

Silicato de potasio para controlar *Oebalus insularis* Stål en arroz en Quevedo, Ecuador

Luis Tarquino Llerena-Ramos¹
Sergio Rodríguez-Rodríguez²
Juan José Reyes-Pérez¹
María Jiménez-Pizarro²
Sandra López-Álvarez²
Edgar Omar Rueda-Puente^{3,§}

1 Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Avenida Quito km 1½ vía a Santo Domingo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. (lillerenamos@uteq.edu.ec; jreyes@uteq.edu.ec).

2 Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad de Granma. Bayamo, Granma, Cuba. (sfrrodriguez1964@gmail.com; mjimenezp@udg.co.cu; slopezalvarez35@gmail.com).

3 Universidad de Sonora-Departamento de Agricultura y Ganadería. Blvd. Luis Encinas s/n, Colonia Centro, Hermosillo, Sonora, México. CP. 83000.

Autor para correspondencia: edgar.rueda@unison.mx

Resumen

Oebalus insularis Stål, conocido de manera coloquial como chinche vaneadora provoca daños en el cultivo del arroz, cuyas pérdidas productivas pueden oscilar entre el 30 y el 65%, razón por la cual se incrementan las alternativas agroecológicas para su control sin la aplicación de productos químicos sintéticos contaminantes. El objetivo de la investigación consistió en evaluar el empleo de microorganismos benéficos y compost con silicio para el control de *O. insularis* Stål, en *Oryza sativa* L., cultivar INIAP-14. La investigación se desarrolló verano-otoño de 2023 en Quevedo, Ecuador, bajo condiciones de campo en un suelo franco arcilloso para lo cual se emplearon seis tratamientos consistentes en un control sin aplicación alguna (T1), insecticida Buffago a 0.5 L ha⁻¹ (T2); *Azotobacter chroococum*, cepa Ag, a 1 x 10⁹ UFC ml⁻¹ (T3); compost líquido con silicato de potasio (K₄SiO₄) a 5 L ha⁻¹ (T4); *Metarhizium anisopliae*, cepa 45 a 1.2 L ha⁻¹ (T5) y un tratamiento combinado con *A. chroococum*, compost líquido con silicato de potasio y *M. anisopliae* (T6), en un diseño completamente aleatorizado. La variable dependiente evaluada fue la cantidad de insectos por parcelas antes y después de aplicados los tratamientos. Los resultados demuestran una variación significativa de la población de insectos pre y post aplicación de los tratamientos, con resultados diferenciados entre tratamientos, orientando a que el uso de tratamientos combinados y aquel con *Metarhizium*, manifiestan resultados efectivos para ser considerados como una alternativa agroecológica en el control de chinche *Oebalus insularis*.

Keywords:

Metarhizium anisopliae, *Oebalus insularis* Stål, *Oryza sativa* L., chinche vaneadora.



Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es la segunda especie de planta con más área cultivada a nivel mundial, después del trigo (*Triticum aestivum* L.), por su alto aporte de nutrientes, rendimientos por hectáreas y fácil cocción (Edison-Zambrano *et al.*, 2019). En Ecuador el arroz figura entre los cultivos más importantes y extensos, ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país, sembrándose anualmente alrededor de 340 000 ha distribuidas entre 75 000 unidades de producción agropecuarias (Mendoza-Avilés *et al.*, 2019).

Entre los factores que disminuyen los rendimientos agrícolas del arroz se encontró un mal manejo agronómico, los agentes abióticos y bióticos, en los abióticos figuran las altas temperaturas, repentinas lluvias y la salinidad entre otros, con relación a los bióticos resalta la afectación por plagas insectiles, entre ellas se puede citar a la especie *Oevalus Oebalus* Stål, 1872, conocido vulgarmente como chinche de la espiga o chinche vaneadora pudiendo causar pérdidas en rendimiento del cultivo que pueden oscilar entre un 30 y el 65% (Krinski y Amilton-Foerster, 2017), pudiendo visualizarse los daños en la etapa de ninfa y adulto del insecto a través de la succión del contenido acuoso de los granos de arroz (Hajjar, 2023).

Para el control de *O. insularis* lo más generalizado es el uso de insecticidas químicos con sus consiguientes efectos contaminantes al medio ambiente (Rodríguez-Delgado *et al.*, 2018). Estos efectos nocivos se pueden contrarrestar con el empleo de productos de origen biológico, específicamente con bacterias y hongos entomopatógenos, aspecto que sustenta hoy en día la lucha biológica como componente importante del manejo integrado de plagas. Dentro de los hongos entomopatógenos utilizados para el control de insectos plagas se encuentra *Metarhizium anisopliae*, encontrándose en una variedad amplia de tipos de suelo, que representa su lugar de desarrollo natural y en condiciones climáticas diversas (Zhe-Yu *et al.*, 2022; Hajjar, 2023).

Otro producto con acción bio-insecticida es el silicio (Si) (Ahmad *et al.*, 2019). Este elemento es conocido por mejorar la resistencia de las plantas de arroz y otras Poaceas al ataque de plagas (Tenguri *et al.*, 2023). Una de las formulaciones de silicio como fertilizante químico comercializable para los agricultores en Ecuador es bajo la forma de silicato de potasio líquido, el cual incorpora los efectos benéficos del potasio como uno de los principales macroelementos en la nutrición vegetal. De la misma forma, el empleo de bacterias promotoras del crecimiento como *Azotobacter chroococum* ha quedado demostrado en diferentes estudios su acción contra agentes patógenos, en especial nematodos del suelo (Akram *et al.*, 2016).

Estudios relacionados con el control de *O. insularis* Stål, en *Oryza sativa* L., cultivar INIAP-14 por el efecto de microorganismos benéficos y compost con silicio, no ha sido demostrado; la hipótesis planteada consiste en que este tipo controles cuando de combinación se trate, éstos se manifestarán seguros, para ser considerados una alternativa agroecológica en el control de chinche *Oebalus insularis*. El objetivo de la investigación consistió en evaluar el empleo de microorganismos benéficos y compost con silicato de potasio para el control de *Oebalus insularis* Stål en *Oryza sativa* L, cultivar INIAP-14, en Quevedo, Ecuador.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el período del mes de mayo a agosto de 2022, en la finca experimental 'La María' de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7.5 de la vía Quevedo-El Empalme, Cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador. Ubicada a 1° 04' 48.6" latitud sur y 79° 30' 04.2" longitud oeste, a una altitud de 75 m. La zona se caracteriza como tropical húmedo, con temperatura promedio anual de 25.3 °C, con precipitación media anual de 1 587.5 mm; 86% de humedad relativa y 994.4 h sol al año. El suelo presenta una topografía plana, textura franco-arcilloso con un pH promedio de 5.5 (INANHI, 2021).



Descripción de los tratamientos

Los tratamientos del estudio fueron: Tratamiento 1 (T1). Control absoluto. Aplicación de agua destilada, tratamiento 2 (T2). Insecticida Buffago® a 0.5 L ha⁻¹; tratamiento 3 (T3). compost líquido con silicato de potasio (K₄SiO₄). Compost líquido a 5 L ha⁻¹ y 10 ml de silicato de potasio por litro de agua, tratamiento 4 (T4). *Azotobacter chroococum* cepa Ag, 10⁹ UFC ml⁻¹, a 1 ml L⁻¹; tratamiento 5 (T5). *Metarhizium anisopliae*, cepa 45 a 1 x 10⁸ conidios ml⁻¹, a una dosis de 1.2 L ha⁻¹; tratamiento 6 (T6). *Metarhizium* + *Azotobacter* 10⁹ UFC ml⁻¹ + compost líquido.

Análisis estadístico

El diseño empleado fue un completamente aleatorizado con seis tratamientos y cuatro réplicas. El tamaño efectivo de las parcelas fue de 4 m² (2 m x 2 m), más un área de borde considerado no efectivo de 0.5 m, sobre los criterios por Romero-Cortes *et al.* (2022).

Aplicación de tratamientos

El tratamiento a base de insecticida químico fue aplicado mediante el de una bomba de mochila Guarany® con boquilla de abanico #06; el insecticida utilizado fue el Buffago® en dosis 0.5 L ha⁻¹ (Ruilova-Cueva *et al.*, 2022). Mientras que para el tratamiento con *A. chroococum* cepa Ag 10⁹ UFC ml⁻¹, fue utilizado el producto comercial Nemagreen® fabricado por la empresa Ecovad y que contiene *A. chroococum*, cepa Ag a 1 x 10⁹ UFC ml⁻¹, en forma de preparación líquida; la dosis utilizada fue la 20 L ha⁻¹.

La inoculación se realizó sumergiendo las semillas por espacio de 60 min en agua destilada a una dosis de 10 ml⁻¹ de agua, posteriormente la semilla fue aireada a la sombra por 12 h, según Llerena-Ramos *et al.* (2021). Con relación al tratamiento a base de compost líquido con silicato de potasio, se prepararon 45 kg de sustrato empleando una báscula de plataforma (Camry, TCS 300 ZE21®), constituido de 30% de estiércol de ganado vacuno fresco (13 kg), de maíz (*Zea mays* L.) (23 kg), 10% (5 kg) de restos de la especie leguminosa (*Pueraria phaseoloides* L.) Kudsú tropical, 9% de suelo (4 kg) y 1% de ceniza (0.5 kg). Se le agregó melaza procedente del proceso industrial de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Del compost mencionado, se elaboró un abono orgánico líquido para lo cual se pesaron 250 g de compost y se mezcló en un litro de agua y se dejó reposar por 24 h, para así, obtener una relación masa volumen (m/v) del 25%, se determinó una relación volumen/volumen (v/v) de 50 ml⁻¹, que para 1 ha representó una dosis de 10 L ha⁻¹. Por cada litro de la solución final se añadieron 10 g de silicato de potasio (K₄SiO₄) en formulación líquida. El compost elaborado para esta investigación presentó un pH de 7.5, materia orgánica de 11.5 %, el contenido de nitrógeno (N) de 1.8%, fósforo (P) 0.48%, potasio (K) 1.2%, calcio (Ca) 3.93%, magnesio (Mg) 0.48% y azufre (S) de 0,25%.

Las concentraciones de microelementos en mg L⁻¹ de boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn) fueron de 36; 96; 42; 603 y 338 respectivamente. Se aplicó con mochila marca Guarany® y boquilla de abanico número 06, con la cual se logró una distribución uniforme en el follaje de las plantas de arroz, se realizó la aplicación cuando apareció la en el tallo principal característico de la etapa de ahijamiento en el cultivo.

La combinación de este compost con el uso de melaza se utilizó en base a los trabajos desarrollados por Álvarez-Sánchez *et al.* (2021). El tratamiento con *Metarhizium anisopliae* consistió en la aplicación del producto comercial Meta 45®, (Ecofertilizin, SAC) que contiene esporas de *Metarhizium anisopliae*, cepa 45 en solución líquida concentrada 1 x 10⁸ conidias ml⁻¹ según Valle-Ramírez *et al.* (2020), las aplicaciones foliares a base de *M. anisopliae* se empleó la dosis recomendada por el fabricante de 1.2 L ha⁻¹, aplicándose en las primeras horas de la tarde noche.

Se realizaron dos aplicaciones, la primera cinco días antes del inicio de la floración y la otra al inicio de la floración, para las aplicaciones foliares se empleó una bomba de mochila Guarany® descrita anteriormente. El tratamiento a base de *Metarhizium* + *Azotobacter* 10⁹ UFC ml⁻¹ + compost líquido

con silicato de potasio, consistió en aplicar a las semillas antes de la siembra el *Azotobacter*, el resto del tratamiento se elaboró mezclando el compost líquido a 10 L ha⁻¹ con 10 g de silicato de potasio (K₄SiO₄), más 1.2 L ha⁻¹ de *Metarhizium* y con una única aplicación al inicio de la etapa de floración.

Manejo del experimento

La siembra se realizó manualmente utilizando una espátula de punta, depositando 20 semillas por hoyo, con distancias de siembra de 30 cm entre hileras y 25 cm entre plantas. El manejo de experimento se realizó de acuerdo con lo citado por Ruilova-Cueva *et al.* (2022). Para confirmar la presencia del insecto se realizó su monitoreo en las áreas cultivadas, preferiblemente al iniciarse la etapa de floración (5% de la parcela florecida) y en zonas aledañas con presencia de arvenses (una vez/semana/un mes).

Se empleó la red o malla entomológica, ejecutándose el muestreo tanto en el centro como en los bordes de las parcelas seleccionadas (10 muestreos por parcela) siguiendo diagonales imaginarias, con 10 barridas con la red entomológica en dos de las cuatro réplicas de cada tratamiento. Se cuantificó el número de las chinches (ninfas y adultos) capturadas. Los insectos colectados se llevaron en tarros de plásticos al laboratorio de entomología del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para su clasificación, ubicado en la Estación Tropical Pichilingue, en Empalme, Cantón Mocache, a 5 km de la ciudad de Quevedo, provincia Los Ríos, Ecuador.

VARIABLES EVALUADAS Y RESPECTIVOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se analizaron las variables por medio de comparaciones múltiples después de aplicados los tratamientos con la prueba de Dunnett T3 y el número de *O. insularis* antes y después de dichas aplicaciones. Para cada parcela (dos de las cuatro por cada tratamiento) se contabilizaron el número de chinches en estado de ninfa y adultos previos a la aplicación y 15 días después a la aplicación de los tratamientos.

Se verificó la similaridad de la varianza del factor tiempo (pre y post aplicados a los tratamientos) con la prueba de Mauchly, mientras que el análisis de los efectos del factor tiempo y su interacción con los tratamientos a través de la prueba de Huynh-Feldt. Se realizó en análisis de varianza multivariado con el empleo del estadístico Lambda de Wilks (Cárdenas-Castro y Arancibia-Martini, 2014). La comparación múltiple entre los tratamientos se realizó con la prueba de T3 de Dunnett, para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 26 (Ates *et al.*, 2019; IBM, 2019; Christensen, 2022).

Resultados

Los resultados con el empleo de microorganismos benéficos y compost con silicato de potasio en el control de *Oeobalus insularis* muestran una probabilidad (*p*# 0.0001) con el empleo de la prueba de Mauchly (Cuadro 1). Se encontró un tamaño del efecto de 0.836 debido a la influencia del factor insectos y un tamaño mayor, con un valor más cercano al valor de uno (0.906) para el efecto de la interacción insectos x tratamientos.

Cuadro 1. Análisis de varianza multivariado y la interacción insectos por tratamientos en pre y post aplicación.

Efecto	Significancia	Eta parcial al cuadrado	Parámetro sin centralidad	Potencia observada	
Insectos	Lambda de Wilks	0	0.836	91.745	1
Insectos por tratamientos	Lambda de Wilks	0	0.906	174.327	1

Efecto	Significancia	Eta parcial al cuadrado	Parámetro sin centralidad	Potencia observada
Esfericidad de Mauchly	-	0	-	

Comparaciones múltiples entre los tratamientos post aplicados por la prueba Dunnett T3

El control del insecto plaga *O. insularis* con el producto químico insecticida superó estadísticamente a los restantes tratamientos con la excepción del tratamiento combinado y la aplicación de *Metarhizium*. La aplicación a base de insecticida químico hizo decrecer la población de insectos por parcela en 10.3 insectos respecto al tratamiento control. Los resultados con *Metarhizium* no muestran diferencias significativas, apreciándose que el insecticida químico disminuyó en tres insectos la población y en un insecto respecto al tratamiento combinado, tratamientos además que correspondieron los intervalos de confianza más estrechos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparaciones múltiples de los promedios de los tratamientos por el número de insectos después de cada aplicación.

(A) Trat	(B) Trat	Dif. de medias (A-B)	Sig	Intervalo confianzaal 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Químico	Control	-10.25 [*]	0	-12.46	-8.04
	Compost-K ₄ SiO ₄	-8 [*]	0	-10.61	-5.39
	<i>Azotobacter</i>	-8.75 [*]	0.002	-12.39	-5.11
	<i>Metarhizium</i>	-3.25 [*]	0.01	-5.46	-1.04
	ACM	-1.25	0.33	-3.46	0.96
Compost-K ₄ SiO ₄	Control	-2.25	0.108	-4.97	0.47
	Químico	8 [*]	0	5.39	10.61
	<i>Azotobacter</i>	-0.75	0.989	-4.3	2.8
	<i>Metarhizium</i>	4.75 [*]	0.003	2.03	7.47
	ACM	6.75 [*]	0	4.03	9.47
<i>Azotobacter</i>	Control	-1.5	0.596	-5	2
	Químico	8.75 [*]	0.002	5.11	12.39
	Compost-K ₄ SiO ₄	0.75	0.989	-2.8	4.3
	<i>Metarhizium</i>	5.5 [*]	0.007	2	9
	ACM	7.5 [*]	0.002	4	11
<i>Metarhizium</i>	Control	-7 [*]	0	-9.47	-4.53
	Químico	3.25 [*]	0.01	1.04	5.46
	Compost-K ₄ SiO ₄	-4.75 [*]	0.003	-7.47	-2.03
	<i>Azotobacter</i>	-5.5 [*]	0.007	-9	-2
	ACM	2	0.119	-4.47	4.47
ACM	Control	-9 [*]	0	-11.47	-6.53
	Químico	1.25	0.33	-0.96	3.46
	Compost-K ₄ SiO ₄	-6.75 [*]	0	-9.47	-4.03
	<i>Azotobacter</i>	-7.5 [*]	0.002	-11	-4
	<i>Metarhizium</i>	-2	0.119	-4.47	0.47

* Dif= la diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05. ACM es *Azotobacter*-compost silicato de potasio-*Metarhizium*. Sig= significancia.

La comparación entre compost-silicato de potasio y el resto de los tratamientos denotó ausencia de diferencias significativas con el tratamiento con *Azotobacter* y con el control. Este mismo tratamiento alcanzó poblaciones promedio de ocho insectos por parcelas contra el tratamiento químico, con rangos del intervalo de confianza que van desde un límite inferior de 5.39 hasta un límite superior de 10.61 insectos.

El tratamiento con *Azotobacter* y la aplicación de compost-silicato de potasio, fueron los tratamientos que controlaron la población de insectos plagas, aunque con una tendencia sin diferencias significativas a controlar más el tratamiento compost-Silicato de potasio con relación a *Azotobacter*. La aplicación del tratamiento con *Azotobacter* no se diferenció estadísticamente del tratamiento a base de compost-silicato de potasio, tampoco para el control, y sí para el resto de los tratamientos; por lo que pueden considerarse estos tres tratamientos como los que menor control tuvieron sobre la plaga.

Las plantas de las parcelas en las que se aplicó *Azotobacter* presentaron como promedio cerca de nueve insectos más respecto al control químico. Por su parte el tratamiento con *Metarhizium* no mostró diferencias significativas con el tratamiento combinado entre *Azotobacter*-compost silicato de potasio-*Metarhizium*.

La aplicación a base de *Metarhizium* mostró un control promedio de siete insectos menos respecto al control. El tratamiento combinado entre *Azotobacter*-compost silicato de potasio-*Metarhizium* no difirió de forma significativa respecto al control químico y a la aplicación de *Metarhizium* y sí para el resto de los tratamientos. El tratamiento combinado redujo en nueve insectos la población por parcelas respecto al control. Cabe indicar que, aunque sin diferencias significativas con aquel a base de *Metarhizium*.

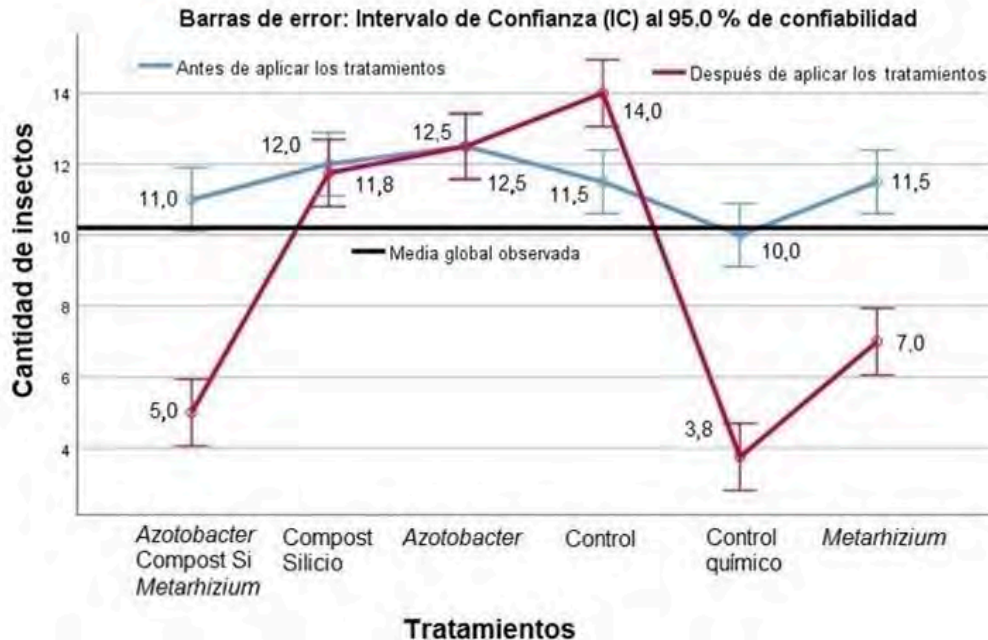
Número de *Oebalus insularis* Stål pre y post aplicación de los tratamientos

La cantidad de insectos promedio por tratamientos antes (pre) y después de ser aplicados (post) (Figura 1), demostró que al realizar la aplicación combinada de la mezcla de *Azotobacter*-Compost silicato de potasio-*Metarhizium* logra de 11 insectos antes de la aplicación descender la población de la plaga a cinco insectos para una reducción porcentual del 54.5% y es la segunda reducción mayor después del tratamiento químico, únicos tratamientos que reducen los niveles poblacionales en porcentajes mayores del 50%. Contrario a lo anterior fue el tratamiento a base de compost silicato de potasio.

El tratamiento control antes de realizar la aplicación presentó como promedio una población de 11.5 insectos en preaplicación y unos siete días después la población de *O. insularis* se incrementó en catorce insectos promedio para un incremento de la población de la plaga de 17.9% (Figura 1).



Figura 1. Cantidad de insectos promedio en pre y post aplicación para cada uno de los tratamientos. Las barras de error identifican los intervalos de confianza con una confiabilidad del 95%.



En el tratamiento químico la población de la plaga antes de ser aplicado (pre) fue de 10 una vez aplicado el producto químico (post) descendió a 3.8 equivalente a un descenso poblacional del 62%, el tratamiento con la mayor reducción poblacional porcentualmente respecto a ambos momentos. Para el tratamiento con *Metarhizium*, descendió a siete insectos promedio que representa porcentualmente un descenso poblacional de 39.1%.

Discusión

Los resultados arrojan un valor de significancia (p) de la prueba de Mauchly del análisis de varianza multivariado (Cuadro 1) menor de 0.05, orientando que la hipótesis de esfericidad es rechazada; sin embargo, Ateş *et al.* (2019) proponen como una solución alternativa responsabilizar de la decisión a estadísticos que aporta el análisis de varianza multivariado como el Lambda de Wilks, debido a que la determinación de estos estadísticos no se ve afectado por el incumplimiento de la premisa de la esfericidad desde un enfoque multivariado.

Con relación al parámetro de no centralidad, de acuerdo con Christensen (2022), al incrementarse este valor, se incrementa la potencia estadística del análisis y disminuye la probabilidad de rechazar la hipótesis de nulidad. Aunque está ampliamente documentado que *Azotobacter chroococum* provoca un efecto benéfico importante sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sumbul *et al.*, 2020; Llerena-Ramos *et al.*, 2021) y además se ha demostrado su efecto supresor de agentes patógenos (nematodos) (Akram *et al.*, 2016; Edison-Zambrano *et al.*, 2019; Hajjar *et al.*, 2023), en esta investigación no se encontró un control significativo sobre el insecto plaga *Oeivalus insularis*.

Con relación a la aplicación de *Metarhizium anisopliae*, en Ecuador, algunos estudios como el de McGuire y Northfield (2021) y el de Valle-Ramírez *et al.* (2020) aislaron y caracterizaron cepas de *Metarhizium anisopliae*, con potencial para el control de *Mahanama andigena* (Jacobi) en caña de azúcar (*Saccharum spp.*), demostrándose en el presente estudio el efecto bio-insecticida sobre el insecto *O. insularis*.

El mecanismo de *M. anisopliae* sobre los insectos que parasita es por contacto, lo que le confiere una ventaja respecto al mecanismo que emplean bacterias y virus, los cuales para accionar sobre el insecto necesitan ser digeridos. El contacto con el insecto de *M. anisopliae* facilita su infección a través de la cutícula, debido a la producción de enzimas con capacidad de hidrolizar dicha cutícula, cuyos compuestos derivados de esa hidrólisis le sirven como nutrientes al hongo (Acuña-Jiménez *et al.*, 2015).

Diversos estudios relacionados con el Silicio (Abada y Eman, 2017; Mukarram *et al.*, 2022; Bhavanam y Stout, 2022), muestran que el silicio provoca una silificación de las paredes de las células y tejidos y la formación de barreras físicas o como elicitador de las vías de defensa de la planta; sin embargo, los resultados obtenidos con la presencia del silicato de potasio en el compost, aunque no realizó un control efectivo de la plaga.

La efectividad en el control de *O. insularis* del tratamiento combinado, la inclusión del compost y de *Azotobacter* es un aspecto importante para valorar por la sinergia que se puede establecer entre ambos componentes de manera positiva para la planta (Aslam y Ahmad, 2020; Bhavanam y Stout, 2022). En el mismo sentido los resultados que se lograron en el tratamiento conjunto compost silicato de potasio-*Azotobacter*-*Metarhizium* pueden estar asociados a los efectos conjuntos del silicato de potasio y la presencia de *Azotobacter* como microorganismo promotor del crecimiento y desarrollo vegetal (Salim y Hikal, 2019; Ranjan *et al.*, 2021).

Como elemento independiente el silicio estimula el desarrollo vegetal, la arquitectura foliar, mantiene más erectas las hojas y tallos, lo que disminuye el acamado tan perjudicial en el momento de la cosecha de cultivos que se cosechan mecanizados, como el arroz, el proceso de fotosíntesis y las relaciones hídricas, mientras que el potasio como macroelemento esencial de la fisiología de las plantas cumple funciones importantes en la formación de carbohidratos como el almidón en los granos de arroz, síntesis de proteínas, división celular, desarrollo vegetativo y el tamaño y calidad de las semillas (Hasanuzzaman *et al.*, 2018).

El silicio, además favorece el crecimiento del sistema de raíces, los pigmentos fotosintéticos, regula el movimiento de apertura y cierre de las estomas, del estado hídrico de las plantas por su función como osmoregulador, el balance iónico y la actividad de enzimas antioxidantes (Ahmad *et al.*, 2019) cuya función está muy relacionada cuando las plantas se encuentran influenciadas por algún tipo de estrés como es el caso de ataques por plagas, del tipo de estreses abióticos.

Conclusiones

Los resultados con relación a la evaluación del empleo de microorganismos benéficos y compost con silicio para el control de *Oebalus insularis* Stål en *Oryza sativa* L., cultivar INIAP-14, muestran resultados diferenciados entre tratamientos, orientando a que el uso de tratamientos combinados a base de silicato de potasio (K_4SiO_4) y aquel con *Metarhizium*, manifiestan resultados efectivos para ser considerados como una alternativa agroecológica en el control de *Oebalus insularis*. Se recomienda que los resultados logrados con el empleo de tratamientos combinados deben ser ampliados con futuras investigaciones considerando variables de crecimiento y desarrollo del cultivo del arroz

Agradecimientos

Los autores(as) expresan su agradecimiento a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por el apoyo en la realización de los estudios doctorales en la Universidad de Granma, Cuba.



Bibliografía

- 1 Abada, K. A. and Eman, O. E. 2017. Effect of the combination among compost, bioagents and soil solarization on management of strawberry *Verticillium* wilt. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 8(2):88-99.
- 2 Acuña-Jiménez, M.; García-Gutiérrez, C.; Rosas-García, N.; López-Meyer, M. and Saíz-Hernández, J. 2015. Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 31(3):219-226.
- 3 Akram, M.; Rizvi, R.; Sumbul, A.; Ansari, R. A. and Mahmood, I. 2016. Potential role of bio-inoculants and matter for the management of root-knot nematode infesting chickpea. *Cogent Food and Agriculture*. 2(1):1-13. <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1183457>.
- 4 Álvarez-Sánchez, A. R.; Llerena-Ramos, L. T. y Reyes-Pérez, J. J. 2021. Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost. *Terra Latinoamericana*. 39(1):1-10. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.916>.
- 5 Ahmad, P.; Ahanger, M. A.; Alam, P.; Alyemeni, M. N.; Wijaya, L.; Ali, S. and Ashraf, M. 2019. Silicon (Si) supplementation alleviates NaCl toxicity in mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] through the modifications of physio-biochemical attributes and key antioxidant enzymes. *Journal of Plant Growth Regulation*. 38(1):70-82. <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9810-2>.
- 6 Aslam, Z. and Ahmad, A. 2020. Effects of vermicompost, vermi-tea and chemical fertilizer on morpho-physiological characteristics of maize (*Zea mays* L.) in Suleymanpasa District, Tekirdag of Turkey. *Journal of Innovative Science*. 6(1):41-46. <https://doi.org/10.17582/journal.jis/2020/6.1.41.46>.
- 7 Ate#, C.; Kaymaz, O.; Emre, K. H. and Agah, T. M. 2019. Comparison of test statistics of nonnormal and unbalanced samples for multivariate analysis of variance in terms of type-I error rates. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. 21(7):30-38. 10.1155/2019/2173638.
- 8 Bhavanam, S. and Stout, M. J. 2022. Varietal resistance and chemical ecology of the rice stink bug, *Oebalus pugnax*, on rice, *Oryza sativa*. *Plants*. 11(5):270-277. 10.3390/plants11223169.
- 9 Cárdenas-Castro, M. y Arancibia-Martini, H. 2014. Potencia estadística y cálculo del tamaño del efecto en G# Power: complementos a las pruebas de significación estadística y su aplicación en Psicología. *Salud & Sociedad*. 5(2):210-244. 10.22199/S07187475.2014.0002.00006.
- 10 Christensen, R. 2022. Comment on 'on the power of the F-test for hypotheses in a linear model' by Griffiths and Hill. *The American Statistician*. 76(3):310-311. <https://ideas.repec.org/a/taf/amstat/v76y2022i3p310-311.html>.
- 11 Edison-Zambrano, C.; Andrade-Arias, M. y Carreño-Rodríguez, W. 2019. Factores que inciden en la productividad del cultivo de arroz en la provincia Los Ríos. *Revista Universidad y Sociedad*. 11(5):270-277.
- 12 Hajjar, M. J.; Ahmed, N.; Alhudaib, K. A. and Ullah, H. 2023. Insect pest management techniques for rice. *Sustainability*. 15(1):44-49. 10.3390/su15054499.
- 13 Hasanuzzaman, M.; Bhuyan, M. H. M. B.; Nahar, K.; Hossain, M. S.; Mahmud, J. A.; Hossen, M. S.; Masud, A. A. C.; Moumita, M. D. and Fujita, M. 2018. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*. 8(3):31-39. 10.3390/agronomy8030031.
- 14 IBM-International Business Machines. 2019. SPSS for windows. Release 26. Chicago, SPSS Inc.

- 15 INANHI. 2021. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuario meteorológico del Cantón Mocache. Mocache, Los Ríos Ecuador. *In*: Pichilingue, E. E. T. Ed. 12 p.
- 16 Krinski, D. and Amilton-Foerster, L. 2017. Quantitative and qualitative damage caused by *Oebalus poecilus* (Hemiptera, Pentatomidae) to upland rice cultivated in new agricultural frontier of the Amazon rainforest (Brazil). *Ciência e Agrotecnologia*. 41(3):300-311. 10.1590/1413-70542017413036816.
- 17 Llerena-Ramos, L.; Reyes-Pérez, J.; Álvarez-Sánchez, A. y Pincay-Ganchoso, R. 2021. Respuesta agronómica del cultivo del arroz a la inoculación con bacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Centro Agrícola*. 48(4):5-10.
- 18 McGuire, A. V. and Northfield, T. D. 2021. Identification and evaluation of endemic *Metarhizium* strains for biological control of banana rust thrips. *Biological Control*. 162(1):104712-104721. 10.1016/j.biocontrol.2021.104712.
- 19 Mendoza-Avilés, H.; Llor-Bruno, Á. y Vilema-Escudero, S. 2019. El arroz y su importancia en los emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de Samborondón. *Revista Universidad y Sociedad*. 11(1):324-330.
- 20 Mukarram, M.; Petrik, P.; Mushtaq, Z.; Masroor, M.; Gulfishan, M. and Lux, A. 2022. Silicon nanoparticles in higher plants: uptake, action, stress tolerance, and crosstalk with phytohormones, antioxidants, and other signalling molecules. *Environmental Pollution*. 310 p. 10.1016/j.envpol.2022.119855.
- 21 Ranjan, A.; Sinha, R.; Bala, M.; Pareek, A.; Singla-Pareek, S. L. and Singh, A. K. 2021. Silicon-mediated abiotic and biotic stress mitigation in plants: underlying mechanisms and potential for stress resilient agriculture. *Plant Physiology and Biochemistry*. 163(1):15-25. 10.1016/j.plaphy.2021.03.044.
- 22 Rodríguez-Delgado, I.; Pérez-Iglesias, H. I. y Socorro-Castro, A. R. 2018. Principales insectos plaga, invertebrados y vertebrados que atacan el cultivo del arroz en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*. 6(1):95-107.
- 23 Romero-Cortes, T.; Pérez-España, V. H.; Peralta-Gil, M.; Aparicio-Burgos, J. E. y Cuervo-Parra, J. A. 2022. Caracterización morfológica y evaluación fenológica de accesiones de Teocintle (*Zea* spp.) cultivadas en Apan, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 25(3):106-125. 10.56369/tsaes.4147.
- 24 Ruilova-Cueva, M.; Cobos-Mora, F. y Gómez-Villalba, J. 2022. Manejo en el cultivo del arroz. Editorial Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. Primera Edición. ISBN:978-9942-606-08-2 (eBook). 180 p.
- 25 Salim, B. B. M.; Hikal, M. S. and Osman, H. S. 2019. Ameliorating the deleterious effects of saline water on the antioxidants defence system and yield of eggplant using foliar application of zinc sulphate. *Annals of Agricultural Science*. 64(2):244-251.
- 26 Sumbul, A.; Ansari, R. A.; Rizvi, R. and Mahmood, I. 2020. Azotobacter: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. *Review. Saudi Journal of Biological Sciences*. 27(12):3634-3640. 10.1016/j.sjbs.2020.08.004.
- 27 Tenguri, P.; Chander, S.; Kumar, E. R.; Yele, Y.; Pattathanam, S. A.; Tadagavadi, N. M.; Subramanian, S. and Suresh S. S. 2023. Effect of silicon application to the rice plants on feeding behaviour of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) under elevated CO₂. *Silicon*. 15(1):5811-5820. 10.1007/s12633-023-02480-w.
- 28 Valle-Ramírez, S. B.; Torres-Gutiérrez, R.; Caicedo-Quinche, W. O.; Abril-Saltos, R. V. and Sucoshañay-Villalba, D. J. 2020. Aislamiento y caracterización de *Metarhizium* spp. de cultivos de caña de azúcar y su patogenicidad contra *Mahanarva andigena* (Hemiptera: Cercopidae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 23(1):2-18. 10.21930/rcta.vol23-num1-art:2361.
- 29 Zhe-Yu, P.; Shu-Ting, H.; Jia-Ting, Ch.; Ni, L.; Yong, W.; Asad, N. and Sheng-Qun, D. 2022. An update of a green pesticide: *Metarhizium anisopliae*. *All Life*. 15(1):1141-1159. Doi.10.1080/26895293.2022.2147224.

Silicato de potasio para controlar *Oebalus insularis* Stål en arroz en Quevedo, Ecuador

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

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2025
Date accepted: 01 January 2025
Publication date: 16 May 2025
Publication date: Apr-May 2025
Volume: 16
Issue: 3
Electronic Location Identifier: e3653
DOI: 10.29312/remexca.v16i3.3653

Categories

Subject: Artículo

Palabras claves:

Palabras claves:

Metarhizium anisopliae

Oebalus insularis Stål

Oryza sativa L.

chinche vaneadora

Counts

Figures: 1

Tables: 2

Equations: 0

References: 29

Pages: 0