

Bioestimulantes y solución Steiner en crecimiento y producción de *Capsicum annuum* L.

Salomón Buelna-Tarín¹
Celia Selene Romero-Félix^{1,§}
Cosme Bojórquez-Ramos²
Gabriel Antonio Lugo-García¹
Bardo Heleodoro Sánchez-Soto²

1 Colegio de Ciencias Agropecuarias-Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte-Universidad Autónoma de Sinaloa. Calle 16 y Avenida Japaraqui s/n. Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México. CP. 81110. (buelnatarin@gmail.com; gabriel-lugo9010@hotmail.com).

2 Departamento de Biología-Universidad Autónoma de Occidente. Blvd. Macario Gaxiola y carretera internacional México 15, Los Mochis, Sinaloa, México. CP. 81223. (cbojorquezr@gmail.com; bardosanchez@hotmail.com).

Autora para correspondencia: celiaromero82@hotmail.com

Resumen

El uso de bioestimulantes es una alternativa para mejorar la asimilación de nutrientes por parte de la planta, ya sea aplicados en el agua de riego o vía foliar. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la solución nutritiva Steiner y la aplicación foliar de tres bioestimulantes, sobre parámetros del crecimiento y del rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de invernadero. Se establecieron cuatro tratamientos bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa en octubre de 2018. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, diámetro de tallo, peso seco de hoja, peso seco de tallo, longitud de fruto, número de frutos por planta, peso total de fruto, peso de fruto por planta y número de flores. El bioestimulante Giberelin 10 tuvo efecto significativo sobre la altura de la planta. El cultivar Bronco, en promedio de tratamientos, fue sobresaliente por presentar altos valores en los parámetros del crecimiento y del rendimiento evaluados, excepto, en el diámetro de tallo y longitud de fruto, los cuales fueron mayores en el cultivar Forajido. El cultivar Forajido presentó mayor altura de la planta por efecto del tratamiento Giberelin 10, mientras que Bronco exhibió mayor número de frutos por planta con el tratamiento Fiamin-fol y mayor peso de fruto por planta con los tratamientos Maxi-Grow Excel y la solución nutritiva Steiner (testigo).

Palabras clave:

chile jalapeño, crecimiento, rendimiento, solución nutritiva.



Introducción

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las principales hortalizas cultivadas a nivel mundial, con una producción aproximada de 36 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020). En México, las hortalizas de mayor importancia económica son el chile y el tomate, de los cuales el primero aporta el 20.2% de la producción nacional. Sinaloa es el principal productor de chile jalapeño, con una producción aproximada de 127 517.29 t (SIAP, 2020).

Sin embargo, su producción puede ser afectada de manera negativa por factores bióticos y abióticos, dentro de estos últimos, se pueden mencionar temperaturas extremas, salinidad de los suelos y baja fertilidad de los mismos, por lo cual, su producción requiere de óptimas condiciones para obtener frutos de calidad y altos volúmenes de exportación, tales como prácticas de manejo, fertilización y agua, así como tecnologías de protección vegetal como malla sombra e invernaderos, lo cual mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas, viéndose reflejado en el rendimiento y calidad del fruto.

Para un mayor rendimiento y calidad es de suma importancia conocer los requerimientos nutrimentales del cultivo, así como su relación con los factores ambientales donde se produce (Ramírez *et al.*, 2017). De acuerdo con el requerimiento nutrimental del cultivo de chile jalapeño, la fertilización base (kg t^{-1}) utilizada para su manejo es nitrógeno (N, 2.4-4), fósforo (P_2O_5 , 0.4-1), potasio (K_2O , 3.4-5.29), calcio (CaO, 0.55-1.8) y magnesio (MgO, 0.28-0.49) (Salazar y Juárez, 2013).

Comúnmente, se utiliza como referencia la solución nutritiva de Steiner (1984), por su contenido de nutrientes, por presentar equilibrio iónico y por su rápida asimilación, lo cual incrementa el rendimiento de la planta al favorecer su crecimiento y la producción de frutos (Luna-Fletes *et al.*, 2021).

Sin embargo, tomando en cuenta algunos tipos de estrés abiótico (temperaturas extremas, estrés hídrico, etc.) que se presentan durante el ciclo de crecimiento del cultivo, los cuales ocasionan pérdidas en la calidad y producción del chile jalapeño, adicionalmente se está implementando el uso de bioestimulantes, definidos estos como sustancias de origen orgánico, que al ser aplicados a los cultivos estimulan su crecimiento y desarrollo al influir en sus procesos fisiológicos (como la conductancia estomática y actividad fotosintética, al inducir mayor captura de CO_2 , lo cual se refleja en mayor peso seco acumulado en los órganos aéreos y radicular de la planta) (Ikan *et al.*, 2023) y bioquímicos (como la biosíntesis de proteínas, de clorofila y la acumulación de metabolitos responsables de estimular la formación de estructuras reproductivas como flores y frutos) (Rouphael y Colla, 2020), permitiendo mejor absorción de nutrientes y mayor resistencia ante las condiciones climáticas adversas (Batista *et al.*, 2015; Du Jardin, 2015; Veobides *et al.*, 2018; Drobek *et al.*, 2019).

Se ha observado que con el uso de distintos bioestimulantes, formulados con aminoácidos, hormonas y microorganismos benéficos, se mejora la calidad de los frutos y se incrementa su producción de manera sostenible (Paraikovi *et al.*, 2011), en el cultivo de chile se ha demostrado que se obtiene mayor producción de biomasa (Murillo *et al.*, 2015), y se incrementa el número de flores, la altura de planta, el número y tamaño de frutos cuajados (Juárez, 2014; Pichardo *et al.*, 2018), así como el peso de frutos (Al-Said y Kamal, 2008; Campo *et al.*, 2015; Popko *et al.*, 2018) mejorando con ello la calidad y producción.

En el estado de Sinaloa, comúnmente se utiliza como fertilización base productos inorgánicos (macro y micronutrientes), además de aplicaciones foliares de nutrientes para ser absorbidos y utilizados más eficientemente por la planta en épocas críticas y con ello, incrementar el rendimiento del cultivo (Trejo *et al.*, 2007; Fernández, 2015).

En este sentido, se tiene escasa información referente al efecto de la aplicación foliar de bioestimulantes en el cultivo de chile jalapeño, sobre su crecimiento y rendimiento, aspecto que debería estudiarse, ya que su aplicación podría considerarse como una buena estrategia de producción para obtener altos rendimientos con un menor impacto en el medio ambiente

(Paradikoviç *et al.*, 2011). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la solución nutritiva Steiner y la aplicación foliar de tres bioestimulantes sobre parámetros del crecimiento y del rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

Área experimental

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, ubicada en Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México a 25°45' 57" latitud norte, 108° 49' 23" longitud oeste y una altitud de 10 m. Se usó un invernadero tipo túnel, con estructura metálica y cubierta de polietileno (75% de transmisión de luz). La temperatura dentro del invernadero se determinó con un termómetro digital marca Steren, durante el ciclo de crecimiento del cultivo se registraron temperaturas máximas y mínimas que oscilaron entre 38 y 22 °C, respectivamente.

Material vegetal

Se utilizó semillas de dos cultivares de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.), Forajido de la empresa Enza Zaden y Bronco de la empresa Vilmorin. El cultivar Forajido se caracteriza por presentar plantas fuertes con producción concentrada de maduración intermedia a precoz, frutos color verde oscuro brillante, uniformes en forma y tamaño, ideal para la industria de proceso por sus características de pared gruesa y piel lisa sin acorchado (Enza Zaden, 2020).

El cultivar Bronco es una variedad que se caracteriza por ser una planta robusta de porte mediano a alto, de buena cobertura y excelente producción. Produce frutos de un tamaño aproximado de 10 cm, con paredes gruesas y compactas, de color verde oscuro de alta calidad, altamente tolerante al ataque de bacterias y es de ciclo intermedio de 80 a 85 días a cosecha después del trasplante (Vilmorin, 2020).

Labores culturales

La siembra se realizó el 10 de octubre de 2018. El semillero se estableció en charolas de poliestireno de 242 cavidades en sustrato de tierra de turberas (Peat moss BM2 euro Berger®). Las charolas se regaron todos los días únicamente con agua y cada 10 días recibieron aplicación de riego con solución nutritiva de Steiner al 50%. A los 45 días después de la siembra (dds) se llevó a cabo el trasplante en bolsas hidropónicas (color blanco/negro cal. 600, de 35 x 35 cm), con capacidad de 10 L de sustrato, las bolsas se llenaron con sustrato peat moss (BM2 Berger®).

El control de plagas se llevó a cabo con los productos químicos comerciales: Sivanto (Flupyradifurone 17.09%, 2.5 ml L⁻¹), Aben 1.8% (abamectina 1.8%; 2.5 ml L⁻¹) y Controla 480 CE (clorpirifos etil 44.5%; 5 ml L⁻¹), mientras que para el control de enfermedades se utilizó manzate 200 (mancozeb 80%, 5 ml L⁻¹) y Curamycín 500 (estreptomicina 2.19% + oxitetraciclina 0.23%; 1.5 g L⁻¹).

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron cuatro tratamientos y dos híbridos de chiles jalapeño (Forajido y Bronco) bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió en cuatro bolsas de polietileno con una plántula por bolsa. Los tratamientos fueron tres bioestimulantes comerciales (Maxi-Grow Excel, Fiamin-fol y Giberelin 10) y como testigo la solución nutritiva Steiner.

La aplicación de bioestimulantes se realizó vía foliar a los 20, 30 y 40 días después del trasplante (ddt), mientras que el testigo (solución nutritiva Steiner sin aplicación de bioestimulante) se aplicó

en el agua de riego cada tercer día a concentraciones de 50, 70 y 100% desde los 0 a 47 ddt, de 48 a 70 ddt y 71 ddt hasta finalizar el experimento, respectivamente.

Cabe señalar, que las plantas que estuvieron bajo el efecto de los bioestimulantes también recibieron la aplicación de la solución nutritiva Steiner durante su ciclo de crecimiento. Los riegos se aplicaron una vez al día de forma manual, en promedio se aplicaron 500 ml por bolsa en etapa inicial de establecimiento y 1 L por bolsa en etapa de desarrollo, floración y fructificación. El contenido nutrimental de cada tratamiento fue el siguiente.

Testigo

Se utilizó la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1984) como tratamiento testigo, con una composición de: 12, 1 y 7 me L⁻¹ de NO₃⁻, H₂PO₄⁻ y SO₄⁻² para aniones y 7, 9 y 4 me L⁻¹ de K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ para cationes, incluyendo además los microelementos de: 1.33, 0.62, 0.02, 0.11, 0.05 y 0.04 ppm de Fe, Mn, Cu, Zn, B y Mo para una solución de concentración al 100%. Los fertilizantes comerciales utilizados fueron: KNO₃, Ca (NO₃)₂·4H₂O, KH₂PO₄, MgSO₄·7H₂O, K₂SO₄ y para microelementos: FeSO₄·7H₂O, MnSO₄·4H₂O, Cu SO₄·5H₂O, ZnSO₄·7H₂O, Na₂B₄O₇·10H₂O y Na₂MoO₄·2H₂O.

Maxi-Grow Excel (5 ml L⁻¹ de agua)

Combinación de extractos orgánicos 0.5625 g L⁻¹, auxinas 0.45 mg L⁻¹, giberelinas 0.5 mg L⁻¹, citoquininas 7.5 mg L⁻¹, nitrógeno (N) 0.033 g L⁻¹, fósforo (P₂O₅) 0.0665 g L⁻¹, potasio (K₂O) 0.0665 g L⁻¹, calcio (Ca) 0.01 g L⁻¹, magnesio (Mg) 0.02 g L⁻¹, cobre (Cu) 0.0665 g L⁻¹, hierro (Fe) 0.086 g L⁻¹, manganeso (Mn) 0.0665 g L⁻¹ y zinc (Zn) 0.132 g L⁻¹.

Fiamin-fol (5 ml L⁻¹ de agua)

Aminoácidos libres 5.1 g L⁻¹, nitrógeno (N) 3.3 g L⁻¹, nitrógeno ureico 0.75 g L⁻¹, nitrógeno alfa-amínico 0.85 g L⁻¹, nitrógeno proteico 2.6 g L⁻¹, materia orgánica 11.85 g L⁻¹, carbono orgánico 6.85 g L⁻¹, boro (B) 0.03 g L⁻¹, cobre (Cu) 0.032 g L⁻¹, hierro (Fe) 0.58 g L⁻¹, manganeso (Mn) 0.295 g L⁻¹, molibdeno (Mo) 0.0085 g L⁻¹, zinc (Zn) 0.058 g L⁻¹, péptidos 5.05 g L⁻¹ y excipiente C.B.P. 12.6465 g L⁻¹.

Giberelin 10% (0.2 g L⁻¹ de agua)

Giberelina (GA₃) 20 mg L⁻¹, ingredientes inertes 180 mg L⁻¹.

Variables de crecimiento y rendimiento evaluadas

Altura de planta (AP, cm): se midió con una cinta métrica desde la base del tallo hasta la rama más larga, diámetro de tallo (DT, mm): se midió con un vernier digital (Steren[®]) y se obtuvo de la base del tallo principal a 2 cm por encima del sustrato; peso seco de hoja (PSH, g) y peso seco de tallo (PST, g): las muestras se colocaron en bolsas de papel en una secadora de madera con lámparas, alcanzando una temperatura de 65 °C hasta obtener el peso seco constante; longitud de fruto (LF, cm): se midió desde el pedúnculo hasta el ápice del fruto con un vernier digital (Steren[®]), la evaluación de NFP, PTF (g) y PFP (g) se inició con la cosecha de frutos a los 70 ddt cuando se observaron los primeros frutos con ligeras grietas en su superficie, realizando en total cinco cortes, uno por semana durante cinco semanas (hasta los 105 ddt).

En cada corte se contaron los frutos cosechados por planta (NFP) y se pesaron con una báscula digital marca Scale, con lo cual se obtuvo el PFP (g); para obtener el PTF (g), al final de la cosecha, se sumó el peso de los frutos obtenidos en cada corte por cada tratamiento. El PFP se obtuvo promediando el PTF entre el número de frutos para cada tratamiento y número de flores por planta (NF): se registraron todas las flores que estaban en antesis solo durante la quinta semana de corte o cosecha de frutos.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (Andeva) con el programa SAS versión 9.2 para Windows (SAS Institute, 2009) en forma combinada ($Y_{ijk} = m + N_{Ti} + C_j + N_{TCij} + B(i)j + E_{ijk}$), para determinar las diferencias entre los tratamientos (T), cultivares (C) y la interacción CXT. La prueba de Tukey, basada en la diferencia significativa honesta (DSH, $p \leq 0.05$) se utilizó para la comparación de medias.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de varianza (Andeva) se muestran en el Cuadro 1, el Andeva mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos para las variables AP y PFP y diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para el NFP, entre cultivares, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) para la AP, DT, PSH, PST y PTF y diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en LF y NF y en la interacción cultivar por tratamiento se observaron diferencias estadísticas significativas para la AP y el NFP, mientras que para el resto de las variables, no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento y rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño bajo el efecto de cuatro tratamientos.

Fuente de variación	gl	AP	DT	PSH	PST	LF	NFP	PTF	PFP	NF
Repetición	3	9.69 ns	0.17ns	0.61ns	2.29 ns	0.46ns	6.26 ns	8747.06 ns	1.86 ns	1.59 ns
Tratamiento (T)	3	50.75**	0.04ns	0.94 ns	8.3 ns	0.2 ns	51.68**	46463.84 ns	15.48**	7.39 ns
Cultivar (C)	1	258.84**	3.98**	6.68**	58.91**	3.01*	30.51*	374500.16**	1.64 ns	16.14*
CXT	3	24.52*	0.34ns	0.7 ns	2.11 ns	0.54ns	26.8ns	10487.72 ns	1.43 ns	5.62 ns
Error		4.88	0.14	0.33	2.68	0.57	2.15	23736.34	1.64	2.56
CV (%)		4.45	3.78	6.76	11.33	16.33	20.59	17.26	9.07	96.92

Gl= grados de libertad; AP= altura de la planta (cm); DT= diámetro de tallo (mm); PSH= peso seco de hojas (g); PST= peso seco de tallo (g); LF= longitud de fruto (cm); NFP= número de frutos por planta; PTF= peso total de fruto (g); PFP= peso de fruto por planta (g); y NF= número de flores (incluye solo el NF contadas en el último corte de frutos, 105 ddt). ** ($p \leq 0.01$), * ($p \leq 0.05$).

En el Cuadro 2, se aprecia la comparación de medias para las variables de crecimiento y rendimiento bajo el efecto de cuatro tratamientos en promedio de los dos cultivares, la altura de planta fue significativamente superior con el tratamiento Giberelin 10, el número de frutos por planta fue mayor con el tratamiento Fiamin-fol, seguido de Giberelin 10 y el peso de fruto por planta fue superior con Maxi-Grow Excel, solución Steiner (testigo) y Fiamin-fol (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores medios para el crecimiento y rendimiento en promedio de dos cultivares de chile jalapeño bajo el efecto de cuatro tratamientos.

Tratamiento	AP	DT	PSH	PST	LF	NFP	PTF	PFP	NF
Testigo	47.91 b	10.08 a	8.57 a	14.67 a	5.17 a	11.96 b	943 a	15.1 a	2.42 a
Maxi-Grow Excel	47 b	9.96 a	8 a	13.17 a	4.83 a	11.04 b	994 a	15.5 a	1.58 a
Fiamin-fol	49.33 b	10.13 a	8.57 a	14.33 a	4.67 a	17.54 a	843 a	14 a	2.54 a

Tratamiento	AP	DT	PSH	PST	LF	NFP	PTF	PFP	NF
Giberelin 10	53.92 a	10.04 a	8.86 a	15.67 a	4.67 a	13.5 ab	792 a	11.6 b	0.29 a
Media general	49.65	10.05	8.52	14.46	4.83	13.5	893	14.1	1.65
DSH (\leq 0.05)	3.88	0.64	0.9	2.78	0.91	4.72	261	1.98	2.64

AP= altura de la planta (cm); DT= diámetro de tallo (mm); PSH= peso seco de hojas (g); PST= peso seco de tallo (g); LF= longitud de fruto (cm); NFP= número de frutos por planta; PTF= peso total de fruto (g); PFP= peso de fruto por planta (g); y NF= número de flores (incluye solo el NF contadas en el último corte de frutos, 105 ddt).

La mayor altura de planta y el número de frutos por planta determinados con el tratamiento Giberelin 10, puede explicarse por el ácido giberelico que contiene, el cual actúa como regulador endógeno del crecimiento, controlando procesos del desarrollo de las plantas, como la elongación del tallo, la expansión de estructuras vegetativas, la formación de flores y frutos y el número de frutos y crecimiento de estos (Zieslin y Algom, 2004; Pichardo *et al.*, 2018).

Los resultados determinados en este estudio son consistentes con los reportados en estudios previos al realizar aplicaciones foliares de productos a base de giberelinas, en los cuales se obtuvo mayor altura de planta (El-al y Faten, 2009; Maboko y Du Plooy, 2015; Sanjay y Singh, 2019) y número de frutos en cultivares de chile (Pichardo *et al.*, 2018; Ahmed *et al.*, 2022).

Aunado a esto, también se tuvo alto rendimiento en número de frutos por planta y peso de frutos por planta con el tratamiento Fiamin-fol utilizado como fuente de aminoácidos, los cuales son precursores de hormonas que contribuyen en el crecimiento y desarrollo de la planta y en la formación de estructuras reproductivas (flores y frutos) que forman parte del rendimiento, esto por la estrecha relación que tienen con el proceso fotosintético, síntesis de clorofila y absorción de nutrientes (Shahrajabian *et al.*, 2022) y esto se traduce en mayor removilización y translocación de asimilados para la formación y peso de frutos (Romero *et al.*, 2015).

Al igual, en otros trabajos, en diferentes especies vegetales, se ha demostrado que al aplicar distintas dosis de aminoácidos vía foliar se estimula el crecimiento vegetativo y se incrementan algunos parámetros del rendimiento (como el número y peso de frutos) en frijol común (Zewail, 2014; Romero-Félix *et al.*, 2023), pimienta (Campo *et al.*, 2015; El-Hamady *et al.*, 2017; Aly *et al.*, 2019), tomate (Hernández *et al.*, 2021; Salim *et al.*, 2021), calabaza (Abd El-Aal *et al.*, 2010) y manzanilla (El-Attar y Ashour, 2016).

El peso de frutos por planta también fue superior con los tratamientos Maxi-Grow Excel, el cual contiene reguladores del crecimiento, y con el testigo o solución Steiner, este efecto se puede atribuir en parte a la composición nutricional de estos tratamientos en la que están presentes macro y microelementos que actúan en interacción con el cultivo, promoviendo el crecimiento de la planta, cosechas de mayor calidad y un incremento en los niveles de producción (Terry *et al.*, 2012; Luna-Fletes *et al.*, 2021).

Al respecto, Pichardo *et al.* (2018) utilizaron como tratamientos un fertilizante comercial rico en macro y microelementos y diferentes dosis de giberelinas y observaron mayor peso de frutos en chile jalapeño variedad Huichol con la nutrición mineral que con las giberelinas. Meneses-Lazo *et al.* (2020) también observaron altos valores en el peso de frutos por planta, al realizar aplicaciones de la solución Steiner en chile habanero variedad Orange en condiciones de invernadero.

Algunos autores mencionan que la influencia positiva que los elementos minerales tienen sobre los cultivos, en parte se debe a que estos aumentan la síntesis de hormonas por parte de las plantas, mejorando y aumentando los componentes del rendimiento, como son el número de frutos cuajados y el peso y tamaño de frutos (Ramírez *et al.*, 2005; Pichardo *et al.*, 2018).

En el Cuadro 3, se observó que el cultivar Bronco fue sobresaliente por presentar altos valores en los parámetros del crecimiento y rendimiento evaluados, excepto, el diámetro de tallo y la longitud de fruto, los cuales fueron mayores en el cultivar Forajido, Bronco presentó mayor altura de planta

(6.26 cm), peso seco de hoja (11%), peso seco de tallo (20%), peso total de fruto (25%) y número de flores (62%) con respecto a Forajido. Mientras que Forajido mostró mayor diámetro de tallo (8%) y longitud de fruto (10%) que Bronco.

Cuadro 3. Valores medios para el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño en promedio de cuatro tratamientos.

Cultivar	AP	DT	PSH	PST	LF	NFP	PTF	PFP	NF
Forajido	46.39 b	10.48 a	8 b	12.83 b	5.08 a	14.67 a	767.83 b	14.23 a	0.9 b
Bronco	52.65 a	9.63 b	9 a	16.08 a	4.58 b	12.35 a	1017.67 a	13.92 a	2.37 a
Media general	49.65	10.05	8.52	14.46	4.83	13.51	892.75	14.08	1.65
DSH (≤ 0.05)	2.01	0.33	0.47	1.45	0.47	2.45	135.9	1.03	1.37

AP= altura de la planta (cm); DT= diámetro de tallo (mm); PSH= peso seco de hojas (g); PST= peso seco de tallo (g); LF= longitud de fruto (cm); NFP= número de frutos por planta; PTF= peso total de fruto (g); PFP= peso de fruto por planta (g); y NF= número de flores (incluye solo el NF contadas en el último corte de frutos, 105 ddt).

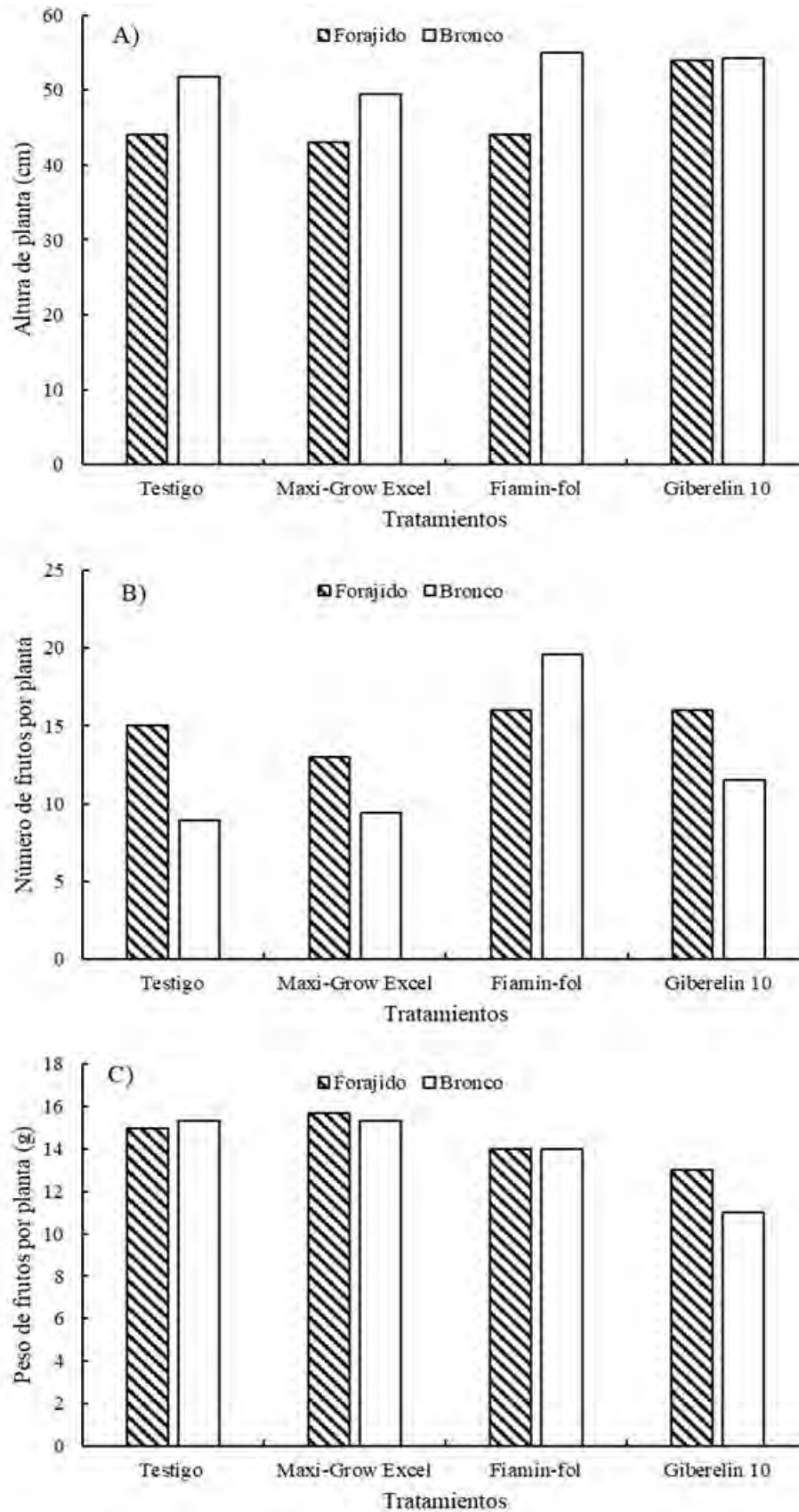
A pesar de que Forajido mostró un valor más alto en el número de frutos por planta que el cv. Bronco (aunque estadísticamente fue igual en ambos cultivares) presentó menor peso total de fruto; el peso de fruto tiene alta relación con el rendimiento más que el número de frutos. Adicionalmente, las diferencias entre ambos cultivares pueden explicarse por el mayor peso seco acumulado en la parte aérea de la planta (PST y PSH) y altura de planta de Bronco, lo que tiene relación con mayor disponibilidad y capacidad de removilización de asimilados hacia los órganos demanda de la planta (Romero *et al.*, 2015), como flores y frutos.

Los valores medios entre ambos cultivares para la altura de planta (49.65 cm), el peso seco de tallo (14.46 g) y peso seco de hoja (8.52 g) fueron inferiores a los reportados por Alemán-Pérez *et al.* (2018) en chile híbrido Nathalie a los 72 días después del trasplante, bajo condiciones de invernadero, en Ecuador. El efecto de la interacción cultivar por tratamiento se muestra en la Figura 1, donde el cv Bronco exhibió mayor altura de planta con los tratamientos solución Steiner (testigo), Maxi-Grow Excel y Fiamin-fol comparado con Forajido en cada uno de los tratamientos (Figura 1A), mientras que el cultivar Forajido mostró mayor número de frutos por planta con todos los tratamientos, excepto con Fiamin-fol con el cual Bronco tuvo mayor NFP (Figura 1B).

En cuanto al peso de frutos por planta, ambos cultivares mostraron igual peso de frutos por planta con los tratamientos testigo, Maxi-Grow Excel y Fiamin-fol, mientras que Forajido tuvo mayor peso de frutos por planta que Bronco por efecto del tratamiento Giberelin 10 (Figura 1C).



Figura 1. Interacción cultivares x tratamientos para la altura de planta (A) y el número de frutos por planta.



Se esperaba que la altura de planta fuera mayor con el tratamiento Giberelin 10 a base de giberelinas, ya que dentro de los principales efectos que estas tienen está el alargamiento de los entrenudos; sin embargo, la respuesta de las plantas a las giberelinas es mucho más compleja y depende del ambiente, de la especie y del híbrido (Castro *et al.*, 2022).

Además del crecimiento vegetativo de los órganos de la planta, las giberelinas aplicadas en distintas concentraciones en diferentes cultivares de Chile, estimulan la formación de estructuras reproductivas, incrementando el número de frutos, así como el peso de los mismos, lo cual contribuye a aumentar el rendimiento (Akhter *et al.*, 2018; (Mahindre *et al.*, 2018; Pichardo *et al.*, 2018; Sanjay y Singh, 2019; Ahmed *et al.*, 2022), así como se observó en este estudio en el que Forajido tuvo mayor peso de frutos por planta al recibir la aplicación de giberelinas.

La mayor altura de planta del híbrido Bronco y el mayor número de frutos por planta de Forajido por efecto del tratamiento solución Steiner, puede deberse a que es una solución completa y equilibrada en nutrientes, permitiendo una absorción adecuada de todos ellos y una rápida asimilación del NO_3^- por parte de la planta, lo que se refleja en un incremento en el rendimiento (Alcántar y Trejo, 2010; Hawkesford *et al.*, 2012) y en el crecimiento (altura de planta) de los cultivos (González *et al.*, 2019; Urbina *et al.*, 2020).

Al igual que la solución Steiner, el tratamiento Maxi-Grow-Excel también contiene elementos minerales que contribuyen en la mejora de los procesos fisiológicos (fotosíntesis, apertura y conductancia estomática) y bioquímicos de la planta (síntesis de proteínas y hormonas), además de reguladores del crecimiento vegetal que son capaces de controlar el crecimiento y actividad bioquímica de las plantas a nivel celular (Alcantara *et al.*, 2019), motivo por el cual Bronco también mostró alto valor en altura de planta y Forajido mayor número de frutos por planta con este tratamiento, Graillet *et al.* (2014) evaluaron mayor número de frutos por planta en Chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) al emplear como tratamiento hormonal el producto comercial Maxi-Grow.

En lo que respecta al tratamiento Fiamin-fol, al igual que la solución Steiner y Maxi-Grow Excel está compuesto por elementos minerales, pero también de aminoácidos, lo que influyó en el aumento de la altura de planta y número de frutos por planta de Bronco. En estudios previos se ha observado un incremento en el crecimiento y número de frutos por planta en *Capsicum chinense* L. cv Fuoco della Prateria, al realizar aplicación de aminoácidos (Ertani *et al.*, 2014).

Por otro lado, Salim *et al.* (2021) demostraron en plantas de tomate cv 010, que la aplicación foliar de aminoácidos en combinación con micronutrientes estimula el crecimiento vegetativo y componentes del rendimiento tales como número de hojas por planta, peso fresco de hoja, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, diámetro de fruto y rendimiento total del fruto, superando a las plantas testigo, a los 75 días después del trasplante.

Conclusiones

La solución nutritiva Steiner y la aplicación foliar de los bioestimulantes tuvieron efecto significativo en los parámetros del crecimiento y del rendimiento de los dos cultivares evaluados; el tratamiento Giberelin 10 afectó positivamente la altura de planta y el número de frutos por planta, mientras que los tratamientos Maxi-Grow Excel, solución Steiner (testigo) y Fiamin-fol promovieron un incremento en el peso de frutos por planta. El cultivar Bronco fue sobresaliente por presentar altos valores en el crecimiento (altura de planta, peso seco de hoja, peso seco de tallo y peso seco total) y rendimiento (número de flores y frutos) de la planta.

Bibliografía

- 1 Abd El-Aal, F. S.; Shaheen, A. M.; Ahmed, A. A. and Mahmoud, A. R. 2010. Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. Cairo, Egypt. Res. J. Agric. Biol. Sci. 6(5):583-588.

- 2 Ahmed, I. H.; Ali, E. F.; Gad, A. A.; Bardisi, A.; El-Tahan, A. M.; Abd Esadek, O. A. and Gendy, A. S. 2022. Impact of plant growth regulators spray on fruit quantity and quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars grown under plastic tunnels. Egypt. Saudi J. Biol. Sci. 29(4):2291-2298. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.11.062>.
- 3 Akhter, S.; Mostarin, T.; Khatun, K.; Akhter, F. and Parvin, A. 2018. Effects of plant growth regulator on yield and economic benefit of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Bangladesh. The agriculturists. 16(2):58-64. <http://dx.doi.org/10.3329/agric.v16i02.40343>.
- 4 Alcántar, G. G. y Trejo, T. L. I. 2010. Nutrición de cultivos. Colegio de postgraduados. Mundi prensa. Montecillo, México. 441-443 pp.
- 5 Alcantara, C. J. S.; Acero-Godoy, J.; Alcántara-Cortés, J. D. y Sánchez, M. R. M. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Nova. 17(32):109-129.
- 6 Alemán-Pérez, R. D.; Brito, J. D.; Rodríguez-Guerra, Y.; Soria-Re, S.; Torres-Gutiérrez, R.; Vargas-Burgos, J. C.; Bravo-Medina, C. y Alba-Roja, J. L. 2018. Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. Ecuador. Centro Agrícola. 45(1):14-23.
- 7 Al-Said, M. A. and Kamal, A. M. 2008. Effect of foliar spray with folic acid and some amino acids on flowering, yield and quality of sweet pepper. Egypt. J. Plant Prod. Sci. 33(10):7403-7412. <https://doi.org/10.21608/JPP.2008.171240>.
- 8 Aly, A. A.; Eliwa, N. E. and Abd-Megid, M. H. 2019. Improvement of growth, productivity and some chemical properties of hot pepper by foliar application of amino acids and yeast extract. Egypt. Potr. S. J. F. Sci. 13(1):831-839. <https://doi.org/10.5219/1160>.
- 9 Batista, S. D.; Nieto, G. A.; Alcaraz, M. L.; Troyo, D. E.; Hernández, M. L.; Ojeda, S. C. M. y Murillo, A. B. 2015. Uso del FitoMas-E[®] como atenuante del estrés salino (NaCl) durante la emergencia y crecimiento inicial de *Ocimum basilicum* L. México. Nova Scientia. 7(15):265-284.
- 10 Campo, C. A.; Álvarez, R. A.; Batista, R. E. y Morales, M. A. 2015. Evaluación del bioestimulante fitomas en el cultivo de *Solanum lycopersicum* L. (tomate). Cuba. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar. 49(2):37-41.
- 11 Castro, C. R.; Sánchez, C.; Vidal, N. and Vielba, J. M. 2022. Plant development and crop yield: the role of gibberellins. Plants. 11(19):2650. Doi: 10.3390/plantas11192650.
- 12 Drobek, M.; Fr# c, M. and Cybulska, J. 2019. Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress a review. Poland. Agronomy. 9(6):1-18. Doi: 10.3390/agronomy9060335.
- 13 Du-Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Belgium. Sci. Hortic. 196:3-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.
- 14 El-al, A. and Faten, S. 2009. Effect of urea and some organic acids on plant growth, fruit yield and its quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Egypt. Res. J. Agric. Biol. Sci. 5(4):372-379.
- 15 El-Attar, A. B. and Ashour, H. A. 2016. The influences of Bio-stimulator compounds on growth, essential oil and chemical composition of chamomile plants grown under water stress. Egypt. AJMAP. 2(1):1-27. <https://doi.org/10.48347/imist.prsmap-ajmap-v2i1.4857>.
- 16 El-Hamady, M. M.; Baddour, A. G.; Sobh, M. M.; Ashour, H. M. and Manaf, H. H. 2017. Influence of mineral fertilization in combination with khumate, amino acids and sodium selenite on growth, chemical composition, yield and fruit quality of sweet pepper plant. Egypt. Middle East J. Agric. Res. 6(2):433-447.
- 17 Enza zaden. 2020. Folleto forajido. <https://webkiosk.enzazaden.com/leaflet-forajido-2020/65123986>.

- 18 Ertani, A.; Pizzeghello, D.; Francioso, O.; Sambo, P.; Sanchez-Cortes, S. and Nardi S. 2014. *Capsicum chinensis* L. growth and nutraceutical properties are enhanced by biostimulants in a long-term period: chemical and metabolomic approaches. *Front. Plant Sci.* 5(375):1-12. Doi: 10.3389/fpls.2014.00375.
- 19 FAOSTAT. 2020. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
- 20 Fernández, V.; Sotiropoulos, T. y Brown, P. 2015. Fertilización foliar. Principios científicos y prácticas de campo. Paris, Francia. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). 156 p. <https://www.guiaverde.com/files/company/03032016122136-libro-2015-foliar-fertilizers-spanish-def.pdf>.
- 21 González, C. O.; Bugarín, M. R.; Alejo, S. G. y Juárez, R. C. R. 2019. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en plantas de pimiento morrón con despunte temprano. México. *Revista Bio Ciencias.* 6:1-14. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e548>.
- 22 Graillet, E. M.; Hernández, J. A.; Alvarado, L. C. y Retureta, A. A. 2014. Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en Acayucan, Veracruz. México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan.* 2(4):748-755.
- 23 Hawkesford, M.; Horts, T.; Kichey, H.; Lambers, J.; Schjoerring, I.; Skrumsasger, M. I. and White, P. 2012. Functions of macronutrients. *In: marschner's mineral nutrition of higher plants.* Marschner. Third edition. San Diego, CA. USA. 135-189 pp. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>
- 24 Hernández, D. M. I.; Salgado, P. J. M. y Fernández, D. J. 2021. Sistemas de biofertilización en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Cuba. *Avances.* 23(4):384-392.
- 25 Ikan, C.; Ben-Laouane, R.; Ouhaddou, R.; Anli, M.; Boutasknit, A.; Lahbouki, S.; Benchakour, A.; Jaouad, A.; Bouchdoug, M.; El-Moatasime, A.; Ouhammou, M.; Jaouad, Y.; Baslam, M. and Meddich, A. 2023. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungus and indigenous compost improve salt stress tolerance in wheat (*Triticum durum*). *S. Afr. J. Bot.* 158(1):417-428. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.05.038>.
- 26 Juárez, E. M. G. 2014. Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en Acayucan, Veracruz. México. *Revista Científica Biológico-Agropecuaria Tuxpan.* 2(4):748-755.
- 27 Luna-Fletes, J. A.; Cruz-Crespo, E. y Can-Chulim, Á. 2021. Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry. México. *Terra Latinoam.* 39:1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.781>.
- 28 Maboko, M. M. and Du Plooy, C. P. 2015. Effect of plant growth regulators on growth, yield, and quality of sweet pepper plants grown hydroponically. *South Africa. HortScience.* 50(3):383-386. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.3.383>.
- 29 Mahindre, P. B.; Jawarkar, A. K.; Ghawade, S. M.; Tayade, V. D. 2018. Effect of different concentration of plant growth regulators on growth and quality of green chilli. *India. JPP.* 7(1):3040-3042.
- 30 Meneses-Lazo, R. E.; May-Lugo, S.; Villanueva-Couoh, E.; Medina-Dzul, K.; Echevarría-Machado, I. and Garruña, R. 2020. Phenology and quality of habanero pepper fruits (*Capsicum chinense* Jacq.) due to nutrient solution in hydroponics. Yucatán, México. *Agro Productividad.* 13(9):33-37. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1673>.
- 31 Murillo, R. A. L.; Pérez, J. J. R.; Bustamante, R. J. L.; Reyes, M.; Bermeo, A. A. M.; Martínez, A. V. y Pettao, R. M. 2015. Efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). Ecuador. *Centro agrícola.* 42(4):11-18.
- 32 Parašikovi#, N.; Vinkovi#, T.; Vinkovi#, V. I.; Žuntar, I.; Boji#, M. and Medi##Šari#, M. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow

- pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. Croatia. J. Sci. Food Agric. 91(12):2146-2152. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4431>
- 33 Pichardo, J. M.; Guevara, O. L.; Couoh, U. Y. L.; González, C. L.; Bernardino, N. A.; Medina, H. R. y Acosta-García, G. 2018. Efecto de las giberelinas en el rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 9(5):925-934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1502>.
- 34 Popko, M.; Michalak, I.; Wilk, R.; Gramza, M.; Chojnacka, K. and Górecki, H. 2018. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. Poland. Molecules. 23(2):1-13. <https://doi.org/10.3390/molecules23020470>.
- 35 Ramírez, J. A.; Troyo, D. E.; Preciado, R. P.; Fortis, H. M.; Gallegos, R. M. A.; Vázquez, V. C. y García, H. J. L. 2017. Diagnóstico de nutrimento compuesto e interacciones nutrimentales en chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en suelos semiáridos. México. Ecosist. Recur. Agropec. 4(11):233-242. <https://doi.org/10.19136/era.a4n11.1047>.
- 36 Ramírez, L. E.; Castillo, A. C. C.; Aceves, N. E. y Carrillo, A. E. 2005. Efecto de productos reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile 'Habanero'. Revista Chapingo Serie Horticultura. 11(1):93-98.
- 37 Romero, F. C. S.; López, C. C.; Miranda, C. S.; Kohashi, S. J.; Aguilar, R. V. H. y Martínez, R. C. G. 2015. Variabilidad del rendimiento de semilla y sus componentes en frijol común bajo condiciones de temporal. México. Cienc. Agríc. Informa. 24(1):7-17.
- 38 Romero-Félix, C. S.; Pellegaud-del Paso, D. F.; Salas-Arellanes, J. A.; Saucedo-Acosta, R. H.; Buena-Tarin, S. y López-Valenzuela, B. E. 2023. Bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. en el Norte de Sinaloa. Ecosist. Recur. Agropec. 10(2):1-9. Doi: 10.19136/era.a10n2.3650.
- 39 Roupael, Y. and Colla, G. 2020. Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: from experimental data to practical applications. Agronomy. 10(10):1-10. Doi: 10.3390/agronomy10101461.
- 40 Salazar, F. I. y Juárez, L. P. 2013. Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). Nayarit, México. Revista Bio ciencias. 2(2):27-34. Doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.02.02.04>
- 41 Salim, B. B. M.; Salama, Y. A. M.; Hikal, M. S.; El-Yazied, A. A., El-Gawad, H. G. and Hany, G. 2021. Physiological and biochemical responses of tomato plant to amino acids and micronutrients foliar application. Egypt. Egypt. J. Bot. 61(3):837-848. Doi: 10.21608/ejbo.2021.54992.1600.
- 42 Sanjay, S. and Singh, T. 2019. Effect of gibberellic acid on growth, yield and quality parameters of chilli (*Capsicum annuum* L.). India. J. pharmacogn. phytochem. 8(2):2021-2023.
- 43 SAS. 2009. The SAS System Program release 9.1 for Windows. SAS Institute, Inc. Cary, North Carolina, USA.
- 44 Shahrajabian, M. H.; Cheng, Q. and Sun, W. 2022. The effects of amino acids, phenols and protein hydrolysates as biostimulants on sustainable crop production and alleviated stress. Recent Patents on Biotechnology. 16(4):319-328.
- 45 SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- 46 Steiner A. A. 1984. The universal nutrient solution. Proceeding sixth international congress on soilless culture. Wageningen. The netherlands. 633-650 pp.
- 47 Terry, E.; Díaz-Armas, M. M.; Padrón, J. R.; Tejeda, T.; Zea, M. E. and Camacho-Ferre, F. 2012. Effects of different bioactive products used as growth stimulators in lettuce crops (*Lactuca sativa* L.). Cuba. J. Food Agric. Environ. 10(2):386-389.

- 48 Trejo, T. L. I.; Gómez, M. F. C. y Alcántar, G. G. 2007. Nutrición de cultivos, fertilización foliar. Ed. Mundi-Prensa. México. 325-371 pp.
- 49 Urbina, S. E.; Cuevas, J. A.; Reyes, A. J. C.; Alejo, S. G.; Valdez, A. L. A. y Vázquez, G. L. M. 2020. Solución nutritiva adicionada con NH_4^+ para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annuum* L.). México. Revista Fitotecnia Mexicana. 43(3):291-291. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.291>.
- 50 Veobides, A. H.; Guridi, I. F. y Vázquez, P. V. 2018. Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. Cuba. Cultivos Tropicales . 39(4):102-109.
- 51 Vilmorin. 2020. Folleto pimientos jalapeños. 1-4 pp. <https://www.vilmorinmikado.mx/sites/mexique.sam/files/News/Brochure-Jalapenos-Mexico-0918%20BD.PDF>.
- 52 Zewail, R. M. Y. 2014. Effect of seaweed extract and amino acids on growth and productivity and some biocostituents of common bean (*Phaseolus vulgaris* L) plants. Eguyp. J. Plant Prod. Sci. 5(8):1441-1453. Doi: 10.21608/jpp.2014.64669
- 53 Zieslin, N.; Halgom, R. 2004. Alteration of endogenous cytokinins in axillary buds of conventionally grown greenhouse rose plants. Scientia Hort. 102(3):301-309.



Bioestimulantes y solución Steiner en crecimiento y producción de *Capsicum annum* L.

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 February 2024
Date accepted: 01 May 2024
Publication date: 06 August 2024
Publication date: Jul-Aug 2024
Volume: 15
Issue: 5
Electronic Location Identifier: e3255
DOI: 10.29312/remexca.v15i5.3255

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

chile jalapeño
crecimiento
rendimiento
solución nutritiva

Counts

Figures: 1
Tables: 3
Equations: 0
References: 53
Pages: 0