Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Efecto del Thidiazuron sobre el crecimiento vegetativo y la productividad de higuera (*Ficus carica* L.) bajo condiciones áridas

Effect of thidiazuron on the vegetative growth and productivity of fig (*Ficus carica* L.) under arid conditions

Ruisanchez-Ortega, Y.[a,c]*, Núñez-Ramírez, F.[b], Romero-Félix, C.S.[c], Ruelas-Islas, J.R.[c], Buelna-Tarín, S.[c], Salomón-Torres, R.[a], Valle-Gough, R.[b], Olivas-López, C.A.[a], Samaniego-Sandoval, L.[a]

[a] Universidad Estatal de Sonora. C.P. 83455, San Luis Rio Colorado. Sonora. México. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-4317-3330*, https://orcid.org/0000-0002-6486-2131, https://orcid.org/0000-0002-2327-4608.

[b] Instituto de Ciencia Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, C.P. 21705, Mexicali, Baja California. México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5405-3875, https://orcid.org/0000-0002-0376-946X.

[c] Facultad de Agronomía Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa, C.P. 81110, Sinaloa. México. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-4317-3330*, https://orcid.org/0000-0002-8336-447X, https://orcid.org/0000-0002-8833-6929, https://orcid.org/0000-0001-7239-7594.

yohandri.ruisanchez@ues.mx*; fidel.nunez@uabc.edu.mx; celiaromero@uas.mx; chuyitaruelas@favf.mx; buelnatarin@gmail.com; ricardo.salomon@ues.mx; raul.gough@ues.mx; yoyo1982ok@gmail.com; laura.samaniego@ues.mx

Innovación tecnológica: Se presenta la evaluación de regulador del crecimiento vegetal en el cultivo de higuera.

Área de aplicación industrial: En el área de la agricultura, noroeste de México**.**

Recibido: 30 junio 2026
Aceptado: 05 octubre 2026

Abstract

Thidiazuron (TDZ) is a plant growth regulator with cytokinin activity whose use in fig trees under field conditions has been scarcely studied. This study aimed to evaluate the effects of different TDZ doses on the vegetative growth and yield components of *Ficus carica* L. cv. Black Mission during the 2024 and 2025 growing seasons in the Mexicali Valley, Baja California, Mexico. A completely randomized design with three treatments (0, 0.75 and 1.00 mL L^{-1}) and four replicates was used. One application was performed per growing season in May, when the plants exhibited active vegetative growth and the fruits were at an early developmental stage. Shoot length and diameter, number of leaves, representative leaf area, number of fruits, average fruit weight, and yield were evaluated. The 0.75 mL L^{-1} dose promoted shoot elongation, whereas shoot diameter showed a

transient response and representative leaf area was not significantly affected by TDZ. Treated plants exhibited fewer leaves during the first 21 days after application. Both TDZ concentrations significantly increased average fruit weight and yield compared with the control, with no significant differences between concentrations for these variables. The 1.00 mL L^{-1} concentration produced the highest number of fruits. The year and the dose × year interaction did not significantly affect the yield variables. These results indicate that TDZ has the potential to improve the productivity of 'Black Mission' figs under the evaluated conditions.

Keywords: Cytokinins; vegetative growth; fig; growth regulators; yield.

Resumen

El Thidiazuron (TDZ) es un regulador del crecimiento con actividad citocinínica cuyo uso en higuera bajo condiciones de campo ha sido escasamente estudiado. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de TDZ sobre el crecimiento vegetativo y los componentes del rendimiento de *Ficus carica* L. cv. Black Mission durante los ciclos agrícolas 2024 y 2025 en el Valle de Mexicali, Baja California, México. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos (0, 0.75 y 1.00 mL L^{-1}) y cuatro repeticiones. Se realizó una aplicación por ciclo durante mayo, cuando las plantas presentaban crecimiento vegetativo activo y frutos en desarrollo temprano. Se evaluaron longitud y diámetro del brote, número de hojas, área de una hoja representativa, número de frutos, peso promedio del fruto y rendimiento. La dosis de 0.75 mL L^{-1} favoreció la elongación del brote, mientras que el diámetro mostró una respuesta transitoria y el área de la hoja representativa no fue afectada significativamente por el TDZ. Las plantas tratadas presentaron menor número de hojas durante los primeros 21 días posteriores a la aplicación. Ambas concentraciones de TDZ incrementaron significativamente el peso promedio del fruto y el rendimiento respecto al testigo, sin diferencias entre ellas para estas variables. La concentración de 1.00 mL L^{-1} produjo el mayor número de frutos. El año y la interacción dosis × año no afectaron significativamente las variables productivas. Estos resultados indican que el TDZ presenta potencial para mejorar la productividad de 'Black Mission' bajo las condiciones evaluadas.

Palabras claves: *Citocininas; crecimiento vegetativo; higuera; reguladores del crecimiento; rendimiento.*

Introducción

La higuera (*Ficus carica* L.) es un frutal cultivado en regiones mediterráneas, subtropicales y semiáridas, cuyos frutos se destinan tanto al consumo fresco como al procesamiento. En 2024, la producción mundial de higo alcanzó aproximadamente 1.34 millones de toneladas, concentrándose principalmente en Turquía, Egipto, Argelia, Marruecos e Irán, con Turquía como principal productor mundial, con alrededor del 28% del volumen total (FAOSTAT, 2026). En México, su cultivo constituye una actividad hortícola emergente con posibilidades de expansión, particularmente en las regiones áridas y semiáridas del noroeste del país. Sin embargo, el desarrollo de este sistema productivo enfrenta limitaciones relacionadas con la disponibilidad de tecnologías de manejo agronómico validadas localmente. Una revisión reciente sobre la producción de higo en México identificó vacíos de

conocimiento relacionados específicamente con sistemas de poda, uso de reguladores de crecimiento vegetal y manejo poscosecha, aspectos que limitan el desarrollo de recomendaciones técnicas adaptadas a las condiciones regionales (Ruisanchez-Ortega et al., 2026).

Entre los cultivares establecidos comercialmente en México, 'Black Mission' presenta particular relevancia productiva y constituye el cultivar predominante en plantaciones comerciales del noroeste del país, particularmente en Baja California y Sonora (Ruisanchez-Ortega et al., 2026). Su importancia agronómica también se refleja en investigaciones recientes realizadas en México, donde se ha evaluado su respuesta productiva a diferentes estrategias de fertilización y sistemas de manejo (Muñoz-Rocha et al., 2025). En este contexto, la evaluación de prácticas orientadas a mejorar su crecimiento y rendimiento resulta pertinente para los sistemas comerciales establecidos en regiones áridas del noroeste mexicano.

Entre estas estrategias, el empleo de reguladores de crecimiento vegetal representa una alternativa para modificar determinados procesos asociados con el desarrollo vegetativo y reproductivo de los frutales. El Thidiazuron (TDZ) es un compuesto derivado de fenilurea con elevada actividad citocinínica, cuya respuesta fisiológica depende de factores como la concentración utilizada, el tejido tratado y el estado de desarrollo de la planta (Ali et al., 2022). El TDZ ha mostrado efectos sobre diferentes procesos reproductivos y productivos en especies frutales bajo condiciones de campo. En peral (*Pyrus* spp.), su aplicación durante la floración incrementó el cuajado y el rendimiento y, dependiendo del cultivar, también el tamaño del fruto (Pasa et al., 2017). Asimismo, en kiwi (*Actinidia* spp.), tratamientos con TDZ han promovido incrementos en la masa y el tamaño del fruto (Famiani et al., 2007). Estos antecedentes evidencian que la respuesta al TDZ puede expresarse en diferentes componentes del crecimiento y la productividad de especies frutales, aunque su magnitud depende de la especie, cultivar, concentración y momento de aplicación.

En *F. carica*, la sensibilidad de los tejidos a reguladores con actividad citocinínica ha sido demostrada en estudios de propagación in vitro. Parab et al. (2021), al evaluar concentraciones de TDZ entre 5 y 30 mM en yemas apicales de *F. carica* var. Black Jack cultivadas in vitro, observaron respuestas diferenciales en la inducción de brotes, registrándose el mayor número de brotes con 20 mM de TDZ. Aunque estos resultados corresponden a condiciones in vitro y a concentraciones que no son directamente comparables con aplicaciones foliares en campo, evidencian la capacidad de los tejidos de higuera para responder al TDZ.

A pesar del potencial del TDZ como regulador del crecimiento vegetal, la información disponible sobre su aplicación foliar en plantas adultas de *F. carica* bajo condiciones de campo continúa siendo limitada, particularmente respecto a sus efectos simultáneos sobre el crecimiento vegetativo y los componentes del rendimiento. Esta brecha adquiere especial importancia en el noroeste de México, donde se ha señalado la necesidad de generar información sobre el uso de reguladores de crecimiento adaptada a los sistemas regionales de producción de higo (Ruisanchez-Ortega et al., 2026). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosis de Thidiazuron sobre el crecimiento vegetativo y los componentes del rendimiento de *Ficus carica* L. cv. Black Mission durante dos ciclos agrícolas bajo condiciones de campo

en el Valle de Mexicali, Baja California, México.

Materiales y equipos

La investigación se realizó durante los ciclos agrícolas 2024 y 2025 en una huerta comercial de la empresa Figs and Dates, ubicada en el Valle de Mexicali, Baja California, México (32.533422° N, 115.131355° O; Figura 1). El cultivo se estableció en condiciones de campo abierto sobre un suelo clasificado como Xerosol, con pH de 8.13, conductividad eléctrica de 1.65 dS m^{-1}, contenido de materia orgánica de 0.95%, nitrógeno disponible de 60.2 mg kg^{-1}, fósforo de 11.4 mg kg^{-1} y potasio intercambiable de 0.49 cmol(+) kg^{-1}.

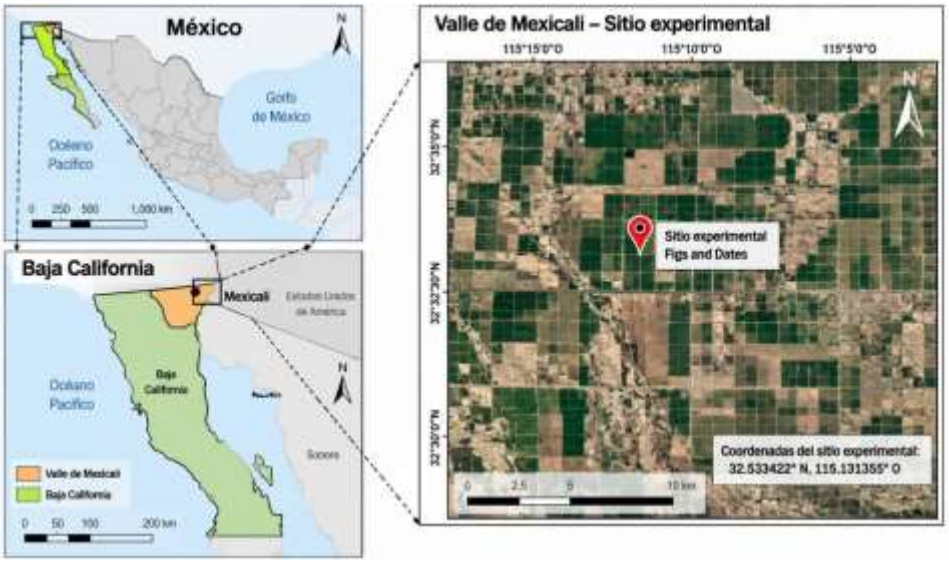


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio experimental en el Valle de Mexicali, Baja California, México (32.533422° N, 115.131355° O).

Para caracterizar el ambiente durante el desarrollo del cultivo se consideraron los registros de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación correspondientes a los ciclos agrícolas 2024 y 2025 (CONAGUA, 2025). Durante el periodo comprendido entre mayo y octubre, correspondiente a la aplicación de los tratamientos y desarrollo de la cosecha, la temperatura media fue de 24.3 °C en 2024 y 23.7 °C en 2025. Las temperaturas medias mensuales oscilaron entre 19.7 y 27.7 °C en 2024 y entre 20.5 y 26.7 °C en 2025. La información climática se utilizó únicamente con fines descriptivos y para contextualizar las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolló el estudio, por lo que estas variables no fueron consideradas como factores dentro del diseño experimental ni del análisis estadístico.

Se utilizaron plantas de higuera (*F. carica* L.) variedad Black Mission de dos años de edad, establecidas a una densidad de 1,666 plantas ha^{-1} (2 × 3 m). Esta variedad se caracteriza por su elevada adaptación a condiciones áridas y por producir frutos de epidermis violeta oscura con alta aceptación comercial (García Ruíz, 2015). Las plantas presentaban crecimiento uniforme, ausencia de daños severos ocasionados por plagas o enfermedades y recibieron un manejo agronómico homogéneo durante todo el periodo experimental.

Métodos experimentales

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar (DCA), con tres tratamientos correspondientes a diferentes

dosis de Thidiazuron (TDZ): T1, 0 mL L^{-1} (testigo); T2, 0.75 mL L^{-1}; y T3, 1.00 mL L^{-1}, con cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a 12 parcelas experimentales distribuidas dentro de un sector de la huerta con condiciones homogéneas de suelo, topografía y manejo agronómico. Cada parcela experimental ocupó una superficie de 54 m² (18 m de largo × 3 m de ancho) y constituyó una unidad experimental independiente.

Cada unidad experimental estuvo integrada por cinco plantas, para un total de 60 plantas en el experimento (3 tratamientos × 4 repeticiones × 5 plantas). Para la toma de datos se utilizaron las tres plantas centrales de cada unidad experimental, mientras que las dos plantas ubicadas en los extremos se consideraron plantas de borde, con el propósito de reducir posibles efectos derivados de la proximidad entre parcelas. De esta manera, se evaluaron 36 plantas útiles en total. Las tres plantas centrales constituyeron unidades de observación o submuestras dentro de cada parcela, mientras que la parcela de cinco plantas constituyó la unidad experimental para determinar el efecto de los tratamientos.

El producto utilizado fue Charger-Plex® (AgroScience, Jalisco, México), formulado con 42.5% de Thidiazuron (TDZ) como ingrediente activo. El TDZ es un regulador del crecimiento vegetal derivado de fenilurea con actividad citocinínica (Nisler, 2018). Se realizó una única aplicación por ciclo agrícola, el 15 de mayo de 2024 y el 14 de mayo de 2025. Al momento de la aplicación, las plantas se encontraban en crecimiento vegetativo activo, con brotes que presentaban aproximadamente 12 hojas completamente expandidas por rama. Los frutos se encontraban en una etapa temprana de desarrollo, caracterizada por coloración verde, consistencia firme y crecimiento activo, correspondiente aproximadamente a la transición entre la fase I de rápido crecimiento y la fase II de crecimiento lento de la curva doble sigmoidea característica del desarrollo del fruto de *F. carica* L. (Jusoh & Ding, 2023).

La solución se preparó de acuerdo con la concentración correspondiente a cada tratamiento (0, 0.75 y 1.00 mL L^{-1} del producto comercial), utilizando agua ajustada a pH 6.0 y Surfacid® como surfactante a una concentración de 1 mL L^{-1}. La aplicación se realizó mediante aspersión foliar con una mochila manual de 15 L equipada con una boquilla regulable de cono hueco (hollow cone), operada a una presión de 20 psi y con un volumen de aplicación equivalente a 300 L ha^{-1}. La aspersión se dirigió uniformemente sobre brotes, hojas y frutos presentes, evitando el escurrimiento de la solución.

En ambos ciclos, las aplicaciones se efectuaron entre las 06:00 y 07:00 h, con una temperatura ambiente aproximada de 25 °C. Durante la aplicación no se registraron precipitaciones ni condiciones ambientales adversas que pudieran comprometer la deposición del producto sobre la superficie vegetal.

El sistema de riego empleado fue por goteo, utilizando cuatro emisores por planta de 8 L h^{-1} (gasto total 32 L h^{-1} por planta) distribuidos alrededor de la planta a 30 cm entre sí. La aplicación del agua se distribuyó en tres periodos: brotación (120 L $planta^{-1}$ $semana^{-1}$), cuajado-engorde-envero (200 L $planta^{-1}$ $semana^{-1}$) y maduración (100 L $planta^{-1}$ $semana^{-1}$). La fertilización consistió en 416.5 kg N ha^{-1}, 333.2 kg P ha^{-1}, 500 kg K ha^{-1}, 250 kg Ca ha^{-1} y 125 kg Mg ha^{-1}, la cual se aplicó a través del sistema de riego.

Las variables vegetativas evaluadas fueron longitud del brote (cm), diámetro del brote (mm), número de hojas (u) y área foliar de una hoja representativa (cm²). En cada una de

las 36 plantas útiles se seleccionó un brote representativo, el cual fue identificado al inicio del periodo de evaluación y utilizado de manera permanente para todas las mediciones posteriores. Las evaluaciones se realizaron a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (dda), de manera que cada brote fue medido repetidamente a través del tiempo.

La longitud del brote se determinó desde la base del brote hasta el ápice utilizando una regla graduada; el diámetro se midió con un vernier digital en la porción media del mismo brote; y el número de hojas correspondió al total de hojas completamente expandidas presentes en el brote seleccionado. Para estimar el área de la hoja, en cada brote seleccionado se eligió una hoja representativa ubicada en la porción media del brote completamente expandida. La hoja seleccionada se identificó y se utilizó para las evaluaciones posteriores a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (dda). El área de la hoja (cm^2) se estimó de manera no destructiva a partir de sus dimensiones lineales. Se registraron el largo (L), desde la base de la lámina hasta el ápice, y el ancho máximo (A), perpendicular al eje longitudinal. El área se calculó mediante la expresión:

$$\boldsymbol{AF = L * A * K}$$

Donde AF corresponde al área estimada de la hoja (cm^2), L al largo de la hoja (cm), A al ancho máximo de la hoja (cm) y K al coeficiente de corrección. Para *Ficus carica* L. cv. Black Mission se utilizó K = 0.66, de acuerdo con Khamis et al. (2006). El empleo de dimensiones lineales permite realizar estimaciones no destructivas del área de la hoja (Urteaga, 2021).

Las variables productivas evaluadas fueron número de frutos por planta (frutos $planta^{-1}$), peso promedio del fruto (g), rendimiento acumulado por planta (kg $planta^{-1}$) y rendimiento por unidad de superficie (t ha^{-1}). Las cosechas se realizaron sucesivamente entre el 5 de junio y el 20 de octubre de cada ciclo agrícola (2024 y 2025), recolectando los frutos conforme alcanzaron la madurez comercial.

El número de frutos por planta correspondió al total acumulado de frutos cosechados durante dicho periodo. El rendimiento acumulado por planta (kg $planta^{-1}$) se determinó mediante la suma de la masa fresca de los frutos obtenidos en las cosechas sucesivas. El peso promedio del fruto (g) se calculó a partir de la relación entre la masa fresca acumulada de los frutos cosechados y el número total de frutos registrados por planta. Finalmente, el rendimiento por unidad de superficie (t ha^{-1}) se estimó a partir del rendimiento promedio acumulado por planta y la densidad de plantación de 1,666 plantas ha^{-1}.

Los valores obtenidos de las plantas evaluadas dentro de cada parcela se promediaron para generar un único valor por unidad experimental para cada variable y fecha de evaluación. Previo al análisis de varianza, se verificó la normalidad de los residuos mediante la prueba de Anderson-Darling y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

Las variables de crecimiento vegetativo longitud y diámetro del brote, número de hojas y área foliar evaluadas a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (dda) se analizaron separadamente para cada fecha mediante análisis de varianza (ANOVA), considerando los efectos de la dosis de TDZ, el año y la interacción dosis × año. Debido a que las evaluaciones sucesivas correspondieron a las mismas unidades experimentales, el análisis se restringió a las comparaciones entre tratamientos dentro de cada fecha; por tanto, no se realizaron inferencias estadísticas sobre el efecto del

tiempo ni sobre interacciones que involucraran este factor.

Las variables productivas se analizaron mediante un análisis de varianza considerando los efectos de la dosis de TDZ, el año y la interacción dosis × año. Cuando la interacción dosis × año no fue significativa, el efecto de la dosis se interpretó a partir de las medias marginales obtenidas considerando ambos años de evaluación. Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados se expresaron como media ± error estándar. Los análisis se realizaron con Minitab® 19 (Minitab LLC, State College, PA, EE. UU.).

Resultados y discusión

Crecimiento vegetativo

En la Tabla 1 se presentan los efectos de las diferentes dosis de Thidiazuron (TDZ) sobre la longitud y el diámetro del brote de higuera cv. Black Mission a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (dda), considerando además los efectos del año de evaluación y de la interacción dosis × año.

La longitud del brote presentó diferencias significativas entre las dosis de TDZ a los 7 y 21 dda ($P < 0.001$), mientras que a los 14 dda no se detectaron diferencias significativas ($P = 0.070$). A los 7 dda, el testigo y 0.75 mL L^{-1} presentaron valores similares (14.23 y 14.29 cm, respectivamente), ambos superiores a 1.00 mL L^{-1} (13.05 cm). A los 21 dda, 0.75 mL L^{-1} produjo la mayor longitud del brote (39.84 cm), superando significativamente al testigo (35.85 cm) y a 1.00 mL L^{-1} (35.45 cm), entre los cuales no se detectaron diferencias significativas. Esto representó un incremento de 11.1% respecto al testigo. El año y la interacción dosis × año no afectaron significativamente esta variable en ninguno de los momentos evaluados.

El diámetro del brote presentó diferencias significativas entre las dosis de TDZ únicamente a los 14 dda ($P = 0.022$), mientras que a los 7 y 21 dda no se detectaron diferencias significativas ($P = 0.268$ y $P = 0.149$, respectivamente). A los 14 dda, el testigo presentó el mayor diámetro del brote (4.03 mm), significativamente superior a los tratamientos con 0.75 y 1.00 mL L^{-1} de TDZ, ambos con 3.90 mm y sin diferencias entre ellos. El año y la interacción dosis × año no afectaron significativamente esta variable en ninguno de los momentos evaluados.

Tabla 1. Efecto del Thidiazuron (TDZ) sobre la longitud y el diámetro del brote de higuera (*Ficus carica* L.) cv. Black Mission.

Tratamientos	Longitud del brote (cm)			Diámetro del brote (mm)		
Dosis TDZ	**7 dda**	**14 dda**	**21 dda**	**7 dda**	**14 dda**	**21 dda**
0 mL L^{-1}	14.23 ± 0.20 a	23.61 ± 0.18	35.85 ± 0.11 b	2.19 ± 0.05	4.03 ± 0.03 a	4.13 ± 0.05
0.75 mL L^{-1}	14.29 ± 0.21 a	24.09 ± 0.28	39.84 ± 0.16 a	2.11 ± 0.03	3.90 ± 0.04 b	4.01 ± 0.03
1.00 mL L^{-1}	13.05 ± 0.20 b	23.55 ± 0.17	35.45 ± 0.13 b	2.13 ± 0.01	3.90 ± 0.01 b	4.00 ± 0.04
Año						
2024	13.86 ± 0.18	23.75 ± 0.15	36.38 ± 0.10	2.12 ± 0.02	3.93 ± 0.02	4.03 ± 0.04
2025	13.87 ± 0.15	23.74 ± 0.14	36.39 ± 0.11	2.16 ± 0.04	3.95 ± 0.03	4.06 ± 0.02
Significancia						
Dosis (D)	< 0.001	0.070	< 0.001	0.268	0.022	0.149
Año (A)	0.987	0.981	0.959	0.365	0.613	0.571
D × A	0.980	0.988	0.960	0.983	0.978	0.871

Nota: Los valores corresponden a media ± error estándar. Medias seguidas por letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas entre dosis de TDZ según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las columnas sin letras corresponden a efectos no significativos de la dosis ($P > 0.05$). D = dosis; A = año; D × A = interacción dosis × año; dda = días después de la aplicación.

La respuesta observada confirma que el crecimiento del brote de higuera puede ser modificado por reguladores con actividad citocinínica. En este sentido, Parab et al. (2021) observaron bajo condiciones in vitro que la respuesta de yemas apicales de *F. carica* var. Black Jack varió en función del regulador del crecimiento utilizado. Aunque estos resultados no son directamente comparables con plantas establecidas en campo, respaldan la sensibilidad de los tejidos de *F. carica* a reguladores con actividad citocinínica. En el presente estudio, esta respuesta se manifestó como una mayor elongación del brote con 0.75 mL L^{-1} de TDZ a los 21 dda. Desde el punto de vista agronómico, el incremento en la longitud del brote observado con 0.75 mL L^{-1} evidencia una mayor respuesta vegetativa temprana; sin embargo, este efecto debe interpretarse conjuntamente con el número de hojas y los componentes productivos antes de atribuirle una ventaja de manejo.

La reducción transitoria del diámetro del brote observada con TDZ a los 14 dda, junto con la mayor elongación registrada con 0.75 mL L^{-1} a los 21 dda, sugiere una respuesta diferencial de los componentes del crecimiento vegetativo. Este comportamiento es congruente con la capacidad del TDZ para modificar procesos de crecimiento y desarrollo vegetal y con la dependencia de sus efectos respecto a la concentración y al estado fisiológico del tejido (Ali et al., 2022). Sin embargo, debido a que las diferencias en diámetro no persistieron hasta los 21 dda, el efecto debe interpretarse como una respuesta transitoria y no como una modificación sostenida del grosor del brote.

El número de hojas fue afectado significativamente por la dosis de TDZ en los tres momentos de evaluación ($P < 0.001$), registrándose los mayores valores en el testigo. A los 21 dda, las aplicaciones de 0.75 y 1.00 mL L^{-1} redujeron el número de hojas en 15.1 y 9.2 %, respectivamente, en comparación con el testigo. En contraste, el área de la hoja representativa no presentó diferencias significativas entre las dosis de TDZ en ninguna de las fechas evaluadas ($P > 0.05$). El año y la interacción dosis × año tampoco mostraron efectos significativos sobre estas variables (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto del Thidiazuron (TDZ) sobre el número de hojas y el área de la hoja representativa de higuera (*Ficus carica* L.) cv. Black Mission.

Tratamientos	**Número de hojas**			**Área de la hoja (cm^2)**		
Dosis TDZ	**7 dda**	**14 dda**	**21 dda**	**7 dda**	**14 dda**	**21 dda**
0 mL L^{-1}	14.57 ± 1.60 a	18.25 ± 2.40 a	19.40 ± 1.80 a	154.16 ± 12.05	167.31 ± 12.62	182.78 ± 12.57
0.75 mL L^{-1}	13.71 ± 2.00 b	14.81 ± 1.80 c	16.48 ± 2.45 b	160.14 ± 12.03	171.70 ± 12.62	180.55 ± 12.55
1.00 mL L^{-1}	14.02 ± 1.40 b	17.01 ± 1.57 b	17.62 ± 3.10 b	155.15 ± 12.00	166.94 ± 12.39	178.11 ± 12.42
Año						
2024	14.00 ± 1.30	16.57 ± 1.90	17.70 ± 1.50	156.38 ± 11.55	168.54 ± 9.76	180.34 ± 11.97
2025	13.20 ± 1.60	16.81 ± 2.10	17.96 ± 1.90	156.59 ± 10.50	168.76 ± 10.14	180.61 ± 11.62
Significancia						
Dosis (D)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.220	0.499	0.568
Año (A)	0.308	0.394	0.224	0.945	0.952	0.568
D × A	0.894	0.996	0.813	0.902	0.984	0.964

Nota: Los valores corresponden a media ± error estándar. Medias seguidas por letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas entre dosis de TDZ según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las columnas sin letras corresponden a efectos no significativos de la dosis ($P > 0.05$). D = dosis; A = año; D × A = interacción dosis × año; dda = días después de la aplicación.

La disminución del número de hojas en las plantas tratadas con TDZ, particularmente considerando que 0.75 mL L^{-1} promovió una mayor elongación del brote a los 21 dda, evidencia que los componentes del crecimiento vegetativo respondieron de manera diferencial al regulador. Este comportamiento podría estar asociado con

modificaciones en el patrón de crecimiento del brote relacionadas con la actividad citocinínica del TDZ, cuya respuesta puede variar en función de la concentración aplicada y de la sensibilidad del tejido vegetal (Kumar et al., 2024; Nisler, 2018).

Sin embargo, los resultados obtenidos no permiten establecer el mecanismo fisiológico responsable. Desde el punto de vista agronómico, la mayor elongación acompañada de un menor número de hojas indica que el efecto del TDZ sobre el crecimiento vegetativo no debe interpretarse únicamente a partir de la longitud del brote.

Debido a que se determinó el área de una hoja representativa y no el área foliar total por brote o planta, estos resultados no permiten establecer si la reducción del número de hojas produjo cambios en el área foliar total ni realizar inferencias directas sobre la capacidad fotosintética de las plantas.

Componentes del rendimiento

En la Tabla 3 se presenta el efecto de las diferentes dosis de TDZ sobre el número acumulado de frutos por planta, peso promedio del fruto, rendimiento acumulado por planta y rendimiento por unidad de superficie durante los ciclos agrícolas 2024 y 2025.

La dosis de TDZ afectó significativamente el número de frutos por planta ($P = 0.001$), el peso promedio del fruto, el rendimiento por planta y el rendimiento por unidad de superficie ($P < 0.001$). La concentración de 1.00 mL L^{-1} produjo el mayor número de frutos (431 frutos $planta^{-1}$), seguida de 0.75 mL L^{-1} (420 frutos $planta^{-1}$) y del testigo (414 frutos $planta^{-1}$), con diferencias significativas entre los tres tratamientos. Esto representó un incremento de 4.1% en el número de frutos con 1.00 mL L^{-1} respecto al testigo. El año y la interacción dosis × año no afectaron significativamente esta variable.

El peso promedio del fruto también aumentó significativamente con la aplicación de TDZ. Las concentraciones de 0.75 y 1.00 mL L^{-1} alcanzaron 31.21 y 33.19 g $fruto^{-1}$, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas, pero ambas superiores al testigo (26.15 g $fruto^{-1}$). De manera similar, el rendimiento acumulado por planta fue de 13.06 y 13.62 kg $planta^{-1}$ con 0.75 y 1.00 mL L^{-1}, respectivamente, frente a 10.77 kg $planta^{-1}$ en el testigo. El rendimiento por unidad de superficie siguió el mismo comportamiento, con 21.76, 22.69 y 17.94 t ha^{-1}, respectivamente. En términos relativos, 1.00 mL L^{-1} incrementó el peso promedio del fruto en 26.9% y el rendimiento en 26.5% respecto al testigo. El año y la interacción dosis × año no mostraron efectos significativos sobre estas variables.

Tabla 3. Efecto del Thidiazuron (TDZ) sobre los componentes del rendimiento de higuera (*Ficus carica* L.) cv. Black Mission.

Tratamientos Dosis TDZ	Número de frutos $planta^{-1}$ (u)	Peso promedio del fruto (g)	Kg $planta^{-1}$	t ha^{-1}
0 mL L^{-1}	414 ± 13.35 c	26.15 ± 0.23 b	10.77 ± 1.40 b	17.94 ± 2.30 b
0.75 mL L^{-1}	420 ± 13.34 b	31.21 ± 0.21 a	13.06 ± 1.10 a	21.76 ± 1.83 a
1.00 mL L^{-1}	431 ± 13.30 a	33.19 ± 0.25 a	13.62 ± 1.38 a	22.69 ± 2.28 a
Año				
2024	421 ± 12.70	30.09 ± 0.19	12.42 ± 1.10	20.70 ± 1.90
2025	422 ± 12.72	30.27 ± 0.20	12.54 ± 1.08	20.90 ± 2.10
Significancia				
Dosis (D)	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Año (A)	0.712	0.517	0.450	0.450
D × A	0.988	0.936	0.894	0.894

Nota: Los valores corresponden a media ± error estándar. Medias seguidas por letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas entre dosis de TDZ según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las columnas sin letras corresponden a efectos no significativos de la dosis ($P > 0.05$). D = dosis; A = año; D × A = interacción dosis × año.

El incremento del rendimiento observado con la aplicación de TDZ estuvo asociado principalmente con el mayor peso promedio del fruto, debido a que el aumento relativo de esta variable con 1.00 mL L^{-1} (26.9%) fue considerablemente mayor que el registrado en el número de frutos por planta (4.1%). Esta respuesta coincide con antecedentes en otras especies frutales. En kiwi (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'), Famiani et al. (2007) observaron incrementos significativos en el peso del fruto con la aplicación de TDZ. Asimismo, en uva de mesa 'Shine Muscat', tratamientos que incluyeron TDZ en combinación con GA_3 incrementaron el peso y tamaño de las bayas (Choi et al., 2023; Wang et al., 2020). En peral, Pasa et al. (2017) reportaron incrementos en el cuajado y rendimiento y, dependiendo del cultivar, en el tamaño del fruto. En conjunto, estos antecedentes indican que la respuesta productiva al TDZ puede expresarse mediante diferentes componentes del rendimiento y que su magnitud depende de la especie, cultivar, concentración y estrategia de aplicación.

El mayor peso del fruto observado con TDZ podría estar relacionado con su actividad citocinínica, considerando que las citocininas participan en la regulación de la división y expansión celular, procesos determinantes del crecimiento y tamaño final del fruto (Zhao et al., 2021; Ordoñez Trejo et al., 2023; Bu et al., 2025). No obstante, en el presente estudio estos procesos fisiológicos no fueron evaluados directamente, por lo que el incremento en el peso del fruto debe interpretarse como una respuesta asociada a la aplicación de TDZ y no como evidencia directa de un mecanismo fisiológico específico.

Desde el punto de vista agronómico, ambas concentraciones de TDZ incrementaron el peso promedio del fruto y el rendimiento respecto al testigo; sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre 0.75 y 1.00 mL L^{-1} para estas variables. Por lo tanto, bajo las condiciones evaluadas, los resultados evidencian una respuesta productiva favorable a la aplicación de TDZ, pero no permiten establecer superioridad de 1.00 mL L^{-1} sobre 0.75 mL L^{-1} en términos de peso del fruto o rendimiento.

Conclusiones

La concentración de 0.75 mL L^{-1} de TDZ favoreció la elongación del brote, mientras que el diámetro presentó una respuesta transitoria y el área de la hoja representativa no fue afectada significativamente. Ambas concentraciones de TDZ redujeron el número de hojas durante los primeros 21 días posteriores a la aplicación. En las variables productivas, 0.75 y 1.00 mL L^{-1} incrementaron significativamente el peso promedio del fruto y el rendimiento respecto al testigo, sin diferencias significativas entre ambas concentraciones para estas variables, mientras que 1.00 mL L^{-1} produjo el mayor número de frutos por planta. El año y la interacción dosis × año no afectaron significativamente las variables productivas. Bajo las condiciones evaluadas en el Valle de Mexicali, estos resultados muestran que el TDZ tiene potencial para mejorar la productividad de 'Black Mission'; sin embargo, la ausencia de diferencias en rendimiento entre las dos concentraciones evaluadas no permite establecer una concentración óptima.

Referencias

Ali, H. M., Khan, T., Khan, M. A., & Ullah, N. (2022). The multipotent thidiazuron: A mechanistic overview of its roles in callogenesis and other

plant cultures in vitro. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, *69*(6), 2624-2640. https://doi.org/10.1002/bab.2311

Bu, H., Sun, X., Hu, Y., Gu, G., Yang, Y., & Yu, W. (2025). Research Advances in the Regulation of Fruit Size: An Integrated Perspective of Genetic, Hormonal, Epigenetic, and Environmental Control. *Biology*, *14*(12), 1643. https://doi.org/10.3390/biology14121643

Choi, S., Ban, S., & Choi, C. (2023). The Impact of Plant Growth Regulators and Floral Cluster Thinning on the Fruit Quality of 'Shine Muscat' Grape. *Horticulturae*, *9*(3), 392. https://doi.org/10.3390/horticulturae9030392

CONAGUA. (2025). *Servicio Meteorológico Nacional*. https://smn.conagua.gob.mx/es/

Famiani, F., Proietti, P., Pilli, M., Battistelli, A., & Moscatello, S. (2007). Effects of application of thidiazuron (TDZ), gibberellic acid (GA3), and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) on fruit size and quality of *Actinidia deliciosa* 'Hayward'. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *35*(3), 341-347. https://doi.org/10.1080/01140670709510200

FAOSTAT. (2026). *Crop production, yield, harvested area (Global, National—Annual)—FAOSTAT - «FAO catalog»*. https://data.fao.org/catalog/iso/d24a448b-3b62-4c09-8c1d-4a39bb599876?utm_source=chatgpt.com

García Ruíz, M. T. (2015). *Caracterización morfológica y genética de variedades mexicanas de higo (Ficus carica L.)*. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2570

Jusoh, N. A. M., & Ding, P. (2023). Morphometrics and structural changes of fig (*Ficus carica* L. var. Ipoh Blue Giant) syconium during growth, maturation and on-tree ripening. *Scientia Horticulturae*, *321*, 112347. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112347

Khamis, M. A., Bakry, Kh. A., El-Sayed, M. E., & El-Husseiny, A. M. (2006). Evaluation of some fig cultivar in egypt. 1- Vegetative growth and nutritional status. *ResearchGate*, *1*(2), 87-104.

Kumar, A., Rajan, R., Pandey, K., Ramprasad, R. R., Kaur, G., Vamshi, T., & Singh, T. (2024). Impact of new generation plant growth regulators on fruit crops – A Review. *Horticultural Science*, *51*(1), 1-22. https://doi.org/10.17221/166/2022-HORTSCI

Muñoz-Rocha, B. G., Zermeño-González, A., Ramírez-Rodríguez, H., Betancour-Galindo, R., & Hernández-Pérez, A. (2025). Bocashi y fertilización NPK afectan la producción de higuera cv. Black Mission. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *12*(2). https://doi.org/10.19136/era.a12n2.4179

Nisler, J. (2018). *TDZ: Mode of Action, Use and Potential in Agriculture | Springer Nature Link* (pp. 37-59). Springer, Singapore.

https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-10-8004-3_2

Parab, A. R., Chew, B. L., Yeow, L. C., & Subramaniam, S. (2021). Organogenesis on apical buds in common fig (*Ficus carica*) var. Black Jack. *Electronic Journal of Biotechnology*, *54*, 69-76. https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2021.10.001

Pasa, M. S., Silva, C. P. D., Carra, B., Brighenti, A. F., Souza, A. L. K. D., & Petri, J. L. (2017). Thidiazuron (TDZ) increases fruit set and yield of 'Hosui' and 'Packham's Triumph' pear trees. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, *89*, 3103-3110. https://doi.org/https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170644

Ruisanchez-Ortega, Y., Núñez-Ramírez, F., Romero-Félix, C. S., del Rosario Ruelas-Islas, J., Buelna-Tarín, S., Valle-Gough, R., Samaniego-Gámez, B. Y., & Salomón-Torres, R. (2026). Trends and prospects for *Ficus carica* L. production in Mexico. *Discover Plants*, *3*(1), 300. https://doi.org/10.1007/s44372-026-00760-4

Urteaga, O. (2021). Non-Destructive leaf area estimation in fruits: Update and state of the art. *evista FAVE - Ciencias Agrarias, 2*, *20*, 77-90.

Wang, W., Khalil-Ur-Rehman, M., Wei, L.-L., Nieuwenhuizen, N. J., Zheng, H., & Tao, J.-M. (2020). Effect of Thidiazuron on Terpene Volatile Constituents and Terpenoid Biosynthesis Pathway Gene Expression of Shine Muscat (*Vitis labrusca* × *V. vinifera*) Grape Berries. *Molecules*, *25*(11), 2578. https://doi.org/10.3390/molecules25112578