

Comportamiento agronómico bajo diferentes densidades de siembra del sésamo negro (*Sesamum indicum* L.) en la Región Sur del Paraguay

Agronomic performance under different planting densities of black sesame (*Sesamum indicum* L.) in the Southern Region of Paraguay

Carlos Alcides Villalba Algarin^{1*}, Ieda Roxana Ramírez Paniagua¹, Marcos Fabian Sanabria Franco² y Carlos Diego da Silva²

¹Universidad San Carlos, Facultad de Ciencias Agrarias. Filial Encarnación, Paraguay.

² Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo, Brasil.

***Autor para correspondencia:**
carlos.villalba@ipta.gov.py

Conflictos de interés:
Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Contribución de autores:
Todos los autores realizaron contribuciones sustanciales en la concepción y diseño de este estudio, al análisis e interpretación de datos, a la revisión del manuscrito y la aprobación de la versión final. Todos los autores asumen la responsabilidad por el contenido del manuscrito.

Financiamiento:
Ninguno

Periodo de publicación:
Enero-Junio de 2024

Historial:
Recibido: 07/08/2023;
Aceptado: 30/05/2024

Editor responsable:
Arnaldo Esquivel Fariña
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Licencia:
Artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons CC-BY 4.0

RESUMEN

La densidad de plantas influye directamente en el crecimiento, desarrollo y productividad de plantas de sésamo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes densidades de siembra del sésamo negro sobre sus parámetros agronómicos. El trabajo fue realizado en el periodo 2020-2021, en la localidad de Monte Grande, San Pedro del Paraná, Itapúa-Paraguay. Los tratamientos fueron: (D50) con 50.000; (D75) 75.000; (D100) 100.000; (D125) 125.000; (D150) 150.000 y (D175) 175.000 plantas ha⁻¹ respectivamente, dispuestos en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Fueron evaluadas la altura de planta, número de ramas por planta, número de cápsulas por planta, número de granos cápsula, peso de mil granos y rendimiento de granos. Los resultados obtenidos fueron sometidos a Análisis de Varianza (ANOVA) y comparados por Test de Tukey al 5% de probabilidad de error. La densidad de siembra influyó significativamente sobre el número de ramas y cápsulas por planta, peso de mil granos y rendimiento de grano. El tratamiento D50 obtuvo mayor número de ramas (3,2 uds.), y de cápsulas por planta (124,2 uds.), y peso de mil granos (2,8 g). Sin embargo, el tratamiento D100 presentó el mayor rendimiento de grano (1.079 kg ha⁻¹). La densidad de siembra más adecuada del sésamo negro fue de 100.000 plantas ha⁻¹, para las condiciones edafoclimáticas de la Región Sur del país.

Palabras clave: Agricultura familiar, productividad agrícola, rendimiento de grano, seguridad alimentaria.

ABSTRACT

The plant density can influence the growth, development, and productivity of sesame. The objective was to evaluate the effect of different planting densities of black sesame on its agronomic parameters. The study was conducted during the period 2020-2021, in the locality of Monte Grande, San Pedro del Paraná, Itapúa-Paraguay. The treatments were: (D50) with 50.000; (D75) 75.000; (D100) 100.000; (D125) 125.000; (D150) 150.000; and (D175) 175.000 plants ha⁻¹ respectively, arranged in a randomized complete block design, with four replications. Plant height, number of branches plant⁻¹, capsules plant⁻¹, grains capsule⁻¹, thousand grain weight, and grain yield were evaluated. The results were subjected to Analysis of Variance (ANOVA) and compared by Tukey's test at a 5% probability of error. Planting density significantly influenced the number of branches plant⁻¹, capsules plant⁻¹, thousand grain weight, and grain yield. Treatment D50 obtained the highest number of branches plant⁻¹ (3,2 units), capsules plant⁻¹ (124,2 units), and thousand grain weight (2,8 g). However, treatment D100 showed the highest grain yield (1.079 kg ha⁻¹). The most suitable planting density for black sesame was 100.000 plants ha⁻¹, for the soil and climatic conditions of the Southern Region of the country.

Keywords: Family farming, agricultural productivity, grain yield, food security.

INTRODUCCIÓN

El sésamo (*Sesamum indicum* L.) es un cultivo reconocido por su valor agregado y una versatilidad notable en diversos campos. Su creciente producción y demanda a nivel global se atribuyen a sus múltiples aplicaciones y beneficios, generando un impacto socioeconómico significativo tanto en las comunidades agrícolas como en las industrias, dada su riqueza en propiedades nutraceuticas. Sus componentes más destacados, como el aceite, la sesamina y el sesamol, desempeñan roles fundamentales tanto en la alimentación como en la farmacología (Abbas et al., 2022; Abib et al., 2023; Görgüç et al., 2019; Zhang et al., 2021).

En el contexto paraguayo, la historia del cultivo de sésamo se remonta a su introducción por el botánico Moisés Bertoni en el siglo XIX. Sin embargo, su verdadero potencial como rubro de renta emergió en la década de los 90 en fincas de pequeños productores en el norte de la Región Oriental (Enciso y León, 2022). Esta transformación ha convertido al cultivo en una alternativa atractiva para mejorar los ingresos en las familias rurales, evidenciando su creciente importancia en el panorama agrícola y económico del país (León Fernández et al., 2019).

A pesar del significativo aumento en la superficie de siembra, que pasó de 85.000 hectáreas sembradas en el periodo 2009/2010, a 660.000 hectáreas en la zafra 2020/2021 (Enciso y León, 2022), la productividad ha experimentado un declive debido a manejos inapropiados. El sésamo negro tiene un potencial productivo de 1.000 kg ha⁻¹ (Cámara Paraguaya de Exportadores de Sésamo (CAPEXSE), 2024), sin embargo, en las últimas cosechas se han reportado una productividad media de 600 a 700 kg ha⁻¹ (Ozorio, 2023). Este panorama plantea la posibilidad de un punto de inflexión en la expansión del rubro en el país.

Para reducir la brecha de rendimiento, es esencial proporcionar a los productores estrategias prácticas basadas en la ciencia para una agricultura más resiliente (Cherubin y Schiebelbein, 2022).

Entre las prácticas agronómicas de manejo controlable y de alta importancia se encuentra la densidad de siembra (Urbina-Briceño et al., 2023), la cual tiene un impacto directo en el desarrollo de las plantas y en el microambiente del campo, incluyendo la disponibilidad de luz, nutrientes y agua, factores críticos para la productividad agrícola (Gopika et al., 2022; Haque y Sakimin, 2022; Melgarejo et al., 2020; Sangma et al., 2022; Teng et al., 2023).

Estudios previos han evidenciado que la variación en la densidad de siembra ejerce un impacto significativo en el desarrollo y la producción del sésamo (Caliskan et

al., 2004; El Naim et al., 2010; Sangma et al., 2022). A nivel nacional, las densidades óptimas reportadas oscilan entre 60.000 a 100.000 plantas ha⁻¹ (González Espínola y Oviedo de Cristaldo, 2011; Van Humbeeck Acuña y Oviedo de Cristaldo, 2012; Pereira et al., 2018). No obstante, hasta el momento, estos estudios se han realizado en variedades y regiones edafoclimáticas diferentes, y no se ha registrado ningún estudio científico con respecto a la variedad de sésamo negro en la Región Sur del país.

De acuerdo con León Fernández et al. (2019), el sésamo negro es cultivada estratégicamente en fincas de los departamentos de Itapúa, Misiones y Ñeembucú. Esta variedad de origen desconocido, con característica padrón de un ciclo intermedio a precoz, altura normal hasta 1,5 m, y de tallo ramificado (Friedmann y Penner, 2009), ha sido poco explorado, así como su potencial productivo con distintos manejos agronómicos. A fin de contribuir a la generación de información científica relevantes a nivel local, se planteó como objetivo evaluar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre las características agronómicas y rendimiento del sésamo negro en la Región Sur del Paraguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área experimental

El experimento se llevó a cabo durante el periodo agrícola 2020/2021 en la localidad de Monte Grande, ubicada en el distrito de San Pedro del Paraná, departamento de Itapúa, Paraguay. Cuyas coordenadas son 26°42'55" latitud S y 55°49'31" longitud W. El suelo, según el Sistema Soil Taxonomy es clasificado como Rhodic Kandudult, con textura franco arenosa (López et al., 1995), y sus características químicas se detallan en la Tabla 1.

El clima del lugar es clasificado como subtropical húmedo (Cfa) (Köppen y Geiger, 1928). En la Figura 1 se muestran los datos de temperatura y precipitación recopilados durante el período de realización del experimento.

Identificación de tratamientos y delineamiento experimental

Se evaluaron seis tratamientos consistentes en diferentes densidades de siembra: (D50) con 50.000; (D75) 75.000; (D100) 100.000; (D125) 125.000; (D150) 150.000 y (D175) 175.000 plantas ha⁻¹ respectivamente (Tabla 2). El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 3,20 m de ancho y 5,00 m de largo, con cuatro hileras de siembra.

Tabla 1. Características químicas del suelo del área experimental situada en Monte Grande, San Pedro del Paraná, Itapúa, 2020-2021.

Profundidad	pH	MOS	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³
cm		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----				
0-20	5,64	4,91	6,11	3,67	0,33	0,22	0,02	0,00

Nota: pH (H₂O); MOS (Walkley-Black modificado); P, K⁺ y Na⁺ (Mehlich¹); Ca⁺², Mg⁺² y Al⁺³ (KCl 1 mol L⁻¹).

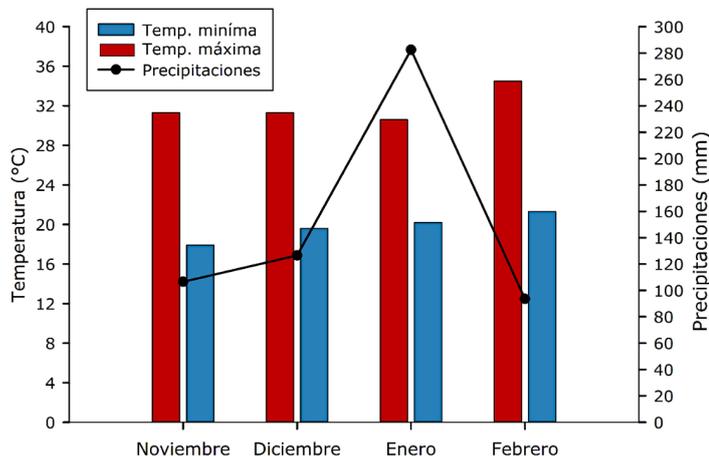


Figura 1. Comportamiento promedio mensual de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación en Monte Grande, San Pedro del Paraná, Itapúa, en 2020-2021.

Tabla 2. Densidades de siembra de sésamo negro evaluadas en Monte Grande, San Pedro del Paraná, Itapúa, 2020-2021.

Tratamientos (siglas)	Distancia entre hileras (cm)	Número de plantas (m lineal ⁻¹)	Densidad de siembra (plantas ha ⁻¹)
D50	80	4	50.000
D75	80	6	75.000
D100	80	8	100.000
D125	80	10	125.000
D150	80	12	150.000
D175	80	14	175.000

Conducción del experimento

La preparación del suelo se inició tres meses antes de la siembra del cultivo. Primeramente, se realizó el muestreo de suelo a una profundidad de 0-20 cm para su análisis en laboratorio. Tras interpretar los resultados del análisis de suelo, se corrigió el pH con cal agrícola dolomítica de 95% de PRNT a razón de 400 kg ha⁻¹. La cal se aplicó al voleo y se incorporó al suelo mediante una rastra liviana y disco.

Dos semanas antes de la instalación del experimento, la parcela se desecó con glifosato a una dosis de 2,5 L ha⁻¹. La siembra manual del sésamo fue efectuada en la fecha 02/11/2020, a una profundidad de 3 cm. La fertilización química de base fue 200 kg ha⁻¹ de N-P-K (10-30-10). A los 30 días después de la germinación del cultivo, se aplicó nitrógeno en cobertura a razón de 37 kg ha⁻¹ (equivalente a 80 kg de urea). Ambas fertilizaciones se basaron en los resultados del análisis de suelo y en los requerimientos nutricionales del cultivo. El raleo fue llevado a cabo cuando las plantas alcanzaron entre 4 y 8 hojas verdaderas, 21 días después de la siembra, a fin de ajustar las densidades de siembra a los tratamientos según la Tabla 2. El control

de malezas se llevó a cabo mediante carpidas manuales. No se presentaron plagas ni enfermedades de importancia económica que justifique un control fitosanitario.

Evaluación del comportamiento agronómico del sésamo negro

La evaluación del comportamiento agronómico del cultivo constó de dos etapas:

En la primera etapa (antes de la cosecha), a los 98 días después de la siembra, momento de la maduración fisiológica, se tomó como muestra cinco plantas al azar de las dos hileras centrales de cada unidad experimental y se midieron las siguientes variables: a) altura de planta, determinada desde el nivel de la superficie del suelo hasta la base de la yema terminal del tallo con una cinta métrica, con medias expresadas en cm; b) número de ramas por planta, se realizó el conteo de ramas y las medias expresadas en unidades; c) número de cápsulas por planta, contabilizado el número de cápsulas, en unidades.

En la segunda etapa, se realizó el corte de las plantas de la totalidad del área útil, con auxilio de un machete a una altura de 15 cm del suelo, seguidamente se efectuó la formación de parvas para el secado. Tres semanas después del emparvado, se evaluaron las siguientes variables: a) número de granos por cápsula, para lo cual se seleccionaron 10 cápsulas al azar de cada parva, una vez contabilizado los granos, las medias fueron expresadas en unidades; b) Peso de mil granos, posterior a la trilla, fueron seleccionados los granos en forma aleatoria de cada tratamiento y pesados en una balanza de precisión digital, resultado expresado en g; c) rendimiento de grano, determinado mediante la trilla total del área útil (6,40 m²) de cada unidad experimental y convertidos para kg ha⁻¹.

Análisis estadísticos

Los datos recopilados se sometieron a un análisis de las suposiciones del modelo mediante la evaluación de la homogeneidad de la varianza (test de Levene) y la normalidad de los residuos (test de Shapiro-Wilk). Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%, y los datos con diferencias significativas fueron sometidas a la comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El programa estadístico utilizado fue Speed Stat (Carvalho et al., 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

Para las condiciones del cultivo, la altura de planta no presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) por las densidades de siembra estudiadas, promediando 164,42 cm entre los tratamientos (Tabla 3). Sin embargo, este valor supera la altura normal de este cultivar, de acuerdo con lo expresado por Friedmann y Penner (2009), quienes caracterizan al sésamo negro con una altura media de 150 cm.

Tabla 3. Análisis de varianza de altura de planta y número de granos cápsula⁻¹ de sésamo negro bajo diferentes densidades de siembra. Monte Grande, San Pedro del Paraná, Itapúa, 2020-2021.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Número de granos cápsula ⁻¹ (uds.)
D50	167,75	54,25
D75	167,75	53,50
D100	165,75	53,75
D125	163,00	53,25
D150	162,50	50,25
D175	159,75	53,25
Media	164,42	53,04
Valor F	0,17 ^{ns}	0,46 ^{ns}
CV (%)	2,90	5,43

^{ns}: diferencia no significativa, CV: coeficiente de variación. (D50) con 50.000; (D75) 75.000; (D100) 100.000; (D125) 125.000; (D150) 150.000 y (D175) 175.000 plantas ha⁻¹ respectivamente.

Este resultado coincide con Melgarejo et al. (2020), quienes no observaron diferencias con relación a la altura de planta sometido a diferentes densidades de siembra del cultivar Escoba blanca. Entretanto, Sangma et al. (2022), encontraron efectos de la densidad de siembra sobre la altura de planta, resultando en valores superiores a mayor espaciamiento.

La altura de planta es afectada positivamente por los atributos físicos-químicos del suelo, cuando las condiciones son óptimas, los cultivos consiguen un mayor crecimiento radicular que le permite aumentar la eficiencia en la absorción de nutrientes y agua del suelo, así exponer un buen desarrollo de biomasa (Balasubramaniam et al., 2023; Skarpa et al., 2023). La corrección de acidez del suelo, aplicación de fertilizantes en dosis requeridos para el cultivar, y el buen comportamiento climático pudieron haber influenciado para el desenvolvimiento aéreo

del cultivo, sin ser afectadas sustancialmente por las densidades de siembra evaluadas.

Número de ramas por planta

El número de ramas por planta de sésamo fue influenciada por las densidades de siembra. De acuerdo con la Figura 2a, el mayor valor se consiguió con la menor población, el D50 obtuvo un valor medio de 3,2 ramas. También, se observó que la ramificación disminuye con el aumento de la densidad de siembra, hasta llegar a la nula formación de ramas, evento ocurrido con la más alta densidad del experimento, el D175 no presentó ramificaciones. Resultados similares fueron reportados por Sangma et al. (2022) y Melgarejo et al. (2020), quienes indicaron que el número de ramas del cultivo incrementa significativamente con menor densidad de plantas.

El presente estudio mostró que la densidad de siembra induce a un cambio arquitectónico en la formación de ramas del sésamo negro. Al ser un cultivar de carácter ramificada, es común que se formen nuevas ramas laterales en los espacios disponibles. Esto es en consecuencia de la eficiencia del uso de la luz (Dao et al., 2020). La luz, es un factor ambiental crítico que influye en la morfofisiología de las plantas (Yang et al., 2022). El aumento de la densidad de siembra disminuye la intensidad de luz en la parte inferior del cultivo, inhibiendo la producción de yemas laterales e induciendo el crecimiento de las yemas terminales (Leyser, 2009; Phillips, 1975). Por otro lado, cuando las densidades de siembra son menores, la disponibilidad de luz es acrecentada y mejora la redistribución de las fitohormonas que inducen al desarrollo de las yemas laterales y terminales (Leyser, 2009).

Número de cápsulas por planta

La densidad de siembra posee un efecto significativo en el número de cápsulas por planta (Figura 2b). A mayores densidades de siembra hay una reducción en los valores promedios de número de cápsulas por planta.

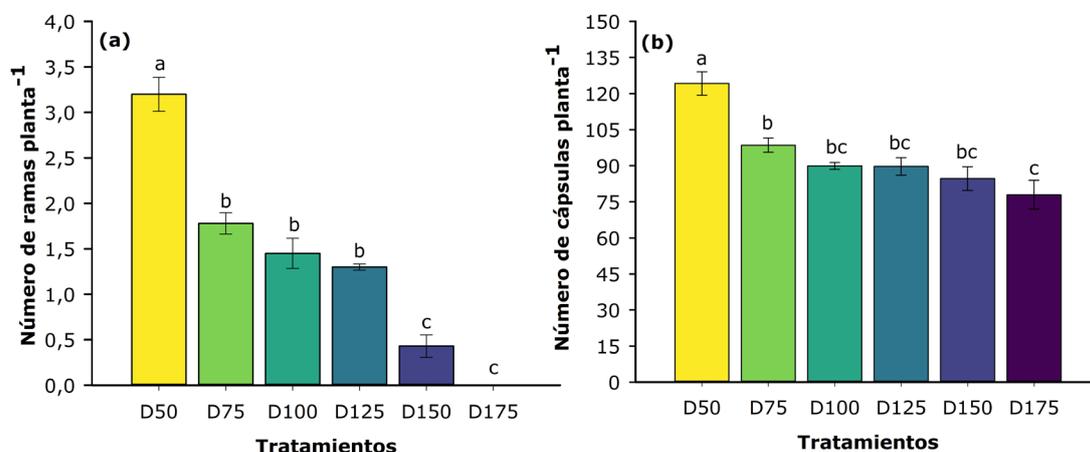


Figura 2. Promedio de número de ramas por planta (a) y número de cápsulas por planta (b) de sésamo negro bajo diferentes densidades de siembra. Monte Grande, San Pedro del Paraná – Itapúa, 2020-2021. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticas en la prueba de Tukey. (D50) con 50.000; (D75) 75.000; (D100) 100.000; (D125) 125.000; (D150) 150.000 y (D175) 175.000 plantas ha⁻¹ respectivamente.

La densidad D50, alcanzó el valor máximo con un promedio de 124,2 cápsulas por planta. Sin embargo, estadísticamente no es reflejada, debido a que la D75 fue similar a la D100, D125 y D150, diferenciándose apenas del D175, tratamiento que registró el valor mínimo con 77,9 cápsulas. Por otro lado, el D75, tuvo una respuesta similar al D150 y D125.

Estos resultados son consistentes con informes previos de Sangma et al. (2022), Melgarejo et al. (2020), El Naim et al. (2010) y Caliskan et al. (2004), quienes reportaron que a menor densidad de siembra mayor número de cápsulas por planta. La menor competencia de plantas entre sí por los recursos ambientales permite la construcción de grandes cantidades de metabolitos primarios, expresándose en el desarrollo de nuevos tejidos, aumento de grosor de tallos y ramas por planta (Alemu y Wato, 2023). La morfología del cultivo del sésamo indica que plantas con mayor número de ramificaciones reflejan un aumento en el número de cápsulas por planta (Melgarejo et al., 2020).

Número de granos cápsula⁻¹

La media general obtenido fue de 53,4 granos por cápsula (Tabla 3), por lo que no fueron observadas efectos de los tratamientos. Hasta el momento, no fue encontrado reportes a nivel nacional relacionado a granos cápsula de la variedad estudiada. No obstante, Sangma et al. (2022), encontró efecto semejante en su investigación, es decir, sin influencia de la densidad de siembra del sésamo sobre el número de granos por cápsula con registro promedio de 31 granos por cápsula.

Peso de mil granos

Los datos presentados en la Figura 3a indicaron que el peso de mil granos fue expresivo a las densidades estudiadas. El tratamiento D50 registró un promedio de 2,8 g, mientras que con la mayor densidad (D175) se observó un promedio menor de 2,4 g por cada mil granos. Los números obtenidos en este experimento fueron superiores a los registrados por Valiki et al. (2015), quienes reportaron 2,67 g por

cada mil granos para el cultivar Oltan con una densidad de siembra de 50 cm entre hileras.

Los estudios realizados por Sangma et al. (2022) y Melgarejo et al. (2020), reportaron resultados similares a los obtenidos en este trabajo. Ambos, observaron que a medida que aumenta la población de plantas, el tamaño de los granos disminuye. Este fenómeno puede estar relacionado con una distribución más eficiente de los recursos ambientales (agua, luz y nutrientes disponibles) para incrementar el peso de los granos. (Figura 3a). Cabe resaltar que, durante el periodo de formación y maduración de granos, se observó menor precipitación (Figura 1). Esta condición de déficit hídrico podría haber afectado la distribución de la materia seca en el llenado de los granos en densidades de siembras superiores a 100.000 plantas ha⁻¹.

Rendimiento de granos

El rendimiento del sésamo negro se vio influenciado por las densidades de siembra (Figura 3b). Se alcanzó el mayor rendimiento en la D100, con un promedio de 1.079 kg ha⁻¹, similar estadísticamente a la D125 y D150, donde se obtuvieron un rendimiento de 1.006 y 997 kg ha⁻¹, respectivamente. El tratamiento D50 registró el menor rendimiento de grano, con 859 kg ha⁻¹.

Los datos obtenidos en este estudio concuerdan con los registros previos de Sangma et al. (2022), Melgarejo et al. (2020), y El Naim et al. (2010), quienes observaron que la densidad de siembra del sésamo afecta su productividad de grano. Por otro lado, los rendimientos obtenidos en este experimento superan los promedios de las últimas cosechas reportadas en la Región Sur del país, que oscilan entre 600 a 700 kg ha⁻¹ a nivel productor (Enciso y León, 2022; Ozorio, 2023).

El aumento de densidad de siembra del sésamo aumenta el rendimiento de grano hasta cierto punto (D100), pues con densidades superiores a la óptima el rendimiento disminuye (Figura 3b). Si bien, con la menor densidad, se

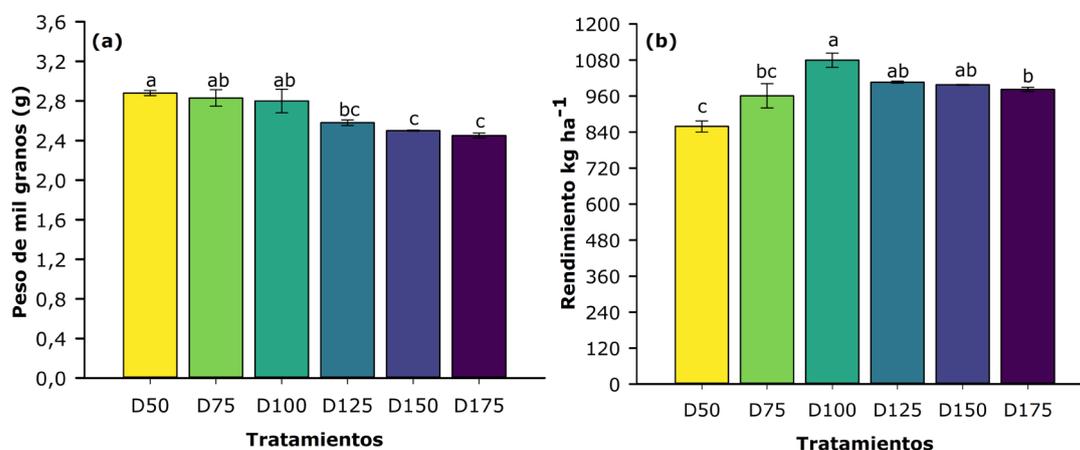


Figura 3. Promedio de peso de mil granos (a) y promedio de rendimiento de grano (b) de sésamo negro bajo diferentes densidades de siembra. Monte Grande, San Pedro del Paraná – Itapúa, 2020-2021. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias estadísticas en la prueba de Tukey. (D50) con 50.000; (D75) 75.000; (D100) 100.000; (D125) 125.000; (D150) 150.000 y (D175) 175.000 plantas ha⁻¹ respectivamente.

ha conseguido mayores ramas planta⁻¹, cápsulas planta⁻¹ y peso de mil granos, estas variables fueron influenciadas por el número de plantas individuales. En contraste, una densidad óptima de siembra conduce a un mayor rendimiento y calidad productiva.

CONCLUSIONES

Para las condiciones edafoclimáticas de la Región Sur del Paraguay el mayor rendimiento de grano de sésamo negro se alcanzó con la densidad de siembra de 100.000 plantas ha⁻¹ que permitió un buen comportamiento agronómico del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, S., Sharif, M. K., Sibte-Abbas, M., Fikre Teferra, T., Sultan, M. T. y Anwar, M. J. (2022). Nutritional and Therapeutic Potential of Sesame Seeds. *Journal of Food Quality*, . <https://doi.org/10.1155/2022/6163753>
- Abib, B., Afifi, S. M., El-Din, M. G. S. y Farag, M. A. (2023). How do cultivar origin and stepwise industrial processing impact *Sesamum indicum* seeds' metabolome and its paste and in relation to their antioxidant effects? A case study from the sesame industry. *Food Chemistry*, 420, 136134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136134>
- Alemu, W. y Wato, T. (2023). Response of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Grain Yield to Biofertilizer Rates and Inter Row Spacings at Kaffa Zone, South Western Ethiopia. *Journal of Agricultural Sciences - Sri Lanka*, 18(2), 193–208. <https://doi.org/10.4038/jas.v18i2.10253>
- Balasubramaniam, T., Shen, G., Esmaeili, N. y Zhang, H. (2023). Plants' Response Mechanisms to Salinity Stress. *Plants*, 12(12), 2253. <https://doi.org/10.3390/plants12122253>
- Caliskan, S., Arslan, M., Arioglu, H. y Isler, N. (2004). Effect of Planting Method and Plant Population on Growth and Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Mediterranean Type of Environment. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(5), 610–613. <https://doi.org/10.3923/ajps.2004.610.613>
- Cámara Paraguaya de Exportadores de Sésamo (2024). *Datos abiertos*. Disponible en: <https://www.capexse.org.py/confitero.html>
- Carvalho, A. M. X. D., Mendes, F. Q., Mendes, F. Q. y Tavares, L. D. F. (2020). SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 20(3), e327420312.
- Cherubin, M. R. y Schiebelbein, B. E. (2022). Saúde do solo: múltiplas perspectivas e percepções. In *Saúde do solo: múltiplas perspectivas e percepções*. <https://doi.org/10.11606/9786587391342>
- Dao, A., Alvar Beltan, J., Gnanda, A., Guira, A., Nebie, L. y SanouJacob. (2020). Effect of different planting techniques and sowing density rates on the development of quinoa. *African Journal of Agricultural Research*, 16(9), 1325–1333. <https://doi.org/10.5897/ajar2020.14904>
- El Naim, A. M., El day, E. M. y Ahmed, A. A. (2010). Effect of Plant Density on the Performance of Some Sesame (*Sesamum indicum* L) Cultivars under Rain fed. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(4), 498–504. 233945176_Effect_of_Plant_Density_on_the_Performance_of_Some_Sesame_Sesamum_indicum_L_Cultivars_under_Rain_fed
- Enciso, V. y León, L. (2022). Sésamo. Panorama Local y Regional. *Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Asunción*, 18.
- Friedmann, A. y Penner, R. (2009). Sésamo Innivación e Agronegocios. *Usaid*, 89. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadw376.pdf
- González Espínola, D. D. y Oviedo de Cristaldo, R. M. (2011). Variabilidad fenotípica de plantas de sésamo (*Sesamum indicum* L.), variedad Escoba, con tres ciclos de depuración. *Investigación Agraria*, 13(1), 5-12.
- Gopika, K., Ratnakumar, P., Guhey, A., Manikanta, C. L. N., Pandey, B. B., Ramya, K. T. y Rathnakumar, A. L. (2022). Physiological traits and indices to identify tolerant genotypes in sesame (*Sesamum indicum* L.) under deficit soil moisture condition. *Plant Physiology Reports*, 27(4), 744–754. <https://doi.org/10.1007/s40502-022-00701-9>
- Görgüç, A., Bircan, C. y Yılmaz, F. M. (2019). Sesame bran as an unexploited by-product: Effect of enzyme and ultrasound-assisted extraction on the recovery of protein and antioxidant compounds. *Food Chemistry*, 283, 637–645. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.077>
- Haque, M. A. y Sakimin, S. Z. (2022). Planting Arrangement and Effects of Planting Density on Tropical Fruit Crops—A Review. *Horticulturae*, 8(6), 1–17. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060485>
- Köppen, W. y Geiger, R. (1928). *Klimate der erde*. Gotha: verlag justus perthes. Wall-map 150cmx200cm, 91-102.
- León Fernández, D., Ferreira, F. y Pérez, P. (2019). Perfil metabólico de ácidos grasos y derivados de importancia, sesamin y sesamolín en cultivares de sésamo de interés agroindustrial en el Paraguay. *CONACYT*, 53.
- Leyser, O. (2009). The control of shoot branching: An example of plant information processing. *Plant, Cell and Environment*, 32(6), 694–703. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.01930.x>
- López, O., González, E., Llamas, P., Molinas, A., Franco, E., García, S. y Rios, E. (1995). Estudio de reconocimiento de suelos. Capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región oriental del Paraguay. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*, 246.
- Melgarejo, A. M., Galeano, A., Amarilla M., D., Maidana, E., Bogado, M., Franco, R., Mendoza, M. J., Colman, P., Silvero, O., Lugo, W. D. y Da Silva Oviedo, M. (2020). Efecto de diferentes densidades de siembra sobre las características agronómicas del sésamo (*Sesamum indicum* L.) en el distrito de Curuguaty. *Idesia (Arica)*, 38(3), 107–112. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292020000300107>
- Ozorio, G. (2023). Sésamo negro es la insignia de San Pedro del Paraná (en auge, prevén elevar a 3.000 hectáreas la siembra. Revisado el 01/05/2024. Disponible en: <https://infonegocios.com.py/infoagro/sesamo-negro-es-la-insignia-de-san-pedro-del-parana-en-auge-preven-elevar-a-3-000-hectareas-la-siembra#:~:text=Entre%20ellas%20se%20encuentra%20el,aproximadamente%2C%20desde%20las%20%20C3%20BAltimas%20cosechas>.
- Pereira, Á., Florentín Rolón, M. y Giménez Pedroso, C. D. (2018). Espaciamientos y métodos de siembra de sésamo blanco de ciclo corto y su efecto sobre la producción. Libro de Resúmenes. I Congreso Científico. Investigación científica con responsabilidad social sustentable. 141- 144 p.

- Phillips, I. (1975). Apical dominance. *Annual review of plant physiology*, 26(1), 341-36
- Sangma, D. M., Longkumer, L. T., Singh, A. P. y Solo, V. (2022). Effect of Planting Density and Integrated Nutrient Management in Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Agricultural Science Digest*, 42(1), 26-31. <https://doi.org/10.18805/ag.D-5247>
- Skarpa, P., Jancar, J., Lepcio, P., Antosovsky, J., Klofac, D., Kriska, T., Abdellatif, A. M. y Brtnicky, M. (2023). Effect of fertilizers enriched with bio-based carriers on selected growth parameters, grain yield and grain quality of maize (*Zea mays* L.). *European Journal of Agronomy*, 143, 126714. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126714>
- Teng, Z., Chen, Y., Meng, S., Duan, M., Zhang, J. y Ye, N. (2023). Environmental Stimuli: A Major Challenge during Grain Filling in Cereals. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3). <https://doi.org/10.3390/ijms24032255>
- Urbina-Briceño, C., Vargas-Rojas, J. C., Vega-Villalobos, E. V., Alvarado-Hernández, A., Cabalceta-Aguilar, G. y Garbanzo-León, G. (2023). Productividad de maíz (Diamantes 8843) bajo diferentes densidades de siembra y dosis de potasio. *Agronomía Costarricense*, 47(1), 123-134. <https://doi.org/10.15517/rac.v47i1.53969>
- Valiki, S. R. H., Ghanbari, S., Golmohammadzadeh, S. y Kiasari, K. R. (2015). Effect of different plant density on growth and yield of three cultivars of sesame (*Sesamum indicum* L.). In *Biological Forum-An International Journal* (Vol. 7, pp. 1524-1528).
- Van Humbeeck Acuña, M. A. y Oviedo de Cristaldo, R. M. (2012). Población de plantas y su efecto en el desarrollo vegetativo y rendimiento del sésamo (*Sesamum indicum* L.) variedad Escoba. *Investigación Agraria*, 14(1), 25-30.
- Yang, J., Song, J. y Jeong, B. R. (2022). Lighting from Top and Side Enhances Photosynthesis and Plant Performance by Improving Light Usage Efficiency. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(5). <https://doi.org/10.3390/ijms23052448>
- Zhang, H., Langham, D. R. y Miao, H. (2021). Economic and academic importance of sesame. *The sesame genome*, 1-18