

Rendimiento y Desarrollo de *Citrullus lanatus* Thunb., con Acolchado Plástico y Vermicompost como Fuente Nutritiva Yield and Development of *Citrullus lanatus* Thunb., with Plastic Mulch and Vermicompost as a Nutritional Source

Alejandro Moreno-Reséndez^{1,3,5} , José Luis Reyes-Carrillo^{1,3,5†} , Rubén López-Salazar³ ,
Armando Espinoza-Banda^{2,3}  y Selenne Yuridia Márquez-Guerrero⁴ 

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria UAAAN-CA-14, ² Cuerpo Académico Conservación y Mejoramiento Genético de Germoplasma de Maíz y Girasol, UAAA-CA033, ³ Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe s/n, Colonia Valle Verde. 27054, Torreón, Coahuila, México; (A.M.R.), (J.L.R.C.), (R.L.S.), (A.E.B.).

[†] Autor para correspondencia: jlreyes54@gmail.com

⁴ Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, ejido Ana. 27170 Torreón, Coahuila, México; (S.Y.M.G.).

⁵ Red Académica de Innovación en Alimentos y Agricultura Sustentable (RAIAAS), auspiciada por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) y La Comunidad de Instituciones de Educación Superior de la Laguna (CIESLAG). Parque de Innovación Tecnológica de Torreón (PITT) Blvd. San Pedro No. 500, Parque Industrial Ferropuerto Mieleras. 27297 Torreón, Coahuila, México; (A.M.R.), (J.L.R.C.).

RESUMEN

En diferentes ensayos se ha evidenciado que el empleo, tanto del vermicompost (VC) como del acolchado plástico ha favorecido el rendimiento y la productividad de una gran cantidad de cultivos. El propósito del estudio fue equiparar la fertilización sintética vs la incorporación del VC sobre el desarrollo de la sandía triploide con acolchado plástico en el ciclo agrícola primavera-verano 2019, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los tratamientos evaluados, cada uno con tres repeticiones, fueron: aplicación exploratoria de VC, a razón de 30 y 60 Mg ha⁻¹, y como testigo, la recomendación regional 240-120-00 ha⁻¹ (N-P-K). La siembra de semillas de sandía triploide, variedad Crunchy Red, se realizó en bandejas de unicel de 200 cavidades, rellenas con Peat Moss, cuando las plántulas tuvieron de dos a tres hojas verdaderas se realizó el trasplante, colocándolas a 1.0 m, entre éstas, sobre camas de siembra, de 2 × 8 m (ancho y largo, respectivamente) cubiertas con plástico negro. Para el suministro de agua se utilizó riego por cintilla. Para evaluar el efecto de los tratamientos se utilizó un diseño experimental completamente al azar, mientras que para las comparaciones de las medias se aplicó la prueba DMS_{0.05}. Debido al efecto de los tratamientos evaluados cinco de las variables estudiadas: diámetros polar y ecuatorial, espesor de pulpa, sólidos solubles y peso del fruto registraron diferencias altamente significativas, mientras que el rendimiento presentó diferencia significativa. El mayor rendimiento de 29 932 Mg ha⁻¹ se registró con la aplicación de 60 Mg ha⁻¹ de VC, confirmándose que este producto logró cubrir la demanda nutritiva de la sandía triploide sin fertilización sintética.

Palabras clave: abonos orgánicos, compost, fertilización, lombricultura, nutrición vegetal.

SUMMARY

In different trials have shown that the use of both vermicompost (VC) and plastic mulch has favored the yield and productivity of a large number of crops. The purpose of our study was to compare synthetic fertilization vs the incorporation of VC on the development of triploid watermelon with plastic mulch in the spring-summer 2019 agricultural cycle at the experimental field of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. The treatments evaluated, each with three repetitions, were: exploratory application of VC, at a rate of 30 and 60 Mg ha⁻¹, and as a control, the



Cita recomendada:

Moreno-Reséndez, A., Reyes-Carrillo, J. L., López-Salazar, R., Espinoza-Banda, A., & Márquez-Guerrero, S. Y. (2024). Rendimiento y Desarrollo de *Citrullus lanatus* Thunb., con Acolchado Plástico y Vermicompost como Fuente Nutritiva. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-9. e1580. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1580>

Recibido: 16 de mayo de 2022.
Aceptado: 25 de octubre de 2023.
Artículo. Volumen 42.
Marzo de 2024.

Editora de Sección:
Dra. Alejandra Nieto Garibay

Editor Técnico:
Dr. Gerardo Cruz Flores



Copyright: © 2024 by the authors.
Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

regional recommendation 240-120-00 ha⁻¹ (N-P-K). The sowing was carried out in planting beds of 2 × 8 m (width and length, respectively) covered with black plastic. The sowing of the triploid watermelon seeds of the Crunchy Red variety, was carried out in Styrofoam trays with 200 cavities filled with Peat Moss. When the seedlings had two to three true leaves, they were transplanted 1.0 m apart on planting beds of 2 × 8 m (width and length, respectively) covered with black plastic. For the supply of water, drip irrigation was used. To evaluate the effect of the treatments, a completely randomized experimental design was used, the DMS_{0.05} test was applied for comparisons of the means. Due to the effect of the treatments evaluated, five of the variables studied: equatorial and polar diameters, pulp thickness, soluble solids and fruit weight presented highly significant differences, while yield registered a significant difference. The highest yield of 29 932 Mg ha⁻¹ was recorded with the incorporation of 60 Mg ha⁻¹ of VC confirming that this natural fertilizer was able to satisfy the nutritional needs of triploid watermelon without synthetic fertilization.

Index words: *organic manures, compost, fertilization, vermiculture, vegetable nutrition.*

INTRODUCCIÓN

Recientemente y en diversos países, debido a que la normatividad vigente, relacionada con la aplicación de estiércol es a los suelos, es más exigente y severa, se ha promovido el empleo de las lombrices de tierra, como un sistema ambiental y ecológicamente amigable, para provocar su descomposición y reducir su impacto nocivo (Sánchez-Hernández *et al.*, 2016; Singh-Ahirwar y Hussain, 2015; Velecela, Meza, García, Alegre y Salas, 2019). En atención a lo anterior, diversos científicos han evaluado la descomposición de diversos residuos orgánicos, a través del vermicompostaje: proceso eco tecnológico, de costo asequible, que favorece la bio-oxidación, degradación y estabilización de estos residuos, mediante la acción conjunta de lombrices y microorganismos (Sánchez-Hernández *et al.*, 2016; Olle, 2019). Como resultado de este proceso se obtiene el vermicompost (VC), producto final estabilizado, homogéneo, con valor agregado, de grano fino, con gran porosidad, aireación adecuada, elevada capacidad de retención de humedad, vasta actividad microbiana (Pathma y Sakthivel, 2012), con alto contenido de macro y micro nutrientes, así como enzimas, hormonas de crecimiento y vitaminas (Olle, 2019). Debido a estas características, el VC se ha utilizado en prácticas de rehabilitación ecológica y en programas de fertilización (Morales-Maldonado y Casanova-Lugo, 2015; Villegas-Cornelio y Laines, 2017; Singh, Singh y Rajput, 2018).

En varios estudios se ha evidenciado que el empleo del VC ha mejorado el crecimiento y desarrollo de las plántulas, así como el rendimiento y productividad de gama diversa de cultivos (Singh-Ahirwar y Hussain, 2015), entre éstos destacan: berenjena (*Solanum melongena* L.), chile (*Capsicum annuum* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), melón (*Cucumis melo* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.), (Ahmed-Najar, Khan y Hai, 2015; Singh-Ahirwar y Hussain, 2015). El aumento en crecimiento, rendimiento y productividad de las especies vegetales se ha asociado con las características físicas, químicas y biológicas del VC (Acosta-Durán, Bahena, Chávez, Acosta y Solis, 2017; Ahmed, Emam y Abul-Soud, 2017), éstas afectan adecuadamente las propiedades de los suelos y de los materiales que se emplean como sustrato de crecimiento en macetas o contenedores (Acosta-Durán *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2018).

Por otra parte, el empleo del acolchado plástico es recurrente entre los productores agrícolas (Espinoza-Arellano, Cano, Medina y Molina, 2010; Mondino, Balaban, Cavalieri y García, 2017). Dentro de los beneficios generados por esta actividad sobresalen: cosechas prematuras, de gran calidad y con rendimientos crecientes: beneficios asociados a los cambios provocados en los suelos y en el microambiente de la rizosfera de las especies vegetales. Dentro de estos cambios destacan: la preservación de la estructura, el incremento de la temperatura del suelo, reducida lixiviación de las sales, mínima erosión del suelo, mayor aprovechamiento del agua y los fertilizantes, así como menor competencia por arvenses: disminuye, significativamente, la aplicación de herbicidas (Quezada-Martín *et al.*, 2011; Mondino *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2018). Adicionalmente, Tapia-Vargas *et al.* (2010) y Gómez-Águila *et al.* (2021), señalan que el empleo del plástico como acolchado se favorece la productividad, los rendimientos y las cosechas son de mayor calidad, ya que actúa como barrera, impidiendo el desarrollo de enfermedades, se incrementa la biomasa aérea, se generan ganancias fitosanitarias y de inocuidad, se conserva la humedad de los suelos, reduciéndose su evaporación, se favorece que el anhídrido carbónico, generado por fermentación del suelo, permanezca en la zona de los estomas de las plántulas en desarrollo o crecimiento. En atención a los elementos expuestos y como alternativa que pretende reducir el empleo de los fertilizantes sintéticos, se propuso evaluar el desarrollo y rendimiento de la sandía triploide, bajo condiciones de campo, utilizando el acolchado plástico y como fuente nutritiva el vermicompost.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, localizada en la Comarca Lagunera (101° 40' y 104° 45' O, y 25° 05' y 26° 54' N), al norte de México: con altitud de 1139 m, recibe una precipitación media anual de 235 mm y registra una temperatura media de 18.6 °C. Durante el verano el clima oscila de semicálido a cálido-seco y en el invierno de semi-frío a frío; la precipitación ocurre de la primera quincena de junio a la primera quincena de octubre (Schmidt, 1989).

El experimento se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano (P-V) 2019 en campo abierto. La siembra de las semillas de sandía triploide, variedad Crunchy Red (Harris Moran®), se realizó el 14 de febrero de 2019 en bandejas de unisel de 200 cavidades, rellenas con Peat Moss, y el trasplante se realizó el 22 de marzo de 2019 cuando las plántulas presentaron de dos a tres hojas verdaderas, sobre camas de siembra, 2 × 8 m de ancho y largo respectivamente. Previo al trasplante, se realizó la preparación del suelo, tradicional en esta región, que consistió en una aradura, rastreo doble y nivelación. Las características del suelo se aprecian en el Cuadro 1. El acolchado de las camas de siembra se realizó utilizando plástico negro, con espesor de 125 µm, colocado manualmente. El marco de plantación utilizado fue a una hilera, con plantas separadas a 1.0 m, para una densidad de 5000 plantas ha⁻¹. El riego se realizó por medio de cintilla plástica, de 0.381 mm, colocando la línea regante, con emisores a 1.0 m aproximadamente, a 10 cm del centro de la cama. En total se aplicaron 16 riegos, los primeros siete, antes de la floración, y los nueve restantes, cada 6 días con duración de 11 h. La parcela experimental ocupó una superficie de 16 m² y la parcela útil 8 metros cuadrados.

Los tratamientos evaluados, cada uno con tres repeticiones, fueron: la aplicación exploratoria de VC (ver características químicas en cuadro 1), a razón de 30 y 60 Mg ha⁻¹ (T1 y T2) y utilizó como testigo (T0), la recomendación regional 240-120-00 ha⁻¹: N-P-K (Mendoza-Moreno et al., 2005), aplicando urea (46-0-0) y superfosfato triple de calcio (0-46-0), disponibles en el mercado local. Estos materiales fueron incorporados previo al trasplante.

El rendimiento comercial (rendimiento de exportación + rendimiento nacional) se determinó considerando cinco plantas, obtenidas aleatoriamente de cada parcela útil, posteriormente estos rendimientos se extrapolaron a toneladas por hectárea. Las sandías se cosecharon al momento en que el zarcillo del pedúnculo del fruto se encontró completamente seco. Los frutos fueron contados y pesados (PF, kg) en una báscula digital (IBM, 8.5*) y se registró su tamaño (diámetros, ecuatorial y polar: DE y DP, cm) utilizando un vernier de madera (EiscoLabs®). El contenido de sólidos solubles (SS) se determinó empleando un refractómetro manual Master-M (ATAGO™ 2313; 0.0-33.0±0.2%). Para obtener el espesor de pulpa (EP, cm) se utilizó un flexómetro Gripper (TRUPER®; exactitud: ± 2.2 mm) registrando el valor desde el interior de la cáscara hasta el inicio de la cavidad del fruto.

Durante el desarrollo del cultivo las arvenses se eliminaron manualmente y para prevenir la presencia de plagas en las plantas se aplicó una solución de Neem (*Azadirachta indica*, A. Juss.) (Estrada-Ortíz, 2002) diluyendo 200 mL de concentrado y 50 g de detergente en polvo como adherente en 4 L de agua aplicándose en cada 16 m². Para el control de *Rhizoctonia solani* se aplicaron 100 mL de Previcur (Bayer CropScience®) diluidos en 200 mL de agua, en la zona radicular de las plantas. Adicionalmente, durante la polinización de las flores se colocó una colmena de abejas (*Apis mellifera* L.), de tamaño jumbo (Reyes-Carrillo, Cano, Eischen, Rodríguez y Nava, 2006), en la cabecera opuesta a la válvula del agua, donde fueron conectadas las cintillas de riego.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar y los datos de las variables evaluadas fueron sometidos a análisis de varianza. Para la comparación de medias se aplicó la prueba DMS_{0.05} en ambos casos se utilizó el programa libre de Diseños Experimentales, versión 2.4, de Olivares-Sáenz (2012).

Cuadro 1. Características químicas de los materiales - suelo y vermicompost, utilizados para el desarrollo del presente estudio.
Table 1. Chemical characteristics of the materials - soil and vermicompost, used for the development of this study.

	CE [†]	CIC [‡]	pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn	Mn
	---				%				mg kg ⁻¹				
Suelo	3.4	17.0	7.9	1.7	0.012	6.7	0.54	1.6	2.8	0.4	2.0	2.6	0.4
VC	6.8	20.0	7.9	24.7	0.96	936.5	610.8	48.8	5.9	1.9	25.0	11.2	20.8

[†] dS cm⁻¹; [‡] cmol kg⁻¹.

[†] dS cm⁻¹; [‡] cmol kg⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Derivado de los análisis de varianza aplicados, en tres de las variables registradas en los frutos de las sandías: DP, DE y EP presentaron diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$), mientras que el peso de fruto (PF) y el rendimiento (R) registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) y los sólidos solubles (SS) resultaron no significativos (Cuadro 2). En términos generales, estos resultados no concuerdan con lo establecido por Padilla, Esqueda, Sánchez, Troncoso y Sánchez (2006) quienes, al evaluar el efecto de biofertilizantes y acolchado plástico, durante el desarrollo de *C. melo* var. *reticulatus* cv. 'Ovación' determinaron que las variables peso y diámetro de frutos, así como el rendimiento no variaron significativamente entre el testigo y los biofertilizantes comerciales evaluados.

Como se puede apreciar en el Cuadro 2, los mayores valores para las variables en estudio se registraron en los frutos de sandía, al aplicar 60 Mg ha⁻¹ de VC y acolchado plástico, superando estadísticamente los valores de las mismas variables registradas en los frutos de tratamientos restantes, excepto para los valores de las variables EP y SS, del testigo. Esta situación permite suponer que, con la incorporación del VC, es posible reducir y en su caso sustituir la aplicación de fertilizantes sintéticos durante el desarrollo de los cultivos, sin afectar su calidad, ni su productividad.

El comportamiento anteriormente descrito abona significativamente al paradigma emergente de la agricultura sustentable, en la que, de acuerdo con Díaz-Franco, Alvarado, Alejandro y Ortiz (2016) se pretende reducir o eliminar la aplicación de los productos sintéticos, privilegiando la fertilización biológica con abonos naturales y colateralmente minimizar el impacto adverso sobre el ambiente. A manera de complemento sobre este paradigma, Dalorima *et al.* (2018) concluyeron que la aplicación de 20 Mg ha⁻¹ de VC al cultivo de sandía, bajo condiciones de campo, influyó favorablemente sobre las siguientes características, área foliar, tasa fotosintética neta, CO₂ interno, número de flores, peso de fruto, espesor de cáscara, SS, pH, contenido de antocianinas, jugo y cenizas. Por su parte, Ávalos-de la Cruz *et al.* (2018) concluyeron que la incorporación al suelo de un bio inoculante (Blue Life, Brio AgroScience S.A.*), aplicado con el propósito de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética o inorgánica, aunque no aumentó el rendimiento del cultivo, si incrementó el contenido de materia orgánica, así como las cantidades de N y P disponibles, debido a que se promovió la mineralización de los abonos orgánicos utilizados (VC, estiércol bovino y fertilizante orgánico comercial (Blue 76, Brio AgroScience S.A.*) y de la materia orgánica nativa del suelo.

Diámetro Polar (DP)

El DP registrado en los frutos de sandía, 26.9 cm, al aplicar 60 Mg ha⁻¹ de VC, superó estadísticamente ($P \leq 0.01$) en al menos 8.2% a los DP de los frutos, tanto del testigo, como de los tratamientos que recibieron la aplicación 30 Mg ha⁻¹ de VC (Cuadro 2). El valor del DP, 26.9 cm, superó en 20.37%, al DP determinado por Rueda-Luna, Reyes, Pérez, Flores y Romero (2015) en frutos de sandía, desarrollados bajo condiciones de invernadero, con polinización manual y aplicando una solución nutritiva, cuya concentración fue (mMol L⁻¹): 15.0 NO₃⁻; 1.0 H₂PO₄⁻; 2.0 SO₄⁻; 0.5 HCO₃⁻; 5.9 K⁺; 4.9 Ca⁺² y 1.98 Mg⁺²; CE = 1.9 mScm⁻¹ y pH 7.2. El resultado de 26.9 cm de DP, para frutos de sandía triploide, utilizando acolchado plástico y el VC, en concordancia con Reyes-Pérez *et al.* (2018) fortalecen el supuesto de que la producción orgánica es una alternativa promisoriosa ante los impactos generados por la agricultura convencional, derivados de la aplicación, en ocasiones de forma desmedida, de los fertilizantes sintéticos.

Cuadro 2. Valores medios, significancia estadística y coeficiente de variación de las variables en estudio durante el desarrollo de la sandía triploide aplicando vermicompost.

Table 2. Average values, statistical significance and coefficient of variation of the variables under study during the development of triploid watermelon applying vermicompost.

T	DP**	DE**	EP**	SSns	PF*	R*
	----- cm -----			°Brix	kg fruto ⁻¹	Mg ha ⁻¹
T0	24.7 ab	20.3 ab	18.3 a	10.3 a	5.2 ab	26.3 ab
T1	23.6 b	19.3 b	16.3 b	9.5 b	4.7 b	23.7 b
T2	26.9 a	21.3 a	19.3 a	10.5 a	5.9 a	29.9 a
Media	25.07	13.88	17.97	10.1	5.3	26.6
CV	12.19	6.60	7.58	6.13	21.89	21.88

T = tratamientos; DP = diámetro polar; DE = diámetro ecuatorial; EP = espesor de pulpa; SS = sólidos solubles; PF = peso de fruto; R = rendimiento. * diferencia significativa ($P \leq 0.05$), ** diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$), ns = diferencia no significativa.

T = treatments; PD = polar diameter; ED = equatorial diameter; PT = pulp thickness; SS = soluble solids; FW = fruit weight; R = yield. * significant difference ($P \leq 0.05$), ** highly significant difference ($P \leq 0.01$), ns = non-significant difference.

Diámetro Ecuatorial (DE)

Al igual que para el DP, el DE registrado, 21.3 cm, al incorporar 60 Mg ha⁻¹ de VC, resultó mayor ($P \leq 0.01$), en al menos 4.7%, a los DE determinados en los frutos, tanto del testigo, como de los tratamientos que recibieron la aplicación de 30 Mg ha⁻¹ de VC (Cuadro 2). El DE, 21.3 cm, obtenido al aplicar VC a razón de 60 Mg ha⁻¹, resultó similar al DE reportado por Rueda-Luna *et al.* (2015) para frutos de sandía, desarrollados bajo condiciones de invernadero, con polinización manual y aplicando una solución nutritiva, cuya composición fue descrita la discutir la variable DP. Por otro lado, el valor de 21.3 cm superó en 18.54% al DE promedio determinado en frutos de sandía triploide, cv. Crunchy Red (Harris Moran® USA), desarrollados con acolchado plástico y fertilización sintética, durante dos ciclos de cultivo, 2011-2012 y 2012-2013, bajo condiciones de campo en Parácuaro, Michoacán, México. Para realizar esta última comparación se estimó el DE promedio, sumando los valores del espesor de corteza y de pulpa, reportados por Álvarez-Hernández, Castellanos, Aguirre, Huitrón y Camacho (2015).

Espesor de Pulpa (EP)

Cabe destacar que el EP, registrado al aplicar 60 Mg ha⁻¹ de VC resultó estadísticamente igual que el EP de los frutos obtenidos con la fertilización sintética (Cuadro 2). Sin embargo, es posible resaltar que al utilizar 60 Mg ha⁻¹ de VC, el EP superó en al menos un 5.2% a los EP determinados en los frutos tanto del testigo, como de los frutos que recibieron la aplicación de 30 Mg ha⁻¹ de vermicompost.

El valor 19.3 cm de EP registrado en los frutos de sandía, aplicando 60 Mg ha⁻¹ de VC (Cuadro 2) superó en al menos 10% a los EP, significativamente más grandes, reportados por Álvarez-Hernández *et al.* (2015), para frutos de sandía triploide cv. Crunchy Red, desarrollados bajo condiciones de campo con fertilización sintética, durante los ciclos productivos 2011-2012 (17.63, 17.29 y 17.27 cm) y 2012-2013 (17.38 cm), en Parácuaro Michoacán, México.

Sólidos Solubles (SS)

La determinación del contenido de SS permite contar con elementos para establecer el valor nutricional de los frutos y en consecuencia incrementar la conciencia de los consumidores sobre los efectos benéficos para su salud debido a la ingesta de productos frescos (Tamburini, Costa, Rugiero, Pedrini y Marchetti, 2017). Respecto a los SS los valores registrados en los frutos de sandía desarrollados al aplicar 60 Mg ha⁻¹ de VC y la fertilización sintética (T2 y T0, respectivamente) resultaron estadísticamente iguales y superaron, en al menos 7.7%, al contenido de SS, registrado en los frutos de sandía aplicando 30 Mg ha⁻¹ de VC (Cuadro 2). El valor promedio de 10.1 °Brix registrado (Cuadro 2) superó en 2 °Brix, al valor recomendado para este fruto por la Norma General del Codex para Zumos (Jugos) y Néctares de Frutas CODEX STAN 247-2005 (Codex Alimentarius, 2005).

El intervalo determinado de SS, 10.3 a 10.5 °Brix, en los frutos de sandía obtenidos, en el presente estudio, resultó similar al intervalo de SS, 10.3 a 11.0 °Brix, determinado por Rueda-Luna *et al.* (2015) para frutos de sandía, desarrollados bajo condiciones de invernadero, con polinización manual y aplicando una solución nutritiva, cuya concentración fue descrita al discutir con respecto al diámetro polar.

Por otro lado, Cushman, Snyder, Nagel y Gerard (2003), como resultado de la evaluación de 21 cultivares de sandías triploides, reportaron 12.3 °Brix como contenido promedio de SS, para frutos de sandía, los cuales fueron desarrollados aplicando fertilizantes sintéticos; este valor superó en 17.9%, al valor promedio de 10.1 °Brix, (Cuadro 2). En el mismo sentido, el valor promedio de 10.1 °Brix, fue superado en 12.9% de contenido de SS por el valor de 11.6 °Brix, registrado por Álvarez-Hernández *et al.* (2015) en frutos de sandía triploide cv. Crunchy Red, desarrollados bajo condiciones de campo, con fertilización sintética, en dos ciclos de cultivo.

La similitud del contenido de SS en los tratamientos T0 y T2 permite suponer que, la dosis aplicada de 60 Mg ha⁻¹ de VC favoreció al igual que los fertilizantes sintéticos, las condiciones requeridas por este cultivo para la síntesis de estos compuestos. Por lo tanto, bajo las condiciones de manejo del presente experimento, se favorece el supuesto formulado por Sánchez-Hernández *et al.* (2016), González-Salas *et al.* (2018) y Reyes-Pérez *et al.* (2018), respecto a que los fertilizantes orgánicos, adecuada y debidamente preparados, pueden resultar una alternativa para reducir la incorporación de diversos fertilizantes sintéticos, sin afectar, significativamente, el rendimiento y la calidad, en este caso en relación al contenido de SS, de los frutos cosechados en diversos cultivos.

Peso de Fruto (PF)

La aplicación de 60 Mg ha⁻¹ de VC generó PF con 11.86% mayor que los PF registrados en los frutos, tanto del testigo, como de los que recibieron la aplicación de 30 Mg ha⁻¹ de VC. El PF, 5.9 kg fruto⁻¹, obtenido al aplicar VC en dosis de 60 Mg ha⁻¹, superó en al menos 14.06%, al PF reportado por Rueda-Luna *et al.* (2015) para frutos de sandía, desarrollados bajo condiciones de invernadero, con polinización manual y aplicando una solución nutritiva, cuya composición fue descrita al abordar la variable DP. Adicionalmente, el valor 5.9 kg fruto⁻¹, registrado rebaso en 8.5% al intervalo de PF, 3.2 a 5.4 kg fruto⁻¹, reportado por dos Santos, Dias, Grangeiro, de Lima y Andrade (2014), para los cultivares de sandía triploides: Shadow y RWT8154, desarrollados bajo condiciones de campo con fertilización sintética. De la misma manera, el valor de PF (Cuadro 2) registrado al aplicar 60 Mg ha⁻¹ de VC superó en 13.6 y 11.9%, a los PF de las sandías del primer (2011-2012) y segundo ciclo (2012-2013), respectivamente, que resultaron significativamente superiores, al resto de los tratamientos evaluados, durante el desarrollo de sandía triploide, cv. Crunchy Red, con fertilización sintética, bajo condiciones de campo, en Parácuaro, Michoacán, México (Álvarez-Hernández *et al.*, 2015).

Por su parte, Cushman *et al.* (2003), como resultado de la evaluación de 21 cultivares de sandías triploides concluyeron que el promedio de PF de sandías triploides, desarrolladas con fertilización sintética, 6.3 kg fruto⁻¹, valor que superó en 15.9%, al peso promedio de los frutos de sandía, 5.3 kg fruto⁻¹ (Cuadro 2), registrado en el presente estudio.

El comportamiento descrito y los resultados registrados en el presente estudio están fundamentados por el hecho de que, de acuerdo con trabajos que coinciden en que los abonos orgánicos, como el VC cuyas características químicas se reportan en el Cuadro 1, aunque presentan menor cantidad de elementos nutritivos esenciales, respecto a los fertilizantes inorgánicos, su disponibilidad es más constante, durante el desarrollo del cultivo, debido a que se mineralizan lentamente (Díaz-Franco *et al.*, 2016).

Rendimiento

En el análisis de varianza para la variable rendimiento y comparación de medias mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos y en la prueba DMS_{0.05} se determinó que el tratamiento T2 (60 Mg ha⁻¹ de VC) con una producción promedio de 29.9 Mg ha⁻¹, superó a los tratamientos T0 (fertilización sintética) y T1 (30 Mg ha⁻¹ de VC) con 3.6 (12.04%) y 6.2 Mg ha⁻¹ (20.7%), respectivamente (Cuadro 2). De manera similar, Cervantes-Vázquez *et al.* (2022) al evaluar el efecto de la aplicación combinada de estiércol bovino y VC, a razón de 80.0 y 6.0 Mg ha⁻¹, respectivamente, sobre el desarrollo de *C. lanatus*, registraron un rendimiento, similar al encontrado en el T2 del presente estudio.

Por otro lado, el rendimiento de 29.9 Mg ha⁻¹ generado al aplicar 60 Mg ha⁻¹ de VC fue ampliamente superado por el rendimiento de 42.4 Mg ha⁻¹, reportado por dos Santos *et al.* (2014) para dos cultivares de sandía triploides: Shadow y RWT8154, desarrollados bajo condiciones de campo con fertilización sintética. Sin embargo, esta gran diferencia fue resultado de las densidades de población utilizadas, estos autores reportan una densidad de 8000 plantas ha⁻¹, pues colocaron sus plantas a 1.0 m entre éstas, con un ancho de cama de 1.25 m, mientras que en el presente estudio la densidad correspondió a 5000 plantas ha⁻¹, con 1.0 m entre plantas y un ancho de cama de siembra de 2.0 m. El rendimiento obtenido con aplicación de 60 Mg ha⁻¹ de VC también resultó superado en 20.5 y 30.1%, correspondientes a los más altos rendimientos de 37.6 y 42.8 Mg ha⁻¹, ciclos 2011-2012 y 2012-2013, respectivamente, reportados por Álvarez-Hernández *et al.* (2015) durante el desarrollo del cv. Crunchy Red, injertado en *C. lanatus*, con densidad de 4166 plantas ha⁻¹, aplicando fertilización sintética y acolchado plástico.

El rendimiento obtenido, 29.9 Mg ha⁻¹, con la dosis de 60 Mg ha⁻¹ de VC, bajo las condiciones de manejo del presente estudio, no concuerda con lo establecido por Guan *et al.* (2013) quienes señalan que la mayoría de los cultivares, por ejemplo, de melón, tienden a generar mayores rendimientos en el sistema convencional que en el sistema orgánico.

En el presente estudio se registró un rendimiento promedio de 26.6 Mg ha⁻¹ (Cuadro 2), con una densidad de población de 5000 plantas ha⁻¹, el cual superó en 11.5% al rendimiento promedio reportado por Cushman *et al.* (2003) para 21 cultivares de sandías triploides, 23.54 Mg ha⁻¹, con una densidad de población de 7173 plantas ha⁻¹, desarrolladas con fertilización sintética. Como se puede apreciar a menor densidad de plantas por hectárea se favoreció un mayor rendimiento del cultivo de sandía, confirmándose que existió menor competencia entre las plantas por la disponibilidad de elementos nutritivos, energía solar y espacio (Kavut, Geren y Simić, 2014).

Por lo anterior, y de acuerdo con Ramesh, Singh y Rao (2005) es posible señalar que la dosis 60 Mg ha⁻¹ de VC cubrió, adecuadamente, la demanda nutritiva de la sandía, sin necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos. De forma complementaria, Elbasher *et al.* (2021) concluyeron que las enmiendas orgánicas aportan nutrientes a las plantas, favorecen la retención de humedad, y pueden incrementar, significativamente, el rendimiento de las especies vegetales en desarrollo, conclusión que soporta la respuesta, respecto al rendimiento obtenido al aplicar el VC en la dosis de indicada. Por su parte, Álvarez-Bernal, Lastiri, Buelna, Contreras y Mora (2016) concluyeron que los abonos naturales presentan grandes contenidos de materia orgánica y gran capacidad de intercambio catiónico, lo que implica contenidos elevados y disponibles nutrientes. Esta aportación guarda una amplia relación con la composición química que se determinó para el VC aplicado en el presente estudio.

Con respecto al uso del acolchado plástico y la aplicación de 60 Mg ha⁻¹ de VC, el rendimiento obtenido superó en al menos 12%, al rendimiento registrado tanto con el tratamiento testigo, como con la aplicación de 30 Mg ha⁻¹ de VC (Cuadro 2), lo cual resulta alentador, a favor de la combinación de estos factores, para los sistemas de producción agrícola de las regiones con escasez de agua para riego. A manera de complemento, a favor de la combinación de acolchados con abonos orgánicos Lasmini *et al.* (2022) concluyeron que los parámetros agronómicos: altura de planta, número de hojas por planta, número de macollos, pesos fresco y seco, diámetro y rendimiento del cultivo *Allium cepa* L. var. *Aggregatum*, fueron positiva y significativamente favorecidos al combinar la aplicación del mantillo de paja de arroz y el fertilizante orgánico de biocultivo.

CONCLUSIÓN

Bajo condiciones de campo, el empleo del acolchado plástico y la aplicación del vermicompost, como fuente nutritiva, favorecieron el desarrollo y rendimiento, adecuado, de la sandía triploide, sin aplicación de fertilizantes sintéticos. Lo anterior soporta la hipótesis de que el VC, debido sus las características físicas, químicas y biológicas, resulta apropiado para seguir impulsando actividades agrícolas sostenibles, en beneficio, tanto de los consumidores que demandan productos libres de agroquímicos sintéticos, como un ambiente menos contaminado.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplicable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FINANCIACIÓN

No aplicable.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización e investigación: A.M.R. y S.Y.M.G Validación y análisis formal: J.L.R.C. y R.L.S. Escritura, revisión, edición y visualización: A.M.R., S.Y.M.G., R.L.S. y J.L.R.C. Supervisión: R.L.S. y S.Y.M.G. Adquisición de fondos: A.M.R.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por el financiamiento al proyecto de investigación.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Durán, C. M., Bahena-Galindo, M. E., Chávez-García, J. A., Acosta-Peñaloza, D., & Solis-Reynoso, M. G. (2017). Vermicompost substrate for *Belen (Impatiens walleriana* Hook. f.) culture. *Revista Bio Ciencias*, 4(5), 1-14.
- Ahmed, S. H., Emam, M. S. A., & Abul-Soud, M. (2017). Effect of different vermicompost rates and pot volume on producing celery and red cabbage under urban horticulture conditions. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 44(4), 1245-1258. <https://dx.doi.org/10.21608/zjar.2017.52922>
- Ahmed-Najar, I., Khan, A. B., & Hai, A. (2015). Effect of macrophyte vermicompost on growth and productivity of brinjal (*Solanum melongena*) under field conditions. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 4, 73-83. <https://doi.org/10.1007/s40093-015-0087-1>
- Álvarez-Bernal, D., Lastiri-Hernández, M. A., Buelna-Osben, H. R., Contreras-Ramos, S. M., & Mora, M. (2016). Vermicompost as an alternative of management for water hyacinth. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(4), 425-433. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.06>
- Álvarez-Hernández, J. C., Castellanos-Ramos, J. Z., Aguirre-Mancilla, C. L., Huitrón-Ramírez, M. V., & Camacho-Ferre, F. (2015). Influence of rootstocks on Fusarium wilt, nematode infestation, yield and fruit quality in watermelon production. *Ciencia e Agrotecnología*, 4(39), 323-330.
- Ávalos-de la Cruz, M. A., Figueroa-Viramontes, U., García-Hernández, J. L., Vázquez-Vázquez, C., Gallegos-Robles, M. A., & Orona-Castillo, I. (2018). Bioinoculantes y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. *Nova Scientia*, 10(20), 170-189. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1285>
- Cervantes-Vázquez, T. J. Á., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., Valenzuela-García, A. A., García-Hernández, J. L., & Cervantes-Vázquez, M. G. (2022). Efectos en el suelo por la aplicación de estiércol bovino y vermicompost, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). *Terra Latinoamericana*, 40, 1-13. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.835>
- Codex Alimentarius (2005) Norma general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutas. CODEX STAN 247-2005. Consultado el 23 de febrero, 2020, desde https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B247-2005%252FCXS_247e.pdf
- Cushman, K. E., Snyder, R. G., Nagel, D. H., & Gerard, P. D. (2003). Yield and quality of triploid watermelon cultivars and experimental hybrids grown in Mississippi. *HortTechnology*, 13(2), 375-380. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.13.2.0375>
- Dalorima, T. L., Zakaria, A. J., Majrashi, A., Mahmud, K., Mohd, K. S., Muhammad, H., & Khandaker, M. M. (2018). Impacts of vermicomposting rates on growth, yield and qualities of red seedless watermelon. *Australian Journal of Crop Science*, 12(11), 1765-1773. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.11.p1493>
- Díaz-Franco, A., Alvarado-Carrillo, M., Alejandro-Allende, F., & Ortiz-Chávez, F. E. (2016). Growth, nutrition and yield of squash with biological and mineral fertilization. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(4), 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.08>
- dos Santos, J. S., Dias, R. D. C. S., Grangeiro, L. C., de Lima, M. A. C., & Andrade, K. M. N. S. S. (2014). Compatibilidade com porta-enxertos, rendimento e qualidade de frutos em cultivares de melancia triploide. *Revista Caatinga*, 27(2), 141-147.
- Elbasher, M. M. A., Yalu, S., Liangkai, W., Deli, C., & Hua, Z. (2021). Effects of organic amendments on soil properties and growth characteristics of Melon (*Cucumis melo* L.) under saline irrigation. *International Journal of Agricultural and Biological*, 14(5), 123-129.
- Espinoza-Arellano, J. J., Cano-Ríos, P., Medina-Elizondo, M., & Molina-Morejón, V. M. (2010). Technical and economic assessment of the generation and transfer of the technology of production "Narrow Beds" in melon in the Comarca Lagunera region in Mexico. *Agrofaz*, 10(2), 137-144.
- Estrada-Ortiz, J. (2002). Potencialidades del uso del NIM sus bioproductos en la producción agropecuaria ecológica y sostenible. *Agricultura Orgánica (Cuba)*, 3, 18-21.
- Gómez-Águila, M. V., Sánchez-Chávez, D. I., Castellanos-Serrano, L. T., Soriano-Avenidaño, L. A., Pérez-Vivar, M. A., Chávez-Mota, R., & Cervantes-Bazán, J. V. (2021). Design of an implement to remove polyethylene mulch in strawberry crops. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(3), 102-111.
- González-Salas, U., Gallegos-Robles, M. Á., Vázquez-Vázquez, C., García-Hernández, J. L., Fortis-Hernández, M., & Mendoza-Retana, S. S. (2018). Productivity of fodder maize genotypes under organic fertilization and physical-chemical soil properties. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(SPE20), 4331-434.
- Guan, W., Zhao, X., Treadwell, D. D., Allgood, M. R., Huber, D. J., & Dufault, N. S. (2013). Specialty melon cultivar evaluation under organic and conventional production in Florida. *HortTechnology*, 23(6), 905-912. <https://doi.org/10.21273/horttech.23.6.905>
- Kavut, Y. T., Geren, H., & Simiç, A. (2014). Effect of different plant densities on the fruit yield and some related parameters and storage losses of fodder watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) fruits. *Turkish Journal of Field Crop*, 19(2), 226-230
- Lasmini, S. A., Idham, I., Nasir, B. H., Pasar, F., Lakani, I., & Khasanah, N. (2022). Agronomic performance of shallot (*Allium cepa* L. var. *Aggregatum*) under different mulch and organic fertilizers. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(2), 1-9. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.4140>
- Mendoza-Moreno, S. F., Inzunza-Ibarra, M. A., Morán-Martínez, R., Sánchez-Cohen, I., Catalán-Valencia, E. A., & Villa-Castorena, M. (2005). Watermelon response to plastic mulching, fertilization, sowing and transplanting. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 351-357.
- Mondino, M. C., Balaban, D., Cavalieri, O., & Garcia, S. M. (2017). Effect of soil coverage with plastic on globe artichoke crop behavior (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.). *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*, 16(2), 61-67. <https://doi.org/10.14409/fa.v16i2.7019>
- Morales-Maldonado, E. R., & Casanova-Lugo, F. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 365-372. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/am.v26i2.19331>
- Olivares-Sáenz, E. (2012). *Paquete de diseños experimentales Versión 2.4*. Nuevo León, México: FAUANL.
- Olle, M. (2019). Review: Vermicompost, its importance and benefit in agriculture. *Journal of Agriculture Science*, 2(30), 93-98. <https://doi.org/10.15159/jas.19.19>
- Padilla, E., Esqueda, M., Sánchez, A., Troncoso-Rojas, R., & Sánchez, A. (2006). Effect of biofertilizers on cantaloupe crop with plastic mulching. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(4), 321-329.
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural trait sand waste management potential. *Springer Plus*, 1(1), 1-26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>
- Quezada-Martín, M. R., Munguía-López, J., Ibarra-Jiménez, L., Arellano-García, M. A., Valdez-Aguilar, L. A., & Cedeno-Ruvalcaba, B. (2011). Physiology and yield of bell pepper grown in different colored plastic mulch. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 421-430.
- Ramesh, P., Singh, M., & Rao, A. S. (2005). Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Current Science*, 88(4), 561-568.
- Reyes-Carrillo, J. L., Cano-Ríos, P., Eischen, F.A., Rodríguez-Martínez, R., & Nava-Camberos, U. (2006). Spatial and temporal distribution of honey bee foragers in a cantaloupe field with different colony densities. *Agricultura Técnica en México*, 32(1), 39-44.
- Reyes-Pérez, J. J., Luna-Murillo, R. A., Zambrano-Burgos, D., Vázquez-Morán, V. F., Rodríguez-Pedroso, A. T., Ramírez-Arrebató, M. Á., ... & Torres-Rodríguez, J. A. (2018). Effect of organic fertilizers on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and agricultural yield. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud (Biotecnia)*, 20(1), 8-12.

- Rueda-Luna, R., Reyes-Matamoros, J., Pérez-González, A. C., Flores-Yáñez, M. D. C., & Romero-Hernandez, M. (2015). Fruit quality of artificially pollinated watermelon. *Interciencia*, 40(12), 866-868.
- Sánchez-Hernández, D. J., Fortis-Hernández, M., Esparza-Rivera, J. R., Rodríguez-Ortiz, J. C., Cruz-Lazaro, E., Sánchez-Chavez, E., & Preciado-Rangel, P. (2016). Use of vermicompost in the production of melon fruits and their nutraceutical quality. *Interciencia*, 41(3), 213-217.
- Schmidt, R. H. (1989). The arid zones of Mexico: Climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *Journal of Arid Environments*, 16(3), 241-256. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(18\)30940-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-1963(18)30940-6)
- Singh, N., Singh, B., & Rajput, R. L. (2018). Influence of mulching practices, varieties and fertility levels on growth and productivity of clusterbean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taubert]. *Legume Research*, 41(6), 903-906. <https://doi.org/10.18805/LR-3681>
- Singh-Ahirwar, C., & Hussain, A. (2015). Effect of vermicompost on growth, yield and quality of vegetable crops. *International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture*, 1(8), 49-56.
- Tamburini, E., Costa, S., Rugiero, I., Pedrini, P., & Marchetti, M. G. (2017). Quantification of lycopene, β -carotene, and total soluble solids in intact red-flesh watermelon (*Citrullus lanatus*) using on-line near-infrared spectroscopy. *Sensors*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/s17040746>
- Tapia-Vargas, L. M., Rico-Ponce, H. R., Vidales-Fernández, I., Larios-Guzmán, A., Pedraza-Santos, M. E., & Herrera-Basurto, J. (2010). Nutritional supplements for fruit yield and nutrition of muskmelon under fertigation and plastic mulch. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(1), 5-15.
- Velecela, S., Meza, V., García, S., Alegre, J., & Salas, C. (2019). Microbial enrichment vermicompost under two production system and its effects on radish (*Raphanus sativus* L.) production. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 229-239. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.08>
- Villegas-Cornelio, V. M., & Laines-Canepa, J. R. (2017). Vermicomposting: I progress and strategies in the treatment of organic solid waste. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 393-406.