

Efecto de fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas mezcladas con biofertilizantes en la producción y calidad de frutos de melón

Effect of organic and inorganic sources of nutrition mixed with biofertilizers on melon fruit production and quality

Uriel González-Salas¹ , Miguel Ángel Gallegos-Robles¹ , Pablo Preciado-Rangel² ,
Mario García-Carrillo³ , Martha Georgina Rodríguez-Hernández¹ ,
José Luis García-Hernández¹  y Tania Lizzeth Guzmán-Silos^{4*} 

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32, Venecia. 35000 Gómez Palacio, Durango, México.

² Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, ejido Ana. 27170 Torreón, Coahuila, México.

³ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Departamento de Suelos, Coordinación de Agronomía. Periférico Raúl López Sánchez. 27059 Torreón, Coahuila, México.

⁴ Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Carretera El Vergel La Torreña km 0+820 Loc. El Vergel. 35120 Gómez Palacio, Durango, México.

* Autora para correspondencia (ugs.ujed.36@gmail.com)

RESUMEN

La demanda de alimentos en la actualidad hace que, en los sistemas productivos hortícolas, se utilicen grandes cantidades de fertilizantes químicos, dejando a largo plazo suelos deteriorados con poca fertilidad. El objetivo de esta investigación fue evaluar fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas combinadas con biofertilizantes en su capacidad de aportar elementos nutrimentales al cultivo de melón y su respuesta en rendimiento y calidad comparado con fertilización química. Los tratamientos evaluados fueron T1 = 140 UNE; T2 = 120 UNE; T3 = 80 UNE+B; T4 = 60 UNE+B; T5 = 80 UNQ+B; T6 = 60 UNQ+B y T7 = 120-80-00 a base de fertilizante químico. El diseño utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados mostraron que los T3 y T5, redujeron un 33% la aplicación de fertilizante químico con respecto a la dosis utilizada recomendada en la Comarca Lagunera, y mejoraron el rendimiento en un 11 y 9%, respectivamente. Por lo que se concluye que los fertilizantes orgánicos o químicos mezclados con biofertilizantes pueden ser una alternativa viable para mantener o incrementar el rendimiento en melón

y al mismo tiempo reducir el uso de fertilizantes químicos en los sistemas productivos de hortalizas.

Palabras clave: *Azospirillum*, *Bacillus*, *estiércol bovino*, *RPCV*.

SUMMARY

The current demand for food means that large quantities of chemical fertilizers are used in horticultural production systems, leaving soils deteriorated with little fertility in the long term. Thus, the objective of this research was to evaluate organic and inorganic sources of nutrition combined with biofertilizers in their ability to provide nutritional elements to melon crop and in yield and quality responses compared to chemical fertilization. The evaluated treatments were T1 = 140 UNE; T2 = 120 UNE; T3 = 80 UNE+B; T4 = 60 UNE+B; T5 = 80 UNQ+B; T6 = 60 UNQ+B and T7 = 120-80-00 based on chemical fertilizer. A completely randomized blocks design with three repetitions was used, finding that T3 and T5 reduced the application of chemical fertilizer by 33% with respect to the recommended dose used in the Lagunera

Cita recomendada:

González-Salas, U., Gallegos-Robles, M. Á., Preciado-Rangel, P., García-Carrillo, M., Rodríguez-Hernández, M. G., García-Hernández, J. L. y Guzmán-Silos, T. L. (2021). Efecto de fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas mezcladas con biofertilizantes en la producción y calidad de frutos de melón. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-10. e904. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.904>

Recibido: 10 de diciembre de 2020. Aceptado: 20 de abril de 2021.
Artículo. Volumen 39, abril de 2021.

Region and improved yield by 11 and 9% respectively. Therefore, organic or chemical fertilizers mixed with biofertilizers can be a viable alternative to maintain and/or increase melon yield and reduce the use of chemical fertilizers in vegetable production systems at the same time.

Index words: *Azospirillum*, *Bacillus*, bovine manure, PGPR.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la revolución verde, se ha hecho un uso y abuso de los fertilizantes de síntesis química en los sistemas productivos agrícolas de la comarca lagunera, con el consecuente deterioro ambiental (Sutton *et al.*, 2013). Los fertilizantes a base de nitrógeno más usados a nivel mundial son urea, amonio y nitrato, y son las principales fuentes de emisión de óxido nitroso, amoniaco y óxido nítrico (Song *et al.*, 2020; Yao *et al.*, 2017). Otra desventaja de los fertilizantes químicos es la baja eficiencia de recuperación del nitrógeno ocurriendo pérdidas por volatilización en forma de amoniaco del 50% en suelos alcalinos y hasta el 80% en suelos con alta humedad, lo que representa que menos del 50% del nitrógeno aplicado se transforme en biomasa vegetal (Crews y Peoples, 2004). Bonelli *et al.* (2018) reportan una eficiencia de recuperación de nitrógeno del 37 al 53%, usando urea y nitrato de amonio. Además, Mozumder y Berrens (2007) mencionan que el uso intensivo de fertilizantes conlleva a una pérdida de la biodiversidad y la alteración de los ciclos biológicos debido a la interrupción en la liberación de nutrientes.

Las tecnologías de última generación deben enfocarse en el mantenimiento sostenible de un sistema, de tal manera que la utilización y aplicación de los recursos deben pensarse para conservar el ambiente (Grageda-Cabrera *et al.*, 2012). El uso combinado de abonos orgánicos y de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés) son dos estrategias que contribuyen a la biodiversidad del suelo (Raja, 2013). Existen trabajos en los que se han incorporado microorganismos con propiedades de promover el crecimiento vegetal en los sustratos utilizados como fertilizantes con resultados satisfactorios. Cisse *et al.* (2019) reportaron resultados superiores en trigo al usar biofertilizantes y estiércol

juntos que usando solamente fertilizantes químicos. De igual manera Gao *et al.* (2020) mencionan efectos sobresalientes en el crecimiento y productividad del cultivo de maíz, al utilizar biofertilizantes, reduciendo significativamente el uso de fertilizantes químicos.

Los biofertilizantes contienen unidades formadoras de colonias de diversas especies de microorganismos, con múltiples capacidades, tales como favorecer la disponibilidad de nutrientes insolubles mediante procesos biológicos (Vessey, 2003). El biofertilizante ha sido identificado como una alternativa para minimizar o desplazar el uso de fertilizante químico, y aumentar la fertilidad del suelo y la producción de cultivos en la agricultura sostenible (Itelima *et al.*, 2018). El uso continuo de los biofertilizantes mantiene el ambiente del suelo rico en todos tipos de macro y micronutrientes a través de la fijación de nitrógeno, solubilización o mineralización de fósforo y potasio, liberación de sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, producción de antibióticos y biodegradación de materia orgánica en el suelo (Sinha *et al.*, 2010). También se menciona que la aplicación de biofertilizantes al suelo aumenta la biodiversidad que constituye todo tipo de bacterias y hongos útiles, incluidos los hongos micorrízicos arbusculares (AMF), las llamadas rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR) y fijadoras de nitrógeno (Itelima *et al.*, 2018). El objetivo de esta investigación fue evaluar fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas combinadas con biofertilizantes en su capacidad de aportar elementos nutrimentales al cultivo de melón y su respuesta en rendimiento y calidad comparado con la fertilización química.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano 2019, en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ), localizada en el ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, ubicada en la Comarca Lagunera (25° 46' 59.96" N y 103° 21' 02.63" O). Esta región tiene una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud de 1100 m y su temperatura media anual es de 18.6 °C. El suelo donde se llevó a cabo el experimento es un aridosol, tipo aluvión, textura migajón limosa, bajo en materia orgánica (1%), pH (8.32), conductividad eléctrica (CE) (0.90 mS cm⁻¹) y contenido de nitratos (15.17 mg kg⁻¹).

Tratamientos Evaluados

Se evaluaron siete tratamientos, T1 = 140 unidades de nitrógeno base estiércol solarizado (UNE); T2 = 120 UNE; T3 = 80 unidades de nitrógeno base estiércol solarizado más mezcla de bacterias (UNE+B); T4 = 60 UNE+B; T5 = 80 unidades de nitrógeno base fertilizante químico (urea) más mezcla de bacterias (UNQ+B); T6 = 60 UNQ+B y T7 = 120-80-00 base fertilizante químico (urea y MAP) (INIFAP, 2002). La mezcla de bacterias (*Bacillus velezensis*, *Bacillus subtilis* y *Azospirillum brasilensis*) utilizada fue en una concentración de 1×10^7 de cada una de las bacterias (Bashan, 1998; Lara *et al.*, 2013).

Fuentes de Nutrición Utilizados

Para el sustrato orgánico se utilizó estiércol bovino lechero solarizado el cual presentó los siguientes valores: nitrógeno (1.40%), fósforo (0.66%), potasio (3.40%) (NMX-FF-109-SCFI-2008). La solarización consistió en pilas de estiércol de un metro de ancho y 10 metros de largo, las cuales fueron cubiertas con plástico de 300 micras de espesor sin albedo, durante seis meses. Las fuentes de nitrógeno y fósforo para los tratamientos químicos fueron urea y fosfato monoamónico (MAP). Como biofertilizante se utilizó una mezcla de bacterias identificadas molecularmente como *Bacillus velezensis*, *Bacillus subtilis* y *Azospirillum brasilensis*. Las cepas se multiplicaron en medio de enriquecimiento YPG por 36 horas y las soluciones de bacterias se prepararon en el laboratorio un día antes del trasplante en campo.

Conducción del Experimento

El material vegetal utilizado fue el híbrido de melón (*Cucumis melo* L.) Cantaloupe cv Cruiser (Harrison Moran); las plántulas se produjeron en malla sombra en charolas de 200 cavidades, se utilizó como sustrato una mezcla de vermiculita con peat moss. Las plántulas se trasplantaron el día 09 de abril de 2019, 30 días después de la siembra en charolas. En campo se trasplantaron en camas a doble hilera, a una distancia entre plantas de 0.40 m, y una distancia entre hileras de 2.5 m. La unidad experimental fue de 17.5 m² (7 × 2.5 m). Cada unidad experimental constó con 34 plantas.

La incorporación del estiércol solarizado al suelo, en los tratamientos que llevaban estiércol, se realizó

30 días antes del trasplante (Salazar-Sosa *et al.*, 2010). La incorporación del fertilizante químico al suelo se realizó una semana después del trasplante. En los tratamientos que llevaban la mezcla de las bacterias, el sistema radicular de las plántulas se sumergió en la solución durante 5 segundos antes de trasplantarlas.

El experimento se condujo con un sistema de riego por goteo. El primer riego se aplicó dos horas antes del trasplante y se dejó cuatro horas más, posteriormente se regó cada tercer día durante seis horas. El gasto que se manejó fue de 3 L h⁻¹ m⁻¹ lineal en base a una tasa de evaporación del 60%.

Los primeros frutos se cosecharon 77 días después del trasplante y posteriormente se dieron tres cortes más con separación de una semana entre ellos.

Diseño Experimental y Variables Evaluadas

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones; las variables evaluadas fueron diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), grosor de la pulpa (GP), cavidad de las semillas (CS), sólidos solubles totales (SST), peso del fruto (PF), rendimiento (REND), longitud de la guía (LG), número de hojas (NH), número de guías (NG) y materia seca de la raíz (MSR) a los 110 ddt.

Las variables GP y CS se midieron con vernier de la marca PRETUL, la variable SST se midió con un refractómetro digital de la marca ATAGO, la variable PF se midió con una báscula digital de 5 kg (Truper), la variable REND se midió con una báscula colgante de la marca NUEVO LEON con capacidad para 100 kg. Las variables DP, DE y LG se midieron con un flexómetro y la MSR se llevó a secado en estufa a 80 °C durante 24 h y posteriormente se pesó en balanza digital.

Los datos obtenidos para cada variable se sometieron a un análisis de varianza, comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$), y análisis de correlación de Spearman y Pearson con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System V 9.22) (SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los tratamientos para el diámetro polar (DP), grosor de la pulpa (GP), cavidad de las semillas (CS), sólidos solubles totales (SST), número de guías (NG), peso de fruto (PF), rendimiento (REND), y altamente significativas ($P \leq 0.01$) en materia seca de raíz (MSR)

(Cuadro 1). No se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en diámetro ecuatorial (DE), longitud de la guía (LG) y número de hojas (NH).

La comparación de medias para tratamientos muestra en la variable DP que todos los tratamientos a excepción del tratamiento uno (140 UNE), fueron estadísticamente iguales destacando numéricamente el tratamiento dos (120 UNE), con un valor de 16.45 cm. Estos resultados son similares a los encontrados por Moreno-Reséndez *et al.* (2014) quienes en su experimento con vermicomposta y arena en producción de melón, obtuvieron valores de hasta 16.82 cm, asimismo similares a los reportados por Abraham-Juárez *et al.* (2018) en melón bajo condiciones de invernadero y solución Steiner, utilizando cepas de *Bacillus subtilis*, y superiores a los reportados por García-Villela *et al.* (2020) quienes encontraron valores de 10.87 cm usando solución Steiner bajo condiciones de invernadero. También se encontró que los tratamientos que tenían una cantidad menor de nitrógeno pero que además llevaban la mezcla de bacterias registraron valores similares a los producidos por el tratamiento siete (120-80-00). Con esto se asume que las bacterias tienen la capacidad de hacer

disponible para la planta una cantidad importante de nutrientes para la formación de frutos de buen tamaño, siempre que existan en el suelo fuentes disponibles de fósforo inorgánico y orgánico, de los cuales se pueda realizar la liberación del nutriente fosfato (Restrepo-Franco *et al.*, 2015).

El GP es una característica del fruto de suma importancia, ya que representa la parte comestible. Los tratamientos dos (120 UNE), tres (80 UNE+B), cuatro (60 UNE+B), seis (60 UNQ+B) y siete (120-80-00), son estadísticamente iguales, sin embargo, el tratamiento tres (80 UNE+B) registro un valor de 4.59 cm ($P \leq 0.05$) y mostró valores superiores a los encontrados por Sánchez-Hernández *et al.* (2016) en su experimento con vermicomposta y arena, quienes encontraron valores máximos de 3.14 cm. De igual manera superaron los resultados encontrados por Moreno-Reséndez *et al.* (2014) con valores de 3.76 cm bajo condiciones de invernadero y 3.94 cm a campo abierto, ambos tratados con abonos orgánicos de diferentes especies. Ferreira *et al.* (2020) encontraron valores bajos de grosor de pulpa para varias especies de melón, usando 10 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino con riego por goteo. El efecto favorable observado

Cuadro 1. Comparación de medias para tratamientos en las variables agronómicas evaluadas en melón cultivar Cruiser con aplicación de fertilización química, orgánica y biofertilizante.

Table 1. Comparison of means for treatments in melon cultivar Cruiser agronomic variables evaluated with chemical, organic and biofertilizer fertilization application.

Tratamientos	DP	GP	CS	SST	NG	MSR	PF	REND
	cm			°Brix		g	kg	Mg ha ⁻¹
T1 (140 UNE)	15.51 b	4.11 b	5.86 ab	11.08 b	3.61 ab	19.16 c	1.58 a	29.07 ab
T2 (120 UNE)	16.45 a	4.29 ab	5.80 ab	11.60 ab	3.50 ab	19.88 c	1.37 ab	35.23 ab
T3 (80 UNE+B)	15.96 ab	4.59 a	5.64 a	11.18 ab	3.37 ab	33.14 a	1.36 ab	38.67 a
T4 (60 UNE+B)	16.14 ab	4.24 ab	6.05 ab	12.07 a	3.87 a	25.52 b	1.67 a	25.63 ab
T5 (80 UNQ+B)	15.60 ab	4.16 b	5.64 a	11.52 ab	3.50 ab	35.61 a	1.36 ab	37.83 a
T6 (60 UNQ+B)	15.73 ab	4.18 ab	6.10 b	10.93 b	3.16 b	28.00 b	1.53 a	35.07 ab
T7 (120-80-00)	15.65 ab	4.28 ab	6.13 b	12.23 a	3.15 b	20.40 c	1.03 b	21.83 b
DHS	0.920	0.404	0.459	0.922	0.631	5.011	0.487	14.613
CV (%)	4.09	11.71	4.9	6.36	10.26	10.84	16.18	25.74

DP = diámetro polar; GP = grosor de pulpa; CS = cavidad de las semillas; SST = sólidos solubles totales; NG = número de guías; MSR = materia seca de raíz; PF = peso de fruto; REND = rendimiento. DHS = diferencia honesta significativa; CV = coeficiente de variación. Letras diferentes dentro de columnas indican valores estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($P \leq 0.05$).

DP = polar diameter; GP = pulp thickness; CS = cavity of seeds; SST = total soluble solids; NG = number of guides; MSR = dry matter of root; PF = fruit weight; REND = performance. DHS = honestly significant difference; CV = coefficient of variation. Different letters within columns indicate statistically different values according to Tukey's ($P \leq 0.05$).

en este trabajo puede deberse al aporte de nutrientes que conjuntamente incrementaron el estiércol más la incorporación de bacterias nativas de la región (Joshi *et al.*, 2019).

La CS es una variable que está fuertemente relacionada con la vida de anaquel del fruto pues aquellos con mayor cavidad de las semillas tienen menos vida de anaquel (Rizzo y Braz, 2004). En este estudio se encontraron frutos con cavidades ligeramente mayores al grosor de la pulpa, lo que indica que probablemente la variable se encuentre relacionada con la genética del híbrido. Los mejores tratamientos (menor CS) fueron el uno (140 UNE), dos (120 UNE), tres (80 UNE+B), cuatro (60 UNE+B) y cinco (80 UNQ+B) ($P \leq 0.05$), destacando los tratamientos tres (80 UNE+B) y cinco (80 UNQ+B) con un valor de 5.64 cm. Por su parte García *et al.* (2009) sostienen que los frutos con mayor grosor de pulpa, soportan más el manejo rústico de traslado.

Con excepción de los tratamientos uno y seis, todos fueron estadísticamente iguales en concentración de SST en fruto, sobresaliendo los tratamientos cuatro (60 UNE+B) y siete (120-80-00) con valores de 12.07 y 12.23 °Brix respectivamente. Estos valores están dentro del rango óptimo para ser considerados de calidad pues el fruto del melón debe contener de 10-12% de sólidos solubles totales al momento de ser cosechado (Kader, 1998¹). El rango de valores de los SST observados en este trabajo está acorde con lo reportado por Chien *et al.* (2009) quienes mencionan que es posible aumentar la dulzura de frutos, utilizando bacterias solubilizadoras de fosfato como auxiliares en la nutrición vegetal; por su parte Ortiz-Texon *et al.* (2016) en su experimento en fresas encontraron que las bacterias promotoras de crecimiento vegetal, favorecieron el aumento de sólidos solubles totales comparado contra el tratamiento que no llevaba bacterias.

El NG es importante porque determina, entre otros aspectos, mayor NH, más área foliar y más floración, lo cual se reflejó en un mayor rendimiento. Los metabolitos sintetizados en las hojas, acumulados en los órganos que se cosechan, tiene una influencia significativa en el rendimiento del cultivo (Tekalign y Hammes, 2005). El tratamiento cuatro (60 UNE+B) mostró un valor de 3.87 en la variable NG, sin embargo, fue estadísticamente igual que los tratamientos uno, dos, tres y cinco ($P \leq 0.05$). En general para el NG

los tratamientos a base de fertilización orgánica más la adición de bacterias fueron mejores que el tratamiento químico. Lok y Suárez (2014) afirman que la aplicación de diferentes abonos y biofertilizantes contribuye favorablemente a la producción de biomasa.

El sistema radicular es la parte más importante de una planta, ya que de éste depende la entrada de nutrientes del suelo a esta. Los tratamientos tres y cinco fueron los que más MSR acumularon ($P \leq 0.05$) con valores de 33.14 y 35.61 g, respectivamente. Estos tratamientos tenían la misma dosis de N pero de diferente fuente y en común la mezcla de bacterias (*Bacillus subtilis*, *Bacillus velezensis* y *Azospirillum brasilensis*). El género *Azospirillum* tiene la capacidad de incrementar en algunos cultivos el peso seco del sistema radicular, las partes aéreas de la planta y en consecuencia el desarrollo y la floración, mientras que el género *Bacillus* favorece la elongación celular y la actividad ACC desaminasa, enzima que favorece a los cultivos en ambientes áridos o salinos (Esquivel-Cote *et al.*, 2013; Joshi *et al.*, 2019). De este último aspecto resalta la importancia de los aislados nativos adaptados a la región donde serán usados. Reis *et al.* (2000) reportaron aumentos en la materia seca aérea y materia seca en la raíz, además de reportar niveles altos de nitrógeno y de fósforo, debido a la incorporación deliberada de bacterias del género *Azospirillum* spp. Los valores de materia seca en raíz reportados por Rodríguez-Mendoza *et al.* (2013) son inferiores a los encontrados en este estudio, utilizando bacterias promotoras de crecimiento en su experimento de melón hidropónico con solución Steiner. De igual manera Da Silva *et al.* (2019) reportan incremento en la materia seca de raíz en plantas de melón, usando solo 15 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino y flora nativa del suelo. Un aumento en la materia seca de raíz se debe, entre otros factores, a la cantidad de fósforo en la solución del suelo. Hye-Ji y Xinxin (2016) mencionan que en ausencia de fósforo disponible en la solución del suelo la materia seca de la raíz disminuye. Eso explicaría la materia seca acumulada en raíces en los tratamientos que llevaron mezcla de bacterias, ya que el género *Bacillus* sp. se caracteriza por su capacidad de solubilizar fósforo (Zaidi *et al.*, 2009). El aumento del sistema radical es también uno de los mecanismos que puede resultar en una mayor absorción de minerales y agua (Domingues-Duarte *et al.*, 2020).

¹ Kader, A. 1998. Maturity indices, quality factors, standardization, and inspection of horticultural products. Memorias Simposio Nacional Fisiología y Tecnología Poscosecha de Productos Hortícolas en México. México, D. F.

El PF es una variable que está directamente ligada al rendimiento. En este trabajo los frutos con mejor peso promedio fueron generados por los tratamientos uno (140 UNE), cuatro (60 UNE+B) y seis (60 UNQ+B), con valores de 1.58, 1.67 y 1.53 kg respectivamente al ($P \leq 0.05$). Sin embargo, estos son estadísticamente iguales a los tratamientos dos (120 UNE), tres (80 UNE+B) y cinco (80 UNQ+B). El tratamiento con menor PF fue el tratamiento siete (químico). Se observa que es posible reducir la dosis de nitrógeno hasta en un 50% (tratamiento cuatro y seis) con la adición de bacterias promotoras de crecimiento para producir PF aceptables comercialmente. Los PF del tratamiento cuatro con respecto al tratamiento siete (químico) fueron 38% más pesados. Ferreira *et al.* (2020) reportaron valores de peso promedio de 0.92 kg en el híbrido Harper con soluciones orgánicas inferiores a los reportados en este trabajo. De igual manera Rodríguez-Mendoza *et al.* (2013) reportan valores inferiores a los encontrados en este trabajo, utilizando bacterias de los géneros, *Ochrobactrum*, *Microbacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Sphingomonas*, en el cultivo de melón.

Respecto al rendimiento (REND) es importante mencionar que la producción regional media de melón en el 2018 fue de 34.7 Mg ha⁻¹ (SIAP, 2018) la cual fue superada a nivel experimental por los tratamientos tres, cinco, dos y seis, en un rango del 1 al 11 por ciento. Los tratamientos tres y cinco lograron reducir hasta un 33% la aplicación de fertilizantes químicos, con respecto a la dosis recomendada para el cultivo del melón en la Comarca Lagunera, mejorando la producción en aproximadamente un 11 y 9% respectivamente. El tratamiento seis en el cual se redujo la aplicación de fertilizantes químicos en 50%, solo logró aumentar la producción 1% aproximadamente. El tratamiento dos que solamente incluyó 120 UNE, no necesito de una aportación extra de fertilizantes químicos, y superó la producción regional en 1.5%. Resultados similares encontraron Gao *et al.* (2020) quienes en su experimento lograron reducir el 50% de la fertilización química, utilizando biofertilizantes. Este efecto puede ser atribuido a la incorporación de bacterias en los tratamientos (Cisse *et al.*, 2019).

En las correlaciones (Spearman) entre las variables y tratamientos (Cuadro 2) se observó una relación positiva

Cuadro 2. Correlaciones de Spearman entre variables agronómicas y tratamientos en el cultivo de melón bajo fertilización química, orgánica y biofertilizantes.

Table 2. Spearman's correlations between agronomic variables and treatments in melon cultivation under chemical, organic and biofertilizer fertilization.

	T1 140 UNE	T2 120 UNE	T3 80 UNE+B	T4 60UNE+B	T5 80UNQ+B	T6 60UNQ+B	T7 120-80-00
DP	-0.239	0.394	0.07	0.187	-0.179	-0.089	-0.143
DE	-0.155	0.186	-0.027	-0.207	-0.005	-0.164	-0.042
GP	-0.245	0.042	0.501*	-0.039	-0.158	0.022	0.022
CS	-0.041	-0.124	-0.342	0.217	-0.342	0.296	0.337
SST	-0.263	0.083	-0.242	0.318	-0.166	-0.263	0.534**
PF	0.234	-0.063	-0.077	0.368	-0.082	0.172	-0.552**
Rendimiento	-0.133	0.156	0.318	-0.295	0.279	0.149	-0.474*
LG	-0.154	0.089	0.32	0.041	0.004	-0.048	-0.253
NH	0.01	0.193	0.219	0.115	-0.185	-0.055	-0.297
NG	0.18	0.049	-0.091	0.466*	0.049	-0.322	-0.333
MSR	-0.427*	-0.382	0.451*	-0.027	0.606**	0.128	-0.349

DP = diámetro polar; DE = diámetro ecuatorial; GP = grosor de pulpa; CS = cavidad de las semillas; SST = sólidos solubles totales; PF = peso de fruto; LG = longitud de guía principal; NH = número de hojas; NG = número de guías; MSR = materia seca de raíz. UNE = unidades de nitrógeno base a estiércol; UNE+B = unidades de nitrógeno base a estiércol más mezcla de bacterias; UNQ+B = unidades de nitrógeno base químico más mezcla de bacterias. * = ($P \leq 0.05$); ** = ($P \leq 0.01$).

DP = polar diameter; DE = equatorial diameter; GP = pulp thickness; CS = seed cavity; SST = total soluble solids; PF = fruit weight. LG = length of leading shoot; NH = number of leaves; NG = number of shoots; MSR = dry matter of root. UNE = units of nitrogen based on manure; UNE+B = units of nitrogen based on manure plus a mixture of bacteria; UNQ+B = chemical base nitrogen units plus bacteria mixture. * = ($P \leq 0.05$); ** = ($P \leq 0.01$).

de la MSR con los tratamientos tres (80 UNE+B) y cinco (80 UNQ+B) ($P \leq 0.05$), habiendo coincidencia en que ambos llevaban 80 UN más la presencia de bacterias. Esto probablemente se deba a una buena disponibilidad de fósforo, pues el incremento en la solución del suelo también aumenta la biomasa de brotes, raíces y flores (Hye-Ji y Xinxin, 2016). El agregar bacterias benéficas al suelo ayuda a la liberación de nutrientes inorgánicos (Carvajal-Muñoz y Mera-Benavides, 2010) listos para que las plantas los absorban. No se observó una relación clara entre las diferentes fuentes de nutrición con las variables de calidad internas del fruto (GP, CS, SST), pero la evidencia favorece a los tratamientos que utilizaron fuentes químicas sintéticas, esto se debió probablemente a la rapidez con la que los fertilizantes químicos dejan disponibles los elementos nutricionales para su utilización por la planta.

Correlaciones significativas y negativas se observaron entre el peso del fruto y rendimiento con el tratamiento químico. Lo anterior señala que los valores más bajos de peso de fruto y rendimiento se asociaron con el tratamiento químico. La baja disposición de nutrientes en la etapa de llenado de fruto puede deberse a los cambios desfavorables en condiciones químicas-biológicas del suelo que se generaron en la etapa de formación de raíces, guías y hojas. Debido a que los fertilizantes químicos sintéticos en el suelo disminuyen el pH (Zhao *et al.*, 2014), lo aumentan (Zhong *et al.*,

2009) o lo mantienen, dependiendo de la forma y composición del fertilizante (Plaza *et al.*, 2004).

Carvajal-Muñoz y Mera-Benavides (2010) mencionan que el uso continuo de fertilizantes químicos causa pérdidas en la productividad de los suelos, debido principalmente a la degradación de propiedades biológicas, físicas y químicas. De igual manera Blanco-Canqui y Schlegel (2013) mencionan que el uso de grandes cantidades de fertilizante químicos por períodos largos solo contribuirá a la degradación de la estructura del suelo y el deterioro de su productividad. La aplicación de grandes cantidades de fertilizantes cambia las propiedades químicas del suelo, al grado de poder dañar químicamente las estructuras subterráneas de las plantas (Hawes *et al.*, 2003). De igual manera al aplicar grandes cantidades de estiércol cada año, aumenta la conductividad eléctrica del suelo (Trejo-Escareño *et al.*, 2013). Cada tonelada de estiércol libera entre 15 y 50 kg de sales al suelo (Castellanos, 1986).

Respecto a las correlaciones de Pearson entre variables agronómicas y de calidad en el cultivo de melón (Cuadro 3), la correlación positiva que se observó entre las variables de calidad externa del fruto (DP, DE) y variables de calidad interna del fruto de melón (SST, GP, CS) se debe principalmente a las características genéticas del híbrido de melón (Espitia-Camacho *et al.*, 2005).

Cuadro 3. Correlaciones de Pearson entre variables agronómicas y de calidad en el cultivo de melón bajo fertilización química, orgánica y biofertilizantes.

Table 3. Pearson's correlations between agronomic and quality variables in melon cultivation under chemical, organic and biofertilizer fertilization.

	DE	GP	CS	SST	PF	REND	LG	NH	NG	MSR
DP	0.863**	0.621**	0.433*	0.198	0.316	-0.188	0.2	0.229	0.099	0.01
DE		0.569**	0.524**	0.189	0.329	-0.222	0.17	0.141	0.09	0.962
GP			0.159	0.189	0.152	0.069	0.155	0.06	-0.02	0.316
CS				0.293	0.321	-0.605**	-0.372	-0.277	0.097	-0.276
SST					-0.149	-0.262	-0.228	-0.176	0.027	-0.195
PF						-0.025	-0.037	0.07	0.319	0.036
REND							0.503*	0.437*	-0.141	0.512*
LG								0.882**	-0.269	-0.154
NH									-0.086	0.01
NG										-0.001

DP = diámetro polar; DE = diámetro ecuatorial; GP = grosor de pulpa; CS = cavidad de las semillas; SST = sólidos solubles totales; PF = peso de fruto; REND = rendimiento; LG = longitud de guía principal; NH = número de hojas; NG = número de guías; MSR = materia seca de raíz. * = ($P \leq 0.05$); ** = ($P \leq 0.01$).
 DP = polar diameter; DE = equatorial diameter; GP = pulp thickness; CS = seed cavity; SST = total soluble solids; PF = fruit weight; REND = yield; LG = length of leading shoot; NH = number of leaves; NG = number of shoots; MSR = dry matter of root. * = ($P \leq 0.05$); ** = ($P \leq 0.01$).

Las variables LG, NH y MSR presentaron correlación positiva ($P \leq 0.05$) con el REND, lo cual sugiere que dentro de cierto límite de largo de guías y número de hojas hay una tendencia a incrementar el rendimiento del cultivo. La acumulación de materia seca en la parte área y en la raíz, es factor importante que determina la productividad del cultivo (Ñústez-López *et al.*, 2009), esto tiene sentido ya que estas estructuras vegetales fotosintéticamente activas transforman los nutrientes inorgánicos en compuestos orgánicos, mediante la fotosíntesis, Gutiérrez-Rodríguez *et al.* (2005) mencionan que la toma de nutrientes, la fotosíntesis, entre otros factores interactúan entre sí para dar como resultado el rendimiento final del cultivo. Altos valores de superficie foliar fotosintéticamente activa en etapas reproductivas podrían alcanzar rendimientos más altos (Soto *et al.*, 2009), bajo situaciones no limitantes. La relación entre MSR y REND ($P \leq 0.05$), refleja que las plantas con un mayor sistema radicular son más productivas. Solo la variable de CS correlacionó negativamente ($P \leq 0.01$) con el rendimiento del cultivo, debido a que CS es un espacio mayormente con gases del fruto. Esto es que entre más grande sea la cavidad de las semillas menor será el GP, el cual contribuye directamente con el rendimiento (Villanueva-Verduzco *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

El uso de mezcla de bacterias (*Bacillus velezensis*, *Bacillus subtilis* y *Azospirillum brasilensis*) a una concentración de 1×10^7 (biofertilizantes) en combinación con fuentes de nutrición orgánicas (estiércol solarizado bovino) o inorgánicas (fertilizantes químicos) en el cultivo de melón, demostraron ser una alternativa para mejorar algunos rasgos de calidad en los frutos, así como mantener un rendimiento competitivo del cultivo; también son una opción para reducir las dosis de fertilizantes químicos o de estiércoles hasta en un 33% en la producción agrícola constituyéndose en una alternativa de producción agrícola sustentable.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplica.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplica.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia, en esta sección.

FONDOS

Universidad Juárez del Estado de Durango.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

La contribución estuvo a cargo de todos los autores de la manera siguiente, la conceptualización: U.G.S., M.Á.G.R. y T.L.G.S. Metodología: U.G.S., M.Á.G.R. y M.G.C. Software: U.G.S., M.Á.G.R. y M.G.R.H. Validación: U.G.S., M.Á.G.R. y P.P.R. Análisis formal: U.G.S., M.Á.G.R. y P.P.R. Investigación, U.G.S., M.Á.G.R., T.L.G.S., P.P.R., M.G.C., M.G.R.H. y J.L.G.H. Recursos: U.G.S. Curación de datos: U.G.S. y M.Á.G.R. Escritura, preparación del borrador original: U.G.S., M.Á.G.R., T.L.G.S., P.P.R., M.G.C., M.G.R.H. y J.L.G.H. Escritura, revisión y edición: U.G.S., M.Á.G.R., T.L.G.S., P.P.R. y J.L.G.H. Visualización: U.G.S. y M.Á.G.R. Supervisión: U.G.S. y M.Á.G.R. Administración del proyecto: U.G.S. Adquisición de fondos: U.G.S.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Lucio Rodríguez Sifuentes investigador de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Coahuila por la donación de las cepas utilizadas.

LITERATURA CITADA

Abraham-Juárez, M. R., I. Espitia-Vázquez, R. Guzmán-Mendoza, V. Olalde-Portugal, G. M. L. Ruiz-Aguilar, J. L. García-Hernández, L. Herrera-Isidró y H. G. Núñez-Palenius. 2018. Desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) de plantas inoculadas con cepas mexicanas de *Bacillus subtilis* (ehrenberg). *Agrociencia* 52: 91-102.

- Bashan, Y. 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnol. Adv.* 16: 729-770. doi: [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(98\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(98)00003-2).
- Blanco-Canqui, H. and A. J. Schlegel. 2013. Implications of inorganic fertilization of irrigated corn on soil properties: Lessons learned after 50 years. *J. Environ. Qual.* 42: 861-871. doi: <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0451>.
- Bonelli, L. E., H. R. Sainz-Rozas, H. E. Echeverría y P. A. Barberi. 2018. Fuentes y momento de aplicación de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en Balcarce. *Cienc. Suelo (Argentina)* 36: 88-98.
- Carvajal-Muñoz, J. S. y A. C. Mera-Benavides. 2010. Fertilización biológica: Técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Produc. Limp.* 5: 77-96.
- Castellanos-Ramos, J. Z. 1986. Evaluación del estiércol de bovino y gallinaza como fuente de fósforo en el cultivo de alfalfa. *Agric. Téc. Méx.* 12: 247-258.
- Chien, S., C. C. Young, and C. L. Wang. 2009. Current status of bio-fertilizers development, farmers' acceptance and utilization, and future perspective in Taiwan. *Extension Bulletin. Food & Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Sematic scholar. Taipei, Taiwan, ROC.*
- Cisse, A., A. Arshad, X. Wang, F. Yattara, and Y. Hu. 2019. Contrasting impacts of long-term application of biofertilizers and organic manure on grain yield of winter wheat in North China plain. *Agronomy* 9: 2-25. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy9060312>.
- Crews, T. E. and M. B. Peoples. 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: Ecological tradeoffs and human needs. *Agric. Ecosyst. Environ.* 102: 279-297. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.018>.
- Da Silva-Gomes, J. W., N. Da Silva-Dias, M. A. Moreno-Pizani, K. Fortunato-De Paiva, J. L. Araujo-Rocha, E. B. Goncalves-Araujo, and C. Dos Santos-Fernandes. 2019. Growth and mineral composition of the melon with different doses of phosphorus and organic matter. *DYNA* 86: 363-368. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v86n211.69776>.
- Domingues-Duarte, C. F., U. Cecato, T. T. Biserra, D. Mamédio y S. Galbeiro. 2020. *Azospirillum* spp. en gramíneas y forrajeras. Revisión. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 11: 223-240. doi: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951>.
- Espitia-Camacho, M., F. A. Vallejo-Cabrera y D. Baena-García. 2005. Correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales en *Cucurbita moschata* Duch. *Ex Poir. Acta Agron.* 54: 1-10.
- Esquivel-Cote, R., M. Gavilanes-Ruiz, R. Cruz-Ortega y P. Huante. 2013. Importancia agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en rizobacterias, una revisión. *Rev. Fitotec. Mex.* 36: 251-258.
- Ferreira, L. L., V. Ch. Nascimento-Porto, J. F. De Medeiros, U. Do Amaral, M. De Sa Fernandes, N. S. Carrizo-Dos santos y A. Bertola-Carnevale. 2020. Producción y calidad de cultivares de melón bajo riego en un sistema de producción orgánica. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 23: 1-10.
- Gao, C., A. M. El-sawah, D. F. Ismail-Ali, Y. Alhaj Hamoud, H. Shaghaleh, and M. S. Sheteiwy. 2020. The integration of bio and organic fertilizers improve plant growth, grain yield, quality and metabolism of hybrid maize (*Zea mays* L.). *Agronomy* 10: 2-25. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy10030319>.
- García P., J. C., Z. F. Rodríguez G., J. G. Lugo G. y V. Rodríguez. 2009. Efecto del cultivar y distancia entre plantas sobre características fisicoquímicas del fruto del melón (*Cucumis melo* L.). *Rev. Fac. Agron.* 26: 141-158.
- García-Villela, K. M., P. Preciado-Rangel, E. Sifuentes-Ibarra, L. Salas-Pérez, F. Nuñez-Ramírez y J. A. González-Fuentes. 2020. Ecological nutrient solutions on yield and quality of melon fruits. *Terra Latinoamericana* 38: 39-44. doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.527>.
- Grageda-Cabrera, O. A., A. Díaz-Franco, J. J. Peña-Cabriales y J. A. Vera-Núñez. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3: 1261-1274.
- Gutiérrez-Rodríguez, M., M. P. Reynolds, J. A. Escalante-Estrada y A. Larqué-Saavedra. 2005. Algunas consideraciones en la relación entre fotosíntesis y el rendimiento de grano en trigo. *Cienc. Ergo Sum* 12: 149-154.
- Hawes, M. C., G. Bengough, G. Cassab, and G. Ponce. 2003. Root caps and rhizosphere. *J. Plant Growth Regul.* 21: 352-367. doi: <https://doi.org/10.1007/s00344-002-0035-y>.
- Hye-Ji, K. and L. Xinxin. 2016. Effects of phosphorus on shoot and root growth, partitioning, and phosphorus utilization efficiency in lantana. *Hortscience* 51: 1001-1009. doi: <https://doi.org/10.21273/hortsci.51.8.1001>.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícolas y Pecuarias). 2002. El melón: Tecnologías de Producción y comercialización. Libro técnico No 4. Primera edición. México. ISBN: 968-800-552-5.
- Itelima, J. U., W. J. Bang, M. D. Sila, I. A. Onyimba, and O. J. Egberé. 2018. A review: Biofertilizer-A key player in enhancing soil fertility and crop productivity. *J. Microbiol. Biotechnol Rep.* 2: 22-28.
- Joshi, A. U., K. N. Andharia, P. A. Patel, R. J. Kotadiya, and R. K. Kothari. 2019. Plant growth promoting rhizobacteria: Mechanism, application, advantages and disadvantages. pp. 13-40. *In: A. S. Tomar, B. Vijay, and V. B. Mandaliya (eds.). Green biotechnology. Day a Publishing House a Division of Astral International Pvt. Ltd. New Delhi. ISBN: 978-93-5124-964-1 (HB).*
- Lara M., C., A. Alvarez y L. E. Oviedo. 2013. Impacto de inoculación con la bacteria nativa *Azospirillum* sobre *Oryza sativa* L. en Córdoba-Colombia. *Biotecnol. Sec. Agropec. Agroind.* 11: 37-45.
- Lok, S. y Y. Suárez. 2014. Efecto de la aplicación de fertilizantes en la producción de biomasa de *Moringa oleifera* y en algunos indicadores del suelo durante el establecimiento. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 48: 399-403.
- Moreno-Reséndez, A., L. García-Gutiérrez, P. Cano-Ríos, V. Martínez-Cueto, C. Márquez-Hernández y N. Rodríguez-Dimas. 2014. Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosist. Rec. Agropec.* 1: 163-173.
- Mozumder, P. and R. P. Berrens. 2007. Inorganic fertilizer use and biodiversity risk: an empirical investigation. *Ecol. Econ.* 62: 538-543. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.016>.
- Núñez-López, C. E., M. Santos-Castellanos y M. Segura-Abril. 2009. Acumulación y distribución de materia seca de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Zipaquirá, Cundinamarca (Colombia). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 62: 4823-4834.

- Ortiz-Texon, J. A., J. Delgadillo-Martínez, M. N. Rodríguez-Mendoza y G. Calderón-Zavala. 2016. Inoculación bacteriana en el crecimiento y calidad del fruto de cinco variedades de fresa en suelos con pH contrastante. *Terra Latinoamericana* 34: 177-185.
- Plaza, C., D. Hernández, J. C. García-Gil, and A. Polo. 2004. Microbial activity in pig slurry amended soils under semiarid conditions. *Soil Biol. Biochem.* 36:1577-1585. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.07.017>.
- Raja, N. 2013. Biopesticides and biofertilizers: Ecofriendly sources for sustainable agriculture. *J. Biofertil. Biopestici.* 4: e112. doi: <https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000e112>.
- Reis, V. M., J. I. Baldini, V. L. D. Baldani, and J. Dobereiner. 2000. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. *Crit. Rev. Plant Sci.* 19: 227-247. doi: <https://doi.org/10.1080/07352680091139213>.
- Restrepo-Franco, G. M., S. Marulanda-Moreno, Y. de la Fe-Pérez, A. Díaz-de la Osa, V. Lucia-Baldani y A. Hernández-Rodríguez. 2015. Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Rev. CENIC Cienc. Biol.* 46: 63-76.
- Rizzo, A. A. y L. T. Braz. 2004. Desempenho de linahagens de melão rendilhado em casa de vegetação. *Hortic. Bras.* 22: 784-788. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000400024>.
- Rodríguez-Mendoza, M. N., R. San Miguel-Chávez, J. L. García-Cué, A. Benavides-Mendoza. 2013. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo*). *Interciencia* 38: 857-862.
- Salazar-Sosa, E., H. I. Trejo-Escareño, J. D. López-Martínez, C. Vázquez-Vázquez, J. S. Serrato-Corona, I. Orona-Castillo y J. P. Flores-Márquez. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana* 28: 381-390.
- Sánchez-Hernández, D. J., M. Fortis-Hernández, J. R. Esparza-Rivera, J. C. Rodríguez-Ortiz, E. De la Cruz-Lazaro, E. Sanchez-Chavez y P. Preciado Rangel. 2016. Empleo de vermicompost en la producción de frutos de melón y su calidad nutraceutica. *Interciencia* 41: 213-217.
- SAS Institute Inc. 2010. SAS/STAT 9.22. User's Guide. Cary, NC, USA.
- Sinha, R. K., D. Valani, K. Chauhan, and S. Agarwal. 2010. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: Reviving the dreams of Sir Charles Darwin. *J. Agric. Biotech. Sustain. Dev.* 2: 113-128.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2018. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por cultivo. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do (Consulta: octubre 01, 2020)
- Song, L., J. Drewer, B. Zhu, M. Zhou, N. Cowan, P. Levy, and U. Skiba. 2020. The impact of atmospheric N deposition and N fertilizer type on soil nitric oxide and nitrous oxide fluxes from agricultural and forest Eutric Regosols. *Biol. Fert. Soils* 56: 1077-1090. doi: <https://doi.org/10.1007/s00374-020-01485-6>.
- Soto, F., R. Plana y N. Hernández. 2009. Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *Aestivum*) y triticale (*X Triticum secale* Wittmack) y su relación con el rendimiento. *Cult. Trop.* 30: 32-36.
- Sutton, M. A., A. Bleeker, C. M. Howard, M. Bekunda, B. Grizzetti, W. De Vries, H. J. M. van Grinsven, Y. P. Abrol, T. K. Adhya, G. Billen, E. A. Davidson, A. Datta, R. Diaz, J. W. Erisman, X. J. Liu, O. Oenema, C. Palm, N. Raghuram, S. Reis, R. W. Scholz, T. Sims, H. Westhoek, and F. S. Zhang. 2013. Our nutrient world: The challenge to produce more food and energy with less pollution. NERC/Centre for Ecology & Hydrology. Edinburgh, UK. ISBN: 9781906698409.
- Tekalign, T. and P. S. Hammes. 2005. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth II. Growth analysis, tuber yield and quality. *Sci. Hortic.* 105: 29-44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.01.021>.
- Trejo-Escareño, H. I., E. Salazar-Sosa, J. D. López-Martínez y C. Vázquez-Vázquez. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4: 727-738.
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting Rhizobacteria as bio-fertilizers. *J. Plant Soil* 225: 571-86. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>.
- Villanueva-Verduzco, C., M. A. Sánchez-Hernández, I. Sánchez-Cabrera, J. Sahagún-Castellanos, G. Parra-Benavides y E. Villanueva-Sánchez. 2013. Respuesta a la selección masal participativa en calabaza de dulce (*Cucurbita moschata* DUCH.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 19: 239-253. doi: <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.10.057>.
- Yao, Z., G. Yan, X. Zheng, R. Wang, C. Liu, and K. Butterbach-Bahl. 2017. Reducing N₂O and NO emissions while sustaining crop productivity in a Chinese vegetable-cereal double cropping system. *Environ. Pollut.* 231: 929-941. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.108>.
- Zaidi, A., M. S. Khan, M. Ahemad, M. Oves, and P. A. Wani. 2009. Recent advances in plant growth promotion by phosphate-solubilizing microbes. pp. 23-50. *In*: M. Khan, A. Zaidi, and J. Musarrat (eds.). *Microbial strategies for crop improvement*. Springer. Heidelberg, Berlin. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-01979-1_2.
- Zhao, S., S. Qiu, C. Cao, C. Zheng, W. Zhou, and P. He. 2014. Responses of soil properties, microbial community and crop yields to various rates of nitrogen fertilization in a wheat-maize cropping system in north-central China. *Agric. Ecosyst. Environ.* 194: 29-37. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.05.006>.
- Zhong, W., T. Gu, W. Wang, B. Zhang, X. Lin, Q. Huang, and W. Shen. 2009. The effects of mineral fertilizer and organic manure on soil microbial community and diversity. *Plant Soil* 326: 511-522. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-9988-y>.