

2008). Estos resultados concuerdan con Bybordi y Ebrahimi (2013) quienes reportaron un aumento en el área foliar con el uso de diferentes niveles de urea, respecto al testigo sin aplicación, en el cultivo de canola. No obstante, se puede apreciar que, entre las fuentes de nitrógeno aplicadas, la máxima expansión foliar se logró con SA, seguido de FN, el cual no presentó diferencias con relación a la urea. Por lo que, es evidente que el sulfato de amonio fue más eficiente que la urea y el fosfonitrato en la formación y expansión de hojas; al ser, el sulfato de amonio un fertilizante ácido, disminuye el pH del suelo, proporcionando condiciones adecuadas para la asimilación del nitrógeno por la planta, además de que aporta una importante cantidad de azufre, siendo un elemento adecuado para cultivos como las brassicáceas (Salgado y Núñez, 2010; Öztürk, 2010). Por su parte Kaefer *et al.* (2014), registraron un incremento en la producción de área foliar en plantas de canola, con la aplicación ascendente de nitrógeno (20 a 120 kg ha⁻¹). Sin embargo, al evaluar dos fuentes de nitrógeno (Urea y SA) no observaron diferencias significativas, resultados contradictorios a los del presente estudio en donde el SA presentó una mayor AF en comparación a la urea.

Biomasa total, índice de cosecha, rendimiento y sus componentes

El comportamiento de la producción de biomasa total, rendimiento de grano y sus componentes fue diferente con aplicación de las fuentes de nitrógeno (Tabla 4). La biomasa total aumentó de manera significativa con la aplicación del SA, FN y urea respecto al testigo ($P > 0.05$). Por lo que se infiere, que el suministro de nitrógeno indistintamente de la fuente utilizada estimula la acumulación de biomasa en el dosel vegetal, ya que el N está relacionado en diferentes procesos metabólicos como la síntesis de proteína, aminoácidos y ácidos nucleicos (Kaefer *et al.*, 2014; Al-Solaimani *et al.*, 2015). En estudios realizados por Kaefer *et al.* (2015), Ma y Zheng (2016) y Chamorro *et al.* (2017), observaron un

aumento en la biomasa total al evaluar Urea (100 kg ha⁻¹ de N) y SA respecto a la nula fertilización. Por su parte López *et al.* (2019), quienes evaluaron diferentes fuentes de nitrógeno sobre la biomasa total encontraron diferencias significativas, principalmente con el uso de SA. Contrario a lo observado en el presente estudio.

Con relación al IC, este no presentó diferencias significativas entre las fuentes de nitrógeno y el testigo ($P > 0.05$) (Tabla 4). Lo que implica, una acumulación de materia seca hacia el grano, en una proporción similar. Efectos semejantes fueron reportados por Ma y Zheng (2016) quienes no registraron diferencias en el IC con el nivel y fuente de nitrógeno en el cultivo de canola. Mientras que Escalante-Estrada *et al.* (2016), observaron que la aplicación de N en forma de urea generó una reducción en el IC.

Para al rendimiento de grano se puede observar que la aplicación de SA, FN y Urea lograron incrementar en un 118, 97 y 74% la producción en relación con el testigo, respectivamente (Tabla 4). Es importante mencionar, que entre las fuentes de nitrógeno estadísticamente no hubo diferencias en el RG solo respecto al testigo ($P > 0.05$). Lo que recalca la importancia del uso del N, por influir de manera evidente en el rendimiento del cultivo. Sobre lo anterior Larios-González *et al.* (2021), mencionan que el SA genera una menor volatilización respecto a la urea; la urea al pasar tiempo en el suelo se pierde una porción de N al ocurrir un proceso de volatilización de amoníaco (NH₃), por ende, se reduce su efecto nutricional. Contrario a lo mencionado por diversos autores que han demostrado que la aplicación de N, generalmente en forma de urea con dosis ascendentes aumenta el rendimiento de grano (Kaefer *et al.*, 2015; Ma y Zheng, 2016; Escalante-Estrada *et al.*, 2016; Chamorro *et al.*, 2017).

El número de racimos y silicuas fue mayor con la aplicación del SA y FN, respectivamente, que cuando se aplicó urea, los cuales presentaron diferencias respecto al testigo ($P > 0.05$) (Tabla 4). Al respecto Ma y Zheng (2016), resaltaron la importancia de la aplicación de SA en canola con el incremento en algunos componentes morfológicos, asociados a la producción del cultivo. Por su lado Al-Solaimani *et al.* (2015), señalan que la aplicación de urea logra incrementar de manera significativa el número de silicuas, contrario a lo observado en el presente estudio.

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

El análisis de correlación (Tabla 5), indica que el RG tiene asociación con la BT ($r = 0.97$) y NS ($r = 0.89$) al igual que con el NR ($r = 0.85$). Esto indica que, para modificar la RG con las fuentes de nitrógeno, es indispensable en primer lugar incrementar el peso de la BT seguido del NS y NR, lo anterior se puede lograr con el SA, ya que generó una mayor BT y NR, así como también con el FN que promovió el mejor NS. Testimonios similares fueron observados por Escalante-Estrada *et al.* (2016), los cuales encontraron que la BT, NS y número de granos son los componentes de mayor relación con el RG.

Tabla 4. Biomasa total, índice de cosecha, rendimiento de grano (RG) y componentes del cultivo de canola en función de la fuente nitrogenada.

Table 4. Total biomass, harvest index, grain yield (RG) and components of the canola crop depending on the nitrogen source.

Variables	Testigo	Urea (100 kg ha ⁻¹)	Sulfato de amonio (100 kg ha ⁻¹)	Fosfo- nitrato (100 kg ha ⁻¹)	Tukey (DMS)
Biomasa total (g m ⁻²)	312 b ^a	544 a	727 a	691 a	194.7
Índice de cosecha (%)	27 a	28 a	26 a	25 a	5.0
RG (g m ⁻²)	86 b	150 a	188 a	170 a	52.1
Número de racimos (m ²)	33 c	46 b	66 a	50 b	9.0
Número de silicuas (m ²)	343 c	428 b	510 a	535 a	27.9

^aValores con letra iguales en columnas indican diferencias no significativas de acuerdo con la prueba Tukey ($P < 0.05$)

^aValues with same letters in columns indicate differences are not significant according to Tukey's test ($P < 0.05$).

Tabla 5. Análisis de los coeficientes de correlación de Pearson entre los componentes morfológicos, rendimiento de grano y producción de biomasa total en el cultivo de canola.**Table 5.** Analysis of Pearson's correlation coefficients between morphological components, grain yield and total biomass production in canola crop.

	NR	NS	BT	RG
NR	1.00	0.78**	0.84**	0.85**
NS		1.00	0.93**	0.89**
BT			1.00	0.97**
RG				1.00

NR: número de racimos, NS: número de silicuas, BT: biomasa total, RG: rendimiento de grano; *, ** significativo ($P < 0.05$ y 0.01). NS: No significativo ($P > 0.05$).

NR: bunches number, NS: pods number, NGS: number of grains per pod, PG: individual grain weight, BT: total biomass, RG: grain yield; *, ** significant ($P < 0.05$ and 0.01). NS: non-significant ($P > 0.05$).

CONCLUSIONES

El cultivo de canola cultivar Canorte 2010 no presentó diferencias en la altura de la planta, biomasa total, índice de cosecha, rendimiento de grano con la aplicación de las diferentes fuentes de nitrógeno. El sulfato de amonio generó una mayor área foliar y número de racimos respecto a los demás fertilizantes, mientras, que el número de silicuas también se incrementó por efecto del fosfonitrato. En general, las fuentes de nitrógeno promovieron un efecto positivo en el crecimiento de la planta, así como en el rendimiento de grano en el cultivo de canola. El componente que mayor relación presentó con el rendimiento fue la biomasa total.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se llevó a cabo gracias a la aportación financiera del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Al-Solaimani, S., Alghabari, F. y Zahid, I.M. 2015. Effect of different rates of nitrogen fertilizer on growth, seed yield, yield components and quality of canola (*Brassica napus* L.) under arid environment of Saudi Arabia. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*. 6(4): 268-274.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2008. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill.
- Bybordi, A. y Ebrahimian, E. 2013. Growth, yield, and quality components of canola fertilized with urea and zeolite. *Communications in soil Science and Plant Analysis*. 44(19): 2896-2915. <https://dx.doi.org/10.1080/00103624.2013.823986>
- Bayer, E.P., Hurgobin, B., Golicz, A.A., Kenneth, C.C.K., Yuan, Y., Tyng, L.H., Renton, M., Meng, J., Li, R., Long, Y., Zou, J., Bancroft, I., Chalhoub, B., King, J. G., Batley, J. y Edwards, D. 2017. Assembly and comparison of two closely related *Brassica napus* genomes. *Plant Biotechnology Journal*. 15(12): 1602-1610.

- Burzaco, J.P., Ciampitti, I.A. y García, O.F. 2019. Mejores prácticas de manejo para la nutrición del cultivo de Colza-Canola: Una revisión. *IPNI*. 13: 1-8.
- Carrie, K.A. 2017. Identifying Canola Growth Stages. *Plant and Soil Sciences*. 2: 1-8.
- Chamorro, A.M., Tamagno, L.N. y Sarandón, S.J. 2017. Mezcla de cultivares de colza canola (*Brassica napus* L.): una alternativa para aumentar la diversidad cultivada en sistemas extensivos de clima templado en transición agroecológica en Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*. 12(1): 010-018.
- Escalante-Estrada, J.A.S., Rodríguez-González, M.T. y Escalante-Estrada, Y.I. 2016. Rendimiento, eficiencia en uso del agua en canola en función del nitrógeno y distancia entre hileras. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(6): 1249. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i6.174>
- Ferreira, G. y Ernst, O. 2014. Diagnóstico del estado nutricional del cultivo de colza (*Brassica napus*) en base a curvas de dilución de nitrógeno y azufre. *Agrociencia Uruguay*. 18(1): 75-85. <https://doi.org/10.31285/AGRO.18.441>
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Ed. Serie libros.
- Gill, A.R., Zang, L., Ali, B., Farooq, A.M., Cui, P., Yang, S., Ali, S. y Zhou, W. 2015. Chromium-induced physio-chemical and ultrastructural changes in four cultivars of *Brassica napus* L. *Chemosphere*. 120: 154-164. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.06.029>
- Gómez, N.V., Miralles, D.J., Mantese, A.I., Menéndez, Y.C. y Rondanini, D.P. 2018. Colza: Un cultivo con historia en la FAUBA. *Agronomía y Ambiente*. 38(1): 23-26.
- Kaefer, J.E., Guimarães, V.F., Richart, A., Tomm, G.O. y Müller, A.L. 2014. Produtividade de grãos e componentes de produção da canola de acordo com fontes e doses de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 49(4): 273-280. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000400005>
- Kaefer, J.E., Richart, A., Nozaki, M.H., Daga, J., Campagnolo, R. y Follmann, P.E. 2015. Canola response to nitrogen sources and split application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 19(11): 1042-1048. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n11p1042-1048>
- Larios-González, R.C., García, C.L., Jerónimo, R.M., Avalos, E.C. del S. y Castro, S.J.R. 2021. Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación. *Siembra*. 8(2): e2475. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2475>
- López, A.C.A., Escalante-Estrada, J.A.S., Rodríguez, G.M.T., Conde, M.V.F., y Quero, C.A.R. 2019. Análisis de crecimiento y rendimiento de canola en función de la fuente nitrogenada. *Academia Journals Morelia*. 11(2): 1523-1527.
- Ma, B.L. y Zheng, Z.M. 2016. Relationship between plant nitrogen and phosphorus accumulations in a canola crop as affected by nitrogen management under ample phosphorus supply conditions. *Canadian Journal of Plant Science*. 96(5): 853-866. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0374>
- Öztürk, Ö. 2010. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(1): 132-141. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000100014>
- Panozzo, L.E., Zuchi, J., Da Silva, F.D., Barros, P.L., Dos Santos, D.D.C.F., Silva, B.W. y Tomm, G.O. 2014. Evaluation of some

- hybrids of canola in function of sowing dates in Viçosa, MG, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*. 9(32): 2488-2494. <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.8876>
- Quintana-Chimal, M.A., Estrada-Campuzano, G., Martínez-Rueda, C.G., y Domínguez-López, E.J.M.A. 2013. Variabilidad genotípica en atributos ecofisiológicos del rendimiento y calidad industrial de canola. *Terra Latinoamericana*. 31(1): 47-56.
- Salgado, G.S. y Núñez, E.R. 2010. Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Mundi Prensa México, S. A. de C. V.
- SAS. 2013. Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures, Second Edition. Statistical Analysis System (SAS Institute, Inc.), 1-8. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(82\)91293-X](https://doi.org/10.1016/0370-2693(82)91293-X)
- Sistema de Información Agropecuaria (SIAP). 2019. Sistema de información agropecuaria de consulta. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.