JOURNAL OF THE Selva Andina Research Society
Official Journal of the Selva Andina Research Society.

Nota de Investigación

ISSN 2072-9294 (print edition)
JSARS
ISSN 2072-9308 (online edition)

Evaluación de cuatro bioestimulantes en la inducción de la resistencia sistémica en pepino (*Cucumis sativus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) en monocultivo y cultivo asociado en invernadero

Evaluation of four biostimulants for the induction of systemic resistance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) in monoculture and associated greenhouse cultivation

Gabriel-Ortega Julio[1*], Chonillo Pionce Pablo[2], Narváez Campana Washington[1], Fuentes Figueroa Tomas[1], Ayón Villao Fernando[1]

Datos del Artículo

[1]Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM).
Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura.
km 1.5 vía Noboa, Campus los Ángeles, Jipijapa.
Tel: 05-2600229/05-2601657/05-2600223.
Manabí, Ecuador.

[2] Consultor independiente de Jipijapa.
Manabí, Ecuador.

***Dirección de contacto**:
Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM).
Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura.
km 1.5 vía Noboa, Campus los Ángeles, Jipijapa.
Tel: 05-2600229/05-2601657/05-2600223.
Manabí, Ecuador.

Julio Gabriel-Ortega
E-mail address :julio.gabriel@unesum.edu.ec
j.gabriel@proinpa.org

Palabras clave:

Resistencia sistémica,
estrategia,
plagas,
bioestimulantes.

J. Selva Andina Res. Soc.
2022; 13(2):69-79.
ID del artículo: 159/JSARS/2022

Historial del artículo.

Recibido enero 2022.
Devuelto junio 2022.
Aceptado junio 2022.
Disponible en línea, agosto 2022.

Editado por:
Selva Andina
Research Society

Keywords:

Systemic resistance,
strategy,
pests,
biostimulants.

Resumen

Con el objetivo de evaluar cuatro bioestimulantes en la inducción de la resistencia sistémica en pepino (*Cucumis sativus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) en monocultivo y cultivo asociado en invernadero, fueron aplicados cinco tratamientos en tres estadios de desarrollo (crecimiento, floración y fructificación): T_1 Bioremedy (2.0 g/L), T_2 Grandsil (2.0 g/L), T_3 Testigo (agua) T_4 Fossil (5.0 g/L), T_5 L-amino (2 cm^3/L). Los tratamientos fueron distribuidos en arreglo factorial 3 x 5 y evaluados en un diseño experimental Completamente Aleatorio. Cada unidad experimental estuvo constituida por tres hileras. Las variables de respuestas fueron: altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), número de frutos por planta, volumen del fruto (cm^3) y peso de fruto (kg). Los resultados, pepino en monocultivo no presento diferencias notables para ninguna de la variable evaluadas, con excepción de la altura de planta, se observó diferencias significativas al $P<0.05$ de probabilidad, Bioremedy, L-amino y testigo fueron los mejores. En monocultivo de tomate, hubo diferencias significativas al $P<0.05$ de probabilidad para todas las variables, destacándose a Bioremedy para altura de planta, diámetro de tallo, peso de fruto diámetro de fruto y número de fruto. En el cultivo asociado tanto el pepino como el tomate con diferencias significativas al $P<0.05$ de probabilidad para todas las variables evaluadas, destacándose al Bioremedy como el mejor.

2022. Journal of the Selva Andina Research Society®. Bolivia. Todos los derechos reservados

Abstract

In order to evaluate four biostimulants in the induction of systemic resistance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) and tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) in monoculture and associated greenhouse cultivation, five treatments were applied at three developmental stages (growth, flowering and fruiting): T_1 Bioremedy (2.0 g/L), T_2 Grandsil (2.0 g/L), T_3 Control (water), T_4 Fossil (5.0 g/L), T_5 L-amino (2 cm^3/L). The treatments were distributed in a 3 x 5 factorial arrangement and evaluated in a completely randomised experimental design. Each experimental unit consisted of three rows. The response variables were: plant height (cm), stem diameter (mm), number of fruits per plant, fruit volume (cm^3) and fruit weight (kg). The results, cucumber in monoculture did not present notable differences for any of the evaluated variables, with the exception of plant height, significant differences were observed at $P<0.05$ of probability, Bioremedy, L-amino and control were the best. In tomato monoculture, there were significant differences at $P<0.05$ for all the variables, with Bioremedy standing out for plant height, stem diameter, fruit weight, fruit diameter and fruit number. In the associated crop, both cucumber and tomato had significant differences at $P<0.05$ for all the variables evaluated, with Bioremedy being the best.

2022. Journal of the Selva Andina Research Society®. Bolivia. All rights reserved

Introducción

La provisión mundial de alimentos, depende en gran medida de la agricultura. Para lograr en la actualidad este objetivo, la tarea es compleja, difícil, sin plaguicidas, en el control de plagas y enfermedades que atacan los cultivos[1]. Su aplicación trae consecuencias no deseadas, como efectos adversos en la salud humana, del suelo, medioambiente en forma general, por su toxicidad y persistencia[1]. Otro aspecto negativo, es la selección de individuos resistentes, por su evolución frente a éstos, la sobrevivencia de individuos mejor adaptados y posiblemente más agresivos, conlleva un incremento en sus aplicaciones, conformándose así, un círculo cerrado en espiral, que empeora las condiciones del ecosistema[1]. Para responder a las crecientes demandas de los consumidores, la producción alimentaria sostenible, debe desarrollar alternativas frente a los productos sintéticos convencionales de protección vegetal. En la actualidad, la aplicación de plaguicidas a largo plazo en los cultivos, tuvo una disminución y aceptación por los consumidores[1].

Ross[2] observó en un principio, que las plantas adquieren un tipo de inmunidad sistémica inespecífica después de una infección localizada, reconocida como resistencia sistémica adquirida (RSA). Un gran número de estudios, reportan aspectos fitopatológicos, químicos, bioquímicos, genéticos, genómicos, moleculares, agronómicos, que contribuyeron y continúan revelando una gran cantidad de hechos e información, que incluyen con éxito, la forma potencial de explotar los procesos fenomenológico en la protección de cultivos[3]. En las dos últimas décadas se publicaron modelos[4-7], de cómo se desarrolla el proceso de RSA, sea en su expresión innata o evolucionada, así como en su forma química potencial inducida. Las diversas investigaciones realizadas, además de sus formas de acción, se ocuparon de la efectividad de resistencia inducida en condiciones de campo[8-11].

A pesar de estas investigaciones, la base molecular de la RSA aún está en proceso de ser claramente formulada, aunque sigue siendo el modelo más investigado de la resistencia inducida en plantas (RIP), representa sólo uno de sus mecanismos de defensa multifuncional[3]. Las últimas investigaciones determinaron que la RSA es uno de los mecanismos de defensa multifacético inducible en plantas, según distintas vías, caracterizadas por diferentes señales, metabolitos y genes[3]. La RSA se define, como el proceso que depende del contenido de ácido salicílico (AS) que está involucrando en la proteína de transducción para desarrollar una respuesta de defensa[12]. Un segundo proceso, llamado resistencia sistémica inducida (RSI), motivada por simbiontes, generada una vía que depende de hormonas, como el ácido jasmónico (AJ)[3] y etileno[13], y, un tercer mecanismo de defensa, llamada resistencia inducida por ácido β-amino-butírico (RI-BABA), que surgió en la última década a través del descubrimiento de que la aplicación exógena de BABA[13,14], puede activar múltiples respuestas de defensa, que potencian las defensas inducidas por AS, estimulando la deposición de calosa por patógenos, independiente del AS y AJ[3,15].

Estos mecanismos, interconectados, contribuyen en crear una red de defensas que compone el sistema inmunológico propio de la planta, que puede más apropiadamente incluirse en la resistencia inducida, RSA el más conocido, pero no el único proceso involucrado en la respuesta de defensa a patógenos[3,13].

Luego de un ataque por artrópodos herbívoros, un daño mecánico, contacto con algunos químicos, se inmuniza la planta contra infecciones posteriores por patógenos, aun cuando no lleve genes de resistencia específica del cultivar. Obviamente, el primer patógeno infectante, o un daño, indujo la expresión de

reacciones de resistencia contra subsecuentes infecciones de patógenos, independientemente si son virus, hongos o bacterias. La capacidad de las células de repeler ataques subsecuentes, se dispersa a través de toda la planta, a esta respuesta llamada RSA[3].

También, fue descubierta otra forma de resistencia inducida por rizobacterias promotoras del crecimiento de la planta (PGPR) denominada RSI[3,16].

Por lo que diversos autores[1,3,17], en una revisión extensa del tema, argumentaron que el sistema de defensa de la planta contiene una combinación de cambios físicos y bioquímicos[11,18], los primeros incluyen, lignificación, endurecimiento de la pared celular, formación de papilas, éste último, comprende el estallido oxidativo, la acumulación de fitoalexinas y la activación de proteínas relacionadas con la patogénesis (PRP), tales como quitinasas, β-1,3-glucanasas y peroxidasas[1,18,19]. La activación de las respuestas de defensa puede lograrse mediante el tratamiento con agentes bióticos[20], formas avirulentas de patógenos, razas incompatibles, en ciertas circunstancias, por formas virulentas de patógenos, aceites esenciales[17], extractos de plantas, hongos[21], bacterias[18,22], virus[23], agentes abióticos[24,25] y otros[26].

Considerando la importancia y actualidad que adquiere en estos momentos la temática, el objetivo de la investigación fue evaluar cuatro bioestimulantes en la inducción de la resistencia sistémica en pepino (*Cucumis sativus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) en monocultivo y cultivo asociado en invernadero.

Materiales y métodos

Ubicación. La investigación fue desarrollada en un invernadero del Recinto Puerto la Boca perteneciente a la parroquia Puerto Cayo del cantón Jipijapa, que está ubicado en la latitud 1°18'20"S y longitud 80°45' 42" O, a una altitud aproximada de 53 msnm, su clima posee una temperatura de 24.8° C, la precipitación promedio anual es de 298 mm, concentrándose la mayor cantidad de lluvia en el mes de febrero, mientras que el mes más seco es en agosto[27].

Factores de estudio. *Factor A: Sistema de cultivo* (A_1 monocultivo del hibrido de pepino Intimator de Seminis, A_2 monocultivo de tomate hibrido Pawnee F1 de Enza Zaden y A_3 Cultivo combinado de pepino + tomate). *Factor B: Bioestimulantes inductores de Resistencia Sistémica* (B_1 Fossil, B_2 Grandsil, B_3 L-amino, B_4 Testigo (sólo aplicación de agua) y B_5 Bioremedy.

Diseño experimental. Los tratamientos utilizados en la investigación fueron distribuidos en arreglo factorial 3 x 5 y analizados en un Diseño Experimental Completamente Aleatorio (DCA)[28].

Análisis estadísticos. En las evaluaciones agronómicas una vez que los datos satisficieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza se analizó el experimento utilizando el modelo de un diseño completamente aleatorio[28].

Sobre la base en el modelo definido se realizaron análisis de varianza (ANVA) para probar hipótesis acerca de los efectos fijos, así como comparaciones de medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey $Pr<0.05$ de probabilidad. El ANVA también sirvió para estimar los componentes de varianza para los efectos aleatorios. Los análisis indicados se realizaron utilizando el software estadístico INFOSTAT[28].

Se realizó un análisis de correlación mediante el entre las variables de respuesta correspondientes. Para los mencionados procedimientos se realizará el análisis de correlación de Pearson[28].

Variables de respuesta. Altura de planta AP (cm). Se evaluó cinco plantas tomadas al azar dentro de cada uno de los tratamientos. *Diámetro de tallo DT (mm).* Fue evaluado cuando el cultivo alcanzo el 50 % de floración. *Número de frutos por planta (NFru).* Se

evaluó en todas las cosechas. *Peso del fruto PFru (kg).* Se evaluó en todas las cosechas con una balanza. *Volumen del fruto VFru (cm^3).* Se aplicó la fórmula de Martel Moreno[29], que considera el largo, ancho y alto del fruto.

Manejo de la investigación. Fueron preparadas cámaras húmedas con papel toalla humedecida, en las cuales fueron sembradas para germinación semillas de pepino y tomate. A los cuatro días después de la germinación, fueron trasplantadas las plántulas a bandejas de almácigo con sustrato preparado con biocompost, hoja de guaba y tierra del lugar, en una proporción 2:1:1. Se adicionó 10 kg de humus y una bolsa de 10 g de micorriza para prevenir damping-off. El riego de las bandejas se realizó dos veces por día para mantener la humedad, y se aplicó el fungicida carboxin + captan (vitavax) a razón de 3 g/L, para prevenir enfermedades[27].

Posteriormente, se hizo una preparación manual del suelo, se removió y desterronó, luego se armó las platabandas para siembra, se las adicionó biocompost a razón de 75 kg/33 m de largo de hilera. Se formaron las platabandas de 0.80 m de ancho, 0.15 m de alto y 33 m de largo.

El trasplante definitivo a campo se realizó en las platabandas armadas, para esto se hicieron hoyos con una estaca a una profundidad de 0.15 m y una distancia de 0.30 m entre plantas dentro de la hilera, se aplicó 50 g de humus de lombriz por hoyo, y se realizó el trasplante, apretando bien el suelo para que no quede aire.

Durante el crecimiento a los 10 ddt se inició el control preventivo para los Oomycetes *Pseudoperonospora cubensis* y *Phytophtora infestans* para melón y tomate respectivamente[27], que recomienda iniciar con una aplicación alternada de un fungicida sistémico en base a metalaxil y mancozeb (2.5 g/L), y un fungicida de contacto como clorotalonil (2.5 mL/L), cada siete días y durante seis oportunidades durante todo el ciclo del cultivo. El fungicida sistémico no debe entrar en más de tres oportunidades para prevenir la selección de biotipos resistentes en los Oomycetes mencionados.

Para el control de insectos-plaga[27], realizando una aplicación alternada con un insecticida sistémico Thiamethoxan+lamda cihalotrina (0.25 mL/L) y uno de contacto (imidacloprid 0.60 g/L) y/o Neen (orgánico) 4 mL/L (aplicación alternada) en vez del insecticida de contacto. Hacer este proceso alternado durante seis semanas. Esta es una estrategia eficiente para el combate de insectos-plaga como la negrita (*Prodiplosis longifilia*), la mosca minadora (*Liriomyza* spp.), el pulgón (*Myzus persicae*), la polilla (*Diaphania* spp.), los trips (*Frankliniella* sp.) y la mosca blanca (*Bemisia* sp.).

Se aplicó una fertilización edáfica de NPK a los 30 ddt con Yaramira (2 g/planta) o solufol (100 g/20 L) cada semana y durante al menos seis oportunidades, y un fertilizante foliar con Chefare (25 mL/20 L), cada semana durante al menos seis oportunidades.

La poda se realizó en una rama principal para ambos cultivos, las hojas viejas y los brotes se eliminaron para evitar la formación de otras ramas secundarias. El tutoraje se hizo después de la poda, y luego se aplicó un fungicida de contacto (Mancozeb 0.47 g/L) para evitar enfermedades en las heridas causadas por la poda.

El riego de las plantas se aplicó por goteo, dos veces por día, durante 15 a 20 min en cada riego.

La cosecha se la realizó a partir de los 120 ddt en el cultivo de tomate, y a los 60 ddt en el pepino.

Resultados

El análisis de normalidad para las variables evaluadas mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov al $P<0.05$ de probabilidad no fue significativa, lo que se

sugirió que las variables tuvieron distribución normal. Asimismo, se determinó a través de la prueba de Chi Cuadrada al P<0.05 de probabilidad que no hubo diferencias significativas entre las varianzas, denotando que hubo homogeneidad de varianzas.

Análisis de varianza. El ANVA para cultivo, con diferencias altamente significativas al P<0.01 de probabilidad AP, TFru y DFru. El tomate en monocultivo, presentó diferencias altamente significativas para PFru, TFru y DFru (Tabla 1). Asimismo, el tomate en sistema combinado con diferencias altamente significativas para todas las variables evaluadas. Esto estaría indicando que al menos uno de los tratamientos realizados tuvo un efecto diferenciado en los cultivos asociados de pepino y tomate, y en el monocultivo de tomate. Los coeficientes de variación (CV), estuvieron entre 2 a 33 %, rango permitido en este tipo de investigaciones (Tabla 1).

Tabla 1 Análisis de varianza para la aplicación de bioestimulantes

Var	Cuadrados medios							
	Pepino	CV	Pepino asociado	CV	Tomate	CV	Tomate asociado	CV
AP	.01	13.14	<0.0001	4.73	.06	10.76	<.0001	5.20
DT	.95	8.75	.37	14.81	.41	7.97	.00	9.06
PFru	.12	32.72	.66	31.15	<.0001	13.05	<.0001	6.93
TFru	.25	19.43	<.0001	6.07	<.0001	9.34	.00	3.20
DFru	.20	19.34	.01	6.89	<.0001	10.20	<.0001	2.63

AP Altura de planta, DT Diámetro de tallo, PFru Peso de fruto, TFru Tamaño de fruto, DFru Diámetro de fruto, CV Coeficiente de variación

Análisis de medias para monocultivos. El análisis de comparación de medias para monocultivo de pepino mediante la prueba múltiple de Tukey al P<0.05 de probabilidad (Tabla 2), solamente con diferencias significativas para AP, Bioremedy, Fossil, L-amino y testigo sobresalieron respecto a Grandsil. Pero, analizando la tendencia de los promedios del PFru resaltaron el Grandsil y L-amino respecto del testigo, el Fossil y Bioremedy, aunque no se observaron diferencias significativas.

Tabla 2 Comparación de medias mediante la prueba múltiple de Tukey al P<0.05 de probabilidad del monocultivo de pepino

Trat	Variables						
	AP (m)	DT (mm)	NFlo	PFru (Kg)	TFru (cm)	DFru (mm)	NFru
Fossil	161.57 ab	.98	4.29	.34	19.35	4.49	3.24
Grandsil	160.63 b	.98	4.60	.49	21.32	4.99	3.43
L-amino	174.00 ab	.99	4.60	.48	22.06	5.15	3.62
Bioremedy	178.83 ab	.98	4.76	.39	20.38	4.79	3.9
Testigo	180.33 a	.97	4.64	.42	21.27	4.97	3.52

AP Altura de planta, DT Diámetro de tallo, NFlo Numero de flores, PFru Peso de fruto, TFru Tamaño de fruto, DFru Diámetro de fruto, NFru Numero de frutos

Respecto al monocultivo de tomate, el análisis de comparación de medias mediante la prueba múltiple de Tukey al P<0.05 de probabilidad (Tabla 3), con diferencias significativas para NFlo, PFru, TFru, DFru y NFru. Sobresalió NFlo para Bioremedy respecto del Fossil, con menos flores. Resaltó el PFru con Bioremedy respecto del testigo y los demás tratamientos. En TFru con Bioremedy sobresalió, con excepción del testigo y en el NFru resaltó el Bioremedy respecto del testigo y los demás tratamientos.

Análisis de medias para cultivos asociado. El análisis de comparación de medias para cultivo asociado de pepino mediante la prueba múltiple de Tukey al

P<0.05 de probabilidad (Tabla 4), solo hubo diferencias significativas para todas las variables evaluadas. En AP fue el Bioremedy. L-amino y Fossil vs. el testigo y el Grandsil. Para NFlo sobresalió con Bioremedy en comparación al testigo. Para PFru resaltó, Bioremedy respecto del testigo. Para TFru se destacaron L-amino, el Bioremedy y el testigo en referencia al Fossil. Para el DFru resalto L-amino vs. el Fossil y finalmente para el NFru se observó con el Bioremedy fue el destacado versus el testigo y los demás tratamientos.

Tabla 3 Comparación de medias mediante la prueba múltiple de Tukey al P<0.05 de probabilidad del monocultivo de tomate

Trat	Variables de respuesta											
	AP (m)	DT (mm)	NFlo		PFr (Kg)		TFru (cm)		DFru (mm)		NFru	
Fossil	111.26	.99	5.62	c	.139	b	4.54	b	5.8	b	9.00	b
Grandsil	107.97	.98	6.76	abc	.132	b	4.6	b	5.31	b	9.62	b
L-amino	114.71	.99	7.50	ab	.140	b	4.93	b	5.8	b	8.90	b
Bioremedy	117.68	.98	7.86	a	.161	a	5.96	a	6.39	a	11.19	a
Testigo	116.87	.95	6.36	bc	.132	b	5.84	a	5.77	b	9.90	ab

AP Altura de planta, DT Diámetro de tallo, NFlo Numero de flores, PFru Peso de fruto, TFru Tamaño de fruto, DFru Diámetro de fruto, NFru Numero de frutos

Tabla 4 Comparación de medias mediante la prueba múltiple de tukey al P<0.05 de probabilidad del cultivo combinado de pepino

Trat	Variables de respuesta											
	AP (m)	**DT (mm)**	**NFlo**		**PFru (kg)**		**TFru (cm)**		**DFru**		**NFru**	
Fossil	130.04 a	.83	5.11	bc	.51	b	21.82	c	5.19	b	11.36	b
Grandsil	118.37 b	.78	5.20	ab	.41	b	22.64	bc	5.29	ab	11.00	b
L-amino	126.09 a	.82	5.34	ab	.57	b	23.87	a	5.57	a	12.48	ab
Bioremedy	129.47 a	.85	5.56	a	.57	a	23.69	ab	5.50	ab	14.32	a
Testigo	113.02 c	.80	4.67	c	.57	b	23.47	ab	5.49	ab	10.77	b

AP Altura de planta, DT Diámetro de tallo, NFlo Numero de flores, PFru Peso de fruto, TFru Tamaño de fruto, DFru Diámetro de fruto, NFru Numero de frutos

Tabla 5 Comparación de medias mediante la prueba múltiple de tukey al P<0.05 de probabilidad del cultivo combinado de tomate

Trat	Variables de respuesta													
	AP (m)		DT (mm)		NFlo	PFru (kg)		TFru (cm)		DFru		NFru		
Fossil	128.21	b	.76	ab	5.5	.12	b	5.7	ab	6.04	b	25.3	b
Grandsil	130.73	b	.69	bc	5.6	.12	b	5.6	b	5.94	b	24.2	b
L-amino	130.61	b	.68	c	5.5	.13	b	5.6	b	5.57	c	25.9	ab
Bioremedy	152.58	a	.79	a	5.6	.17	a	5.9	a	6.71	a	28.2	a
Testigo	113.51	c	.71	bc	5.5	.10	c	5.5	b	5.69	c	23.2	b

AP Altura de planta, DT Diámetro de tallo, NFlo Numero de flores, PFru Peso de fruto, TFru Tamaño de fruto, DFru Diámetro de fruto, NFru Numero de frutos

El análisis de comparación de medias para cultivo asociado de tomate mediante la prueba múltiple de Tukey al P<0.05 de probabilidad (Tabla 5), con diferencias significativas para todas las variables evaluadas. En AP con Bioremedy comparado con el testigo. Para DT se distinguió con Bioremedy versus el testigo. Para DT resaltó con Bioremedy respecto del L-amino. Para PFru resaltó con Bioremedy en referencia al testigo. Para TFru destacó con Bioremedy versus. los demás tratamientos. Para el DFru sobresalió con Bioremedy respecto del testigo y los demás tratamientos y finalmente para el NFru se observó que fue sobresaliente con el Bioremedy versus el testigo y los demás tratamientos.

Discusión

En la presente investigación se evaluaron el comportamiento morfológico y agronómico de dos cultivos taxonómicamente diferentes, una perteneciente a las Solanáceas, como es el tomate (*S. lycopersicum*) y otra perteneciente a las Cucurbitáceas como es el pepino (*C. sativus*). Diversas experiencias manifestaron que el cultivo asociado con diferentes especies, trae consigo beneficios sustanciales[30,31], en principio no comparten los mismos tipos de plagas y enfermedades, respecto a cuándo son cultivadas en monocultivo. Además, se utilizó cuatro tipos de bioestimulantes orgánicos, para observar su efecto en monocultivo como en cultivo asociado. Nuestra experiencia expresa evidencias de un comportamiento diferenciado, denotando en general que los bioestimulantes dieron una respuesta en cultivo asociado que en monocultivos.

Es importante señalar, que inocular en los cultivos bioestimulantes como las RPCV, reduce sustancialmente el uso de fertilizantes sintéticos y los impactos negativos al suelo, aumentando el rendimiento de los cultivos, contribuyendo a la economía del productor y a la alimentación de la población[32,33]. Las interacciones de RPCV con el medio biótico-plantas y microorganismos son muy complejas y utilizan diferentes mecanismos de acción para promover el crecimiento de las plantas[34].

Los bioestimulantes tienen un efecto en la RSI del cultivo de pepino y tomate, por lo que están involucrados en los mecanismos de defensa de la planta y reúnen los requerimientos de seguridad en la aplicación en condiciones de invernaderos y campo, no causa toxicidad a plantas, no tiene efectos negativos en el crecimiento vegetal, incentiva el desarrollo vegetal, mejora el rendimiento, se emplea en bajas concentraciones, inducen un amplio espectro de defensas, produce efecto de protección duradera y son de reducido costo económico[35].

Peteira et al.[35], observaron el efecto de fitomas en la inducción de diferentes sistemas enzimáticos, relacionados con los mecanismos de defensa en plantas de arroz infestadas con *Steneotarsonemus spinki* y comparó con el efecto provocado por el BION en idénticas condiciones. Sus resultados expresaron que la aplicación de fitomas fue tan efectiva en la disminución de las poblaciones del ácaro como la aplicación del BION y que provocó la activación de enzimas como las peroxidasas, polifenoloxidasas, fenilalanil amonio liasas y quitinasas.

Ribaut & Poland[34], mencionan que los bioestimulantes aplicados a las plantas desarrollan mecanismos de defensa complejos y variados. Éstos, pueden ser constitutivos o inducibles. Los inducibles pueden activar sistémicamente a células y tejidos alejados, adquiriendo la planta una inmunidad fisiológica. En este sentido, la inducción de RSA y con ello, de un conjunto de proteínas y compuestos de defensa que incluyen enzimas involucradas en la vía de síntesis de los fenilpropanoides, Fenilalanina amonio liasa (PAL), Chalcona sintasa (CHS), Peroxidasas (PO), entre otras), glicoproteínas ricas en hidroxiprolina (Hyp), relacionadas con el reforzamiento de la pared celular, y Glucanasas y Quitinasas que hidrolizan las paredes celulares de los hongos, entre otras.

Burbano-Figueroa[11], menciona que el efecto contaminante y la posibilidad de que los patógenos desarrollen resistencia a los plaguicidas químicos provocaron su desuso en los últimos años. También se ha probado el desarrollo de variedades resistentes a la pudrición causada por *Fusarium* con resultados no tan promisorios en producciones comerciales de tomate[36]. En tal sentido, los estudios han sido dirigidos al uso de estrategias de control biológico para el manejo de la mancha del tomate causada por *Fusarium*

usando agentes de biocontrol tales como *Pseudomonas fluorescens*[16], *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices*, que son hongos micorrízicos arbusculares, los cuales aparte del efecto directo contra el patógeno, han señalado un efecto de inducción sistémica de la resistencia de la planta. Varias especies de *Trichoderma* y aislados de *Pseudomonas* han resultado ser eficientes en el control de fusariosis en tomate[16,36].

En nuestro experimento pudimos determinar que el Bioremedy resultó ser una alternativa para su uso en cultivo asociado, aunque también recomendable en monocultivo. El Bioremedy un bioestimulantes en base a ácidos húmicos, malto dextrina, sacarosa, extracto de algas y aminoácidos totales, incentiva el desarrollo de rizobacterias que promueven el crecimiento de la planta, bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre, bacterias promotoras de enzimas extracelulares, hongos que promueven la descomposición, transformación y ciclo de los nutrientes del suelo[37].

Destacar que los bioestimulantes como el L-amino y Grandsil, son recomendables para su uso, debido a que el Grandsil es un biocatalizador que estimula la función de respiración, endurece el tallo, hojas y raíces que las hace resistentes y estimula los mecanismos de defensa contra los hongos[16]. El L-amino es un complejo de aminoácidos que se utiliza como bioestimulador foliar y puede incrementar la resistencia de la planta a condiciones adversas[38] y finalmente Grandsil contiene silicio, potasio y ácido monosilícico y actúa como potenciador agrícola, aumentado la conductividad eléctrica, regenerando una mayor capacidad de intercambio catiónico, incorporando minerales insolubles, estimulando la actividad microbiana en el suelo, mejora la estructura de los suelos y por ende el manejo del agua, como consecuencia las plantas tendrán accesos a mas nutrientes, resistirán mejor el estrés e incrementar notablemente la produccion[16].

Fuente de financiamiento

Grant PROG-003-PROY-001-DIP-2017 de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que esta investigación fue realizada en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (Cantón Jipijapa) y no presenta conflictos de interés.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero y las facilidades proporcionadas por la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). También agradecemos a los agricultores de Puerto La Boca y a los estudiantes involucrados en esta investigación.

Consideraciones éticas

La aprobación de la investigación por la Dirección de Investigación y Posgrado, el Comité de Ética, y el Comité de Investigación de la Carrera de Agropecuaria de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), (Cantón Jipijapa), se siguió las pautas establecidas por estas instancias.

Limitaciones en la investigación

Los autores señalan que no hubo limitaciones en el presente trabajo de investigación.

Aporte de los autores en el articulo

Julio Gabriel-Ortega, planeación del experimento, análisis estadístico, sistematización e interpretación de la información. *Pablo Chonillo Pionce*, toma de

datos, análisis estadístico, sistematización e interpretación de la información. *Washington Narváez Campana*, sistematización e interpretación de la información, revisión del documento. *Tomas Fuentes Figueroa*, sistematización e interpretación de la información, revisión del documento. *Fernando Ayón Villao*, sistematización e interpretación de la información, revisión del documento.

Literatura citada

1. Delgado-Oramas BP. La resistencia inducida como alternativa para el manejo de plagas en las plantas de cultivo. Rev Protección Veg 2020;35 (1):1-12.
2. Ross AF. Systemic acquired resistance induced by localized virus infections in plants. Virology 1961;14:340-58. DOI: https://doi.org/10.1016/0042-6822(61)90319-1
3. Gozzo F, Faoro F. Systemic acquired resistance (50 years after discovery): moving from the lab to the field. J Agric Food Chem 2013;61(51):12473-91. DOI: https://doi.org/10.1021/jf404156x
4. Sticher L, Mauch-Mani B, Métraux JP. Systemic acquired resistance. Annu Rev Phytopathol 1997; 35:235-70. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.35.1.235
5. Hammerschmidt R. Induced disease resistance: how do induced plants stop pathogens? Physiol Mol Plant Pathol 1999;55(2):77-84. DOI: https://doi.org/10.1006/pmpp.1999.0215
6. Schreiber K, Desveaux D. Message in a bottle: chemical biology of induced disease resistance in plants. Plant Pathol J 2008;24(3):245-68. DOI: https://doi.org/10.5423/PPJ.2008.24.3.245
7. Conrath U. Priming of induced plant defense responses. In. Van Loon LC, editor. Advances in Botanical Research. Amsterdam: Elsevier B.V.; 2009 p. 361-95. DOI: https://doi.org/10.1016/S0065-2296(09)51009-9
8. Walters DR, Fountaine JM. Practical application of induced resistance to plant diseases: an appraisal of effectiveness under field conditions. J Agric Sci 2009;147(5):523-35. DOI: https://doi.org/10.1017/S0021859609008806
9. Walters DR, Ratsep J, Havis ND. Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. J Exp Bot 2013;64(5):1263-80. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/ert026
10. Fu ZQ, Dong X. Systemic acquired resistance: turning local infection into global defense. Annu Rev Plant Biol 2013;64:839-63. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105606
11. Burbano-Figueroa O. Resistencia de plantas a patógenos: una revisión sobre los conceptos de resistencia vertical y horizontal. Rev Argent Microbiol 2020;52(3):245-55. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ram.2020.04.006
12. Gozzo F. Systemic acquired resistance in crop protection; from nature to a chemical approach. J Agric Food Chem 2003;51(16):4487-503. DOI: https://doi.org/10.1021/jf030025s
13. Ton J, Mauch-Mani B. β-amino-butyric acid-induced resistance against necrotrophic pathogens is based on ABA-dependent priming for callose. Plant J 2004;38(1):119-30. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2004.02028.x
14. Flors V, Ton J, van Doorn R, Jakab G, García-Agustín P, Mauch-Mani B. Interplay between JA, SA and ABA signalling during basal and induced resistance against *Pseudomonas syringae* and *Alternaria brassicicola*. Plant J 2008;54(1):81-92. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2007.03397.x
15. Ton J, Jakab G, Toquin V, Flors V, Lavicoli A, Maeder MN, et al. Dissecting the β-amino-butyric

acid-induced priming phenomenon in Arabidopsis. Plant Cell 2005;17(3):987-99. DOI: https://doi.org/10.1105/tpc.104.029728

16. Desender S, Andrivon D, Val F. Activation of defence reactions in Solanaceae: where is the specificity? Cell Microbiol 2007;9(1):21-30. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2006.00831.x

17. Pereira RB, Lucas GC, Perina F, Júnior PMR, Alves E. Citronella essential oil in the control and activation of coffee plants defense response against rust and brown eye spot. Ciênc Agrotec Lavras 2012;36(4):383-90. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000400001

18. Vlot AC, Sales JH, Lenk M, Bauer K, Brambilla A, Sommer A, et al. Systemic propagation of immunity in plants. New Phytol 2021;229(3):1234-50. DOI: https://doi.org/10.1111/nph.16953

19. Nagai A, Torres PB, Duarte LML, Chaves ALR, Macedo AF, Floh EIS, et al. Signaling pathway played by salicylic acid, gentisic acid, nitric oxide, polyamines and non-enzymatic antioxidants in compatible and incompatible Solanum-tomato mottle mosaic virus interactions. Plant Sci 2020; 290:110274. DOI: https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110274

20. Akram W, Ahmad A, Yasin NA, Anjum T, Ali B, Fatima S, Ahmed S, Simirgiotis MJ & Li G. Mechanical strengthening and metabolic re-modulations are involved in protection against Fusarium wilt of tomato by *B. subtilis* IAGS174. J Plant Interact 2021;16(1):411-21. DOI: https://doi.org/10.1080/17429145.2021.1966107

21. Zhang S, Liu J, Xu B, Zhou J. Differential responses of *Cucurbita pepo* to *Podosphaera xanthii* Reveal the mechanism of powdery mildew disease resistance in pumpkin. Front Plant Sci 2021;12: 633221. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2021.633221

22. Halfeld-Vieira B de A, Vieira Júnior JR, Romeiro J da S, Alves Silva HS, Baracat-Pereira MC. Induction of systemic resistance in tomato by the autochthonous phylloplane resident *Bacillus cereus*. Pesq Agropec Bras 2006;41(8):1247-52. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000800006

23. Samaniego-Gámez BY, Reyes-Ramírez A, Moreno-Valenzuela OA, Tun-Suárez JM. Resistencia sistémica inducida contra virus fitopatógenos mediada por la inoculación con la rizobacteria *Bacillus* spp. Rev Protección Veg 2017:32(1):10-22.

24. Pye MF, Hakuno F, Macdonald JD, Bostock RM. Induced resistance in tomato by SAR activators during predisposing salinity stress. Front Plant Sci 2013;4:116. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00116

25. El-Zawahry AMI, El Aref HM, Riad SN, Zawam HS. Induction of systemic resistance in tomato by some abiotic compounds against *Meloidogyne javanica*. Assiut J Agric Sci 2021;52(1):74-89. DOI: https://doi.org/10. 21608/AJAS.2021.171570

26. Shopova E, Mihailova B, Todorova D, Sergiev I, Stoimenova E. Systemic acquired resistance induced by compatible and incompatible tomato mosaic viruses effectively controls bacterial spot and speck diseases in tomato. Agriculture 2020; 10:302. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture-10070302

27. Gabriel Ortega J. Libro verde Agro - UNESUM informa: "Producción de hortalizas de alta calidad en condiciones de invernadero"[Internet]. Guayaquil: Editorial Grupo Compas; 2021 [citado 22 de febrero de 2022]. 212 p. Recuperado a partir de: https://www.academia.edu/45602984/Libro_verde_Agro_UNESUM_informa

28. Gabriel Ortega J, Valverde Lucio A, Indacochea Ganchozo B, Castro Piguave C, Vera Tumbaco M, Alcívar Cobeña J, et al. Diseños experimentales:

Teoría y práctica para experimentos agropecuarios [Internet]. Guayaquil: Grupo de capacitación e investigación pedagógica; 2021 [citado 2 de febrero de 2022]. 205 p. Recuperado a partir de: http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/625

29. Martel Moreno J. Fórmulas generales para la determinación de áreas y volúmenes. ReG 2016;9 (8/9):291-387.
30. White CA, Holmes HF, Morris NL, Stobart RM. A review of the benefits, optimal crop management practices and knowledge gaps associated with different cover crop species [Internet]. Warwickshire: Agriculture and Horticulture Development Board; 2016 [citado 22 de enero de 2022]. 94 p. Recuperado a partir de: https://ahdb.org.uk/a-review-of-the-benefits-optimal-crop-management-practices-and-knowledge-gaps-associated-with-different-cover-crop-species
31. Beillouin D, Ben-Ari T, Malézieux E, Seufert V, Makowski D. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. BioRxiv 2020.09.30.320309. DOI: https://doi.org/10.1101/2020.09.30.320309
32. Garcia Ormaza JH, Soliz Anchundia CL. Influencia del tutorado y densidad poblacional en el rendimiento del cultivo de pepino H. Diamante [tesis licenciatura]. [Calceta]: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López; 2016 [citado 16 de enero de 2022]. Recuperado a partir de: https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/462
33. Mukhtar MS, Nishimura MT, Dangl J. NPR1 in plant defense: it's not over 'till it's turned over. Cell 2009;137(5):804-6. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.05.010
34. Ribaut J-M, Poland D, editors. Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water-limited environments [Internet]. Texcoco: CIMMYT; 2020 [citado 2 de febrero de 2022]. 180 p. Recuperado a partir de: https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/583/70296.pdf?sequence=1&isAllowed=y
35. Peteira B, Fernández A, Rodríguez H, González E. Efecto del BION y del Fitomas como inductores de resistencia en plantas de arroz infestadas con *Steneotarsonemus spinki*. Rev Protección Veg 2008;23(1):32-7.
36. Bettiol W, Rivera MC, Mondino P, Montealegre JR, Colmenáres YC, editores. Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe [Internet]. Asunción: Universidad de la República de Uruguay; 2014 [citado 12 de febrero de 2022]. 404 p. Recuperado a partir de: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1012615/1/2014LV01.pdf
37. Garcia Cabrera JM, Castro Piguave CA, Moreno Mera GM. Estudio de la fertilización química y orgánica y su efecto en el cultivo de Maíz (*Zea mays*.), en una comuna. Rev Inv Cs Agro y Vet 2021;5(14):145-52. DOI: https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.105
38. XP-Amino [Internet]. AgroScience. 2019 [citado 5 de marzo de 2022]. Recuperado a partir de: https://agroscience.com/productos/xp-amino/

Nota del Editor:
***Journal of the Selva Andina Research Society (JSARS)* se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados en mapas y afiliaciones institucionales, y todas las afirmaciones expresadas en este artículo pertenecen únicamente a los autores, y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo o reclamo que pueda hacer su fabricante no está garantizado ni respaldado por el editor.**