



Productos biorracionales en la acumulación de biomasa e incidencia de *Tetranychus urticae* en chile habanero y frijol caupí

Biorational Products in the Biomass Accumulation and Incidence of *Tetranychus urticae* in Habanero Pepper and Cowpea Bean

Esaú Ruiz-Sánchez¹ <http://orcid.org/0000-0003-0245-3305>

Ana L. Ruiz-Jiménez^{1*} <http://orcid.org/0009-0000-0871-7522>

Horacio Ballina-Gómez¹ <http://orcid.org/0000-0002-0561-9027>

Luis Latournerie-Moreno¹ <http://orcid.org/0000-0002-7684-2111>

Arnoldo E. Alfaro-Corres¹ <http://orcid.org/0000-0002-8407-4247>

Marcos E. Cua-Basulto² <http://orcid.org/0000-0002-1600-161X>

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal
Avenida Tecnológico s/n, C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México.

²CONACYT-Departamento de Recursos del Mar, CINVESTAV-IPN Unidad Mérida
C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México.

*Correspondencia: aruiz_ji@hotmail.com

Recibido: 23 de mayo de 2024

Aceptado: 26 de junio de 2024

Publicado: 02 de agosto de 2024

Resumen

Objetivo. Evaluar el efecto de la aplicación individual y combinada de micorriza (*Glomus intraradices*) y Trichoderma (*Trichoderma harzanium*), junto con extracto de alga *Ascophillum nodosum* o ácidos fúlvicos, acumulación de biomasa de *Capsicum chinense* y *Vigna unguiculata*, así como en la infestación de *Tetranychus urticae*. **Materiales y métodos.** Se realizó un experimento en invernadero mediante un diseño completamente al azar. Los productos

Abstract

Objective. Evaluate the effect of the application of mycorrhiza (*Glomus intraradices*) and Trichoderma (*Trichoderma harzanium*) - alone combined with the seaweed extract of *Ascophillum nodosum* or fulvic acids - on the biomass accumulation of two cultivated species (*Capsicum chinense* and *Vigna unguiculata*) and their impact on *Tetranychus urticae* infestation. **Material and methods.** The experiment was conducted under greenhouse conditions using a

biorracionales se aplicaron en la base del tallo en etapas vegetativas. Se evaluaron variables de crecimiento, biomasa, incidencia y densidad poblacional de *Tetranychus urticae*. **Resultados.** La combinación de micorriza + ácido fúlvico incrementó el número de hojas y peso seco de raíz en *C. chinense*. Micorriza + extracto de alga aumentó el peso seco de raíz en *V. unguiculata*. Este último tratamiento redujo la incidencia y densidad poblacional de *T. urticae* en *V. unguiculata*. **Conclusión.** El uso de productos biorracionales tuvo efectos diferentes en ambos cultivos. La combinación de micorriza *Glomus intraradices* + extracto de alga *Ascophillum nodosum* mostró mayor efecto sobre la infestación de *T. urticae* en *V. unguiculata*.

Palabras clave

Estimulantes, inoculantes microbianos, extracto de alga, plagas agrícolas.

completely randomized design. The biorational products were applied to the base of the stem of the plants in the vegetative stage of development. The variables of growth, biomass, incidence and population density of *Tetranychus urticae* were evaluated. **Results.** The application of mycorrhiza + fulvic acid caused an increase in the number of leaves and root dry weight in *C. chinense*. The application of mycorrhiza + seaweed extract allowed greater root dry weight gain in *V. unguiculata*. This latter trial/treatment decreases the incidence of *T. urticae* and its population density on *V. unguiculata*. **Conclusion.** The use of biorational products in both crops had differential effects. The application of micorriza *G. intraradices* + seaweed extract *Ascophillum nodosum* had a greater effect on *T. urticae* infestation on *V. unguiculata*.

Keywords

Stimulants, microbial inoculants, algae extract, agricultural pests.

Introducción

En la producción agrícola actual, el uso de productos biorracionales aumentó como una estrategia innovadora para el manejo de cultivos, ofreciendo una alternativa ecológica a los productos químicos sintéticos, que pueden utilizarse como agentes de protección de cultivos o como potenciadores del desarrollo de las plantas; estos últimos mejoran la eficiencia nutricional de las plantas sin ser necesariamente nutrientes (du Jardin, 2015). Los productos biorracionales que estimulan el desarrollo vegetal incluyen extractos de algas, derivados vegetales, proteínas hidrolizadas, ácido fúlvico y microorganismos. Estos también pueden mejorar la tolerancia al estrés abiótico (salinidad, altas temperaturas, entre otras) y biótico (contra plagas y fitopatógenos) (Kumari *et al.*, 2022).

En las últimas décadas se realizaron avances en el estudio de productos biorracionales de alto potencial agronómico, como los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), *Trichoderma* sp., extractos de algas y ácidos fúlvicos, que actúan como bioestimulantes mediante diferentes mecanismos; por ejemplo, los hongos de los géneros *Glomus* spp. y *Trichoderma* spp. mejoran la nutrición de las plantas al aumentar la disponibilidad y la translocación de diversos nutrientes (Rouphael *et al.*, 2015), y pueden fomentar el crecimiento vegetal mediante la síntesis y exportación de reguladores de crecimiento (Begum *et al.*, 2019; Sun *et al.*, 2023). Los extractos de algas aumentan significativamente el vigor de las plántulas, la densidad de las raíces y la resistencia a insectos plagas (Shukla *et al.*, 2019; Dong *et al.*, 2020; Ali *et al.*, 2021). Los ácidos fúlvicos promueven tanto

el desarrollo del sistema radicular como del crecimiento de brotes (Calvo *et al.*, 2014; Canellas *et al.*, 2015; Van Oosten *et al.*, 2017). En algunos casos, el uso de inoculaciones mixtas o combinadas de diferentes especies o cepas pueden tener un efecto sinérgico, ya que la falta de actividad en un microbio puede ser compensada por la acción del otro (Santoyo *et al.*, 2021).

El efecto de los productos biorracionales es evaluado en diversas especies cultivadas, como *Capsicum annum*, *Solanum lycopersicum*, *Phaseolus vulgaris*, observándose efectos positivos en el crecimiento general de las plantas, el desarrollo de la raíz, el aumento de la biomasa aérea y el incremento del número, tamaño y rendimiento de frutos (Nardi *et al.*, 2016; De Pascale *et al.*, 2017). Sin embargo, el impacto de la inoculación de estos productos sobre la incidencia o severidad del daño por plagas es aún escaso. Los resultados se centran principalmente con HMA y *Trichoderma* sp.; por ejemplo, plantas de *Solanum lycopersicum* y *Citrus aurantium* inoculadas con *Funneliformis mosseae* y *Rhizophagus irregularis* presentaron una disminución del daño foliar causado por *Spodoptera exigua* y *Tetranychus urticae* (Manresa-Grao *et al.*, 2022; Rivero *et al.*, 2021). Además, la inoculación de cepas de *Trichoderma* sp. en *Phaseolus vulgaris* provocó de 17 a 64% de mortalidad en *Acanthoscelides obtectus* (Rodríguez-González *et al.*, 2020; 2022). Con respecto a los extractos de algas y ácidos fúlvicos, no existen registros detallados sobre sus efectos en la inducción de resistencia a plagas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de los inoculantes *Glomus intraradices* y *Trichoderma harzanium* solos y en combinación con el extracto del alga *Ascophillum nodosum* o ácidos fúlvicos, en la acumulación de biomasa de dos especies cultivadas (*Capsicum chinense* y *Vigna unguiculata*) y su impacto en la infestación de *Tetranychus urticae*.

Materiales y métodos

Área de estudio y establecimiento del experimento

El experimento se llevó a cabo en un invernadero rústico con una temperatura de entre 25-38 °C, humedad relativa de 70-90% y fotoperiodo de 14 h luz: 10 h oscuridad. Este invernadero está ubicado en el área de investigación hortícola del Instituto Tecnológico de Conkal, en el municipio de Conkal, Yucatán, a 21° 4' latitud N y 89° 31' longitud O.

Las plántulas de *C. chinense* se obtuvieron de semillas de la variedad Jaguar, mientras que las de *V unguiculata* fueron de un cultivar criollo, colectado en la localidad de Izamal, Yucatán. Las plántulas de *C. chinense* con 35 días de emergidas, se establecieron en macetas de plástico de un litro, dispuestas en el invernadero con una separación de 1.2 m entre filas y 50 cm entre plantas. Estas plántulas se regaron y fertilizaron cada dos días con una mezcla de nitrato de amonio, fosfato monopotásico y nitrato de magnesio. Para *V. unguiculata*, las semillas se sembraron directamente en macetas de plástico, regándose cada tres días y con una sola aplicación de fertilizante a una dosis de 3 g por maceta de fosfato diamónico.

Diseño experimental y aplicación de tratamientos

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con 20 plantas por tratamiento, donde cada planta representó una repetición. Los tratamientos consistieron en la aplicación de productos biorracionales comerciales y un testigo (cuadro 1). Para *C. chinenses* las aplicaciones se realizaron al momento del trasplante y nuevamente siete días después. Para *V. unguiculata*, las aplicaciones se efectuaron a los siete y 14 días después de la emergencia.

Cuadro 1

Productos biorracionales (bioestimulantes) evaluados en plantas de *C. chinense* y *V. unguiculata* bajo condiciones de invernadero

Tratamiento	Nombre comercial *	Ingrediente activo	Dosis
Micorriza + alga	M-300	<i>Glomus intraradices</i>	2 g/L
	Algazo	Extracto de <i>Ascophyllum nodosum</i>	20 ml/L
Micorriza + ácido fúlvico	M-300	<i>G. intraradices</i>	2 g/L
	Humin-330	Ácido fúlvico	20 ml/L
<i>Trichoderma</i> + alga	Rizo-Derma	<i>Trichoderma harzianum</i>	2 g/L
	Algazo	Extracto de <i>A. nodosum</i>	20 ml/L
<i>Trichoderma</i> + ácido fúlvico	Rizo-Derma	<i>T. harzianum</i>	2 g/L
	Humin-330	Ácido fúlvico	20 ml/L
Testigo absoluto	Testigo		

*Todos los productos fueron adquiridos a la compañía MycoEvolution.

Evaluación de los productos biorracionales en crecimiento vegetativo y biomasa seca de *C. chinense* y *V. unguiculata*

Para las variables de crecimiento se tomaron en cuenta la altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm) en la base y el número de hojas. Las mediciones se realizaron a los 15 y 30 días después de la primera aplicación de los productos (DDA). La biomasa seca de hojas (g), tallo (g) y raíz (g) se evaluó a los 40 días después de trasplante (DDT). Para evaluar crecimiento y biomasa se seleccionaron 10 plantas por tratamiento.

Evaluación de incidencia y densidad de adultos *C. chinense* y *V. unguiculata*

La incidencia de infestación natural se evaluó a los 7, 14 y 21 días después de la aparición de la primera hoja infestada con *Tetranychus urticae*. La incidencia se determinó como el porcentaje de hojas con presencia de *T. urticae* basado en el número total de hojas por planta en ambos cultivos. Para la densidad de *T. urticae*, en el caso de *V. unguiculata*, se tomaron 10 hojas por tratamiento y se observaron bajo estereoscopio para contabilizar los adultos por hoja. En el caso de *C. chinense*, los adultos se contabilizaron por planta.

Análisis de datos

Se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza a los datos. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($P < 0.05$) utilizando el paquete estadístico InfoStat versión 2020 (www.infostat.com.ar).

Resultados

Crecimiento vegetativo y biomasa seca de *Capsicum chinense* y *Vigna unguiculata* establecidas en macetas

En *C. chinense*, los tratamientos no mostraron un incremento significativo en la altura de las plantas (cm); sin embargo, las plantas tratadas con micorriza + alga y micorriza + ácidos fúlvicos presentaron mayor número de hojas (9-10) y mayor diámetro a los 30 DDA (cuadro 2). En el caso de *V. unguiculata*, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la altura de la planta (cm), a los 30 DDA se observó un aumento en el diámetro de tallo (cm) y número de hojas (cuadro 2) con el tratamiento micorriza + ácido fúlvico.

Cuadro 2
Efecto de los productos biorracionales en el crecimiento de *C. chinense* y *V. unguiculata*

Tratamientos	Altura de planta (cm)		Diámetro de tallo (cm)		Número de hojas	
	15 DDA	30 DDA	15 DDA	30 DDA	15 DDA	30 DDA
<i>C. chinense</i>						
Micorriza (M) + alga	14.6±0.38 a	17.0±0.29	0.2±0.02	0.3±0.02a	6.0±0.18b	9.0±0.33ab
(M) + ácido fúlvico	13.8±0.59ab	17.0±0.67	0.2±0.02	0.3±0.01a	7.0±0.21a	10.0±0.27a
Trichoderma (T) +alga	12.0±0.63b	16.6±0.53	0.2±0.02	0.2±0.02b	6.2±0.33b	8.0±0.30bc
(T) + ácido fúlvico	12.0±0.69b	14.7±0.89	0.2±0.01	0.3±0.01a	6.1±0.23b	8.8±0.29abc
Testigo	14.0±0.44ab	15.1±0.76	0.2±0.00	0.3±0.01ab	7.0±0.28a	7.7±0.21c
P-valor	0.0041	0.0515	0.4069	0.0003	0.0359	0.0001
<i>V. unguiculata</i>						
Micorriza (M) + alga	19.2±0.48	24.1±0.52	0.2±0.01	0.3±0.01ab	3±0.0	4.2±0.34b
(M) + ácido fúlvico	19.6±0.54	25.7±0.61	0.2±0.01	0.3±0.01a	3±0.0	5.1±0.32ab
Trichoderma (T) +alga	18.4±0.70	24.6±0.76	0.2±0.01	0.3±0.01ab	3±0.0	4.2±0.34b
(T) + ácido fúlvico	18.9±0.65	24.3±0.44	0.2±0.01	0.2±0.01b	3±0.0	5.0±0.40ab
Testigo	19.2±0.52	25.4±0.46	0.2±0.01	0.3±0.01ab	3±0.0	5.7±0.24a
P-valor	0.6627	0.2372	0.7755	0.0061	sd	0.0113

DDA=Días después de la aplicación; Medias±error estándar. Letras diferentes presentan diferencia estadística significativa (Tukey; $p < 0.05$).

Con respecto a la biomasa seca en *C. chinense*, las plantas tratadas con micorriza + ácido fúlvico presentaron mayor biomasa seca en la raíz (0.6 g) en comparación con el testigo (0.4 g); no obstante, no se observó efecto de los tratamientos sobre biomasa seca en tallo (g) y hojas (g), asimismo, para *V. unguiculata*, las plantas tratadas con micorriza + alga presentaron mayor peso seco de raíz (1.2 g) en comparación con el testigo (cuadro 3).

Cuadro 3

Efectos de los productos biorracionales en la biomasa seca de *C. chinense* y *V. unguiculata* 40 días después del trasplante

Tratamientos	Raíz (g)	Tallo (g)	Hojas (g)
	C. chinense		
Micorriza + alga	0.4 ± 0.02b	0.4 ± 0.02	0.5 ± 0.03
Micorriza + ácido fúlvico	0.6 ± 0.04a	0.5 ± 0.04	0.7 ± 0.05
Trichoderma + alga	0.5 ± 0.06ab	0.4 ± 0.04	0.6 ± 0.07
Trichoderma + ácido fúlvico	0.5 ± 0.05ab	0.4 ± 0.04	0.5 ± 0.07
Testigo	0.4 ± 0.05ab	0.5 ± 0.03	0.5 ± 0.08
P-valor	0.0063	0.1275	0.1400
	V. unguiculata		
Micorriza + alga	1.2 ± 0.14a	0.4 ± 0.04	0.6 ± 0.07
Micorriza + ácido fúlvico	0.9 ± 0.07ab	0.4 ± 0.04	0.7 ± 0.08
Trichoderma + alga	1.0 ± 0.12ab	0.4 ± 0.03	0.7 ± 0.06
Trichoderma + ácido fúlvico	1.2 ± 0.05ab	0.4 ± 0.04	0.6 ± 0.04
Testigo	0.8 ± 0.08b	0.4 ± 0.04	0.7 ± 0.03
P-valor	0.0369	0.9849	0.3942

Medias ± error estándar. Letras diferentes presentan diferencia estadística significativa (Tukey; p < 0.05).

Incidencia y densidad de adultos de T. urticae en C. chinense y V. unguiculata

Para *C. chinense*, el tratamiento con micorriza + alga mostró una tendencia al reducir la incidencia de *T. urticae* en comparación con los demás tratamientos y el testigo; mientras que en *V. unguiculata*, las plantas tratadas con micorriza + alga presentaron menor incidencia con valores del 32.8 a 53.7% en comparación con el testigo, que tuvo mayor incidencia (70.4-87.0%) (cuadro 4).

Para la densidad poblacional de *T. urticae*, nuevamente en el caso de *C. chinense*, las plantas tratadas con micorriza + alga mostraron una tendencia al disminuir la densidad poblacional de *T. urticae* a los 21 y 28 días después de la infestación inicial; en contraste, en *V. unguiculata*, las plantas tratadas con micorriza + alga y *Trichoderma* + ácido fúlvico presentaron menor densidad poblacional de *T. urticae* a los 14 y 28 días después de la infestación inicial (cuadro 5).

Cuadro 4

Efecto de los productos biorracionales en la incidencia (% de hojas dañadas) de *T. urticae* en *C. chinense* y *V. unguiculata*

Tratamiento	% de hojas dañadas a partir de la infestación inicial			
	7 días	14 días	21 días	28 días
<i>C. chinense</i>				
Micorriza + alga	3.3±1.8b	6.1±2.2	7.5±3.1b	9.2±3.26b
Micorriza + ácido fúlvico	12.6±3.0ab	21.2±5.8	34.0±7.9a	43.2±6.3a
Trichoderma + alga	5.8±2.0ab	12.0±4.1	31.7±4.7a	33.9±8.5ab
Trichoderma + ácido fúlvico	14.2±3.6a	19.4±6.2	20.3±5.2ab	45.6±17.9a
Testigo	4.4±1.5b	13.0±2.3	22.8±3.2ab	19.4±4.0b
<i>P-valor</i>	0.0090	0.1350	0.0061	0.0415
<i>V. unguiculata</i>				
Micorriza + alga	21.1±4.6	32.8±4.2c	53.7±7.6c	50.2±7.8c
Micorriza + ácido fúlvico	37.0±4.2	45.0±7.1bc	66.7±6.9bc	83.6±7.0ab
Trichoderma + alga	27.2±4.3	65.8±5.6ab	94.7±2.2a	93.6±1.8a
Trichoderma + ácido fúlvico	31.7±8.1	46.4±5.8abc	51.2±7.0c	63.7±5.4bc
Testigo	26.4±5.1	70.4±7.8a	87.0±7.0ab	77.3±7.3ab
<i>P-valor</i>	0.4071	0.0004	0.0001	0.0001

Medias ± error estándar. Letras diferentes presentan diferencia estadística significativa (Tukey; p<0.05).

Cuadro 5

Efecto de los productos biorracionales en la densidad poblacional de adultos de *T. urticae* (adultos/hoja) en *C. chinense* y *V. unguiculata*

Tratamiento	Densidad poblacional a partir de la infestación inicial		
	14 días	21 días	28 días
<i>C. chinense</i>			
Micorriza + alga	0.5±0.17	0.7±0.33b	0.9±0.33b
Micorriza + ácido fúlvico	1.4±0.45	2.4±0.65ab	3.0±0.49a
Trichoderma + alga	1.0±0.37	2.9±0.57a	2.7±0.47ab
Trichoderma + ácido fúlvico	1.1±0.18	1.6±0.43ab	2.8±0.61ab
Testigo	1.3±0.21	2.3±0.30ab	2.1±0.50ab
<i>P-valor</i>	0.2536	0.0211	0.0289

	14 días	21 días	28 días
	<i>V. unguiculata</i>		
Micorriza + alga	0.4±0.22b	1.3±0.15	0.9±0.23b
Micorriza + ácido fúlvico	0.3±0.21b	1.8±0.57	2.9±0.35ab
Trichoderma + alga	1.2±0.44ab	2.2±0.55	1.1±0.27b
Trichoderma + ácido fúlvico	0.3±0.15b	1.3±0.15	1.1±0.23b
Testigo	2.3±0.90 a	1.9±0.18	3.6±0.98a
P-valor	0.0166	0.3754	0.0010

Medias ± error estándar. Letras diferentes presentan diferencia estadística significativa (Tukey; $p < 0.05$).

Discusión

Actualmente, el uso de productos biorracionales (bioestimulantes) es una de las estrategias más importantes en los sistemas agrícolas, ya que aportan propiedades beneficiosas a las plantas, mejorando la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico, el crecimiento vegetativo y el rendimiento de los cultivos (González-González *et al.*, 2020; Méndez *et al.*, 2023). En este estudio, el efecto de los productos biorracionales varió entre las especies evaluadas (*C. chinense* y *V. unguiculata*), y se documentó que la interacción planta-inoculante está determinada no sólo por la especie vegetal, sino también por el estado de desarrollo de la planta, la estructura química del suelo, el grado de interacción con la microbiota del suelo y la disponibilidad de nutrientes en la rizosfera por la aplicación de fertilizantes convencionales, lo cual afecta la respuesta de los cultivos evaluados (Basu *et al.*, 2021; Santoyo *et al.*, 2021). El uso de productos biorracionales desempeñan un papel importante en la producción agrícola, ejerciendo efectos benéficos sobre las plantas; sin embargo, la aplicación combinada de estos productos no se ha documentado detalladamente en *C. chinense* y *V. unguiculata*. En otras especies hortícolas existen resultados favorables con la aplicación combinada de estos productos; por ejemplo, Méndez *et al.* (2023) encontraron efectos positivos sobre el crecimiento vegetativo y la producción de biomasa en plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) debido a los efectos de los bioinoculantes micorrícicos (*G. intraradices*) y el extracto de algas (*A. nodosum*). De igual manera, el uso combinado de hongos micorrícicos y algas presenta efectos beneficiosos en cultivos hortícolas como tomate (*Solanum lycopersicum* L.), mejorando parámetros de crecimiento como longitud de tallo y raíz (González-González *et al.*, 2020). En otro estudio, la aplicación combinada de hongo micorrícico (*R. irregularis*) y el extracto de alga (*A. nodosum*) mostró efectos significativos en el peso fresco y seco en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) (Aguilar-Carpio *et al.*, 2022). Esto demuestra que la combinación de un inoculante microbiano y un producto orgánico (ácidos fúlvicos o algas marinas) puede proporcionar mejores resultados que su aplicación individual. En este estudio, se observó que las plantas tratadas con micorrizas + ácidos fúlvicos presentaron mayor biomasa seca en la raíz en *C. chinenses*, mientras las plantas de *V. unguiculata* tratadas con micorrizas + algas presentaron mayor peso seco de raíz. La combinación

de productos orgánicos puede potenciar el efecto de los microorganismos en la rizosfera, lo que favorece de manera directa al crecimiento de raíz (Battacharyya *et al.*, 2015; Méndez *et al.*, 2023), en particular para el caso de los hongos micorrícicos, que promueven el desarrollo de la red de raíces laterales, mejorando la absorción de nutrientes (Anli *et al.*, 2020; González-González *et al.*, 2020).

Existe información limitada sobre el efecto de los productos biorracionales en la supresión poblacional de *T. urticae*. Se ha documentado que las plantas de *Phaseolus vulgaris* tratadas con micorrizas presentaron una menor densidad poblacional de ácaros de *T. urticae* en comparación con plantas no tratadas (Do Valle *et al.*, 2023). En cultivos frutícolas, el tratamiento con micorriza (*Rhizophagus irregularis*) disminuyó el porcentaje de plantas dañadas y la densidad de huevos de *T. urticae* (Manresa-Grao *et al.*, 2022).

En nuestro estudio, la aplicación de los tratamientos a *C. chinense* no tuvo efecto en la disminución de la densidad poblacional de *T. urticae*; sin embargo, en *V. unguiculata*, la aplicación de los productos biorracionales redujo la incidencia y densidad poblacional de *T. urticae*. Esta respuesta diferencial sugiere que en *V. unguiculata* los tratamientos activaron mecanismos de defensa contra la infestación por ácaros. Es difícil inferir el mecanismo preciso, pero se sabe que las inoculaciones microbianas pueden inducir la generación y acumulación foliar de metabolitos secundarios (ácido oxocarboxílico y fenilpropanoides) que están implicados con la defensa de las plantas (Do Valle *et al.*, 2023; Samaras *et al.*, 2023) o la producción de otros compuestos relacionados con la defensa contra fitófagos (Meier y Hunter, 2018; Manresa-Grao *et al.*, 2022). La defensa de las plantas contra insectos incluye muchos componentes, tanto químicos como morfológicos (Wang *et al.*, 2023; Rivero *et al.*, 2021). La disminución de la incidencia y densidad poblacional de *T. urticae* en *V. unguiculata*, la combinación de microorganismos y productos orgánicos aplicados al suelo no se había documentado anteriormente, lo que convierte a este estudio en el primer registro sobre el uso combinado de los microorganismos *Glomus intraradices* y *Trichoderma harzanium* con el extracto de alga (*Ascophillum nodosum*) o ácidos fúlvicos en *C. chinense* y *Vigna unguiculata*. Estos resultados contribuyen al registro de prácticas sustentables en la agricultura para el manejo de plagas.

Conclusión

La aplicación de micorriza *G. intraradices* + extracto de alga *A. nodosum* promueve el crecimiento vegetativo y la acumulación de biomasa, especialmente en *V. unguiculata*; además, esta combinación también muestra efectos positivos en la reducción de la incidencia y la densidad poblacional de *T. urticae*.

Agradecimientos

Al CONAHCYT por la beca posdoctoral a ALRJ.

Literatura citada

- Aguilar-Carpio, C.; Cervantes-Adame, Y.F.; Sorza-Aguilar, P.J. y Escalante-Estrada, A.S.E. (2022). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. *Terra Latinoamericana*. 40: 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1059>
- Ali, O.; Ramsubhag, A. y Jayaraman, J. (2021). Biostimulants properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. *Plants*. 10: 531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>.
- Anli, M.; Kaoua, M.E.; Ait-El-Mokhtar, M.; Boutasknit, A.; Ben-Laouane, R.; Toubali, S.; Baslam, M.; Lyamlouli, K.; Hafidi, M. y Meddich, A. (2020). Seaweed extract application and arbuscular mycorrhizal fungal inoculation: a tool for promoting growth and development of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Boufgous. *South African Journal of Botany*. 132: 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.04.004>.
- Basu, A.; Prasad, P.; Das, S.N.; Kalam, S.; Sayyed, R.Z.; Reddy, M.S. y El Enshasy, H. (2021). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*. 13(3): 1140. <https://doi.org/10.3390/su13031140>.
- Battacharyya, D.; Babgohari, M.Z.; Rathor, P. y Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
- Begum, N.; Qin, C.; Ahanger, M.A.; Raza, S.; Khan, M.I.; Ashraf, M.; Ahmed, N. y Zhang, L. (2019). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Frontier Plant Science*. 10: 1068. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>.
- Calvo, P.; Nelson, L. y Klopper, J.W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*. 383: 3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>.
- Canellas, L.P.; Olivares, F.L.; Aguiar, N.O.; Jones, D.L.; Nebbioso, A.; Mazzei, P. y Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 196: 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>.
- De Pascale, S.; Roupheal, Y. y Colla, G. (2017). Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science*. 82: 277-285. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2017/82.6.2>.
- Dong, C.; Wang, G.G.; Du, M.; Niu, C.; Zhang, P.; Zhang, X.; Ma, D.; Ma, F. y Bao, Z. (2020). Biostimulants promote plant vigor of tomato and strawberry after transplanting. *Scientia Horticulturae*. 267: 109355. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109355>
- Do Valle, A.B.; Lescano, L.E.A.M.; Lameu, N.D.; Rodrigues, D.R.; De França, E.J.G.; Matsumoto, L.S. y De Souza, P.R. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi provide enhanced development and reduced mite incidence in *Phaseolus vulgaris* L. by direct root colonization and via the common mycorrhizal network. *Observatório de la Economía Latinoamericana*. 21(1): 268-285.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories, and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196: 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- González-González, M.F.; Ocampo-Álvarez, H.; Santacruz-Ruvalcaba, F.; Sánchez-Hernández, C.V.; Casarrubias-Castillo, K.; Becerril-Espinosa, A.; Castañeda-Nava, J.J. y Hernández-Herrera, R.M. (2020). Physiological, ecological, and biochemical implications in tomato plants of two plant biostimulants: Arbuscular mycorrhizal fungi and seaweed extract. *Frontiers in Plant Science*. 11: 999. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00999>.
- Hosseini, A.; Hosseini, M. y Schausberger, P. (2022). Plant growth-promoting Rhizobacteria enhance defense of strawberry plants against spider mites. *Frontiers in plant science*. 12: 783578. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.783578>.
- Kumari, M.; Swarupa, P.; Kesari, K.K. y Kumar, A. (2022). Microbial inoculants as plant biostimulants: A review on risk status. *Life (Basel, Switzerland)*. 13(1): 12. <https://doi.org/10.3390/life13010012>.
- Manresa-Grao, M.; Pastor-Fernández, J.; Sanchez-Bel, P.; Jaques, J.A.; Pastor, V. y Flors, V. (2022). Mycorrhizal symbiosis triggers local resistance in citrus plants against spider mites. *Frontiers in plant science*. 13: 867778. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.867778>.
- Meier, A.R. y Hunter, M.D. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi mediate herbivore-induction of plant defense differently above and belowground. *Oikos*. 127(12): 1759-1775. <https://doi.org/10.1111/oik.05402>

- Méndez, A.; Martínez, S.; Leal, A.; Hernández, A.; García, J. y Sánchez, M. (2023). Sinergia de microorganismos y extracto de algas sobre el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad del fruto del pepino. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(3): 1-19. <https://doi.org/10.15835/nbha51312888>
- Nardi, S.; Pizzeghello, D.; Schiavon, M. y Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*. 73: 18-23. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>.
- Rivero, J.; Lidoy, J.; Llopis-Giménez, Á.; Herrero, S.; Flors, V. y Pozo, M.J. (2021). Mycorrhizal symbiosis primes the accumulation of antiherbivore compounds and enhances herbivore mortality in tomato. *Journal of experimental botany*. 72(13): 5038-5050. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab171>.
- Rodríguez-González, Á.; Campelo, M. P.; Lorenzana, A.; Mayo-Prieto, S.; González-López, O.; Álvarez-García, S.; Gutiérrez, S. y Casquero, P. (2020). Spores of *Trichoderma* strains sprayed over *Acanthoscelides obtectus* and *Phaseolus vulgaris* L. beans: effects in the biology of the vean weevil. *Journal of Stored Products Research*. 88: 101666. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101666>.
- Rodríguez-González, Á.; Carro-Huerta, G.; Guerra, M.; Mayo-Prieto, S.; Porteous-Álvarez, A.J.; Lorenzana, A.; Campelo, M.P.; Fernández-Marcos, A.; Casquero, P.A. y Gutiérrez, S. (2022). Spores of *Trichoderma* strains over *P. vulgaris* beans: direct effect on insect attacks and indirect effect on agronomic parameters. *Insects*. 13(12): 1086. <https://doi.org/10.3390/insects13121086>.
- Rouphael, Y.; Franken, P.; Schneider, C.; Schwarz, D.; Giovannetti, M.; Agnolucci, M.; Bonini, P. y Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Sci Horti*. 196: 91–108. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.002>.
- Samaras, K.; Mourtiadou, S.; Arampatzis, T.; Kakagianni, M.; Feka, M.; Wäckers, F.; Papadopoulou, K.K.; Broufas, G.D. y Pappas, M.L. (2023). Plant-mediated effects of beneficial microbes and a plant strengthener against spider mites in tomato. *Plants*. 12(4): 1-13. <https://doi.org/10.3390/plants12040938>.
- Santoyo, G.; Guzmán-Guzmán, P.; Parra-Cota, F.I.; Santos-Villalobos, S.d.l.; Orozco-Mosqueda, M.d.C. y Glick, B.R. (2021). Plant growth stimulation by microbial consortia. *Agronomy*. 11(2): 219. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020219>.
- Shukla, P.S.; Mantin, E.G.; Adil, M.; Bajpai, S.; Critchley, A.T. y Prithiviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*. 10: 1-22. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>.
- Sun, W.; Shahrajabian, M.H. (2023). The Application of arbuscular mycorrhizal fungi as microbial biostimulant, sustainable approaches in modern agriculture. *Plants*. 12: 3101. <https://doi.org/10.3390/plants12173101>.
- Van Oosten, M.J.; Pepe, O.; De Pascale, S.; Silletti, S. y Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 4: 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>.
- Wang, M.; Wang, Z.; Guo, M.; Qu, L. y Biere, A. (2023) Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and herbivore infestation depend on availability of soil water and nutrients. *Front Plant Sci*. 14: 1101932. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1101932>.