

Avaliação de um adjuvante com um sistema de liberação de polímeros como alternativa para a redução de óleo agrícola no controle do Sigatoka preto na costa equatoriana

Evaluation of an adjuvant with a polymer release system as an alternative for the reduction of agricultural oil in the control of black Sigatoka in the Ecuadorian Littoral

DOI: 10.34188/bjaerv5n2-067

Recebimento dos originais: 20/01/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Luis Suarez García

Master en Agronomía Mención en Protección Vegetal por la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

DOLE – Departamento de Servicios Agrícolas

Av. Las Monjas y Urdesa

Correo electrónico: lasuarezgarcia@hotmail.com

Mayra Sornoza Loor

Ingeniera Agrónoma por la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

Candidate a Magister en Biotecnología Agropecuaria

Técnico Independiente, Asistencia técnica en campo

Correo electrónico: mayra.sornoza.region5@gmail.com

Yary Ruiz Parrales

Master en Ingeniería Agrícola por la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias

Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador

Correo electrónico: yruiz@utb.edu.ec

David Mayorga Arias

Master en Ingeniería Agrícola por la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias

Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador

Correo electrónico: dmayorga@utb.edu.ec

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de determinar o efeito do adjuvante baseado no polímero E3 como uma alternativa para a redução do óleo agrícola no controle do Sigatoka preto. O trabalho foi realizado em uma planta de 3 a 4 meses de idade plantada com material genético da cultivar "Williams". Doses de fungicidas à base de Difenconazol + Espiroxamina; Pyrimintanil + Mancozebe; Isopyrazam + extrato de Melaleuca alternifolia; Fenpropimorph + Bacillus subtilis e Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidina, aos quais foram adicionados adjuvantes de Água + E3; água; óleo + água e um tratamento de controle sem aplicação de adjuvantes. Foi usado um desenho de bloco completamente aleatório com quatro tratamentos e três réplicas e a média dos tratamentos foi comparada usando o teste de Duncan com 5% de significância. O ensaio tinha uma área de 245,76 m² semeada em um triângulo de 3,2 m entre plantas e 2,5 m entre fileiras, consistindo de 36 plantas. As avaliações foram realizadas semanalmente após as aplicações; o número de lesões e os

estágios da doença por folha foram avaliados de acordo com a escala de estover e emissão foliar. Para o manejo de culturas, foram realizados o controle de ervas daninhas, fertilização, irrigação e aplicação de fungicidas. A partir dos resultados foi determinado que o maior número de lesões nos estágios II, IV e V, foi apresentado com a aplicação de fungicidas adicionando óleo + água na primeira e segunda semana de avaliação, desaparecendo nestes tratamentos e aumentando no tratamento de controle, sem o uso de adjuvantes a partir da terceira semana; no estágio III, foi observado que os tratamentos que utilizavam água + E3 e óleo + água obtiveram mais lesões na primeira e segunda semana, enquanto na terceira, quarta e quinta semana o tratamento de controle relatou isso; na fase VI, foram relatadas lesões com o uso de óleo + água na primeira semana, na segunda e terceira semanas não foram observadas lesões e aumentaram na quarta e quinta semana no tratamento de controle; na folha 1, a maior taxa de infecção foi observada com a aplicação de fungicidas e coadjuvantes baseados em água + E3 e na folha 2, todos os tratamentos estudados obtiveram uma taxa de infecção, enquanto que na folha 3, verificou-se que o tratamento de controle atingiu uma taxa de infecção maior.

Palavras-chave: Sigatoka preto, banana, adjuvante, controle.

ABSTRACT

The present research was carried out with the objective of determining the effect of the E3 polymer-based adjuvant as an alternative for the reduction of agricultural oil in the control of black Sigatoka. The work was carried out on a 3- to 4-month-old plant planted with genetic material of the "Williams" cultivar. Doses of fungicides based on Difenconazole + Spiroxamine; Pyrimentanil + Mancozeb; Isopyrazam + Melaleuca alternifolia extract; Fenpropimorph + Bacillus subtilis and Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin, to which were added adjuvants of Water + E3; water; oil + water and a control treatment without application of adjuvants. A completely randomized block design with four treatments and three replicates was used and the comparison of the mean of treatments was done with Duncan's test at 5% significance. The trial had an area of 245.76 m² planted in a triangle 3.2 m between plants and 2.5 m between rows, consisting of 36 plants. Evaluations were carried out weekly after the applications; the number of lesions and the stages of the disease per leaf were evaluated according to the stover scale and leaf emission. For crop management, weed control, fertilization, irrigation and fungicide application were carried out. From the results it was determined that the highest number of lesions in stages II, IV and V, occurred with the application of fungicides adding oil + water in the first and second week of evaluation, disappearing in these treatments and increasing in the control treatment, without the use of adjuvants from the third week; in stage III, it was observed that the treatments that used water + E3 and oil plus water had more lesions in the first and second week, while in the third, fourth and fifth week the control treatment reported the same; in stage VI, lesions were reported with the use of oil + water in the first week, in the second and third week no lesions were observed and increased in the fourth and fifth week in the control treatment; in leaf 1, the highest infection rate was observed with the application of fungicides and coadjuvants based on water + E3 and in leaf 2, all the treatments studied obtained infection rate, while in leaf 3 it was found that the control treatment reached the highest infection rate.

Keywords: Black Sigatoka, banana, coadjuvant, control.

1 INTRODUCCIÓN

Saavedra (2016) menciona que la Sigatoka negra se describió como una enfermedad nueva en 1963, en las islas Fiji, donde en poco tiempo se diseminó hacia otros países, desplazando a la Sigatoka amarilla, comportamiento que se presenta en forma similar en la mayoría de las regiones bananeras y plataneras del mundo. Aparentemente, se originó en Papua Nueva Guinea e islas Salomón, desde donde posteriormente y antes de 1927 se dispersó a Taiwán, Fiji, Hawái, Filipinas y otras islas del Pacífico asiático. En Centroamérica se describió por primera vez en Honduras en 1972 y desde allí se diseminó por el resto de la región. En Suramérica se registró por primera vez en Colombia en 1981.

Rivas y Rosales (2015) mencionan que la Sigatoka negra fue detectada en el Ecuador en Febrero de 1987 al norte del país, en la provincia de Esmeraldas, para el año 1989 se la encontró en las provincias de Los Ríos y de Guayas y finalmente en 1992 apareció en las bananeras de la provincia de El Oro, al sur del país. A esta enfermedad le tomó 5 años en infectar todas las bananeras del Ecuador.

Cedeño (2017) indica que la Sigatoka Negra, se caracteriza por sus dos estados reproductivos: el estado perfecto (sexual) e imperfecto (Asexual).

Según Zambrano y Ramírez (2016) el desarrollo de la enfermedad depende de las condiciones del clima como lluvia, humedad y temperatura y la cantidad de inóculo existente en el área. Las hojas con humedad relativa sobre el 90 % y temperatura de 26 °C a 28 °C favorecen al desarrollo rápido de la infección. Se retarda el desarrollo de la enfermedad cuando la temperatura es inferior a 20 °C, la enfermedad se propaga fácilmente de una plantación o planta a otra por intermedio de la lluvia, viento, herramientas de trabajo, material vegetal afectado, vestido y calzado de las personas que transitan por las plantaciones afectadas.

Rivera (2019) menciona que *Mycosphaerella fijiensis* bajo condiciones de alta presión esporula a los 18 días aproximadamente (infección o esporulación), y bajo condiciones normales lo hace a los 24 a 30 días. En cambio, *Mycosphaerella musicola* esporula entre los 40 a 50 días. Hay producción de ascosporas por unidad de superficie (5 a 6 veces más) como consecuencia de una mayor producción de peritecios *Mycosphaerella fijiensis*, esporula mayormente por el envés de la hoja y presenta severas infecciones a ambos lados de la vena central. Las esporas germinan en el envés de la hoja en un tiempo relativamente corto de dos horas y la penetración a las estomas ocurre entre las 48 y 72 horas. Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen entre los 10 a 14 días después de la infección, como puntos llamados pizca, cafés rojizos, de 2 a 3 mm de longitud en el envés de la hoja. La sintomatología fue detallada por Meredith y Lawrence, que se describe a continuación:

- Estadío 1: Corresponde a una pequeña decoloración aproximadamente 1 mm de largo, clorótica o amarilla en la fase inicial y visible únicamente en el envés de la hoja con la utilización del “digilab”. La utilización de este instrumento se debe a su pequeño tamaño difícil de observar a simple vista en este estado.
- Estadío 2: La decoloración se convierte en una estría de 2-3 mm de largo, pudiendo esta ser observada tanto en el envés como en el haz de la hoja. A esta fase se le denomina comúnmente “pizca”.
- Estadío 3: La estría aumenta sus dimensiones haciéndose más larga y más ancha. Es a partir de esta fase cuando aparecen los conidióforos los cuales dan lugar a la producción de conidios.
- Estadío 4: Este se presenta como una mancha oval que toma una coloración marrón o pardo oscuro en el envés y negra en el haz de la hoja.
- Estadío 5: Se caracteriza por ser una mancha totalmente negra con tendencia elíptica y rodeada por un halo amarillo cuyo centro empieza a deprimirse.
- Estadío 6: Si el desarrollo de la enfermedad llega a alcanzar esta fase, el centro de la mancha se seca y llega a ser blanco-grisáceo, en el que pueden apreciarse claramente la presencia de peritecios.

Según Vega (2015) el agente causal es el hongo Ascomycete llamado *Mycosphaerella fijiensis*, el cual se produce en forma sexual y asexual durante su ciclo de vida. La fase asexual se presenta en el desarrollo de las primeras lesiones de la enfermedad, pizca, mancha, en donde se observó la presencia de un número relativamente bajo de conidiófora (estructura donde se producen las esporas asexuales llamadas conidios) que salen de los estomas, principalmente en la superficie inferior de la hoja. La fase sexual es la más importante en la producción de la enfermedad, ya que se produce un gran número de ascosporas, en estructuras llamadas pseudotecios (también llamadas algunas veces peritecios). Las ascosporas son las esporas sexuales, ambas, conidios y ascosporas, son las estructuras de diseminación de la enfermedad.

Los conidios son hialinos, cilíndricos, rectos o ligeramente curvos, de seis a nueve septas, delgados en el ápice y más ancho en la base con una cicatriz en el hilio basal del conidio (punto de unión entre el conidio y el conidioforo). Los conidióforos pueden emerger directamente del estoma de manera individual o en pequeños grupos o pueden formar fascículos sobre un estoma irrumpen de color oscuro. Los conidios miden de 30-132 μm de longitud y de 2.5 – 5 μm en la parte más ancha. Las estructuras se producen en mayor abundancia en la superficie inferior de las lesiones, pero también pueden ser encontradas en la parte superior. Las ascosporas son hialinas,

fusiformes clavadas, con dos células y ligeramente constrictivas en el septo. Las ascosporas miden de 14-20 mm de longitud y de cuatro hasta seis mm de ancho (Vega, 2015).

CROPLIFE (2018) manifiesta que el patógeno destruye rápidamente el tejido foliar; como consecuencia se reduce la fotosíntesis y se afecta el crecimiento de la planta y la producción. En ausencia de medidas de control la enfermedad puede reducir hasta en un 50 % el peso del racimo y causar pérdidas del 100 % de la producción debido al deterioro en la calidad del fruto (longitud y grosor). En una plantación se encuentran todos los estadios de la enfermedad. Los síntomas iniciales son estrías casi imperceptibles, llegando a los estadios más avanzados con síntomas de necrosis o quema del área foliar, lo que reduce la capacidad fotosintética de las hojas.

Carlier *et al.* (2019) expresan que el entendimiento de la estructura genética como de la evolución del patógeno proporciona importante información para brindar asistencia al mejoramiento y manejo de la resistencia a la enfermedad. La estructura genética del patógeno puede analizarse con la utilización de marcadores moleculares a escala global y continental. Se ha observado que el centro de diversidad del patógeno está localizado en el Sudeste de Asia y los eventos de colonización que acompañaron la introducción del patógeno en otras regiones han llevado a una reducción de la diversidad genética, la cual se mantiene en todas las poblaciones y se distribuye a escala de la planta. Asimismo, se ha observado diferencias genéticas entre las poblaciones de la escala global a local, siendo la más importante la diferenciación genética de las poblaciones africanas, las latinoamericanas y caribeñas. La evolución de la población del patógeno, depende de la mutación, recombinación, deriva genética, flujo genético y la presión de selección en el hospedero.

Según AGROBAN (2014) con este escenario, el Centro de Investigaciones Biotecnológicas de Ecuador (CIBE) desde el año 2008 ha estado trabajando en un proyecto de implementación de ingeniería genética aplicada en el banano, que busca generar bananos y plátanos cisgénicos resistentes a la Sigatoka negra.

Agrios (2018) manifiesta que la enfermedad de la Sigatoka negra se controla mediante una combinación de alternativas que incluyen cuarentenas, saneamientos por eliminación y destrucción de hojas severamente infectadas, y principalmente mediante la aplicación frecuente de aspersiones con fungicidas durante todo el año. Las aspersiones con aceites son fitotóxicos bajo ciertas condiciones, pueden reducir la producción de frutas hasta en un 10 % y pueden producir una maduración retardada e irregular de las frutas cuando se aplican directamente en ellos. Hasta la fecha es habitual que las emulsiones hechas a base de mancozeb y otros fungicidas, agua y aceite se les añaden maneb u otros fungicidas para así obtener los mejores resultados.

Orozco *et al.* (2018) explican que el control de la Sigatoka negra (*M. fijiensis*) se basa en el uso continuo de fungicidas y prácticas de cultivo. El control cultural reduce las fuentes de inóculo

del patógeno y las condiciones favorables para su desarrollo, así como incrementa el vigor de las plantas. Para combatir la enfermedad se requiere conocer su comportamiento a través del tiempo, su relación con el clima y las prácticas de manejo. La práctica más importante para reducir la fuente de inóculo es la remoción de hojas afectadas o porciones de éstas. El tejido removido se deposita en el suelo y es factible la aplicación de urea para acelerar su descomposición. Una práctica alternativa es el "minicomposteo", que consiste en colocar la hojarasca y plantas cosechadas en pequeños montones para su rápida degradación, lo cual reduce el inóculo e incorpora nutrientes y materia orgánica al suelo. La poda temprana de las puntas de hojas jóvenes (antes de presentar lesiones esporuladas) y la eliminación rápida de plantas cosechadas disminuyen el inóculo.

2 METODOLOGÍA

La investigación se realizó en los terrenos del Sr. Napoleón Ramos, ubicado en el Km 6,5 de la vía Simón Bolívar – Mariscal Sucre, provincia del Guayas, cuyas coordenadas geográficas son: 2° 5' 5" de latitud sur, 59° 29' 12" de longitud oeste, y altitud de 30 msnm. La climatología del lugar está caracterizada por temperatura media anual de 25 °C, precipitación de 1.984 mm; humedad relativa 78 %, y heliofanía de 1.390³. Los suelos son de origen aluvial, franco arcilloso, con topografía plana. Se utilizaron materiales campo y una plantilla de 3 a 4 meses de edad sembrado con material genético del cultivar "Williams". Se estudiaron dos factores; a) Incidencia de *M. fijiensis*.; y, b) Uso del coadyuvante a base de polímero E3 en programas de alternancia con aceite agrícola. Se evaluaron los tratamientos como se indica en la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Tratamientos estudiados en el ensayo: Evaluación de un coadyuvante con sistema de liberación de Polímeros como alternativa para la reducción de aceite agrícola en el control de la Sigatoka negra, en la zona de Mariscal Sucre, Provincia del Guayas. FACIAG, UTB. 2022.

N°	Tratamientos	Formulación		Dosis/Unidad		Coadyuvante/ Surfactante	
		Con.	Unidad	g ia/ha	L - kg	Nombre	Dosis/Unidad
							L - kg/ha
T1	Difenoconazole + Spiroxamina	250 + 800	g/L	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua + E3	18,5 + 0,4
	Pyrimetanil + Mancozeb	800 + 750	g/L	400 + 1125	0,5 + 1,5		
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	125 + 230	g/L	75 + 115	0,6 + 0,5		
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	g/L	300 + 600	1,0 + 1,0		
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidín	300 + 750	g/L	150 + 450	0,5 + 0,6		
T2	Difenoconazole + Spiroxamina	250 + 800	g/L	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua	18,9
	Pyrimetanil + Mancozeb	800 + 750	g/L	400 + 1125	0,5 + 1,5		
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	125 + 230	g/L	75 + 115	0,6 + 0,5		
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	g/L	300 + 600	1,0 + 1,0		
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidín	300 + 750	g/L	150 + 450	0,5 + 0,6		
T3	Difenoconazole + Spiroxamina	250 + 800	g/L	100 + 320	0,4 + 0,4	Aceite+Agua	7,57 + 11,35
	Pyrimetanil + Mancozeb	800 + 750	g/L	400 + 1125	0,5 + 1,5		
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	125 + 230	g/L	75 + 115	0,6 + 0,5		
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	g/L	300 + 600	1,0 + 1,0		
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidín	300 + 750	g/L	150 + 450	0,5 + 0,6		
T4	Testigo Absoluto	---	---	---	---	---	---

Para el desarrollo y evaluación estadística del ensayo se aplicó el diseño experimental de Bloques Completamente al Azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Cada tratamiento estuvo constituido por 9 plantas y sus bordes. Las comparaciones de las medias se efectuaron con la prueba del rango múltiple de Duncan al 5 % de significancia. Se evaluó: Conteo de lesiones con la utilización del método de Stover. La parcela total del ensayo tuvo un área de 245,76 m², constituido por 36 plantas, las evaluaciones se realizaron semanalmente después de las aplicaciones donde se evaluó el número de lesiones y los estadios de la enfermedad por hoja. En cada parcela experimental se escogieron 9 plantas por tratamiento, dando un total de 36 plantas, se instalaron estacas de 1 metro pintadas de blanco indicando las subparcelas, las líneas donde estuvieron los tratamientos y las repeticiones. El control de malezas se realizó con el herbicida Roundup en dosis de 1,5 kg/ha. La fertilización se realizó con dosis de 35 kg/ha de N, y 45 kg/ha de potasio, durante tres ciclos en el desarrollo del ensayo, colocados en semi-luna alrededor de las plantas. El riego se realizó por aspersión subfoliar de acuerdo al manejo del productor. Los fungicidas se aplicaron con una bomba de mochila CP3 de 20 litros, utilizando un tipo de boquilla TJ – 8001, simulando a la aplicación de una avioneta, dándole una muy buena cobertura a las hojas. Los estadios fueron contados por hojas en la planta, además las hojas aplicadas se cubrieron con un plástico.

3 RESULTADOS

Tabla 2. Conteo de lesiones en los estadios I, II, III, IV, V y VI evaluaciones durante la primera semana en el ensayo. FACIAG, UTB. 2022.

N.º	Tratamientos	Dosis/Unidad		Coadyuvante/Surfactante		Evaluación Primera Semana				
		g ia/ha	L - kg	Nombre	Dosis/Unidad L - kg/ha	Estadios				
						II	III	IV	V	VI
T1	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua + E3	18,5 + 0,4	8,9	17,6	5,1	0,5	0,1
	Pyrimentamil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T2	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua	18,9	8,6	11,8	1,5	0,0	0,0
	Pyrimentamil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T3	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Aceite+Agua	7,57+11,35	10,0	16,9	8,5	3,7	0,4
	Pyrimentamil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T4	Testigo Absoluto	----	----	----	----	8,0	14,3	5,6	0,0	0,0
Promedio general						9,1	15,1	5,2	1,1	0,1
Significancia estadística						ns	ns	ns	ns	ns
Coeficiente de Variación						1,05	6,42	2,73	1,80	0,18

i.a: ingrediente activo.
ns = no significativo.

En la tabla 2, se registran los promedios el conteo de lesiones desde los estadios II al VI durante la primera semana. El análisis de varianza no presentó significancia estadística para los estadios del II al VI, los promedios generales fueron 9,1, 15,1, 5,2, 1,1 y 0,1 lesiones y los coeficientes de variación 1,05; 6,42; 2,73; 1,80 y 0,18 %. En el estadio II, se observó que el mayor número de lesiones lo obtuvo la aplicación de los fungicidas, adicionando Aceite + Agua con 10,0 lesiones y el menor valor fue para el tratamiento testigo, sin aplicación de fungicidas y coadyuvantes con 8,0 lesiones. El mayor número de lesiones en el estadio III se encontró con la aplicación de fungicidas, adicionando como coadyuvantes Agua + E3 con 17,6 lesiones, mientras que el menor

número de lesiones fue para el uso de Agua como coadyuvante con 11,8 lesiones. Para el estadio IV, la aplicación de fungicidas con aceite + agua como coadyuvante, obtuvo mayor número de lesiones (8,5) y el menor número de lesiones para el tratamiento que se aplicó agua (1,5). La mezcla de aceite + agua como coadyuvante sobresalió con 3,7 lesiones en el estadio V, en comparación con el uso de agua y tratamiento testigo que no reportaron lesiones (0,0). En el VI estadio el empleo de aceite + agua como coadyuvante complementario a los fungicidas, alcanzó 0,4 lesiones mientras que la aplicación de agua como coadyuvante y el tratamiento testigo no presentaron lesiones.

Los promedios de conteo de lesiones desde los estadios II al VI durante la segunda semana se muestran en la tabla 3. El análisis de varianza no reportó diferencias significativas en los estadios del II al VI. Para el estadio II, el uso de fungicidas con los coadyuvantes de aceite + agua alcanzó más lesiones con 9,8; y la menor cantidad de lesiones se presentó en la aplicación de fungicidas utilizando agua como coadyuvante con 8,2 lesiones. En los estadios III y IV se mostró que la aplicación de los fungicidas, adicionando aceite + agua consiguieron 16,5 y 6,8 lesiones y el empleo de agua como coadyuvante generó menor número de lesiones con 11,4 y 1,5 lesiones, respectivamente. Se encontraron 0,1 lesiones en los tratamientos que se aplicó agua + E3; agua y tratamiento testigo y no se detectaron lesiones cuando se aplicó aceite + agua como coadyuvante para el uso de fungicidas. En el VI estadio no se observaron lesiones. Los promedios generales fueron 8,9; 14,2; 4,4; 0,1 y 0,0 lesiones y los coeficientes de variación 1,19; 5,47; 2,50; 0,0 y 0,0 %, respectivamente.

Tabla 3. Conteo de lesiones en los estadios I, II, III, IV, V y VI evaluaciones durante la segunda semana en el ensayo. FACIAG, UTB. 2022.

Nº	Tratamientos	Dosis/Unidad		Coadyuvante/ Surfactante		Evaluación Segunda Semana				
		g ia/ha	L - kg	Nombre	Dosis/Unidad L - kg/ha	Estadios				
						II	III	IV	V	VI
T1	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua + E3	18,5 + 0,4	8,8	15,9	4,6	0,1	0,0
	Pyrimetanil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T2	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua	18,9	8,2	11,4	1,5	0,1	0,0
	Pyrimetanil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T3	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Aceite+Agua	7,57 + 11,35	9,8	16,5	6,8	0,0	0,0
	Pyrimetanil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T4	Testigo Absoluto	---	---	---	---	8,6	13,1	4,8	0,1	0,0
Promedio general						8,9	14,2	4,4	0,1	0,0
Significancia estadística						ns	ns	ns	ns	ns
Coeficiente de Variación						1,19	5,47	2,50	0,00	0,00

ns = no significativo

En el estadio II, el tratamiento testigo registró 7,3 lesiones, mientras que el empleo de agua + E3 presentó 4,4 lesiones. En el estadio III, el tratamiento testigo alcanzó mayor número de lesiones (17,2 lesiones), superior estadísticamente al resto de tratamientos, siendo el menor valor para el uso de agua + E3 como coadyuvante (7,7 lesiones). El tratamiento testigo registró 4,9 lesiones, estadísticamente igual a las aplicaciones de fungicidas complementarios a agua; aceite + agua; y superiores estadísticamente a la adición de agua + E3 con 1,1 lesiones, esto en el estadio IV. En el estadio V, el tratamiento testigo detectó 0,3 lesiones, mientras que los demás tratamientos donde se aplicó coadyuvantes complementarios a los fungicidas, no se presentaron lesiones. En el estadio VI no se observaron lesiones. El análisis de varianza no detectó diferencias significativas en los estadios II, V y VI; diferencias altamente significativas en el estadio III y diferencias significativas para el estadio IV. Los promedios generales fueron 5,8; 12,0; 3,2; 0,1 y 0,0 lesiones y los coeficientes de variación 1,16; 1,57; 0,96; 0,18 y 0,0 % (Tabla 4).

Tabla 4. Conteo de lesiones en los estadios I, II, III, IV, V y VI evaluaciones durante la tercera semana en el ensayo. FACIAG, UTB. 2022.

N°	Tratamientos	Dosis/Unidad		Coadyuvante/ Surfactante		Evaluación Tercera Semana				
				Nombre	Dosis/Unidad	Estadios				
		g ia/ha	L - kg		L - kg/ha	II	III	IV	V	VI
T1	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua + E3	18,5 + 0,4	4,4	7,7 b	1,1 b	0,1	0,0
	Pyrimetanol + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T2	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua	18,9	6,2	11,6 b	2,6 ab	0,0	0,0
	Pyrimetanol + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T3	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Aceite+Agua	7,57 + 11,35	5,5	11,3 b	4,1 a	0,0	0,0
	Pyrimetanol + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T4	Testigo Absoluto	---	---	---	---	7,3	17,2 a	4,9 a	0,3	0,0
Promedio general						5,8	12,0	3,2	0,1	0,0
Significancia estadística						ns	**	*	ns	ns
Coeficiente de Variación						1,16	1,57	0,96	0,18	0,00

En los promedios del número de lesiones durante la cuarta semana, el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para los estadios II, II y IV y no se obtuvieron diferencias significativas en los estadios V y VI. Los promedios generales fueron 9,2; 27,8; 9,1; 0,4 y 0,1 lesiones y los coeficientes de variación 1,68; 11,14; 1,87; 0,37 y 0,18 %, respectivamente (Tabla 5). En el estadio II, el testigo alcanzó mayor número de lesiones (17,4 lesiones), estadísticamente superiores a los demás tratamientos que se aplicó coadyuvantes adicionales a los fungicidas, y cuyas menores lesiones se encontraron empleando agua + E3 (6,0 lesiones). En el estadio III, el testigo reportó 60,1 lesiones, superior estadísticamente a los demás tratamientos,

cuyas menores lesiones se presentaron aplicando fungicidas y coadyuvante de aceite + agua con 15,4 lesiones. En el estadio IV, el testigo obtuvo 20,6 lesiones, estadísticamente superior a los demás tratamientos, siendo el menor número de lesiones para el uso de fungicidas con coadyuvante agua + E3 con 3,8 lesiones. En el estadio V, el tratamiento testigo registró 1,0 lesiones y el menor valor fue para el empleo de agua + E3 y agua sola con 0,1 lesiones. En el estadio VI, el tratamiento testigo mostró 0,2 lesiones y el agua y aceite + agua como coadyuvantes complementarios a los fungicidas no obtuvieron lesiones.

Tabla 5. Conteo de lesiones en los estadios I, II, III, IV, V y VI evaluaciones durante la cuarta semana en el ensayo. FACIAG, UTB. 2022.

Nº	Tratamientos	Dosis/Unidad		Coadyuvante/ Surfactante		Evaluación Cuarta Semana				
				Nombre	Dosis/Unidad	Estadios				
		g ia/ha	L - kg		L - kg/ha	II	III	IV	V	VI
T1	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua + E3	18,5 + 0,4	6,0 b	16,3 b	3,8 b	0,1	0,1
	Pyrimetanil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T2	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua	18,9	6,7 b	19,6 b	6,3 b	0,1	0,0
	Pyrimetanil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T3	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Aceite+Agua	7,57 + 11,35	6,6 b	15,4 b	5,8 b	0,2	0,0
	Pyrimetanil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin	150 + 450	0,5 + 0,6							
T4	Testigo Absoluto	----	----	----	----	17,4 a	60,1 a	20,6 a	1,0	0,2
Promedio general						9,2	27,8	9,1	0,4	0,1
Significancia estadística						**	**	**	ns	ns
Coeficiente de Variación						1,68	11,14	1,87	0,37	0,18

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la prueba de Duncan al 5 % de significancia.

ns = no significativo

**= altamente significativo

Los valores registrados en la semana quinta se observan en la tabla 6. El análisis de varianza alcanzó diferencias altamente significativas para los estadios del II al VI. Los promedios generales fueron 13,5; 261,1; 254,5; 24,6 y 19,0 lesiones y los coeficientes de variación 0,53; 1,84; 3,48; 1,03 y 0,34 %, respectivamente. En los estadios II, III y IV, el testigo presentó mayor cantidad de lesiones, siendo estas 18,5; 420,3 y 429,7 lesiones, superiores estadísticamente a los demás tratamientos. El tratamiento que se adicionó agua + E3 como coadyuvante para los fungicidas detectó menor número con 11,0; 166,8 y 168,5 lesiones. En el estadio V, en el testigo se observaron

70,0 lesiones, superior estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el menor valor para la aplicación de aceite + agua como coadyuvante con 4,1 lesiones. Para el estadio VI, se obtuvieron 60,4 lesiones en el tratamiento testigo, superior estadísticamente al resto de tratamientos, consiguiendo la adición de agua como coadyuvante para los fungicidas con 3,0 lesiones, considerándose de menor cantidad.

Tabla 6. Conteo de lesiones en los estadios I, II, III, IV, V y VI evaluaciones durante la quinta semana en el ensayo. FACIAG, UTB. 2022.

Nº	Tratamientos	Dosis/Unidad		Coadyuvante/ Surfactante		Evaluación Quinta Semana				
				Nombre	Dosis/Unidad	Estadios				
		g ia/ha	L - kg		L - kg/ha	II	III	IV	V	VI
T1	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua + E3	18,5 + 0,4	11,0 c	166,8 c	168,5 c	10,4 c	9,2 b
	Pyrimintanil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidín	150 + 450	0,5 + 0,6							
T2	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Agua	18,9	11,9 bc	232,0 b	213,7 b	13,9 b	3,0 c
	Pyrimintanil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidín	150 + 450	0,5 + 0,6							
T3	Difenoconazole + Spiroxamina	100 + 320	0,4 + 0,4	Aceite+Agua	7,57 + 11,35	12,7 b	225,3 b	206,0 b	4,1 d	3,2 c
	Pyrimintanil + Mancozeb	400 + 1125	0,5 + 1,5							
	Isopyrazam + Extracto de <i>Melaleuca alternifolia</i>	75 + 115	0,6 + 0,5							
	Fenpropimorf + <i>Bacillus subtilis</i>	300 + 600	1,0 + 1,0							
	Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidín	150 + 450	0,5 + 0,6							
T4	Testigo Absoluto	----	----	----	----	18,5 a	420,3 a	429,7 a	70,0 a	60,4 a
Promedio general						13,5	261,1	254,5	24,6	19,0
Significancia estadística						**	**	**	**	**
Coeficiente de Variación						0,53	1,84	3,48	1,03	0,34

Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la prueba de Duncan al 5 % de significancia.

**= altamente significativo

4 CONCLUSIONES

Las plantaciones de banano donde se ejecutó esta investigación estuvieron afectadas por lesiones de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet), lo que concuerda con Zambrano y Ramírez (2016), quienes mencionan que el desarrollo de la enfermedad depende de las condiciones del clima como lluvia, humedad y temperatura y la cantidad de inóculo existente en el área. Las hojas con humedad relativa sobre el 90 % y temperatura de 26 a 28 °C favorecen al desarrollo rápido de la infección. Se retarda el desarrollo de la enfermedad cuando la temperatura es inferior a 20 °C, la enfermedad se propaga fácilmente de una plantación o planta a otra por intermedio de la lluvia, viento, herramientas de trabajo, material vegetal afectado, vestido y calzado de las personas que

transitan por las plantaciones afectadas, como sucedió en esta plantación. El mayor número de lesiones se presentó cuando no se aplicó coadyuvantes complementarios a la aplicación de los fungicidas, no causando efectos el uso de fungicidas, ya que los coadyuvantes son necesarios para una mejor humectación, adhesión y penetración en la planta con el objetivo de eliminar problemas potenciales en la producción.

Los resultados demuestran que es necesaria la utilización de coadyuvantes, para mermar la aparición de lesiones en todos los niveles de estadíos, por la principal función que cumple, en relación a estas Colinagro (2015) indica que muchos pesticidas no actuarán hasta haber penetrado el blanco. El uso de coadyuvantes puede influenciar tanto la toma como la penetración en la planta mediante solubilización de ceras, ruptura de membranas. Transporte sistémico y penetración en las células del hongo. El coadyuvante puede modificar el comportamiento de absorción en membranas y paredes celulares afectando estos procesos.

Para el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) la utilización del programa de aplicación con productos Difenconazole + Spiroxamina; Pyrimetanil + Mancozeb; Isopyrazam + Extracto de *Melaleuca alternifolia*; Fenpropimorf + *Bacillus subtilis* y Tebuconazole, Triadimenol + Fenpropidin en la época de verano, resulta eficiente con el uso del coadyuvante E3 + agua, como sustituto del aceite agrícola para el control de la Sigatoka negra.

REFERENCIAS

- Agrios, G. 2018. Fitopatología México, ME 366p.
- Agroban. 2014. Ecuador busca vencer a la Sigatoka negra. (en línea) Ecuador, EC Consultado: 23 de Mayo del 2022. Disponible en: <http://agroban.com.ec/ecuador-busca-vencer-a-la-sigatoka-negra/>
- Cedeño, G.A. 2017. Evaluación del comportamiento de doce cultivares de *Musa* spp., inoculados con *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Agente causal de la sigatoka negra. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica, EC. 112 p.
- CROPLIFE. 2018. Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*). (en línea) Ecuador, EC Consultado: 23 de Mayo del 2022. Disponible en: <http://www.croplifela.org/es/quienes-somos/descripcion-croplife-latin-america.html>
- Colinagro. 2015. Coadyuvantes en la agricultura aspectos generales. (en línea) Consultado: 23 de Mayo del 2022. Disponible en <https://cultivodeplatano.files.wordpress.com/.../generalidades-sobre-coad>
- Carlier, J., Hayden. H., Rivas, Zapater, M., Abadie, C., Aitken, E. 2019. Genetic differentiation in *Mycosphaerella* leaf spot pathogens. Costa Rica, CO CR. P 123.
- Orozco S., Orozco R., Pérez Z., Manzo S., Farías L., Da Silva, M. 2018. Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. Tropical Plant Pathology, 33 (3): 189-196.
- Rivas, G. y Rosales, F. 2015. Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos. Guayaquil, EC. p. 14.
- Rivera, H.R. 2019. Evaluar el comportamiento de cuatro fungicidas en mezclas, prueba de hoja simple para controlar Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de banano. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, EC. 125 p.
- Saavedra, C. 2016. Identificación de Genes Candidatos de Resistencia a Sigatoka negra en Variedades de Banano y Plátano. Tesis de ingeniero agrícola y biológico. Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, EC. 144 p.
- Vega., G. 2015. La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el plátano. (en línea). Consultado: 23 de Mayo del 2022. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos33/sigatoka-negra/sigatoka-negra.shtml>
- Zambrano, I. y Ramírez, J. 2016. Análisis estadístico multivariante de la incidencia de la Sigatoka negra frente a los diferentes pesticidas y su rendimiento en los cultivos. Tesis Instituto de Ciencias Matemáticas. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Quito, EC. 134 p.