

Comportamiento productivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* D.) con nutrición química y orgánica

Productive behavior of strawberry (*Fragaria x ananassa* D.) with chemical and organic nutrition

Sacramento Gómez-Salgado¹ , Antonio Flores-Naveda^{1*} , Xochitl Ruelas-Chacón¹ , Pablo Preciado-Rangel² , Armando Muñoz-Urbina¹ , Edgar Omar Rueda-Puente^{3*} 

¹Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

²Instituto Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Torreón - División de Estudios de Posgrado e Investigación. Carretera Torreón - San Pedro de las Colonias km 7.5, Ejido Ana, CP. 27170. Torreón, Coahuila, México.

³Universidad de Sonora. Departamento de Agricultura y Ganadería. Blvd. Luis Encinas S/N. Col. Centro CP. 83000. Hermosillo, Sonora, México.

*Autor de correspondencia: edgar.rueda@unison.mx; naveda0826@gmail.com

Nota científica

Recibida: 27 de agosto de 2024

Aceptada: 14 de octubre de 2025

RESUMEN. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el rendimiento del cultivo de fresa, bajo un sistema de nutrición orgánica en condiciones de invernadero; se utilizaron plantas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) var. Fronteras. Los tratamientos de nutrición orgánica y química: T1 (Humus de lombriz), T2 (Lixiviado de lombriz), T3 (Humus + lixiviado de lombriz), T4 (Testigo), T5 Fertilización mixta (Humus + lixiviado de lombriz + Triple 20 + Fertiplus®) y T6 Tratamiento químico (Triple 20 + Fertiplus®); las variables evaluadas fueron las de Peso del fruto (PF), Diámetro polar (DP), Diámetro ecuatorial (DE), solubles totales (SST), y Número de frutos por planta (NFP). El estudio se realizó de acuerdo a un diseño completamente al azar y un análisis de correlaciones fenotípicas. El T3 (Humus + Lixiviado de lombriz), resultó ofrecer características organolépticas, respecto a calidad, aroma y sabor del fruto de fresa.

Palabras clave: Producción, frutilla, lombriz, lixiviado, organolépticas.

ABSTRACT. This research was carried out with the objective of evaluating the performance of strawberry crops under an organic nutrition system in greenhouse conditions; strawberry plants (*Fragaria x ananassa* Duch.) var. Fronteras were used. The organic and chemical nutrition treatments were: T1 (Worm humus), T2 (Worm leachate), T3 (Humus + worm leachate), T4 (Control), T5 Mixed fertilization (Humus + worm leachate + Triple 20 + Fertiplus®), and T6 Chemical treatment (Triple 20 + Fertiplus®); the variables evaluated were fruit weight (PF), polar diameter (DP), equatorial diameter (ED), total solubles (TSS), and number of fruits per plant (NFP). The study was carried out according to a completely randomized design and a phenotypic correlation analysis. T3 (Humus + Worm Leachate) was found to offer organoleptic characteristics regarding quality, aroma and flavor of the strawberry fruit.

Key words: Production, strawberry, earthworm, leachate, organoleptics.

Como citar: Gómez-Salgado S, Flores-Naveda A, Ruelas-Chacón X, Preciado-Rangel P, Muñoz-Urbina A, Rueda-Puente EO (2025) Comportamiento productivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* D.) con nutrición química y orgánica. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(3): e4292. DOI: 10.19136/era.a12n3.4292.

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) es una planta perteneciente a la familia Rosácea, con atributos de calidad física y bioquímica, por su gran cantidad de azúcares y minerales (Liston *et al.* 2014, SIAP 2024). Además, contiene compuestos nutraceuticos como fenoles y flavonoides, los cuales tienen propiedades antioxidantes (Llacuna y Mach 2012, DENU 2024). También, se destaca por su contenido de vitamina C, taninos, antocianinas, catequina, quercetina, kaempferol y ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico) (Giampieri *et al.* 2015, Ramírez-Padrón *et al.* 2020).

Estudios preliminares con animales indican que las dietas ricas en fresas también pueden tener el potencial para proporcionar minerales (K, P, Ca, Na y Fe) además de pigmentos y aceite esenciales (Palka *et al.* 2024). La fresa es una de las frutas de mayor aceptación mundial, por tanto, tiene una gran demanda para su exportación e importación como producto fresco, además en la industria alimenticia, se utiliza en la elaboración de mermeladas y otros productos alimenticios (Giampieri *et al.* 2012). Actualmente, existen importantes avances científicos y tecnológicos sobre la mejora de sistemas agrícolas en todo el mundo, sin embargo, las enfermedades transmitidas por alimentos persisten y son motivo de grave preocupación para los productores y consumidores; ya que los alimentos son el vector de múltiples peligros biológicos, químicos y físicos (FDA 2025).

Esta tendencia sobre el consumo de alimentos sanos no sólo se está dando para México, sino que se incrementa en todo el mundo (SIAP 2024), básicamente por aspectos relacionados a la salud y la preocupación por temas ambientales. Actualmente, cada vez son más las personas que consumen estos productos, por consiguiente, la agricultura orgánica es un sistema de producción alternativo el cual se convierte en primera opción para la producción de alimentos inocuos y de alta calidad nutritiva (Leifert 2022). En el noreste de México, específicamente en el estado de Coahuila, la inclusión de nuevos cultivos de importancia económica son una oportunidad para ampliar las actividades agronómicas, siempre y cuando sus sistemas de producción sean lo más sustentables posibles (SAGARPA 2015). En este contexto, uno de los principales factores de éxito de la producción orgánica de cultivos como la fresa, se basa en la utilización de abonos orgánicos; ello deriva en la posibilidad de poder buscar alternativas de fuentes orgánicas para la nutrición vegetal del cultivo de fresa (Kilic 2024). Por lo anterior, el objetivo general de la presente investigación consistió en evaluar el rendimiento del cultivo de fresa, bajo un sistema de nutrición orgánica y química en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola otoño-invierno, 2022-2023 en un invernadero con estructura metálica y una cubierta de fibra de vidrio, en camas de siembra con una dimensión de 16 m lineales, 90 cm de ancho, 50 cm de altura y con panel de enfriamiento, el cual mantuvo una temperatura en promedio de 21 °C, el cual está presente en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista,

Saltillo, Coahuila, ubicado a una latitud de 25° 21'19.5" LN, longitud de 101°01'49.7" LO y a una altitud de 1 731 msnm (García 2004).

Material genético (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivo *in vitro* y trasplante

Las plántulas de fresa fueron proporcionadas por la empresa Plántulas Romvill®, Variedad Fronteras, la cual presenta floración temprana; presenta un tamaño de planta intermedio, con un buen vigor inicial, frutos de calibres homogéneos, de color rojo medio externo y en pulpa. Su fruta, contiene una adecuada firmeza y relación azúcar/acidez de $3.2 \text{ pH} \pm 0.2$. Asimismo, la variedad Fronteras presenta tolerancia intermedia al Oídio (Llahuen 2018). Cabe indicar que, las plántulas de fresa con 45 días de edad, fueron desarrolladas a partir de estolones obtenidos de plantas madres que se generaron mediante el cultivo *in vitro* de meristemos, el cual consistió en una selección de plantas sanas en floración, con características definidas y de interés comercial. Posteriormente se realizó una selección y extracción de meristemos de las plantas seleccionadas en condiciones asépticas que fueron colocados en medios de cultivo Murashige y Skoog. Este medio tuvo un pH de 5.8 solidificándolo con Phytigel a razón de 1.8 g L^{-1} . Finalmente, se esterilizó a $121^\circ\text{C} - 103.42 \text{ Kpa}$ por 20 minutos en vasos de precipitado. Los vasos con los meristemos fueron colocados en cámaras húmedas a 23°C con una H.r de 35% y luz continua. Una vez que se generaron las plantas completas *in vitro* con edad de dos meses, éstas iniciaron la producción de estolones que fueron transferidos a sustrato peat moss e irrigadas con una solución nutritiva según Kirschbaum *et al.* (2015) y Kirschbaum (2021) durante 45 días. Posterior a los 45 días, las plántulas fueron trasplantadas a camas de siembra individuales con sustrato a base de una mezcla de perlita y peat moss en una proporción 40:60 (p/p).

Tratamientos

Los tratamientos evaluados consistieron de la siguiente manera: T1 = 250 g de humus de lombriz; T2 = 20 mL de lixiviado de lombriz; T3 = 250 g de humus + 20 mL de lixiviado de lombriz; T4 = Testigo (330 mL de agua); T5 = 60 g de humus + 20 mL de lixiviado de lombriz + 0.33 g de Triple 20 + 0.16 mL de Fertiplus® y T6 = 0.43 g de Triple 20 + 0.16 mL de Fertiplus®.

El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con seis tratamientos, contemplando 10 repeticiones por cada uno. El trasplante se realizó el 21 de septiembre de 2023, los riegos se realizaron de forma manual aplicando 300 mL de agua diarios, durante los primeros 30 días después del trasplante (ddt); posteriormente se incrementó a $530 \text{ mL} \pm 150$ durante los siguientes 90 días. El número de plantas por tratamiento fue de 30, una distancia entre plantas de 30 cm a doble hilera por cama; la distancia entre hileras fue de 30 cm. Se consideró una fertilización química inicial de 20-20-20, Fertiplus® y orgánica con humus y lixiviados de lombriz

Descripción y aplicación de los tratamientos

La aplicación del humus de lombriz fue sobre la superficie del suelo y alrededor de la planta. La frecuencia de aplicación fue cada 15 días durante los cuatro meses (120 ddt). Por su parte, la dosis del lixiviado de lombriz y el fertilizante triple 20, se diluyó en 330 mL de agua para ser aplicada en cada planta en drench, la frecuencia de aplicación fue cada ocho días durante cuatro meses. Acorde a la dosis del Fertiplus® utilizada fue de 1 mL del producto por cada litro de agua; la aplicación por m^2 por unidad de tiempo fue de $400 \text{ mL } 8 \text{ s}^{-1}$ de forma foliar, con una bomba eléctrica (marca Shell

SHES18) a una presión máxima de 80 psi y descarga de 3.1 litros por minuto con capacidad de 18 L; la frecuencia de aplicación fue de 15 días durante cuatro meses.

Descripción de los fertilizantes - Fertilizantes químicos 20-20-20 y Fertiplus®

El fertilizante químico presenta una fórmula 20-20-20; este producto fue aplicado durante la etapa de crecimiento vegetativo, porque contiene microelementos, Azufre y Magnesio (FertiDrip®), necesarios para un vigoroso desarrollo de raíces, tallos y hojas que crearán las reservas que la planta requiere en la etapa de floración y cuajado de frutos. Por su parte, el fertilizante foliar Fertiplus®, está conformado por macro y microelementos el cual fue aplicado de manera foliar.

Fertilizantes orgánicos: humus y lixiviado de lombriz

El lixiviado y el humus de lombriz utilizado en el experimento fueron obtenidos del área de producción de abonos orgánicos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Las muestras del lixiviado y el humus de lombriz, fueron analizados en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos en la citada institución acorde a las indicadas por Palacios-Valenzuela *et al.* (2020); se usó un espectrofotómetro Hach DR1900 (Water Technologies de México), cuya longitud de onda tiene un rango de 340 a 800 nm, también se emplearon los reactivos de esta marca de acuerdo con el nutriente a medir; éste procedimiento está aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés) y marcados por la guía de Standard Methods. A cada una de las muestras se le realizaron tres repeticiones. El tipo de lombriz utilizada en la generación de los productos orgánicos fue la roja californiana (*Eisenia foetida*). La Tabla 1 muestra la composición del lixiviado y humus, respectivamente.

Variables evaluadas

En cosecha se evaluaron las siguientes variables: Número de frutos por planta (NFP), por medio del conteo de todos los frutos por planta. Peso del fruto (PF), se determinó con una balanza analítica (marca Sartorius) y los resultados se expresaron en g, para ello, se eliminó todo el pedúnculo del fruto. Diámetro polar (DP), esta variable se midió desde el centro del pedículo hasta la parte basal del fruto con un vernier digital (Marca Sartorius Mod H-7352), expresado en mm. Diámetro ecuatorial (DE), el fruto se midió de forma horizontal de un extremo a otro, cabe mencionar que la lectura se tomó en la parte central del fruto con un vernier digital expresado en mm. Sólidos solubles totales (SST), para lo cual se exprimieron los frutos (10) y se pusieron dos gotas en un refractómetro (Marca Schmidt + Haensch), para obtener la lectura en grados Brix.

Análisis estadístico

Las diferencias estadísticas entre los tratamientos se determinaron por medio de un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental completamente al azar y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico Minitab 16. El modelo utilizado fue: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$, donde Y_{ij} = observación del i -ésimo tratamientos en la j -ésima repetición; μ = media general de la variable; T_i = efecto del i -ésimo tratamiento; E_{ij} = efecto del error experimental; $i = 1, 2, \dots, t$ (tratamiento) y $J = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones). Para la prueba de Tukey, se realizó para comparar las medias de los tratamientos evaluados,

utilizando la probabilidad de error $\alpha = 0.05$. El coeficiente de variación se estimó para cada una de las variables analizadas.

Tabla 1. Análisis del contenido nutrimental del humus y lixiviado de lombriz.

Determinación	Unidad	Resultado Lixiviado de lombriz	Resultado Humus de lombriz
pH	-	8.98	8.82
Conductividad Eléctrica	dS/m	7.60	2.60
Macronutrientes			
Nitrógeno (N)	%	0.03	1.42
Fósforo (P)	%	0.01	0.92
Potasio (K)	%	0.28	1.08
Calcio (Ca)	%	0.34	13.97
Magnesio (Mg)	%	0.03	1.18
Sodio (Na)	%	0.04	0.20
Azufre (S)	%	0.02	0.69
Micronutrientes			
Hierro (Fe)	ppm	5.08	4752.21
Cobre (Cu)	ppm	0.26	27.86
Manganeso (Mn)	ppm	2.49	310.50
Zinc (Zn)	ppm	0.30	223.52
Boro (B)	ppm	2.08	38.67
Níquel (Ni)	ppm	NA	NA
Molibdeno (Mo)	ppm	NA	NA
Propiedades Físicas			
Humedad	%	99.08	20.96
Materia seca	%	0.92	79.04
Materia orgánica (MO)	%	0.83	41.30
Cenizas	%	0.59	58.70
Carbono orgánico (C)	%	0.19	24.00
Relación C/N	-	6.91	16.90

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se muestra el efecto de los tratamientos de fertilizantes orgánicos a base de lombricomposta, comparado con fertilizantes sintéticos, aplicados en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) var. Fronteras. En la Tabla 2 se observa que los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables: peso del fruto (PF), diámetro ecuatorial (DE) y sólidos solubles totales (SST), y diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para la variable diámetro polar (DP) entre los tratamientos evaluados. Los valores del coeficiente de variación se encuentran en un rango de 6.07 a 23.60%, los cuales nos permiten afirmar la confiabilidad de los resultados obtenidos. La investigación respalda la eficacia de la lombricomposta como fertilizante orgánico en el cultivo de fresa, mostrando mejoras significativas en parámetros clave de calidad del fruto. Estos hallazgos coinciden con estudios recientes que destacan los beneficios de los

fertilizantes orgánicos en la producción agrícola sostenible (García-Castellanos *et al.* 2019, De-Melo *et al.* 2020).

Tabla 2. Cuadrados medios de las variables agronómicas evaluadas en la variedad de fresa Fronteras en el ciclo agrícola O-I 2022-2023, bajo condiciones de invernadero.

F.V.	G.L.	Cuadrados Medios				
		PF ¹	DP	DE	SST	NFP
Tratamientos	5	164.8**	57.7*	46.37**	2.149**	0.713
Error	6	24.7	14.8	4.09	0.216	0.281
Total	11					
Media		21.04	41.16	33.27	4.61	2.25
C.V. (%)		23.60	9.34	6.07	10.08	23.55

*Significativo al 0.05 de probabilidad, **Altamente significativo al 0.01 de probabilidad, ¹PF = peso de fruto, DP = diámetro polar, DE = diámetro ecuatorial, SST = sólidos solubles totales y NFP = número de frutos por planta.

En la Tabla 3 se observa para la variable PF el mayor valor promedio se presentó en el T6 en el cual se utilizó fertilización química (Fertiplus + 20-20-20) con un valor de 38.8 gramos y el T4 Testigo presento el menor valor con promedio de 13.7 g. Los presentes valores coinciden con los de Ledesma *et al.* (2008), indicando que una fertilización basada en macro y microelementos son factores nutrimentales que favorecen el rendimiento y el peso de los frutos, asimismo, existen otros factores como son los de tipo abiótico (temperatura y el fotoperiodo), los cuales limitan la producción de fresa manera directa en la fresa cuando no es favorecida la planta. En este sentido, Ledesma y Kawabata (2016), mencionan que existe una disminución en tamaño y peso de fruto de la fresa causado por altas temperaturas (mayor a 32 °C por más de cuatro horas), además, temperaturas menores a 2 °C y mayores a 35 °C por periodos prolongados limitan la viabilidad del polen, aborto de flores y malformaciones del fruto en plantas de fresa.

Tabla 3. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en la variedad de fresa Fronteras en el ciclo agrícola O-I 2022-2023 en Buenavista, Saltillo, bajo condiciones de invernadero.

Tratamiento	PF ¹ g	DP mm	DE Mm	SST °Brix	NFP no
T1	17.3 b	39.9 ab	31.2 b	4.3 ab	1.5 a
T2	17.9 b	40.8 ab	31.6 b	5.3 a	2.6 a
T3	21.6 ab	41.1 ab	34.4 ab	5.9 a	2.7 a
T4	13.7 b	35.2 b	29.6 b	3.5 b	2.3 a
T5	16.6 b	38.6 ab	30.1 b	3.4 b	1.5 a
T6	38.8 a	51.2 a	42.4 a	5.0 ab	2.7 a

¹PF = peso de fruto, DP = diámetro polar, DE = diámetro ecuatorial, SST = sólidos solubles totales y NFP = número de frutos por planta. Las medias que no comparten letras iguales son significativamente diferentes (Prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$).

Los valores reportados para Diámetro Polar (DP) y Diámetro Ecuatorial (DE), fueron en un rango de 51.2 a 15.3 mm para DP y para la variable DE, los resultados mostraron valores en un rango de 42.4 a 29.6 mm, respectivamente (Tabla 2). De acuerdo con Posada *et al.* (2011), Morales y Vargas (2017) y Loeza (2018) sus resultados difieren a los encontrados en la presente investigación, debido a que en condiciones de invernadero se tiene un mayor control del manejo agronómico del cultivo, comparado bajo condiciones de campo abierto. Cantero *et al.* (2015) evaluaron abonos orgánicos y químicos en berenjena utilizando composta, lixiviado de humus de lombriz, mezcla de lombricomposta + composta + lixiviado + fertilización química con urea + DAP y el testigo sin aplicación, en donde para las variables agronómicas altura de planta, diámetro de tallo y área foliar, no fueron influenciadas significativamente por las diferentes fuentes de abonos orgánicos, ni por la fertilización convencional.

Los resultados reportados por Alvarado-Chávez *et al.* (2020) para la variable contenido de sólidos solubles totales (SST), indican que a las 30 semanas después del trasplante, el contenido de °Brix en fresa se encontró entre 7.3 y 2.4. De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación el tratamiento T3 (Humus y Lixiviado de lombriz), presento valores promedio de 5.9 °Brix, mientras que el tratamiento T4 Testigo, presento la menor acumulación de °Brix con un valor de 3.5 (Tabla 4). Al respecto, Alvarado-Chávez *et al.* (2020), reportan contenidos de sólidos totales mayores cuando se incrementó el rendimiento por incidencia de radiación solar, ya que ésta se encuentra asociada con el contenido de sólidos solubles en el fruto de fresa. Por otra parte, se sabe que el cultivo de fresa es altamente susceptible a las condiciones ambientales y su desarrollo depende de diversos factores climáticos, además de las propiedades químicas, físicas y estructurales del suelo (Sánchez y Ramírez 2017, Warner *et al.* 2021).

Tabla 4. Correlaciones de las variables agronómicas evaluadas en la variedad de fresa Fronteras en el ciclo agrícola O-I 2022-2023 en Buenavista, Saltillo, bajo condiciones de invernadero.

	PF ¹	DP	DE	SST
DP	0.979**			
DE	0.993**	0.966**		
SST	0.455	0.521	0.527	
NFP	0.485	0.434	0.560	0.681

*Correlación altamente significativa al 0.01 de probabilidad. ¹PF = peso de fruto, DP = diámetro polar, DE = diámetro ecuatorial, SST = sólidos solubles totales y NFP = número de frutos por planta.

Los factores ambientales y genéticos son de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas, su productividad y calidad del fruto (Rodríguez-Bautista *et al.* (2012); influyen en su fisiología y en su capacidad de adaptarse a las condiciones del entorno (Hummer y Hancock 2009), por ejemplo la capacidad de modificar su ritmo de crecimiento y el momento de la floración (Hummer 2012); con base a lo anterior y a los resultados del presente estudio, podemos inferir que el cultivo de fresa en sistemas protegidos, puede ser una alternativa de producción de este cultivo, sin omitir la relevancia de un adecuado manejo agronómico, nutrición vegetal y el control oportuno de plagas (Vasquez *et al.* 2016) y enfermedades, principalmente aquella causada por *Phytophthora* spp. (Vivanco 2021, Andrés *et al.* 2024), agente causal de la pudrición de corona la enfermedad

(*Podosphaera aphanis*) (Bárceñas-Santana *et al.* 2019). Asimismo, de acuerdo con Medina-Bolívar y Pinzón-Sandoval (2016), indican que la fresa es una especie que requiere altos contenidos de materia orgánica para completar su crecimiento y desarrollo, en donde se pueden utilizar como fuente para la nutrición de este cultivo, abonos orgánicos ya que contienen macroelementos N, P y K y micronutrientes esenciales. Mientras que Bastida *et al.* (2019), mencionan que se puede verificar el aporte nutricional, mediante un análisis nutrimental, que los lixiviados de humus de lombriz aportan, ya que son materiales orgánicos con una concentración líquida de nutrientes, que se obtiene durante el proceso de descomposición que llevan a cabo las lombrices. Mientras que Cantero *et al.* (2015), evaluaron abonos orgánicos y químicos en berenjena utilizando composta, lixiviado de humus de lombriz, mezcla de lombricomposta + composta + lixiviado + fertilización química con urea + DAP y el testigo sin aplicación, en donde para las variables agronómicas altura de planta, diámetro de tallo y área foliar, no fueron influenciadas significativamente por las diferentes fuentes de abonos orgánicos, ni por la fertilización convencional.

En la Tabla 4, se muestran las correlaciones existentes entre las variables evaluadas, donde peso de fruto (PF) está estadísticamente influenciado por las variables diámetro polar (DP) y diámetro ecuatorial (DE), mientras que las variables sólidos solubles totales (SST) y número de frutos por planta (NFP), sigue siendo una correlación positiva pero no significativa. El diámetro polar (DP) está altamente correlacionado con el diámetro ecuatorial (DE). La nutrición química y orgánica en el cultivo de fresa, bajo condiciones de invernadero, mostró diferencias en las variables agronómicas evaluadas. En peso de fruto, diámetro polar y diámetro ecuatorial de fruto, aunque la nutrición química presentó valores numéricamente superiores en comparación con la nutrición orgánica, dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Un resultado similar se observó en la variable número de frutos por planta. En contraste para la variable sólidos solubles totales, los valores fueron superiores en el tratamiento a base de Humus + lixiviado de lombriz con nutrición orgánica, lo cual es un parámetro aceptable para las características de calidad y sabor del fruto de fresa. Se recomienda ampliar el conocimiento en el cultivo de la fresa, aplicando otras condiciones edafoclimáticas, permitiendo el uso de tecnologías como las de irrigación y/o fitomejoramiento, de tal forma obtener el mejor sistema de producción considerando el clima de la zona, el momento del año en el que se desea cosechar, las preferencias del mercado, el sistema de cultivo (a campo o bajo cubierta) y las amenazas fitosanitarias con las que podría enfrentarse entre otros principales aspectos.

AGRADECIMIENTOS

Al Cuerpo Académico: Mejoramiento, Producción y Tecnología de Granos, Semillas y Forrajes de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Clave: Uaaan-Ca-43.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Alvarado-Chávez J, Gómez-González A, Lara-Herrera A, Díaz-Pérez J, García-Herrera E (2020) Rendimiento y calidad de fruto de fresa cultivada en invernadero en sistema hidropónico piramidal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(8): 1737-1748. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2460>
- Andrés D, Adhikari T, Louws F (2024) Pudrición de la corona por *Phytophthora* en fresa. NC estate. <https://content.ces.ncsu.edu/pudricion-de-la-corona-por-phytophthora>. Fecha de consulta: 4 de enero de 2025.
- Bárcenas-Santana D, Guillén-Sánchez D, Basaldua Y, Ramos-García C, de Lorena M, Valle-de la Paz M (2019) Etiología de la secadera de la fresa (*Fragaria* spp.) en Morelos, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 37(3): 454-463. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1904-5>
- Bastida AJ, Chávez MJA, Martínez SR (2019) Producción de fresa (*Fragaria* spp) organopónica en un sistema NFT, para la obtención de fruta de calidad comercial. *Revista Universo de la Tecnológica* I(34): 20-32.
- Cantero RJ, Espitia N, Cardona A, Vergara C, Aramendíz T (2015) Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena*. *Revista de Ciencias Agrícolas* 32(2): 56-67. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.153202.13>
- De-Melo FJS, Da Silva TI, De-Melo-Gonçalves AC, De-Sousa LV, Vêras MLM, Dias TJ (2020) Physiological responses of beet plants irrigated with saline water and silicon application. *Comunicata Scientiae* 11(3): 1-8
- DENU (2024) Producción de fresas por país 2024. División de Estadística de las Naciones Unidas. *Revista de la población mundial* <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/strawberry-production-by-country>. Fecha de consulta: 13 de enero de 2025.
- FDA (2025) Tracking food industry pledges to remove petroleum based food dyes. The United States Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/>. Fecha de consulta: 4 de junio de 2025.
- García-Castellanos V, Becerril-Román E, Saucedo-Veloz C, Velazco-Cruz C, Calderón-Zavala G, Espinosa-Hernández V, Jaén-Contreras D (2019) Combinación de fertilización orgánica, inorgánica y hongos micorrízicos para mejorar calidad de los frutos de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch). *Agrociencia* 53(8): 1247-1255.
- García VJA, Castillo MA, Ramírez GM, Rendón SG, Larqué SM (2024) Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para selección de medios. *Agrociencia* 35(1): 79-86.
- García E (2004) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México. 234p.
- Giampieri F, Forbes-Hernández TY, Gasparini M, Álvarez-Suarez JM, Afrin S, Bompadre S, Quiles JL, Mezzetti B, Battino M (2015) Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food Functional* 6(5): 1386-98. <https://doi.org/10.1039/C5FO00147A>
- Giampieri F, Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, Quiles JL, Mezzetti B, Battino M (2012) The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition* 28(1): 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.08.009>
- Hummer KE (2012) A new species of *Fragaria* (Rosaceae) from Oregon. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 6(1): 9-15.
- Hummer KE, Hancock J (2009) Strawberry genomics: Botanical history, cultivation, traditional breeding, and new technologies. In: Foltá KM, Gardiner SE (eds) *Genetics and genomics of rosaceae*. Plant genetics and genomics: Crops and models. Vol 6. Springer, New York, NY. pp. 413-435.
- Domini A (2012) Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.). A través de métodos biotecnológicos. *Cultivos Tropicales* 33(3): 34-41.

- Kilic N (2024) Improvement in plant growth, yield, and fruit quality with biostimulant treatment in organic strawberry cultivation. *HortScience* 59(8): 1165-1171. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17902-24>
- Kirschbaum D (2021) Características botánicas, fisiología, tipos de variedades y de plantas. In: Namesny A, Conesa C, Olmos LM, Papasseit P (eds) Cultivo, poscosecha, procesado y comercio de berries. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. España. pp.103-116.
- Kirschbaum DS, Larson KD, Weinbaum SA, DeJong TM (2015) Differential response of early and intermediate flowering strawberry cultivars to nursery late-season nitrogen applications and digging date. *African Journal of Plant Science* 9(6): 250-263. <https://doi.org/10.5897/AJPS2015.1280>
- Ledesma N, Kawabata S (2016) Responses of two strawberry cultivars to severe high temperature stress at different flower development stages. *Science Horticulture* 211(1): 319-327. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.007>
- Ledesma NA, Nakata M, Sugiyama N (2008) Effect of high temperature stress on the reproductive growth of strawberry cvs. 'Nyoho' and 'Toyonoka'. *Science Horticulture* 116(2): 186-193. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.12.010>
- Leifert C (2022) Organic farming provides a blueprint to improve food quality, safety and security. *Agronomy* 12(631): 363-382. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030631>
- Liston A, Cronn R, Ashman TL (2014) *Fragaria*: A genus with deep historical roots and ripe for evolutionary and ecological insights. *American Journal of Botany* 101: 1686-1699. <https://doi.org/10.3732/ajb.1400140>
- Llacuna L, Mach N (2012) Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética* 16(1): 16-24. <https://doi.org/10.14306/renhyd.16.1.102>
- Llahuen A (2018) Ficha técnica de la variedad Fronteras. México. Agrícola Llahuen 2p.
- Loeza JG (2018) Manual de producción de fresa en Coalcomán Michoacán. Calcoman, Michoacán. ITSC <https://www.itscoalcoman.edu.mx/content/descargas/vinculacion/MANUAL%20PARA%20CULTIVO%20DE%20FRESA%20EN%20COALCOMAN.pdf>. Fecha de consulta: 22 de noviembre de 2024.
- Medina-Bolívar JS, Pinzón-Sandoval E (2016) Efecto de sustratos orgánicos en plantas de fresa (*Fragaria* sp.) cv 'Albion' bajo condiciones de campo. *Ciencia y Agricultura* 13(2): 19-28.
- Minitab 16 (2009) Manejo de minitab. <https://es.scribd.com/doc/58634097/Manual-Minitab-16>. Fecha de Consulta: 22 de noviembre de 2024.
- Morales A, Vargas S, Sigrid S (2017) Manual de manejo agronómico de la frutilla Boletín INIA N°382. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago de Chile 129p. Fecha de Consulta: 22 de Noviembre de 2024.
- Palacios-Valenzuela AB, Granados-Olivas A, Soto-Padilla MY, Flores-Tavizón E (2020) Composición mineral de lixiviados (biofertilizante) de lombriz roja californiana. *Tecnociencia Chihuahua* 3: 166-182.
- Pałka SE, Siudak Z, Kmiecik M, Otwinowska-Mindur A, Grzesiak M (2024) A Preliminary Study on the Modifying Effect of Strawberry Seed Oil and Sex on Rabbit Meat Quality. *Animals* 12: 14(22): 3234. <https://doi.org/10.3390/ani14223234>
- Posada F, Peña-Olmos JE, Vargas-Martínez AF (2011) Propiedades Fisicoquímicas de Fresas (*Fragaria* spp.) Cultivadas Bajo Filtros Fotoselectivos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 64(2): 6221-6228.
- Ramírez-Padrón L, Caamal-Cauich I, Pat Fernández V, Martínez L, Pérez F (2020) Análisis de los indicadores de competitividad de las exportaciones de fresa mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11(4): 815-827.
- Rodríguez-Bautista G, Calderón-Zavala G, Jaen-Contreras D, Curiel-Rodríguez A (2012) Capacidad de propagación y calidad de planta de variedades mexicanas y extranjeras de fresa. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(1): 113-123.
- SAGARPA (2015) Paquete tecnológico de producción de lombricomposta. Humus y lixiviado de lombriz. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

- file:///Users/ecl/Documents/2025/ESDEPED/1-paquete-tecnologico-de-produccion-de-lombricomposta.pdf. Fecha de consulta: 22 de noviembre de 2024.
- Sánchez PDE, Ramírez TNL (2017) Diseño de un modelo de programación lineal para la planeación de producción en un cultivo de fresa, según factores costo/beneficio y capacidades productivas en un periodo temporal definido. Ingenierías USBMed 8(1): 7-11.
- SIAP (2024) Regiones productoras de fresa en México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquería. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do. Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2024.
- Vasquez C, Colmenarez Y, Davila M, Perez M, Zurita H, Telechana N (2016) Ácaros fitófagos asociados a *Fragaria* spp., avances en el manejo de plagas en Sudamérica. Journal of Entomology 13: 110-121. <https://doi.org/10.3923/je.2016.110.121>
- Vivanco K (2021) Pudrición de corona en frutillas (*Phytophthora cactorum*). Frutillas o fresas. NC State Extension. <https://content.ces.ncsu.edu/pudricion-de-la-corona-por-phytophthora>. Fecha de consulta: 22 de noviembre de 2024.
- Warner R, Wu BS, MacPherson S, Lefsrud M (2021) A Review of strawberry photobiology and fruit flavonoids in controlled environments. Frontier Plant Science 12(6): 118-133. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.611893>