

Control de pudrición en *Capsicum pubescens*: Evaluación de inductores de defensa en condiciones in vitro, Acobamba 2024

Control of rot in *Capsicum pubescens*: Evaluation of defense inducers
under in Vitro conditions, Acobamba 2024

Chavez, Victor^{1*}; Alanya, Agustín¹

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

Recibido: 15/10/2024 | Aceptado: 01/12/2024 | Publicado: 17/12/2024

Correspondencia*: victor.chavez@unh.edu.pe

RESUMEN

La producción de frutos de *Capsicum pubescens* es causada por el patógeno *Fusarium* sp, el objetivo de la investigación fue determinar de manera precisa cómo el uso de inductores de defensa afecta el control del agente causal de la pudrición de frutos de *Capsicum pubescens* en Acobamba, la investigación fue tipo aplicada y nivel explicativo; se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 17 tratamientos y 4 repeticiones, para identificar al *Fusarium* sp como el agente causal de la pudrición de los frutos se puso el material vegetativo en cámaras húmedas para acelerar la manifestación del signo, la purificación del patógeno se realizó mediante la siembra de punta de hifa; el patógeno presentó un crecimiento radial promedio de 9 cm² en un periodo de 7 días, se observaron formación de macroconidias fusiformes; el tratamiento con silicio usando el producto comercial Silicofarm a la dosis de 15,5 y 31 ml por litro inhibió en su totalidad el crecimiento del micelio de *Fusarium* sp in vitro, por lo que es recomendable aplicarlo en plantaciones en producción de *Capsicum pubescens*.

Palabras clave: *Capsicum*; *Fusarium*; inductor; in vitro

ABSTRACT

The productiototality *m pubescens* is caused by the pathogen *Fusarium* sp, the objective of the research was to determine precisely how the use of defense inducers affects the control of the causal agent of fruit rot of *Capsicum pubescens* in Acobamba, the research was applied in an explanatory level; A Completely Randomized Design (CRD) was used with 17 treatments and 4 replications, to identify *Fusarium* sp as the causal agent of fruit rot, the vegetative material was placed in humid chambers to accelerate the manifestation of the sign, the purification of the pathogen was carried out by hyphal tip seeding; the pathogen presented an average radial growth of 9 cm² in a period of 7 days, the formation of fusiform macroconidia was observed; the treatment with silicon using the commercial product Silicofarm at a dose of 15.5 and 31 ml per liter inhibited in its totality the growth of the mycelium of *Fusarium* sp in vitro, so it is advisable to apply it in plantations in production of *Capsicum pubescens*.

Keywords: *Capsicum*, *Fusarium*, inductor, in vitro

Cómo citar este artículo: Chavez, V. & Alanya, A. (2024). Control de pudrición en *Capsicum pubescens*: Evaluación de inductores de defensa en condiciones in vitro, Acobamba 2024. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 5(2), 49-57. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v5i2.287>

1. INTRODUCCIÓN

La pudrición de frutos en *Capsicum pubescens* constituye un problema crítico en la producción agrícola de rocoto, donde los patógenos responsables afectan la calidad y el rendimiento de las cosechas (Almaraz-Sánchez et al., 2018).

Este fenómeno genera pérdidas económicas significativas para los agricultores, lo que demanda la implementación de estrategias de manejo de enfermedades que sean tanto efectivas como sostenibles (Louise, 2001).

En este contexto, el uso de inductores de defensa ha emergido como una alternativa prometedora, dado que estos compuestos estimulan la activación de mecanismos inmunológicos en las plantas, mejorando su resistencia a infecciones (INTAGRI, 2017). El uso de inductores de defensa se fundamenta en la interacción entre las plantas y los patógenos, donde se ha demostrado que la inducción de respuestas defensivas puede ser más eficiente que el uso de pesticidas químicos (Rivas García et al., 2022). Estudios recientes han evidenciado que los inductores de defensa, como los ácidos salicílico y jasmónico, activan vías de señalización que promueven la síntesis de metabolitos secundarios y proteínas relacionadas con la defensa, resultando en una mayor tolerancia a patógenos (Beckers & Spoel, 2006). También ha abordado el uso de inductores de defensa en diversas especies de *Capsicum*, destacando la capacidad de estos compuestos para mejorar la respuesta inmune de las plantas ante infecciones (Newman et al., 2002).

En estudios previos, se ha documentado que el tratamiento con inductores de defensa resulta en una disminución significativa en la severidad de enfermedades foliares y de fruto (Alnefaie et al., 2023).

Sin embargo, la mayoría de estos estudios se han centrado en especies diferentes o en contextos agroecológicos distintos a los de Acobamba, lo que subraya la necesidad de investigar específicamente su efectividad en *Capsicum pubescens*.

Además, la capacidad de los inductores de defensa para modular las respuestas de las plantas varía según la naturaleza del inductor y el tipo de patógeno involucrado (Alnefaie et al., 2023). Por ejemplo, los estudios han demostrado que algunos inductores son más efectivos contra hongos que otros, lo que sugiere la importancia de seleccionar el inductor adecuado en función de las condiciones específicas de la enfermedad; asimismo, la sinergia entre diferentes inductores puede resultar en una respuesta defensiva aún más robusta, lo que invita a la exploración de combinaciones de tratamientos para maximizar la protección de las plantas (Li et al., 2022).

La inducción de defensas también está influenciada por factores ambientales, tales como la temperatura y la humedad, que pueden alterar la eficacia de los inductores. Investigaciones previas han indicado que condiciones climáticas adversas pueden debilitar la respuesta inmune de las plantas, lo que plantea un desafío adicional para los agricultores que buscan implementar estas estrategias; por lo tanto, comprender cómo los factores ambientales interactúan con los inductores de defensa es crucial para el desarrollo de protocolos efectivos de manejo de enfermedades (Iqbal et al., 2021).

La relevancia de esta investigación radica en la necesidad urgente de abordar el impacto de las enfermedades en *Capsicum pubescens*, considerando que la incidencia de pudriciones en los frutos ha generado preocupación entre los productores de la región. En particular, la pudrición, causada por hongos como *Phytophthora capsici* y *Fusarium* sp, ha sido identificada como uno de los factores limitantes más significativos para la producción (Saltos et al., 2022). Estudios previos han documentado que la pudrición de los frutos puede reducir el rendimiento hasta en un 50%, lo que

evidencia la importancia de encontrar métodos de control efectivos, por lo tanto, el uso de inductores de defensa ha sido objeto de investigaciones en diversas regiones agrícolas, con enfoques que van desde ensayos de laboratorio hasta aplicaciones en campo (Dalal & Kumar, 2024).

Sin embargo, la mayoría de los estudios han abordado el tema de manera aislada, sin integrar el conocimiento sobre la interacción entre los inductores y las condiciones agroecológicas específicas (Acevedo, 2020). Esta brecha en el conocimiento destaca la necesidad de investigaciones que evalúen el uso de inductores en el contexto específico de Acobamba, donde las condiciones climáticas y de suelo pueden influir en la efectividad de los tratamientos.

Además, se han realizado esfuerzos para evaluar alternativas biológicas al uso de pesticidas en el control de enfermedades, y el uso de inductores de defensa ha mostrado resultados prometedores en cultivos de interés económico (He et al., 2021). Sin embargo, las evidencias sobre su eficacia en *Capsicum pubescens* siguen siendo limitadas, lo que subraya la necesidad de estudios que generen datos concretos sobre su aplicación. Así, se plantea la pregunta central del estudio: El objetivo de esta investigación es determinar de manera precisa cómo el uso de inductores de defensa afecta el control del agente causal de la pudrición de frutos de *Capsicum pubescens* en Acobamba durante el año 2024. Se plantea la hipótesis de que el uso de inductores de defensa ejerce un efecto significativo en la reducción de la incidencia y severidad de la pudrición de los frutos en esta especie. Este estudio no solo contribuirá al cuerpo de conocimiento científico relacionado con el manejo de enfermedades en *Capsicum pubescens*, sino que también ofrecerá a los agricultores herramientas prácticas que promoverán un enfoque más sostenible y eficiente en la producción de rocoto.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Acobamba, departamento de Huancavelica a 3449 m.s.n.m.

2.2. Diseño estadístico

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), con 17 tratamientos y 4 repeticiones, lo que dio un total de 68 unidades experimentales, con un rango de confianza del 95%. Los tratamientos se prepararon en 100 ml de medio de cultivo PDA incorporando las siguientes dosis por tratamiento: T1 aplicación de Sweet Garki ajo a la dosis de 0.25 ml, T2 aplicación de Sweet Garki ajo a la dosis de 0.5 ml, T3 aplicación de Silicofarm Silicio a la dosis de 0.5 ml, T4 aplicación de Silicofarm Silicio a la dosis de 1 ml, T5 aplicación de Potente Cu a la dosis de 0.25 ml, T6 aplicación de Potente Cu a la dosis de 0.5 ml, T7 aplicación de Aminocina a la dosis de 0.5 ml, T8 aplicación de Aminocina a la dosis de 1 ml, T9 aplicación de Sweet Garki ajo a la dosis de 7.75 ml, T10 aplicación de Sweet Garki ajo a la dosis de 15.5 ml, T11 aplicación de Silicofarm Silicio a la dosis de 15.5 ml, T12 aplicación de Silicofarm Silicio a la dosis de 31 ml, T13 aplicación de Potente Cu a la dosis de 7.75 ml, T14 aplicación de Potente Cu a la dosis de 15.5 ml, T15 aplicación de Aminocina a la dosis de 15.5 ml, T16 aplicación de Aminocina a la dosis de 31 ml, T17 testigo sin tratamiento.

2.3. Metodología

Se llevó a cabo un diagnóstico de los frutos en diversas plantas de rocoto (*Capsicum pubescens*) ubicadas en diferentes terrenos de la provincia de Acobamba. Se recolectaron los frutos que presentaban síntomas iniciales, los cuales fueron envueltos individualmente en papel toalla seco y colocados en una caja de tecnopor, intercalando papel periódico entre los frutos para evitar que se aplastaran.

Una vez en el laboratorio, se procedió a limpiar las impurezas del campo, lavando los frutos con agua corriente. Posteriormente, se desinfectaron mediante inmersión en hipoclorito de sodio al 0.5 % durante dos minutos. Luego, se colocaron en una cámara húmeda para facilitar la aparición de signos de enfermedad; esta cámara consistió en un recipiente plástico con tapa, en cuya base se dispusieron rejillas de papel toalla y agua estéril.

Transcurridos cinco días, se observaron signos de la enfermedad. Posteriormente, los frutos con signos fueron llevados a la campana de flujo laminar, donde se sembraron en placas Petri con medio PDA (Papa-Dextrosa-Agar) en los diferentes tratamientos inoculando un disco de micelio de 1 cm que se colocó en el medio de la placa Petri, luego se incubó en una estufa a una temperatura de 24 ° C. Después de cuatro días, se observó el crecimiento de los signos en las placas Petri, que fueron purificados mediante siembra de punta de hifa. Finalmente, se calculó el crecimiento radial del signo del patógeno, realizando mediciones diarias de los cuatro radios de cada placa Petri que contenían a *Fusarium* sp. El cálculo del crecimiento radial se realizó usando la siguiente fórmula:

$$\text{Crecimiento radial (mm/día)} = \frac{\text{Radio final} - \text{Radio inicial}}{\text{Tiempo (días)}}$$

A continuación, se incorporaron las diferentes dosis de los tratamientos en placas de Petri pequeñas de 55 × 15 mm, donde se sembró el signo del patógeno purificado en el centro de cada placa. Esto se llevó a cabo con el objetivo de calcular el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PIC), el cual fue medido diariamente. El cálculo se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{PIC (\%)} = \frac{C - T}{C} \times 100$$

Donde:

C: Es el crecimiento del desarrollo micelial en el tratamiento control (sin agente inhibidor).

T: Es el radio del crecimiento micelial en el tratamiento tratado (con agente inhibidor).

PIC: Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial.

3. RESULTADOS

La identificación morfológica reportó como agente causal de la pudrición de *Capsicum pubescens* a *Fusarium* sp (Figura 1), sus características biométricas presenta una longitud entre 8.73 µm - 10.91 µm y un grosor entre 1.36 µm – 1.74 µm con 8 septos (Figura 2).



Figura 1. Signos de *Fusarium* sp. en placas Petri mostrando micelio blanquecino

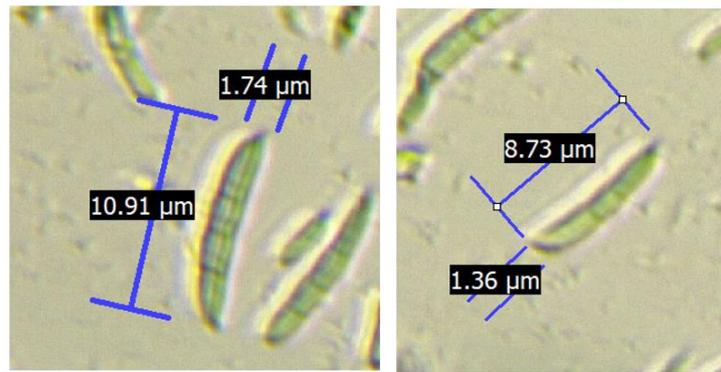


Figura 2. Macroconidias de *Fusarium sp.* de forma alargada fusiforme con extremo punteagudo con 6 septos

El patógeno presentó un crecimiento radial promedio de 1,2 cm² por día. El primer día de medición, se registró un crecimiento de 1,9 cm², seguido de una disminución a 1,7 cm² al día siguiente. No obstante, desde el tercer hasta el séptimo día, se observó un aumento constante en el crecimiento radial, alcanzando 2 cm², 3,6 cm², 3,9 cm², 5,8 cm² y 9 cm², respectivamente (Figura 3).

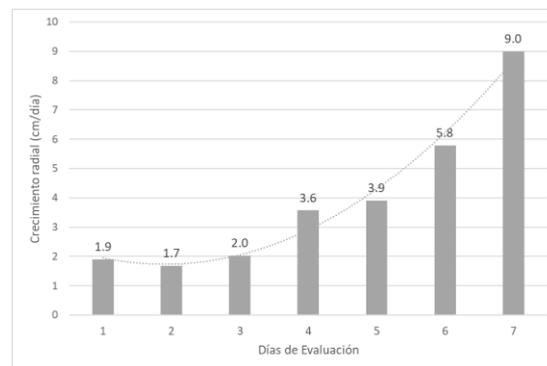


Figura 3. Crecimiento radial (mm/día) de *Fusarium sp.* en medio PDA durante 7 días

En el análisis realizado el primer día, la prueba de Kruskal-Wallis reveló un valor significativo de Chi cuadrado de 88.698, lo que indica diferencias importantes entre los tratamientos evaluados. El p-valor correspondiente, 4.342×10^{-2} , sugiere que al menos algunos tratamientos presentan diferencias significativas en su eficacia. Para realizar comparaciones por pares, se aplicó la prueba de Dunn con un ajuste de Bonferroni. Los resultados mostraron que los tratamientos T11 y T12 destacaron por su capacidad de inhibir completamente el crecimiento micelial, logrando un 100% de inhibición diaria. Estos hallazgos sugieren que T11 y T12 tienen un elevado potencial como agentes antifúngicos efectivos. Por su parte, el tratamiento T13 logró una inhibición considerable del 19.75%, seguido por T14, T15 y T16, que mostraron inhibiciones del 15.63%, 9.61% y 9.85%, respectivamente. Los demás tratamientos presentaron porcentajes de inhibición del crecimiento micelial (PIC) notablemente bajos.

En el análisis correspondiente al segundo día, la prueba de Kruskal-Wallis arrojó un valor de Chi cuadrado de 107.72, indicando nuevamente diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, con un p-valor de 1.214×10^{-15} , inferior al umbral de 0.05. Esto reafirma la existencia de variaciones relevantes en la eficacia antifúngica entre al menos algunos tratamientos. Los resultados de la prueba de Dunn, con corrección de Bonferroni, confirmaron que los tratamientos T11 y T12 continuaron exhibiendo una inhibición completa del crecimiento micelial (100%), lo que refuerza su potencial como agentes antifúngicos altamente efectivos (Figura 4). Por otro lado, el

tratamiento T13 mostró una inhibición del crecimiento micelial del 30.37%, seguido por T14, que presentó una inhibición del 25.74%. Los demás tratamientos demostraron porcentajes de inhibición significativamente inferiores (Figura 5).

Al tercer día, la prueba de Kruskal-Wallis mostró un valor de Chi cuadrado de 91.873, nuevamente indicando diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 1.129 \times 10^{-12}$, inferior a 0.05). Esto sugiere variaciones importantes en la eficacia antifúngica entre algunos de los tratamientos. De acuerdo con la prueba de Dunn con ajuste de Bonferroni, T11 y T12 mantuvieron su inhibición completa del crecimiento micelial (100%), lo que refuerza su eficacia como agentes antifúngicos. En contraste, el resto de los tratamientos exhibieron una inhibición del crecimiento micelial significativamente menor.

Finalmente, en el cuarto día, los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis indicaron un valor de Chi cuadrado de 112, lo que demuestra diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 2.2 \times 10^{-16}$, inferior a 0.05). Esta evaluación reitera la presencia de variaciones importantes en la eficacia antifúngica entre al menos algunos tratamientos. La prueba de Dunn, con corrección de Bonferroni, confirmó que tanto T11 como T12 mantuvieron su inhibición completa del crecimiento micelial al 100%.

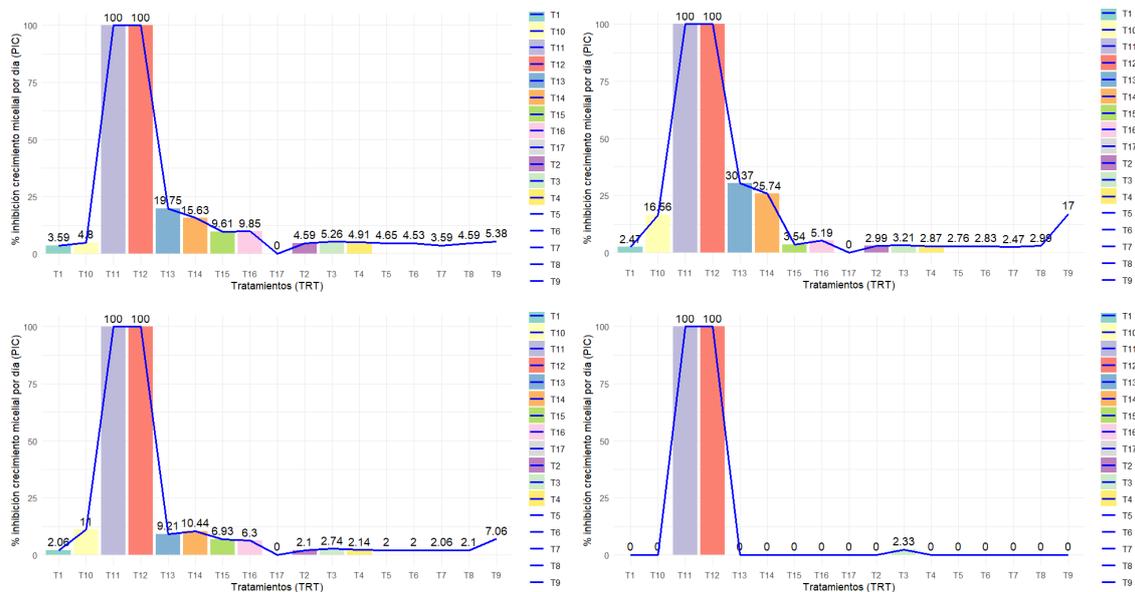


Figura 4. Evolución diaria del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PIC) a lo largo de cuatro días

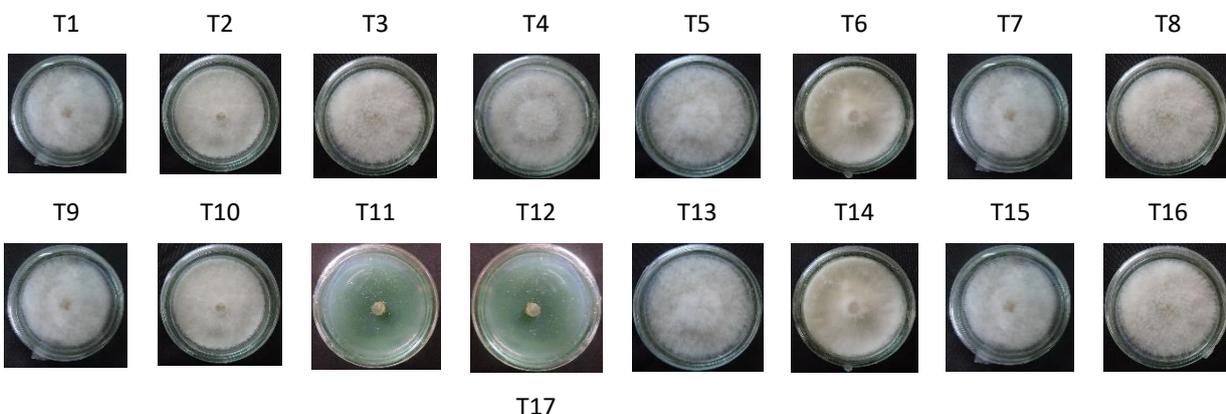




Figura 5. Evolución diaria del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PIC) a lo largo de cuatro días

4. DISCUSIÓN

Se identificó a *Fusarium* sp. como agente causal de la pudrición de frutos en plantaciones de *Capsicum pubescens*, este resultado coincide con el reporte de Almaraz-Sánchez et al. (2018) quien reporta síntomas similares en el chile manzano específicamente en la etapa de poscosecha, donde observó un micelio blanco y lesiones hundidas producidas por *Fusarium sambucinum*; de igual manera, Vasquez, et. al (2018) reporta manchas necróticas con crecimiento micelial en el centro del fruto en *Capsicum pubescens* por efecto del patógeno *Fusarium temperatum*; así mismo, Chavez (2015) menciona que los frutos de *Capsicum pubescens* de color rojo y ají escabeche *Capsicum baccatum* de color naranja, son afectados por *Fusarium* sp.

En la investigación a nivel de placas Petri se observó micelios de color blanquecino intenso, microscópicamente se observaron presencia de macroconidias con una longitud de 8.73 μm a 10.91 μm y un diámetro de 1.36 μm a 1.74 μm con 6 septos; coincidiendo con Gerardo et al. (2017) quien menciona que aproximadamente el 40% del micelio de *Fusarium* spp es de color blanco amarillento, pero a nivel de los macroconidios menciona características distintas como estructuras uniformes y delgados, con un diámetro de 22-48 \times 2,5-4,2 μm , paredes delgadas, 5 o 6 septos, superficie ventral y superficie dorsal rectas ligeramente curvado; suelen presentar macroconidias alargados y relativamente rectas, así mismo, se diferencia de Duarte, Echevarría, and Martínez (2016) quien reporta una macroconidia de 24 a 33 μm de largo y de 2 a 2,3 μm de ancho presentando de 3 a 5 septos, con el ápice curvo y la base poco desarrollada

El crecimiento radial de las hifas de *Fusarium* sp cubrió toda la superficie de la placa Petri en un periodo de 7 días, creciendo promedio por día de 1.2 cm^2 , estos resultados difieren de López et al. (2018) quien reporta que la tasa promedio de crecimiento radial de *Fusarium* sp. puede variar significativamente entre diferentes aislados, algunos lograron llenar completamente la placa de Petri en un período de 12 días, con una velocidad media de crecimiento micelial de aproximadamente 6,59 mm por día, entre tanto, Moreno (2000) menciona que a los tres días de incubación, se registró un crecimiento radial de aproximadamente 10.6 mm, mientras que algunas cepas antagonistas mostraron un crecimiento notable más rápido.

El inductor de defensa a base de silicio de nombre comercial Silicofarm Silicio aplicado a la dosis de 15.5 y 31 mililitros inhibió al 100 % el crecimiento de *Fusarium* sp in vitro, este resultado concuerda con la afirmación de Morato y Cardona (2021) quienes afirman que el silicio ha demostrado que aumenta la actividad de enzimas defensivas como la polifenoloxidasas (PPO), mejorando la resistencia contra *Fusarium* sp., por su parte, Rodrigues, et. al., (2017) menciona que se presentan menores lesiones foliares en las plantas tratadas con productos a base de silicio, lo que indica un control efectivo de la enfermedad de *Fusarium* sp; así mismo, Reyes (2019), afirma que el silicio ha mostrado aumentar la actividad de enzimas defensivas como la polifenol oxidasa, que son cruciales para la biosíntesis de compuestos fenólicos y fitoalexinas, estas sustancias tienen propiedades antifúngicas y ayudan a activar mecanismos de defensa natural en las plantas, el suministro de silicio durante la etapa de plántula redujo significativamente la severidad de marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum*.

CONCLUSIONES

El inductor de defensa a base de silicio Silicofarm Silicio demostró ser muy eficaz en dosis de 15,5 y 31 ml, suprimiendo completamente *Fusarium* sp. in vitro. Este resultado sugiere que el silicio podría ser una herramienta valiosa para el control biológico de este patógeno y ayudar a mejorar la sanidad de los cultivos de *Capsicum pubescens*.

Los resultados obtenidos enfatizan la importancia de considerar el uso de inductores de defensa a base de silicio en estrategias de manejo de enfermedades agrícolas.

La capacidad del Silicofarm Silicio para inhibir el crecimiento de *Fusarium* sp. es una opción de mejora sostenible en la reducción del uso excesivo de fungicidas en la producción de *Capsicum pubescens*.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, software, redacción - borrador original, redacción - revisión y edición: Chavez, V. & Alanya, A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, F. E. (2020). Ecología química de interacciones entre plantas, insectos y controladores naturales de plagas herbívoras. In *El Control Natural de Insectos en el Ecosistema Cafetero Colombiano* (pp. 106–141). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0001_5
- Almaraz-Sánchez, A., Ayala-Escobar, V., Tlatilpa-Santamaría, I. F., & Nieto-Angel, D. (2018). *Fusarium sambucinum* Fuckel agente causal de la pudrición de frutos de chile manzano (*Capsicum pubescens*) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 37(1). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1810-2>
- Alnefaie, R. M., EL-Sayed, S. A., Ramadan, A. A., Elmezien, A. I., El-Taher, A. M., Randhir, T. O., & Bondok, A. (2023). Physiological and Anatomical Responses of Faba Bean Plants Infected with Chocolate Spot Disease to Chemical Inducers. *Life*, 13(2), 392. <https://doi.org/10.3390/life13020392>
- Beckers, G. J. M., & Spoel, S. H. (2006). Fine-Tuning Plant Defence Signalling: Salicylate versus Jasmonate. *Plant Biology*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.1055/s-2005-872705>
- Castro, W., Carrera, K., Lidcay, F., Isla, H., & Cupull, R. (2018). Identificación de aislados de *Fusarium* spp. asociados a *Solanum quitoense* Lam en Pastaza, Ecuador. *Centro Agrícola*, 45(4), 5–11. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Chavez, C. J. (2015). *Identificación de fitopatógenos fungosos y bacterianos en frutos de cuatro especies del género Capsicum al estado post cosecha*. 1–83.
- Dalal, R. P. S., & Kumar, P. (2024). Effect of Different Growing Media and Polybag Sizes on Seeds Germination & Root System of Rough Lemon (*Citrus jambhiri* Lush .) in Nursery Condition. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(10), 20–30.
- Duarte, Y., Echevarría, A., & Martínez, B. (2016). Identificación y caracterización de aislamientos

- de *Fusarium* spp. presentes en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 31(3), 173–183. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v31n3/rpv04316.pdf>
- He, D. C., He, M. H., Amalin, D. M., Liu, W., Alwindia, D. G., & Zhan, J. (2021). Biological control of plant diseases: An evolutionary and eco-economic consideration. In *Pathogens* (Vol. 10, Issue 10). <https://doi.org/10.3390/pathogens10101311>
- INTAGRI. (2017). La Inducción de Defensa en las Plantas a través de Elicitores. *Serie Fitosanidad Núm 92. Artículos Técnicos de Intagri. México. 6 P.* <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-induccion-de-defensa-en-las-plantas-a-traves-de-elicitores>
- Iqbal, Z., Iqbal, M. S., Hashem, A., Abd_Allah, E. F., & Ansari, M. I. (2021). Plant Defense Responses to Biotic Stress and Its Interplay With Fluctuating Dark/Light Conditions. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.631810>
- Leyva-Mir, S. G., Vega-Portillo, H. E., Villaseñor-Mir, H. E., Tlapal-Bolaños, B., Vargas-Hernández, M., Camacho-Tapia, M., & Tovar-Pedraza, J. M. (2017). Characterization of fusarium species causing root rot of wheat in the bajío, Mexico. *Anim. Sci., Ex Agro-Ciencia*, 33(2), 142–142.
- Li, Q. S., Xie, Y. C., Rahman, M. M., Hashem, A., Abd-allah, E. F., & Wu, Q. S. (2022). Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Endophytic Fungi Activate Leaf Antioxidant Defense System of Lane Late Navel Orange. *Journal of Fungi*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/jof8030282>
- Louise, P. (2001). Guía del Manejo Integrado de Plagas (MIP) para técnicos y productores. *Article*, 12, 32. https://www.jica.go.jp/project/panama/0603268/materials/pdf/04_manual/manual_04.pdf
- Morato, L. D. D., & Cardona, M. B. B. (2021). Inducción de resistencia en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y antagonismo de *Trichoderma viride* contra *Fusarium oxysporum*. *Acta Agronómica*, 70(1), 101–106.
- Moreno, Z. (2000). *Correlación de la tasa de crecimiento radial y la tasa de crecimiento específico de hongos filamentosos aislados de la planta Espeletia barclayana.*
- Newman, M. A., Von Roepenack-Lahaye, E., Parr, A., Daniels, M. J., & Dow, J. M. (2002). Prior exposure to lipopolysaccharide potentiates expression of plant defenses in response to bacteria. *Plant Journal*, 29(4), 487–495. <https://doi.org/10.1046/j.0960-7412.2001.00233.x>
- Reyes, R. (2019). El silicio como alternativa en el control de *Fusarium* en clavel. *Departamento Técnico Bioest.* <https://www.metroflorcolombia.com/el-silicio-como-alternativa-en-el-control-de-fusarium-en-clavel/>
- Rivas García, T., Guillermo, L., Montiel, H., Alberto, J., & Rosas, A. (2022). Inductores de defensa para activar el sistema inmune de las plantas. *Ciencia*, 73.
- Rodrigues, L. U., Fidélis, R. R., & Tavares, T. C. de O. (2017). Silício e microrganismos antagonistas no controle de *Fusarium* sp. na soja. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada Nas Ciências Agrárias*, 10(3). <https://doi.org/10.5935/PAeT.V10.N3.05>
- Saltos, L. A., Monteros-Altamirano, Á., Reis, A., & Garcés-Fiallos, F. R. (2022). *Phytophthora capsici*: the diseases it causes and management strategies to produce healthier vegetable crops. *Horticultura Brasileira*, 40(1), 5–17. <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20220101>
- Vasquez, Max; Mora, L; Arenas, R; Rivera U; Villa, N; Landeta, G. (2018). *Primer reporte de Fusarium temperatum causante de mancha en el fruto de Capsicum pubescens en Puebla, México.* 106(6), 1–2.