

Extracto de Ka'a He'ẽ [*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni] en el control de la Septoriosis y mancha bacteriana del tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

The use of Ka'a He'ẽ [*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni] extract in the control of Septoria leaf spot and Bacterial spot of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

José Angel Lesme Brun¹, Laura Concepción Soilán Duarte^{2*} y Cristhian Javier Grabowski Ocampos²

¹ Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, Brasil.

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

*Autor para correspondencia (lauryhanami@hotmail.com)

Recibido: 04/11/2016; Aceptado: 09/06/2017.
10.18004/investig.agrar.2017.diciembre.101-111

RESUMEN

La Septoriosis y Mancha bacteriana son consideradas enfermedades foliares importantes por reducir hasta 60% la producción del tomate, siendo limitantes principales para la producción sostenible. A fin de encontrar alternativas de control, se evaluó el efecto del extracto de Ka'a He'ẽ sobre la severidad de la Septoriosis y Mancha bacteriana, y promoción de crecimiento del tomate, realizando dos experimentos en la FCA-UNA, entre julio y diciembre de 2015. En el experimento 1 se determinó el contenido de clorofila, área foliar, altura, longitud radicular y masa seca, utilizándose cinco tratamientos y cuatro repeticiones que consistieron en dosis de 50, 150 y 300 mL L⁻¹ del extracto de Ka'a He'ẽ, testigo absoluto y testigo químico. En el experimento 2 se determinó la severidad de la Septoriosis y Mancha bacteriana, rendimiento y °Brix de frutos, se utilizaron seis tratamientos y tres repeticiones que consistieron en dosis crecientes del extracto, mezcla del extracto con producto químico, testigo absoluto y testigo químico. Para ambos experimentos se empleó el diseño experimental Completamente al Azar. Los datos obtenidos fueron sometidos al ANAVA por el Test de Tukey. Los resultados indican que, la dosis baja del extracto de Ka'a He'ẽ redujo la severidad de la Septoriosis, aumentó el área foliar, altura, longitud radicular y masa seca, la dosis media redujo la severidad de la Mancha bacteriana y la dosis alta incrementó el contenido de clorofila además del rendimiento del cultivo. Así también, la mezcla con el producto químico aumentó los °Brix y disminuyó la severidad de las enfermedades foliares.

Palabras clave: Tomate, Mancha bacteriana, Severidad, Septoriosis, *Septoria lycopersici*, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*.

ABSTRACT

Septoria and Bacterial Spot Leaf are considered the most preponderant diseases due to reduction of 60% on tomato production, being the major constraints to sustainable production. In order to find control alternatives, it has been evaluated the effect of Ka'a He'ẽ extract on the severity of Septoria and Bacterial Spot Leaf, and the promotion of tomato growth performing two experiments at the FCA-UNA, conducted between July and December 2015. Experiment 1 was held to determine the content of chlorophyll, leaf area, height, root length and dry mass. It was applied 5 treatments with 4 replicates, on dose of 50, 150 and 300 mL L⁻¹ of Ka'a He'ẽ extract, with an absolute control and a chemical one. On Experiment 2 it was quantified the severity caused by Septoria and Bacterial Spot on crop yield and °Brix of fruits. It was applied 6 treatments and 3 repetitions with increasing doses of the extract, and extract mix with chemical product, with an absolute control and chemical one. For both experiments, randomized block design was used. Obtained data was submitted to ANAVA, though Tukey test. The results indicate that the low doses of Ka'a He'ẽ extract present less severity of Septoria, increased leaf area, height, root length and dry mass of the plants. Medium doses decreased Bacterial Spot, while high doses increased chlorophyll content as well as crop yield. Moreover, extract combination with chemical product increased °Brix and decreased leaf diseases severity.

Key words: Tomato, Bacterial spot, Severity, Septoria leaf spot, *Septoria lycopersici*, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos hortícolas más demandados tanto a nivel nacional como mundial, razón por la cual se necesita proveer a industrias y consumidores *in natura* el producto primario en todas las épocas del año, teniendo en cuenta no solamente la cantidad, sino también la calidad de los mismos para satisfacer las exigencias de los mercados cada vez más selectivos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2013a), indica que la producción mundial de tomate estaría en torno a las 164 millones de toneladas, con una superficie sembrada de aproximadamente 4.725.400 ha y un rendimiento medio de 34.700 kg ha⁻¹. La misma fuente menciona que en el Paraguay, en el año 2013, la superficie sembrada de tomate estuvo en torno a las 1.324 ha, con un rendimiento medio de 34.271 kg ha⁻¹ y una producción total de 45.376 t, verificándose un aumento del 0,26% de este último con respecto al año anterior.

Debido a la gran cantidad de problemas fitosanitarios que se presentan a lo largo del ciclo del cultivo, y entre las que se destacan las enfermedades foliares por precisar de hasta 24 aplicaciones de fungicidas para asegurar así la calidad e inocuidad del producto consumido, es necesario el conocimiento del origen y manejo antes, durante y posterior a la cosecha de los frutos (MINAET/MAG/FAO 2010).

Entre una de las principales enfermedades foliares fúngicas del tomate, se encuentra la Septoriosis ocasionada por el hongo *Septoria lycopersici*, que se caracteriza por presentar síntomas en etapa de almácigo, atacando toda la parte aérea, manifestándose en hojas como manchas circulares, parduscas, algo deprimidas y su centro de color ceniza, también en el tallo las manchas presentan bordes difusos llegando a cubrir totalmente el mismo cuando se hacen confluentes (Ishijima y Okawara 2002).

Para Sánchez (2001), otra enfermedad considerada de suma importancia por ocasionar pérdidas del 3 al 18% o hasta la pérdida total del cultivo de tomate es la Mancha bacteriana causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. La misma se caracteriza por manifestar los síntomas en tallos, hojas jóvenes, pedúnculos y sépalos florales a través de manchas acuosas de coloración parda oscura, angulosas, generalmente con o sin halo amarillento (FAO 2013b).

Las manchas foliares pueden ser controladas a través de la adopción de medidas que actúan tanto sobre patógenos fúngicos como bacterianos. La medida más indicada para controlar estas enfermedades es la utilización de variedades resistentes, sin embargo, cuando éstas no existen, la aplicación de fungicidas protectores o sistémicos o bien la adopción de medidas alternativas como la utilización de extractos vegetales constituye una opción para disminuir los daños provocados por las enfermedades (Bedendo 2011).

La investigación propuesta infiere que la utilización del extracto de Ka'a He'ë es una alternativa para reducir la severidad de las enfermedades foliares, además de promover el desarrollo de las plantas mejorando su calidad y por consiguiente la disminución en el uso de productos químicos para su control.

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del extracto de Ka'a He'ë en el control de la Septoriosis y Mancha bacteriana del tomate mediante la cuantificación de la severidad de las enfermedades en las plantas, la determinación del contenido de clorofila, el área foliar, la altura, la longitud radicular, la masa seca de las plantas, el rendimiento y el contenido de sólidos solubles de los frutos de tomate (°Brix).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en invernadero y a campo en el Centro Horti-frutícola perteneciente al Área de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Casa Matriz, ubicada en el Campus de la Universidad Nacional de Asunción (UNA), San Lorenzo-Paraguay. El periodo experimental estuvo comprendido entre los meses de julio y diciembre de 2015. Los materiales vegetales utilizados para la investigación fueron plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la variedad "Bright Pearl" de crecimiento indeterminado y el extracto de Ka'a He'ë (KH) [*Stevia rebaudiana* (Bertoni)] proveído por la Empresa Insumos Agropecuarios Ka'a He'ë Pirungá de concentración 1:5 (1 kg de hojas en 5 L de agua). El material químico utilizado fue el producto comercial compuesto por Oxicloruro de Cobre 78% más el antibiótico Estreptomina 2%, de aplicación foliar.

Experimento 1: Promoción de crecimiento de las plantas de tomate tratadas con extracto de Ka'a He'ë

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones

(Tabla 1), obteniéndose un total de 20 unidades experimentales (UE), constituida por seis macetas conteniendo una planta en cada una.

Para la siembra del tomate se depositaron tres semillas en cada vaso plástico blanco de 500 mL de capacidad,

posteriormente, fueron raleadas dejando una planta por vaso. El sustrato estuvo compuesto por arena gorda + arena lavada + humus en proporción 2:1:1 y posteriormente fue esterilizado.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos utilizados en el Experimento 1. FCA-UNA. San Lorenzo, Paraguay. 2016.

Tratamiento	Descripción	Simbología	Dosis
T1	Testigo Absoluto (Agua)	TA	-
T2	Dosis Baja de KH	BKH	50 mL L ⁻¹
T3	Dosis Media de KH	MKH	150 mL L ⁻¹
T4	Dosis Alta de KH	AKH	300 mL L ⁻¹
T5	Testigo Químico (Oxicloruro de Cobre + Estreptomina)	TQ	2 g L ⁻¹

La aplicación de los tratamientos (Tabla 1) se efectuó a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia (DDE) de las plantas mediante un atomizador manual.

Fueron evaluados el contenido de clorofila, el área foliar, la altura, la longitud radicular y la masa seca de las plantas.

Contenido de Clorofila (CC) (unidades SPAD): fue realizado mediante un medidor de clorofila (AtLeaf+), se seleccionaron al azar 12 plantas de las unidades experimentales, tres por repetición, en las que fueron marcadas con cintas una hoja de cada estrato (inferior, medio y superior) de la planta. Las evaluaciones fueron realizadas previamente a cada aplicación, y luego de 7 días de la última aplicación de los tratamientos.

Área Foliar (AF) (cm²): fue medida utilizando un medidor de área foliar (AAC-100). Para las mediciones del AF se seleccionaron al azar tres plantas de cada unidad experimental, una por repetición, las que fueron evaluadas antes de cada periodo de aplicación de los tratamientos.

Altura de la Planta (AP) (cm) y Longitud Radicular (LR) (cm): la primera variable fue medida desde el ápice radicular hasta el ápice caulinar, y la segunda variable fue determinada desde la transición de la raíz y el tallo hasta el ápice radicular, ambas utilizando un escalímetro digital. Se utilizaron tres plantas por unidad experimental, una por repetición, las que fueron evaluadas antes de cada periodo de aplicación de los tratamientos.

Masa Seca (MS) (g): se utilizaron 12 plantas de cada unidad experimental, tres por repetición. Cada planta fue colocada en forma individual en bolsas de papel etiquetadas por tratamiento, fueron secadas en estufa a 60°C y 72 h (Páez et al. 2000), y luego pesadas mediante una balanza de precisión. El estudio de esta variable fue realizada a los 7 días posteriores a la última aplicación de los tratamientos.

Experimento 2: Control de la Septoriosis y Mancha bacteriana del tomate tratados con extracto de Ka'a He' ē

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar (DCA), con seis tratamientos (Tabla 2) y tres repeticiones, totalizando 18 unidades experimentales, constituidas de 24 plantas en donde las dimensiones fueron de 6 m de largo y 1 m de ancho

La producción de plantines de tomate fue realizada en bandejas de isopor con sustrato comercial estéril. El trasplante al lugar definitivo fue realizado cuando las plantas presentaron de 3 a 5 hojas verdaderas, con un distanciamiento de 1 m entre hileras y 0,5 m entre plantas, considerando 1 hilera en cada extremo de la parcela para evitar el efecto borde.

Los tratamientos fueron aplicados sobre las plantas hasta el punto de escurrimiento a los 21 días después del trasplante (DDT), al inicio de la floración, al 60% de floración y posterior a la primera cosecha, utilizando pulverizadores de tipo mochila.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos utilizados en el Experimento 2. FCA-UNA. San Lorenzo, Paraguay. 2016.

Tratamiento	Descripción	Simbología	Dosis
T1	Testigo Absoluto (Agua)	TA	-
T2	Dosis Baja de KH	BKH	50 mL L ⁻¹
T3	Dosis Media de KH	MKH	150 mL L ⁻¹
T4	Dosis Alta de KH	AKH	300 mL L ⁻¹
T5	Dosis Media de KH + Oxiclورو de Cobre + Estreptomina	MKHTQ	150 mL L ⁻¹ + 2 g L ⁻¹
T6	Testigo Químico (Oxiclورو de Cobre + Estreptomina)	TQ	2 g L ⁻¹

Identificación de los patógenos

Para la identificación del agente causal de la Septoriosis (*Septoria lycopersici*) se procedió a coleccionar hojas con síntomas de la enfermedad descritas como manchas circulares o elípticas con margen marrón oscuro, centro grisáceo, con o sin halo clorótico y puntos negros (picnidios) en el centro de la lesión (Kurozawa y Pavan 2005).

Con la ayuda de un microscopio estereoscópico se observó el cuerpo de fructificación del patógeno, posteriormente se extrajo una muestra para ser observada en el microscopio óptico, y finalmente las estructuras fueron identificadas como picnidios oscuros, globosos, ostiolados, conidióforos cortos, conidios hialinos, estrechamente alargados casi filiformes y multiseptados (Barnett y Hunter 1998).

Asimismo, para la Mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) se extrajeron hojas con síntomas de la enfermedad definidas como pequeñas áreas de tejido encharcado, de forma circular o irregular frecuentemente en los bordes y a lo largo de las heridas en las hojas que más adelante necrosan presentando coloración parda de intensidad variable y que cuando se secan poseen un aspecto brillante debido a la exudación bacteriana (Kurozawa y Pavan 2005).

Para su confirmación se procedió a realizar el aislamiento de la bacteria mediante la metodología propuesta por Rezende et al. (2011) y luego se procedió al repique con ayuda de un ansa estéril mediante la técnica del rayado (Lelliott y Stead 1987) en medio de cultivo 523 de Kado y Heskett (1970), posteriormente incubados durante 48 h a una temperatura de 26 ± 1°C. La identificación del género de la bacteria se realizó observando las características de las colonias como el desarrollo de coloración amarilla,

mucosas y brillantes típicas de *Xanthomonas*, concordando con lo descritos por Wulff y Pascholati (2005) y Schaad (2001).

Fueron evaluados la severidad de la Septoriosis y la Mancha bacteriana, el rendimiento y el contenido de sólidos solubles de los frutos del tomate, en donde se utilizaron 10 plantas seleccionadas aleatoriamente, considerando el efecto borde.

La cuantificación de la severidad de las enfermedades se realizó semanalmente una vez iniciado los síntomas en el tratamiento testigo, para lo cual fueron marcadas con cintas una hoja de cada estrato (inferior, medio y superior) de la planta.

Para la evaluación de la Septoriosis se elaboró una escala diagramática basándose en los síntomas de la enfermedad en hojas de tomate (Figura 1). Por otra parte, para la Mancha bacteriana se utilizó la escala propuesta por De Mello et al. (1997).

Los datos obtenidos fueron utilizados para calcular la Intensidad de Daño (ID) mediante la fórmula propuesta por French y Hebert (1980).

$$ID = \frac{\sum nb}{NT} \times 100$$

Donde:

ID: Intensidad de Daño

n: Número de hojas en cada grado

b: Grado

N: Número de grados utilizados en la escala

T: Número total de hojas evaluadas

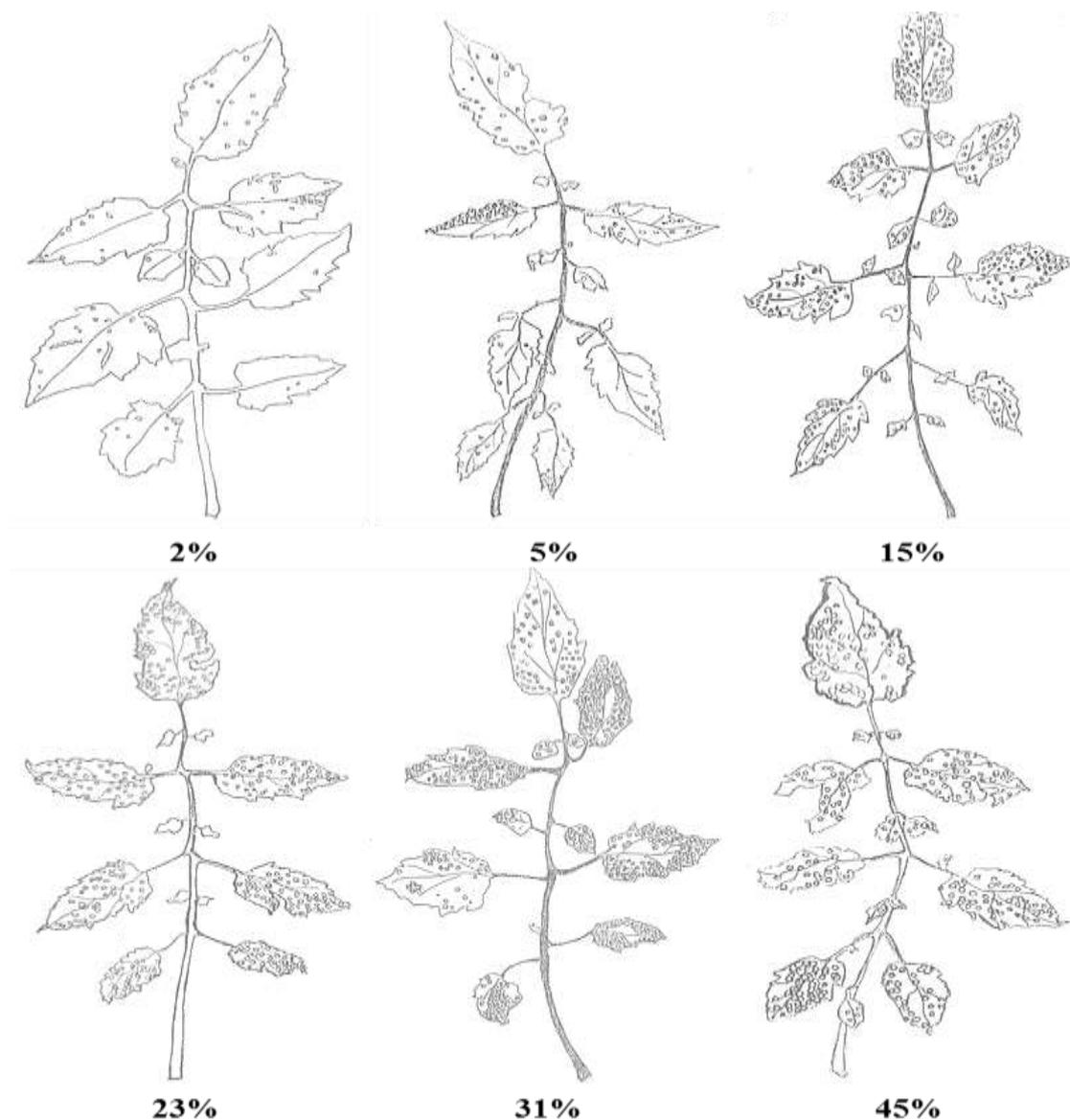


Figura 1. Escala diagramática elaborada basada en síntomas de la Septoriosis causadas por *Septoria lycopersici* en tomate. FCA-UNA. San Lorenzo, Paraguay. 2016.

La determinación del rendimiento del cultivo se realizó pesando los frutos con la balanza electrónica KERN HDB-N, promediando el peso de los frutos de las plantas previamente marcadas con cintas, para cada tratamiento, desde la primera hasta la última cosecha y los resultados obtenidos fueron promediados y transformados a kg planta^{-1} .

La calidad indicada por los sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) de los frutos se determinó a través de la selección del primer fruto maduro del segundo racimo de tomate de cada planta marcada, totalizando 10 frutos por unidad experimental.

Cada fruto fue lavado con agua, extrayéndose una gota de líquido del mismo, colocándolo en el refractómetro ATAGO MASTER-M, en donde posteriormente fue observada la graduación a luz directa y se promediaron las lecturas.

Los datos de cada variable estudiada fueron sometidos a un Análisis de Varianza (ANAVA). En caso de evidenciarse diferencias significativas se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias mediante el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error con el software estadístico InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1: Promoción de crecimiento de las plantas de tomate tratadas con extracto de Ka'a He'ë

En la Tabla 3 se observa que hubo diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de contenido de clorofila, altura de la planta, longitud radicular y masa seca de las plantas.

Los resultados obtenidos en la evaluación del contenido de clorofila tuvieron valores de 40,0 para el testigo absoluto (TA) y 43,2 para el testigo químico (TQ), no obstante, se observó que las plantas tratadas con el extracto de Ka'a He'ë con la dosis baja (BKH), media (MKH) y alta (AKH) presentaron valores de 38,0, 40,5 y 42,8 unidades SPAD, respectivamente, demostrando así que se obtienen mayores valores de contenido de clorofila con la aplicación de dosis crecientes del extracto.

El contenido de clorofila más elevado presentó el TQ con un valor de 43,2 unidades SPAD, difiriendo significativamente con el tratamiento BKH que obtuvo una media de 38,0 unidades SPAD. Estos resultados pueden deberse a que las hojas son responsables por el proceso de fotosíntesis, el cual permite el desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas, así, la ocurrencia de manchas foliares interfiere directamente en este proceso (Bedendo 2011), lo que hace pensar que el TQ fue más eficiente en el control del patógeno, y por ende se observó un mayor contenido de clorofila en las plantas. Debido a los factores causantes de estrés, a la capacidad fotosintética o al estado

de desarrollo de la planta, Ustin et al. citados por Casierra et al. (2012) y Carter y Knapp (2001), señalan que el contenido de pigmentos fotosintéticos puede aumentar o disminuir.

Además, existe una enorme variabilidad natural de factores que afectan a la tasa de fotosíntesis, tales como la luz, la temperatura, la humedad del aire, la disponibilidad hídrica, los nutrientes minerales y el dióxido de carbono (Azcón-Bieto et al. 2008).

En la variable área foliar, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Comparando la respuesta a los tratamientos se observaron valores entre 147,8 cm² y 166,0 cm².

En el parámetro altura de planta, se observó una mayor altura en el tratamiento BKH con 48,1 cm, estadísticamente diferente a los TQ y AKH, quienes presentaron los menores valores de esta variable con 40,3 y 41,0 cm, respectivamente, sin embargo, no presentó diferencias significativas con los tratamientos TA y MKH, cuyos valores fueron de 43,9 y 44,9 cm, respectivamente. Además, se observó una tendencia a la disminución de la altura de las plantas al aumentar las dosis del extracto de Ka'a He'ë, encontrando resultados similares a los de Rivero et al. (2009), quienes determinaron que, al aumentar las dosis del extracto de *Aloe vera* en el cultivo de tomate, disminuye el crecimiento en altura de las plantas, variando entre 25 y 19 cm para las concentraciones del 6% y 10%, respectivamente.

Tabla 3. Efecto del extracto de Ka'a He'ë sobre el contenido de clorofila, área foliar, altura de la planta, longitud radicular y masa seca del tomate. FCA-UNA. San Lorenzo, Paraguay. 2016.

Tratamiento	CC* (Unidades SPAD)		AF ^{ns} (cm ²)		AP* (cm)		LR* (cm)		MS* (g)	
TA	40,0	a b	152,2	a	43,9	a b	22,7	a b	11,5	a b
BKH	38,0	b	166,0	a	48,1	a	26,3	a	12,2	a
MKH	40,5	a b	151,3	a	44,9	a b	21,6	a b	11,6	a b
AKH	42,8	a b	147,8	a	41,0	b	18,8	b	10,3	b
TQ	43,2	a	153,2	a	40,3	b	19,2	b	11,5	a b
C.V. (%)	10,3		16,0		6,5		13,0		5,4	

*Medias seguidas por la misma letra en las columnas no difieren entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

*CC: Contenido de Clorofila AF: Área Foliar AP: Altura de Planta LR: Longitud Radicular MS: Masa Seca

Los resultados obtenidos en este experimento verifican incrementos del 9,5% en la altura de las plantas con la

utilización del extracto de Ka'a He'ë en dosis bajas. Asimismo, Silez y Clementelli (2009), afirman que con la

aplicación de 12,5 mL L⁻¹ del extracto de Ka'a He'ẽ en plantas de tomate se obtuvo un aumento del 29,2%.

En la variable longitud radicular al igual que el parámetro altura de planta, se observó un mayor valor en el tratamiento BKH con 26,3 cm, presentando diferencias estadísticas con los tratamientos AKH y TQ, que obtuvieron valores de 18,8 y 19,2 cm, respectivamente, mientras que los tratamientos TA y MKH exhibieron valores de 22,7 y 21,6 cm, sin presentar diferencias estadísticas con el BKH.

Según Martínez (2014), con la aplicación de la mezcla de extractos vegetales de *Larrea tridentata*, *Rosmarinus officinalis*, *Ruta graveolens* y *Origanum majorana* se obtuvo un incremento del 21,9% en la longitud radicular de las plantas de tomate. Además, Rivero et al. (2009), reportaron que con la aplicación del extracto de *Aloe vera* al 6% en el cultivo de tomate, aumentó el 13,7% en la misma variable con respecto al testigo.

Al aplicar el extracto de Ka'a He'ẽ en una dosis baja (BKH) en este experimento, se observó el aumento en la altura de planta y longitud radicular, por lo que se comprueba que este tratamiento induce la promoción en el crecimiento de las raíces y de la parte aérea de las plantas de tomate, posiblemente por la rápida disponibilidad de compuestos orgánicos otorgados por el extracto.

Con respecto a la masa seca, se observó un valor similar de 11,5 g planta⁻¹ para los tratamientos TA y TQ, y de 11,6 g planta⁻¹ para el MKH. El valor más alto de masa seca se obtuvo en el tratamiento BKH con 12,2 g planta⁻¹, difiriendo significativamente del AKH, el cual presentó solamente 10,3 g planta⁻¹.

Se puede destacar que el tratamiento BKH fue el que presentó un aumento del 6% en comparación con el TA en donde se registró un valor de 11,5 g planta⁻¹ de masa seca. Por otra parte, los resultados reportados por Chirinos et al. (1999), estudiando la dinámica de acumulación de materia seca del tomate encontraron que a los 45 y 60 DDS en condiciones de campo, la planta acumula 1,92 y 25,03 g planta⁻¹, respectivamente, mientras que, Gandica y Peña (2015), evaluando la materia seca de cuatro cultivares de tomate a los 98 DDT encontraron que el promedio general de las variedades fue de 255,83 g planta⁻¹.

Experimento 2: Control de la Septoriosis y Mancha bacteriana del tomate tratados con extracto de Ka'a He'ẽ

La severidad de la Septoriosis en los diferentes estratos de las plantas para los distintos tratamientos puede ser observada en la Tabla 4.

Analizando los diferentes estratos, la comparación de medias permite detectar que no hubo diferencias significativas en el estrato inferior y superior de las plantas, sin embargo, los mayores porcentajes de intensidad de daño ocasionados por *Septoria lycopersici* registrados en las plantas de tomate se observaron en el estrato inferior, coincidiendo con lo propuesto por Kurozawa y Pavan (2005), quienes mencionan que las hojas bajas al estar próximas a la fuente de inóculo que es el suelo son las primeras en ser afectadas, y éstas, una vez enfermas sirven de fuente de inóculo secundario para la diseminación hacia las hojas más nuevas.

Tabla 4. Efecto del extracto de Ka'a He'ẽ sobre la severidad de la Septoriosis en los diferentes estratos de la planta de tomate. FCA-UNA. San Lorenzo, Paraguay. 2016.

Tratamiento	Severidad (%)					
	EI ^{ns}		EM*		ES ^{ns}	
TA	82,5	a	76,9	a	78,4	a
BKH	83,2	a	75,0	a b	73,2	a
MKH	84,9	a	74,8	a b	80,5	a
AKH	85,8	a	75,6	a	80,3	a
MKHTQ	85,7	a	74,7	a b	76,4	a
TQ	80,8	a	71,8	b	70,8	a
C.V. (%)	4,7		1,8		7,7	

*Medias seguidas por la misma letra en las columnas no difieren entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

*EI: Estrato Inferior EM: Estrato Medio ES: Estrato Superior

Por otra parte, en el estrato medio se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, en donde se obtuvieron las severidades más altas en el TA y el AKH con 76,9% y 75,6%, respectivamente. Y con 71,8%, fue el TQ quien presentó una menor severidad.

Estos resultados no coinciden con los obtenidos por Ríos (2015), quien logró una reducción del 25,4% en la severidad del Tizón temprano ocasionada por *Alternaria solani* en el cultivo de tomate tratadas con la dosis de 50 mL L⁻¹ de Ka'a He'ë, y así mismo con los registrados por Acuña y Grabowski (2012), quienes indican que con la utilización del extracto de Ka'a He'ë se logró una

reducción del 50% en el índice de severidad de las manchas foliares ocasionadas por *Dreschlera tritici-repentis* y *Bipolaris sorokiniana* en trigo.

El extracto de Ka'a He'ë y su mezcla con producto químico podrían ser una alternativa para el control de la Septoriosis al no observarse diferencias significativas en la severidad de la enfermedad con respecto al TQ.

La severidad de la Mancha bacteriana en los diferentes estratos de las plantas para los distintos tratamientos puede ser observada en la Tabla 5.

Tabla 5. Efecto del extracto de Ka'a He'ë sobre la severidad de la Mancha bacteriana en los diferentes estratos de la planta de tomate. FCA-UNA. San Lorenzo, Paraguay. 2016.

Tratamiento	Severidad (%)					
	EI ^{ns}		EM ^{ns}		ES ^{ns}	
TA	26,6	a	25,5	a	38,8	a
BKH	36,4	a	22,0	a	39,4	a
MKH	31,6	a	23,4	a	29,6	a
AKH	26,4	a	21,9	a	48,2	a
MKHTQ	25,6	a	23,3	a	44,2	a
TQ	32,4	a	21,4	a	45,8	a
C.V. (%)	32,7		18,4		46,0	

*Medias seguidas por la misma letra en las columnas no difieren entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

*EI: Estrato Inferior EM: Estrato Medio ES: Estrato Superior

Para la enfermedad Mancha bacteriana, no se observaron diferencias significativas en ninguno de los tres estratos, no obstante, la severidad más elevada se observó en el estrato superior, no concordando con Kurozawa y Pavan (2005), quienes mencionan que las hojas viejas y medias son las más afectadas por la bacteria.

Los resultados pueden deberse a que durante el periodo de evaluación de dicho estrato coincidentemente se registraron las mayores precipitaciones y temperaturas necesarias para el desarrollo óptimo de la enfermedad en ese estrato, ya que según Escalona et al. (2009), la infección de la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* se presenta en condiciones de humedad relativa alta, temperaturas medias entre 20 y 30°C y agua libre sobre el tejido.

En un trabajo realizado por Álvarez y Grabowski (2013), utilizando el extracto de Ka'a He'ë para el control de *Xanthomonas campestris* pv. *sesami* en sésamo, obtuvieron una reducción del 1,8% comparados con el

testigo. Asimismo, Grabowski et al. (2014), con la aplicación del extracto de Ka'a He'ë (10 mL L⁻¹) lograron reducir en un 9% la severidad de la Mancha bacteriana del tomate con respecto al testigo absoluto, coincidiendo con los resultados registrados en este trabajo, en el que se logró una reducción del 9,2% en la intensidad de daño de la Mancha bacteriana en el estrato superior de las plantas de tomate con la utilización del tratamiento MKH con respecto al TA.

El rendimiento del cultivo y el contenido de sólidos solubles (°Brix) de los frutos de tomate para los distintos tratamientos pueden ser observados en la Tabla 6.

En el parámetro rendimiento se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Se puede apreciar que el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento AKH con una media de 1,19 kg planta⁻¹, difiriendo significativamente con el TA que presentó un valor de 0,64 kg planta⁻¹. En los tratamientos TQ, BKH, MKHTQ y MKH se obtuvieron valores de 1,07, 0,94, 0,94 y 0,86 kg

planta⁻¹, no siendo estadísticamente diferentes comparados con el AKH.

Resultados similares fueron obtenidos por Silez y Clementelli (2009), en donde obtuvieron un rendimiento

promedio de 1,39 kg planta⁻¹, con la aplicación del extracto de Ka'a He'ë con una dosis de 25 mL L⁻¹ aplicado en el suelo al momento del trasplante y 12,5 mL L⁻¹ post trasplante en el follaje cada 15 días.

Tabla 6. Efecto del extracto de Ka'a He'ë sobre el rendimiento y contenido de sólidos solubles. FCA-UNA. San Lorenzo, Paraguay. 2016.

Tratamiento	Rendimiento (kg planta ⁻¹)		Contenido de sólidos solubles (°Brix)	
TA	0,64	b	3,22	a
BKH	0,94	a b	3,02	a
MKH	0,86	a b	2,97	a
AKH	1,19	a	2,80	a
MKHTQ	0,94	a b	3,13	a
TQ	1,07	a b	3,02	a
C.V. (%)	20,6		10,3	

*Medias seguidas por la misma letra en las columnas no difieren entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Sin embargo, los resultados no coinciden con los obtenidos por Ríos (2015), quien obtuvo un rendimiento de 3,9 kg planta⁻¹ con la aplicación del extracto de Ka'a He'ë con la dosis de 50 mL L⁻¹ a los 32, 64 y 79 DDS del cultivo de tomate en condiciones de invernadero. Asimismo, Martens (2006), obtuvo un rendimiento de 4,2 kg planta⁻¹ en el cultivo de tomate con la aplicación foliar del extracto de ajo (*Allium sativum*).

Se destaca que el extracto de Ka'a He'ë, al igual que en el Experimento 1, donde se verificó la promoción de crecimiento de las plantas, también influye en el rendimiento del cultivo, lo que permite inferir que el extracto de Ka'a He'ë posee compuestos capaces de influenciar los procesos de desarrollo y producción de las plantas de tomate.

En cuanto a los sólidos solubles (°Brix) de los frutos de tomate (Tabla 6) no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, se observó una relación inversa entre las dosis crecientes del extracto de Ka'a He'ë y la concentración de sólidos solubles, observándose una tendencia a la disminución en los valores de la variable con el incremento de las dosis del extracto.

En la Tabla 6 se destaca el tratamiento BKH con una concentración de sólidos solubles de 3,02, en el que se observaron tendencias similares a los registrados por Ríos (2015), quien obtuvo una concentración de sólidos solubles de 4,6 °Brix con la aplicación de 50 mL L⁻¹ del extracto de

Ka'a He'ë en plantas de tomate bajo condiciones de invernadero.

CONCLUSIONES

La dosis baja del extracto de Ka'a He'ë reduce la severidad de la Septoriosis, aumenta el área foliar, la altura, la longitud radicular y la masa seca de las plantas.

La dosis media del extracto de Ka'a He'ë reduce la severidad de la Mancha bacteriana.

La dosis alta del extracto de Ka'a He'ë incrementa el contenido de clorofila en las hojas y el rendimiento del cultivo de tomate.

La mezcla del extracto de Ka'a He'ë con el producto químico aumenta la cantidad de sólidos solubles (°Brix) en los frutos de tomate y reduce la severidad de la Septoriosis y Mancha bacteriana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, EM; Grabowski, C. 2012. Inducción de resistencia en plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) a la mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis*) y marrón (*Bipolaris sorokiniana*). Investigación Agraria 14(2):71-79.

- Álvarez, FT; Grabowski, C. 2013. Inducción de resistencia en plantas de sésamo (*Sesamum indicum* L.) a la mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *sesami*). *Investigación Agraria*. 15(2):97-105.
- Azcón-Bieto, J; Fleck, I; Aranda, X; Gómez C, N. 2008. Fotosíntesis, factores ambientales y cambio climático. *In* Azcón-Bieto, J; Talón, M. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. 2 ed. Madrid, ES. McGraw Hill. 651 p.
- Barnett, HL; Hunter, BB. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. 4 ed. Missouri, US. Prentice Hall. 218 p.
- Bedendo, IP. 2011. Manchas Foliares. *In* Amorim, L; Rezende, J; Bergamin F, A; Kimati, H. *Manual de fitopatología: principios e conceitos*. 4 ed. São Paulo, Brasil. Ceres. v 1, 704 p.
- Carter, GA; Knapp, AK. 2001. Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress a chlorophyll concentration. *American Journal of Botany* 88(4):677-684
- Casierra P, F; Ávila L, OF; Riascos O, DH. 2012. Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de Caléndula bajo sol y sombra. *Temas Agrarios* 17(1):60-71
- Chirinos, D; Chirinos T, L; Marín, M; Román U, Z; Vielma B, J; Castro, C. 1999. Dinámica de acumulación de materia seca en la planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), cv. Río Grande, en la zona noroccidental del estado de Zulia, Venezuela. *Rev. Fac. Agro (Luz)*. 16:141-151
- De Mello, SCM; Takatsu, A; Lopes, CA. 1997. Escala diagramática para avaliação da mancha-bacteriana do Tomateiro. *Fitopatología Brasileira* 22(3):447-448
- Escalona, V; Alvarado V, P; Monardes M, H; Urbina Z, C; Martin B, A. 2009. *Manual de cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Santiago de Chile, Chile. *Nodo Hortícola*. 60 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2013 a. Producción, superficie y rendimiento de tomate: División Estadística (Base de Datos). Consultado 09 jun 2015. Disponible en <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2013 b. El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. Asunción, Paraguay. *Nemity*. 72 p.
- French, ER; Hebert, TT. 1980. *Métodos de investigación fitopatológica*. San José, Costa Rica. IICA. 289 p.
- Gandica, H; Peña, H. 2015. Acumulación de materia seca y balance de nutrientes en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en ambiente protegido. *Bioagro* 27(2):111-120.
- Grabowski, CJ. 2012. Inducción de resistencia: el lado oculto del control biológico de enfermedades en plantas. *In* Congreso Nacional de Ciencias Agrarias: integración, competitividad y desarrollo sostenible. (2, 2012, San Lorenzo, Paraguay). San Lorenzo, Paraguay. FCA-UNA. Resumen Expandido. p: 96-98.
- Grabowski, CJ; Ríos V, F; Colmán S, C. 2014. Eficiencia de inductores de resistencia en el control de la mancha bacteriana del tomate (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*). *In* Congreso Nacional de Ciencias Agrarias: integración, competitividad y desarrollo sostenible. (2, 2012, San Lorenzo, Paraguay). San Lorenzo, Paraguay. FCA-UNA. Resumen Expandido. p: 530-531
- Ishijima, T; Okawara, Y. 2002. *Manual de Técnicas de cultivo de hortalizas de fruta (Tomate, Melón, Frutilla)*. Caacupé, Paraguay. MAG-JICA. 240 p.
- Kado, CI, Heskett, MG. 1970. Selective media for isolation of Agrobacterium, Corynebacterium, Erwinia, Pseudomonas and Xanthomonas. *Phytopathology* 60:969-979
- Kurozawa, C; Pavan, MA. Doenças do Tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). *In* Kimati, H; Amorim, L; Rezende, JAM; Bergamin F, A; Camargo, LEA. 2005. *Manual de fitopatología: doenças das plantas cultivadas*. 4 ed. São Paulo, Brasil. Ceres. v. 2, 663 p.
- Lelliott, RA; Stead, DE. 1987. *Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants: methods in plant pathology*. Oxford, Reino Unido. Blackwell Scientific Publications. 216 p.
- Martens, L. 2006. Estudio de la eficacia de extractos vegetales en el control de Septorios (*Septoria lycopersici* Speg.) en tomate. Tesis Ingeniero Agrónomo. San Lorenzo, Paraguay. Facultad de

- Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. 31 p.
- Martínez, NA. 2014. Selección de Extractos Vegetales para el manejo de la Marchitez *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* en Tomate *Solanum lycopersicum* L. y Secadera *Phytophthora capsici* en Chile *Capsicum annuum* L. Tesis Ingeniero Agrónomo. Saltillo, Mexico. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 65 p.
- MINAET/MAG/FAO (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones/ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/ Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2010. Proyecto MINAET/MAG/FAO para mejorar las capacidades de evaluación del riesgo de contaminación ambiental por la aplicación de plaguicidas en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en cantones de la Región Central Occidental. San José, Costa Rica. Consultado 23 feb 2016. Disponible en [http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/agronegocios/Congreso%20Informe%20Final%20evaluaci%C3%B3n%20de%20aplicacion%20de%20plaguicidas%20en%20tomate%20FAO.pdf%20\(2.43%20MB\).pdf](http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/agronegocios/Congreso%20Informe%20Final%20evaluaci%C3%B3n%20de%20aplicacion%20de%20plaguicidas%20en%20tomate%20FAO.pdf%20(2.43%20MB).pdf)
- Páez, A; Paz, V; López, JC. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio: efecto del sombreado. Revista Facultad de Agronomía (Luz). 17:173-184
- Rezende, JAM; Massola Jr., NS; Bedendo, IP; Krugner, TL. 2011. Conceito de doença, sintomatologia e diagnose. In Amorim, L; Rezende, J; Bergamin F, A; Kimati, H. Manual de fitopatologia: principios e conceitos. 4 ed. São Paulo, Brasil. Ceres. v. 1, 704 p.
- Ríos, MF. 2015. Inducción de resistencia del tomate al tizón temprano (*Alternaria solani*) con productos naturales y sintéticos. Tesis Ingeniero Agrónomo. San Lorenzo, Paraguay. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. 34 p.
- Rivero, JM; Jó G, M; Pérez F, OB; Hernández G, R; González R, B. 2009. Efecto del extracto de Aloe vera L. en la producción de posturas de *Solanum lycopersicum* L. (tomate), en semillero tradicional. s.l. s.e. 20 p.
- Sánchez, CM. 2001. Manejo de enfermedades del tomate. Curso del INCAPA "Manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa". (Actas). Guadalajara, México. FUNPROVER. 39 p.
- Schaad, NW. 2001. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. 3 ed. Minnesota, Estados Unidos. American Phytopathological Society. 394 p.
- Silez, H; Clementelli, A. 2009. Respuesta del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*) a la aplicación del extracto de Stevia en la zona norte de Santa Cruz (Santa Rosa del Sara, 2009). Bolivia. Agropecuaria Universidad Cristiana de Bolivia. p. 23-30.
- Wulff, NA; Pascholati, SF. 2005. Doenças do Gergelim (*Sesamum indicum*). In Kimati, H; Amorim, L; Rezende, JAM; Bergamin F, A; Camargo, LEA. Manual de Fitopatología. Doenças Das Plantas Cultivadas. 4 ed. São Paulo, Brasil. Ceres. v. 2, 663 p.