

ENSAYO DE EFICACIA DE PRODUCTOS PARA EL CONTROL DE AMARILLOS EN ZANAHORIA

Santiago Perera González, Jonathan Molina Hernández y Felipe Siverio de la Rosa

Noviembre 2016

ENSAYO DE EFICACIA DE PRODUCTOS PARA EL CONTROL DE AMARILLOS EN ZANAHORIA

Perera González, Santiago ⁽¹⁾; Molina Hernández, Jonathan ⁽²⁾; Siverio de la Rosa, Felipe ⁽³⁾

(1) Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife.

(2) Ingeniero Técnico Agrícola.

(3) Departamento de Protección Vegetal. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Sección de Laboratorio de Sanidad Vegetal.

1.- RESUMEN

En Tenerife, *Bactericera trigonica* es la plaga más importante del cultivo de la zanahoria debido a que puede transmitir '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' y fitoplasmas, que causan la enfermedad llamada amarillos y enrojecimientos de la zanahoria. En 2012 se tuvo la primera referencia de la bacteria '*Ca. L. solanacearum*' asociada a zanahorias y a *B. trigonica* en las Islas Canarias donde produce pérdidas importantes en el cultivo. No hay productos que permitan el tratamiento directo de '*Ca. L. solanacearum*', por lo que su control se lleva a cabo actuando sobre el vector mediante insecticidas químicos, aunque no existan estudios que lo respalden. Este trabajo evalúa la eficacia de diversos productos en el control de amarillos en zanahoria transmitidos por la psila de la zanahoria (*B. trigonica*). Se probaron: clorpirifos, deltametrina, azadiractina, pirimicarb, piretrinas, caolín y extracto de ajo. El diseño del ensayo fue en bloques al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones, utilizando como unidad experimental una bandeja multipot en la que se desarrollaron 16 plantas. El ensayo se situó en una parcela próxima a cultivos de zanahorias afectados por amarillos típicos de '*Ca. L. solanacearum*'. Las aplicaciones de los productos se realizaron cada diez días y se efectuaron un total de ocho. Al final del ensayo se registró el peso de las zanahorias y se observó la presencia/ausencia de síntomas. El tratamiento con caolín permitió el mejor desarrollo de las zanahorias que presentaron un peso promedio superior al del resto de los tratamientos y 2,3 veces el del control. También fue el más eficaz en la reducción de síntomas, destacando la reducción en los amarillos de un 76,1%, las multibrotaciones de un 60% y los acucharados de un 37% respecto al control. Los tratamientos con clorpirifos, azadiractina, pirimicarb, piretrinas, extracto de ajo, y deltametrina no mostraron diferencias significativas respecto al control para ninguno de los síntomas estudiados.

2.- INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.) ocupa una superficie total de 262,6 ha en las Islas Canarias con una producción total de 8.488 t, que supone un valor anual de 6.588 € (Servicio de Estadística, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, 2011).

En 1999 se citan en Canarias campos comerciales de zanahorias afectados por amarillos y enrojecimientos foliares, proliferación de hojas y raicillas, afilamiento de raíces, reducción del tamaño y envejecimiento prematuro. Estos síntomas se asociaron por primera vez a fitoplasmas transmitidos por el vector *Bactericera trigonica* (Font *et al.*, 1999).

Más tarde, se observó que *Trioza apicalis*, una de las plagas más importantes de la zanahoria en Europa, servía como vector de la bacteria '*Candidatus Liberibacter solanacearum*', y producía síntomas parecidos en Finlandia (Munyanza *et al.*, 2010). Ésta fue la primera referencia de *Trioza apicalis* como vector de esta bacteria que sólo había sido detectada anteriormente en solanáceas, transmitida por el psílido *Bactericera cockerelli*.

En Villena (Alicante, España) se realizaron estudios para determinar la causa de amarillos y deformaciones en apio y zanahorias en los que se encontraron mayoritariamente psílicos del género *Bactericera* sp. (Villaescusa *et al.*, 2011). Los potenciales vectores de este patógeno portadores de la bacteria y citados en España son *B. trigonica*, *B. tremblayi* y *B. nigricornis*. *Bactericera trigonica* representa el 99% de los psílicos capturados en este cultivo en Canarias, y 75% y 38% en 2011 y 2012 en Villena, respectivamente (Teresani *et al.*, 2015).

En las Islas Canarias (Tenerife, España) *Bactericera trigonica* es una de las plagas más importantes que afecta al cultivo de zanahorias. Este insecto produce daños de dos tipos: directo e indirecto. El daño directo lo ocasionan las ninfas y los adultos al alimentarse de la savia. El daño indirecto, como se mencionó anteriormente, está causado por bacterias del género 'Ca. Liberibacter' o por fitoplasmas introducidos en el floema por el insecto durante su alimentación. Desde 2012 se tiene la primera referencia de 'Ca. L. solanacearum' en zanahorias afectadas por psílicos de Tenerife y de este patógeno asociado a *B. trigonica* (Alfaro-Fernández *et al.*, 2012; Teresani *et al.*, 2015).



Foto 1.- Hembra de *Bactericera trigonica*.

No hay productos que permitan el tratamiento directo de 'Ca. L. solanacearum', por lo que su control se lleva a cabo actuando sobre el vector usando insecticidas químicos, aunque no existan estudios que lo respalden. Por ello es importante evaluar la eficacia de los productos fitosanitarios utilizados actualmente y de otros alternativos, debido a la preocupación de los agricultores por las pérdidas causadas por esta enfermedad y al uso indebido de muchos de ellos para su control.

3.- OBJETIVO

Evaluar la eficacia de diversos productos en el control de amarillos en zanahoria transmitidos por la psila de la zanahoria (*B. trigonica*).

4.- MATERIAL Y MÉTODOS

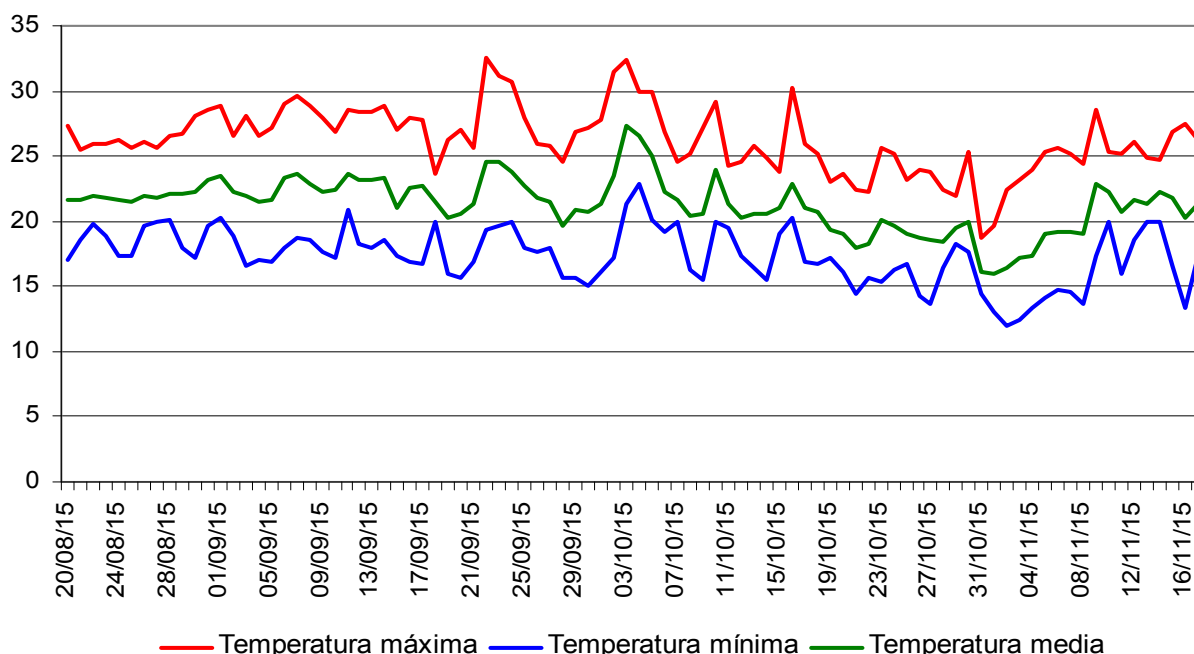
4.1.- Ubicación del ensayo

El ensayo se desarrolló en una finca situada en la Padilla Baja en el Término Municipal de Tegueste dedicada al cultivo de la zanahoria.

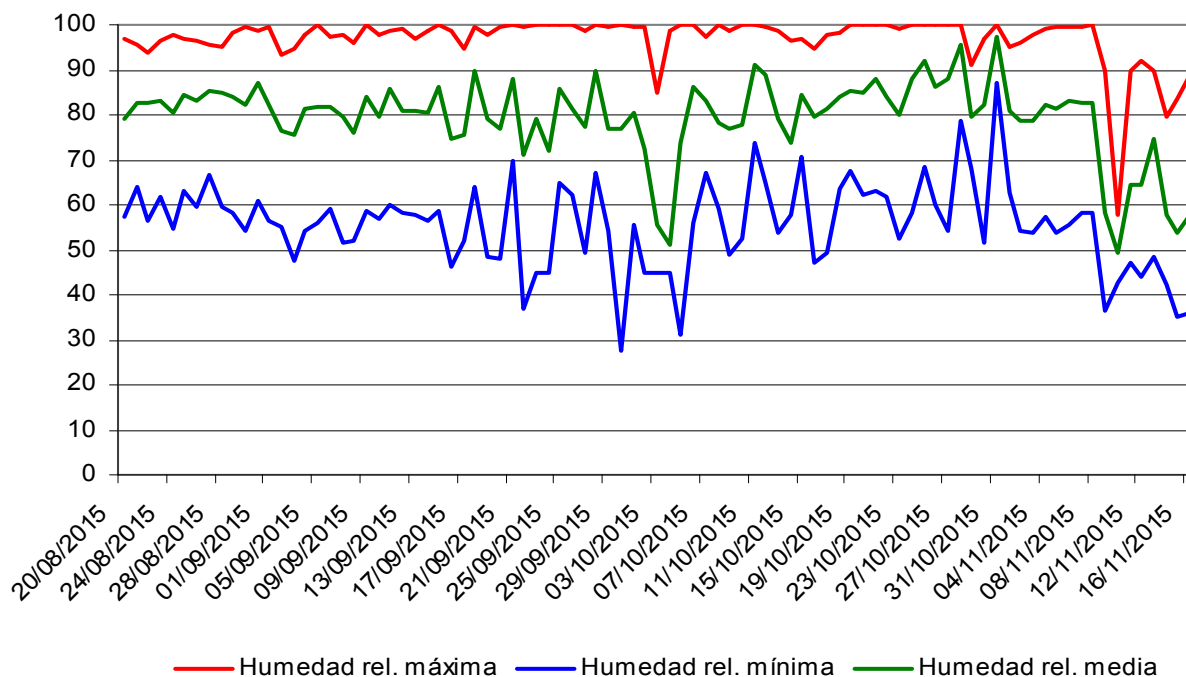


Foto 2.- Vista aérea de la zona de cultivo. En rojo, situación del ensayo; y en verde, la localización de las parcelas cultivadas de zanahorias durante el ensayo.

Los datos meteorológicos se tomaron de la estación TEGES situada en La Padilla perteneciente al Cabildo de Tenerife y muy cercana a la finca. En la Gráfica 1 y 2 se muestran los registros de temperatura y humedad medias diarias, respectivamente, durante el periodo del ensayo (del 20/08/2015 al 16/11/2015).



Gráfica 1.- Registro de temperatura media diaria durante el periodo del ensayo.



Gráfica 2.- Registro de humedad relativa media diaria durante el periodo del ensayo.

4.2.- Tratamientos

Los productos evaluados fueron los que se muestran en la tabla 1 y se seleccionaron por estar autorizados en zanahoria o cultivos hortícolas y/o por su acción sobre psilas o plagas pertenecientes al mismo orden de insectos como pulgones o moscas blancas. Asimismo se

añadió el extracto de ajo, que ha sido descrito como un eficaz repelente de la psila asiática de los cítricos (*Diaphorina citri*) (Cazares-Alonso *et al.*, 2014).

Tabla 1.- Información sobre los productos fitosanitarios evaluados.

MATERIA ACTIVA	NOMBRE COMERCIAL	DOSIS EN ETIQUETA	DOSIS EN ENSAYO	OBSERVACIONES
Caolín 95%	Surround	25-50 kg/ha en registro. En catálogo del producto (3,5 a 5 kg/hl)	5 kg/hl	Producto con registro fitosanitario autorizado en mandarino, naranjo, olivo y peral para mosca, prays y psila (peral). Aplicar en pulverización normal y de forma preventiva. Plazo de seguridad: No procede. Nocivo.
Clorpirifos 48%	Gufos	0,15-0,2%	0,2%	Autorizado en zanahoria para el control de orugas. Aplicar en pulverización normal. No aplicar mediante nebulizador ni atomizador. En otros cultivos está autorizado para el control de pulgones y moscas blancas. Plazo de seguridad de 21 días. Nocivo.
Deltametrina 1,5%	Decis Protech	0,05-0,083%	0,083%	Autorizado en zanahoria para control de orugas y pulgones. Efectuar un máximo de 3 aplicaciones por campaña. Plazo de seguridad de 7 días. Peligroso para el medio ambiente.
Azadiractina 3,2%	Align	Para el control de orugas en general, pulgones, minadores de hoja, moscas blancas y eriódidos debe emplearse 0,075-0,125%	0,125%	Aplicar en pulverización normal. Efectuar las aplicaciones a primera hora de la mañana o a la caída de la tarde, desde los primeros estados de desarrollo de la plaga, repitiendo en caso de necesidad a intervalos de 7 días. Plazo de seguridad de 3 días. Peligroso para el medio ambiente.
Pirimicarb 50%	Aphox	0,1%	0,1%	Autorizado en hortalizas para el control de pulgones. Aplicar en pulverización normal. Plazo de seguridad de 3 días. Tóxico.
Piretrinas 4%	Pelite Hort	0,1-0,2%	0,2%	Autorizado en hortalizas para control de hormigas, insectos y pulgones. Aplicar en pulverización. No aplicar sobre plantas mojadas, ni en corrientes de aire. Plazo de seguridad 3 días.
Extracto de ajo 100%	Azamin all	500 ml/hl	500 ml/hl	Repelente de insectos, pájaros y roedores.

4.3.- Diseño experimental

El diseño del ensayo fue en bloques al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental fue una bandeja multipots de 15 alvéolos de 27 x 42,5 cm y con una altura de 30 cm con orificios de sección cuadrada de 9 x 9 cm en los que caben 1,5 litros de sustrato por orificio. Se utilizó tierra de sorriba de parcelas donde se cultiva zanahorias. El 6 de agosto de 2015 se sembraron entre 6-8 semillas de la variedad Bangor (Bejo Ibérica) por alvéolo en 8 de los 15 alvéolos de cada bandeja multipots. Al mes de la siembra se entresacaron las plántulas dejando dos por orificio.

Las bandejas se colocaron en campo próximas a parcelas de cultivo de zanahorias con amarillos típicos de 'Ca. L. solanacearum'. Se situaron a una distancia de 2 m entre bloques (orientación norte-sur) y con una separación de 1 m entre las bandejas de cada bloque (orientación este-oeste).



Foto 3.- Vista general de las bandejas en campo.



Foto 4.- Bandeja con los 8 alvéolos y las zanahorias.

Se instaló un gotero tipo microtubo por alvéolo con un caudal de 4 l/h. Se regó 3 veces por semana en días alternos durante 10 minutos.

Para confirmar la presencia de vectores se efectuaron capturas de insectos en bandeja de color amarillo con agua situada en el borde de la zona de ensayo y a la altura del cultivo.

Las aplicaciones de los fitosanitarios se realizaron cada diez días con un pulverizador manual y se efectuaron un total de 8 tratamientos desde el momento de la emergencia de las semillas hasta 10 días antes de la recolección.

La recolección se realizó el 14 de noviembre de 2015 extrayendo las zanahorias de cada alvéolo que se lavaron con agua a presión y se dejaron secar para su evaluación.

4.4.- Sistema de evaluación

4.4.1.- Peso y síntomas de la enfermedad.

Se registró el peso de cada zanahoria y se observó y anotó la presencia/ausencia de los siguientes síntomas: amarilleos, enrojecimientos, puntas rojas, acucharados, multibrotaciones de hojas y emisión abundante de raicillas (Foto 5 a 8). Para evaluar la eficacia de los tratamientos se empleó la fórmula de Abbot tomando el porcentaje de plantas afectadas.



Foto 5.- Multibrotaciones



Foto 6.- Emisión abundante de raicillas



Foto 7.- Amarilleo



Foto 8.- Enrojecimiento

4.4.2.- Identificación y preparación de los insectos para su análisis

Los psílidos capturados se estudiaron y se contaron (machos y hembras) a la lupa binocular (modelo Nikon SMZ645) y se conservaron en tubos Eppendorf con etanol al 70° hasta su análisis.

Los extractos para la qPCR se prepararon con los insectos conservados en etanol de 70°. Se analizaron 20 adultos de *B. trigonica* (10 machos y 10 hembras). Se colocó cada insecto con un pincel entomológico en una membrana de nylon cargada positivamente (ROCHE, ref. 11 209 299 001), se escachó con el fondo redondo de un tubo Eppendorf (uno por insecto) y se dejó secar durante cinco minutos. Se recortó la membrana alrededor de la muestra con un bisturí y se colocó dentro de un tubo Eppendorf de 1,5 ml. Las muestras así preparadas se conservaron en oscuridad, ambiente seco y a temperatura ambiente hasta su análisis.

4.4.3.- Preparación de las muestras de plantas para su análisis

Se seleccionaron 8 plantas con síntomas de la enfermedad para su análisis. Se hicieron cortes en el pedúnculo de cada hoja de zanahoria de uno o dos centímetros aproximadamente, se introdujeron en una bolsa de BIOREBA con malla y se trituraron en tampón PBS (NaCl, 8 g/l; Na₂HPO₄ · 12H₂O, 2,7 g/l; NaH₂PO₄ · 2H₂O, 0,4 g/l; pH 7,2) 1:10 (p/v). Los extractos así preparados se usaron directamente para las extracciones de ADN. El protocolo utilizado fue una modificación del método del bromuro de cetil-trimetil amonio (CTAB) (Murray y Thompson, 1980) y publicado posteriormente por Wagner y sus colaboradores (1987). Se tomaron 400 µl del tampón CTAB sin mercaptoetanol y se introdujeron en tubos Eppendorf de 1,5 ml. A los tubos se le añadieron 200 µl de los extractos vegetales, se voltearon y se calentaron a 65°C durante 15 min en un calentador de bloques (Selecta Multiplace N°Serie: 0390109). Posteriormente, se voltearon, se volvieron a calentar a 65°C durante 15 min y se centrifugaron a 3.000 rpm durante 5 minutos. Luego se tomaron 400 µl de alcohol cloroformo/isoamílico (proporción 24/1) y se colocaron en tubos Eppendorf de 1,5 ml. A estos tubos se le añadió un volumen de 400 µl del sobrenadante del centrifugado anterior. Los tubos se invirtieron, para obtener una emulsión y se centrifugaron a 14.000 rpm durante 5 min. Se tomaron 200 µl de la fase superior del centrifugado y se pasaron a un tubo Eppendorf de 1,5 ml con 120 µl de isopropanol, se voltearon los tubos y se dejaron 30 minutos a -20°C. A continuación se centrifugaron a 14.000 rpm durante veinte minutos, se descartó el sobrenadante, se añadió 1 ml de etanol al 70% y se voltearon los tubos. Por último, se centrifugaron a 14.000 rpm durante diez minutos, se descartó el sobrenadante y se dejó secar durante una o dos horas en posición invertida en una gradilla a temperatura ambiente. Cuando las muestras se encontraban ya secas en los tubos, se añadieron 100 µl de agua estéril de calidad molecular y se agitaron. La calidad de la extracción de ADN se valoró en 2 µl de cada extracto utilizando un espectrofotómetro Nanodrop ND100 y el software ND 1000 v3.5.2. Los extractos de ADN de las muestras se utilizaron inmediatamente o se conservaron a -80°C hasta su uso.

4.4.4.- Análisis de las muestras mediante qPCR para la detección de 'Ca. L. solanacearum'

Para la extracción del ADN de las muestras de plantas o insectos inmovilizadas en membranas se añadieron 100 µl de agua destilada libre de ADN/ARNasas en cada tubo Eppendorf que las contenía, se agitó rápida y vigorosamente, se dio un pulso de centrifuga y se mantuvo en hielo hasta la amplificación. La detección de *Ca. L. solanacearum* en muestras se realizó utilizando el kit de la empresa PlantPrint Diagnostics, S.L. (ref: CaLsol/100) y se utilizó el termociclador para PCR en tiempo real Applied Biosystems StepOnePlus.

4.4.5.- Análisis de residuos de productos fitosanitarios

Para el análisis de residuos se separaron ejemplares de raíces de las cuatro repeticiones de cada tratamiento hasta completar un kg de zanahorias por cada uno de ellos (8 muestras). Los análisis multi-residuos GC-MS/MS (99 materias activas) y LC-MS/MS (57 materias activas) se realizaron en el Laboratorio de Residuos Fitosanitarios de Canarias, gestionado por el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC).

4.4.6.- Análisis estadístico

Las diferencias entre los tratamientos fueron estudiadas mediante un análisis de varianza unifactorial ANOVA unido a un test de rango múltiple de Tukey (P<0,05). En el caso de los porcentajes de plantas afectadas por síntomas se realizó una transformación previa de los datos $\arcsen \sqrt{x}$. Todos los análisis estadísticos se realizaron empleando el paquete Statistix versión 10.0.

5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.- Peso de las zanahorias

Los resultados se muestran en la tabla 2. Las zanahorias tratadas con caolín y clorpirifos tuvieron mayor peso medio que el resto de los tratamientos, no presentando diferencias significativas entre ambas. Las aplicaciones de caolín permitieron el desarrollo de las zanahorias hasta alcanzar un peso netamente superior al resto de los tratamientos y con diferencias significativas en el caso de azadiractina, pirimicarb, piretrinas, extracto de ajo y deltametrina, duplicando el valor medio del testigo. Los tratamientos pirimicarb, piretrinas, extracto de ajo y deltametrina no mostraron diferencias significativas respecto al tratamiento control ($p < 0,05$).

El incremento del peso en las plantas tratadas con caolín puede ser una consecuencia indirecta de la disminución de los daños causados por el psílido y la bacteria o a que reduce el estrés térmico e hídrico y los golpes de sol, al disminuir la temperatura en las hojas (Glenn *et al.*, 1999; Glenn *et al.*, 2001; Jifon y Syvertsen, 2003).

Tabla 2.- Resultado estadístico del peso medio de la zanahoria en cada tratamiento.

TRATAMIENTOS	PESO MEDIO DE LA ZANAHORIA ±ERROR ESTÁNDAR (g/UNIDAD)
Caolín 95% (Surround)	71,8 ± 4,4 a
Clorpirifos 48% (Gufos)	56,7 ± 4,3 ab
Azadiractina 3,2% (Align)	49,7 ± 4,2 bc
Pirimicarb 50% (Aphox)	45,9 ± 3,7 bcd
Piretrinas 4% (Pelitre Hort)	45,7 ± 3,5 bcd
Extracto de ajo 100% (Azamin all)	39,7 ± 2,9 cd
Deltametrina 1,5% (Decis Protech)	37,6 ± 3,3 cd
Testigo	30,5 ± 2,6 d
p	0,0000

Valores medios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$).

5.2.- Síntomas de las plantas de zanahoria y eficacia de los tratamientos

Los resultados se muestran en la tabla 3. La producción abundante y anómala de raicillas fue el síntoma observado con más frecuencia en la zanahorias obtenidas en el ensayo. Todas las zanahorias de todos los tratamientos presentaban dicho síntoma salvo las tratadas con caolín y deltametrina. Se observaron plantas con puntas rojas en un número reducido de casos en los distintos tratamientos, por lo que este síntoma no permitió establecer diferencias respecto al control. Los síntomas de acucharado se observaron con una elevada frecuencia en todos los tratamientos del ensayo. Nissinen *et al.* (2014) sugieren que este último síntoma está causado exclusivamente por la alimentación de *Trioxa apicalis*, vector de 'Ca. Liberibacter solanacearum' en Finlandia, ya que es el único síntoma que aparecen en las plantas cuando se alimentan en ellas adultos de este psílido no infectados por la bacteria. Además, el acucharado es un síntoma difícil de distinguir, especialmente en plantas ya cosechadas, por ello no es un síntoma adecuado para valorar los efectos de los tratamientos sobre la enfermedad. Entre los síntomas descritos

para la enfermedad y observados en este ensayo, el amarilleo y las multibrotaciones se presentaron en un amplio intervalo de frecuencias, fueron fácilmente distinguibles en las plantas afectadas y permitieron establecer diferencias entre tratamientos. En algunos tratamientos del ensayo se observaron más casos de amarilleo, acucharado, multibrotaciones y puntas rojas que en el testigo. Los tratamientos con clorpirifos, azadiractina, pirimicarb, piretrinas, extracto de ajo, y deltametrina no mostraron diferencias significativas respecto al control para ninguno de los síntomas estudiados. Sólo las plantas tratadas con caolín mostraban menos síntomas de amarilleo, acucharado, multibrotaciones y raicillas que el resto de los tratamientos, presentando diferencias significativas respecto al control.

Tabla 3.- Resultado estadístico del porcentaje de plantas afectadas con síntomas.

SÍNTOMAS TRAT.	AMARILLO	ACUCHARADO	MULTIBROTACIONES	RAICILLAS	PUNTAS ROJAS
Clorpirifos 48% (Gufos)	48,4 ± 7,0 a	85,2 ± 7,1 ab	76,6 ± 4,9 a	100,0 ± 0,0 a	6,9 ± 4,0 a
Azadiractina 3,2% (Align)	49,3 ± 11,1 a	88,6 ± 4,0 ab	67,8 ± 3,1 a	100,0 ± 0,0 a	0,0 a
Pirimicarb 50% (Aphox)	38,2 ± 8,6 a	92,5 ± 4,4 a	60,1 ± 5,4 ab	100,0 ± 0,0 a	8,2 ± 4,2 a
Piretrinas 4% (Pelitre Hort)	41,1 ± 11,2 a	78,2 ± 11,0 ab	83,3 ± 8,8 a	100,0 ± 0,0 a	0,0 a
Extracto de ajo 100% (Azamin all)	40,0 ± 9,6 a	87,8 ± 8,3 ab	80,9 ± 5,8 a	100,0 ± 0,0 a	7,9 ± 3,9 a
Deltametrina 1,5% (Decis Protech)	42,4 ± 7,4 a	88,2 ± 4,1 ab	74,5 ± 10,0 a	98,4 ± 1,6 a	4,3 ± 2,7 a
Caolín 95% (Surround)	6,9 ± 2,6 b*	60,9 ± 10,2 b*	25,3 ± 6,7 b*	92,0 ± 3,1 b*	1,7 ± 1,7 a
Testigo	33,0 ± 12,5 ab	91,6 ± 4,2 ab	64,1 ± 5,0 a	100,0 ± 0,0 a	3,4 ± 2,0 a
P	0,0012	0,0431	0,0001	0,0010	0,1657
%CV	23,83	15,1	16,06	4,8	118,06

Valores medios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0.05$). Los datos han sido sometidos para su análisis estadístico a una transformación de $\arcsen \sqrt{x}$

La eficacia de los productos se muestra en la tabla 4. El tratamiento con caolín fue el más eficaz, destacando la reducción de síntomas respecto al control en amarillos con un 76,1%, multibrotaciones con un 60% y acucharados con un 37%. Además, el caolín junto con la deltametrina, son los únicos tratamientos que muestran alguna eficacia en la emisión abundante de raicillas. Los bajos porcentajes de plantas con síntomas de puntas rojas en las hojas no permitieron sacar ninguna conclusión respecto a la eficacia de los tratamientos.

Tabla 4.- Porcentaje de eficacia de los tratamientos respecto al control.

SÍNTOMAS TRAT.	SÍNTOMAS				
	AMARILLO	ACUCHARADO	MULTIBROTACIONES	RAICILLAS	PUNTAS ROJAS
Clorpirifos 48% (Gufos)	0,0*	8,9	0,0*	0,0	0,0*
Azadiractina 3,2% (Align)	0,0*	3,1	0,0*	0,0	100,0
Pirimicarb 50% (Aphox)	0,0*	0,0*	5,7	0,0	0,0*
Piretrinas 4% (Pelitre Hort)	0,0*	14,8	0,0*	0,0	100,0
Extracto de ajo 100% (Azamin all)	0,0*	4,8	0,0*	0,0	0,0*
Deltametrina 1,5% (Decis Protech)	0,0*	3,9	0,0*	1,6	0,0*
Caolín 95% (Surround)	76,1	37,0	60,3	7,9	43,3

* Presentaba porcentajes de eficacia negativos respecto al control.

Diversos autores han citado la utilidad del caolín para el control de psíidos en otros cultivos debido a varios mecanismos de acción. Pasqualini *et al.* (2003) describen cómo dos aplicaciones de caolín en febrero y marzo causaban una reducción del 99-100% de huevos y ninfas de *Cacopsylla pyri* en el norte de Italia. En un estudio de la eficacia del caolín frente a la psila del pistacho *Agonoscena pisticiae* se observó que su uso reducía las poblaciones e interrumpía el inicio de nuevas generaciones (Saour, 2005). También se observó que aplicaciones mensuales de caolín (Surround WP) durante un año producían una reducción del 78% en el número de adultos de *Diaphorina citri* en hojas maduras de cítricos con respecto a hojas no tratadas y que el número de ninfas y huevos por brote se reducía en un 85 y 78%, respectivamente (Hall *et al.* 2007). Peng *et al.* (2010) estudiaron la repelencia del caolín sobre *B. cockerelli* en tomate bajo condiciones de campo y laboratorio concluyendo que a pesar de que los adultos de este insecto podían permanecer en plantas tratadas con caolín cuando no había elección, la puesta de huevos se reducía. En el caso de ensayos de elección, *B. cockerelli* evitaba las plantas tratadas en condiciones de laboratorio y campo. En el caso de las poblaciones de adultos de *D. citri* reducidas con la aplicación de caolín, Puterka *et al.* (2000, 2005) conjeturaron que la reducción en la oviposición podría estar causada por la incapacidad de las hembras del insecto de sujetarse a la superficie de la planta tratada con caolín. Además, la modificación que el caolín produce en la superficie de la hoja variando el color y la textura podrían indicar al insecto que está frente a un pobre hospederero.

5.3.- Resultados de los análisis de las muestras mediante qPCR para la detección de ‘Ca. L. solanacearum’ en psíidos y zanahoria.

Se detectó ‘Ca. L. solanacearum’ en adultos de *B. trigonica* (machos y hembras) analizados, y también en plantas con síntomas de la enfermedad. Estos resultados permitieron confirmar la presencia del patógeno tanto en las plantas como en los vectores en las parcelas del ensayo.

5.4.- Resultados de los análisis de residuos

Los resultados de los análisis de residuos se muestran en la tabla 5. Los productos azadiractina, piretrinas y deltametrina no se detectaron en los análisis de residuos de las zanahorias sometidas a tratamientos cada diez días. Se detectaron residuos de pirimicarb a una concentración inferior al límite máximo de residuos (LMR) permitido y, únicamente, clorpirifos superó el LMR, teniendo en cuenta que no se respetaron los plazos de seguridad para este producto que es de 21 días. En el caso de la deltametrina, el número de tratamientos superó el límite establecido de tres aplicaciones por campaña.

Tabla 5. Resultados de los análisis de residuos de las zanahorias obtenidas en el ensayo

TRATAMIENTO	PLAGUICIDA	mg/kg	LÍMITE MÁXIMO DE RESIDUOS (LMR)	LÍMITE DE DETECCIÓN ANALÍTICA (LDA)
Caolín 95% (Surround)	-	-	-	-
Azadiractina 3,2% (Align)	-	-	-	-
Extracto de ajo 100% (Azamin all)	-	-	-	-
Pirimicarb 50% (Aphox)	Pirimicarb	0,01	0,5	0,01
Clorpirifos 48% (Gufos)	Clorpirifos	0,31	0,1	0,01
Piretrinas 4% (Pelitre Hort)	-	-	-	-
Deltametrina 1,5% (Decis Protech)	-	-	-	-
Testigo	-	-	-	-

6.- CONCLUSIONES

- Se han obtenido síntomas de: amarillos, brotaciones múltiples de hojas, emisión abundante y anómala de raicillas, acucharado de hojas y puntas rojas en presencia del psílido *B. trigonica*, portador de 'Ca. Liberibacter solanacearum' en las plantas de zanahoria del ensayo. Los amarillos y las multibrotaciones fueron síntomas fácilmente distinguibles y permitieron establecer diferencias entre tratamientos.
- De los ocho productos evaluados para el control de la enfermedad, el caolín incrementó el peso de la zanahorias, que superó el doble del obtenido en el tratamiento testigo, y presentó la mayor eficacia en el control de los síntomas de amarillo, acucharado, multibrotaciones y raicillas. A excepción del caolín, ninguno de los restantes productos evaluados, tanto repelentes como insecticidas, obtuvieron una eficacia aceptable en el control de los síntomas de la enfermedad.
- Los resultados obtenidos con el caolín señalan la importancia del uso de productos con efecto repelente visual o táctil, que dificulten el reconocimiento de la planta, la alimentación del adulto y la oviposición, y que puedan reducir la transmisión del patógeno por sus vectores.
- El sistema de ensayo de semicampo utilizado en este estudio resulta idóneo para la evaluación del carácter repelente de los productos que puedan ser útiles para el control de los amarillos y enrojecimientos de la zanahoria.
- El caolín podría ser utilizado en programas de manejo integrado de zanahoria para el control de *B. trigonica* con el fin de reducir los daños causados por la enfermedad que transmite.

7.- AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Antonio González Hernández y José Ángel Reyes Carlos del Servicio de Sanidad Vegetal de la Consejería de Agricultura Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias por su respaldo para la realización del ensayo. A Ángel Molina Hernández por ceder la parcela y todos los recursos que necesitamos durante el desarrollo del trabajo y por su disponibilidad. A Diego Hernández Acosta del Departamento de Protección Vegetal que nos ayudó con los tratamientos y la preparación y recogida de los materiales. A Moisés Botella Guillén del Laboratorio de Sanidad Vegetal que colaboró en las detecciones de 'Ca. L. solanacearum' en muestras de psíldos y plantas. A las empresas fitosanitarias que nos han cedido gratuitamente los productos para la realización de este trabajo. Este trabajo ha sido cofinanciado por el proyecto INIA E-RTA2014-0008-C4-01.

8.- BIBLIOGRAFÍA

Alfaro-Fernández, A., Siverio, F., Cebrián, M.C., Villaescusa, F.J., Font, M.I. 2012. 'Candidatus Liberibacter solanacearum' Associated with *Bactericera trigonica*-Affected Carrots in the Canary Islands. *Plant Disease*, 96: 581.

Cazares-Alonso, N.P., Verde-Star, M.J., López-Arroyo, J.I., Almeyda-León, I.H. 2014. Evaluation of different plant extracts against the asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 40 (1): 67-73.

Font, I., Abad, P., Albiñana, M., Espino, A. I., Dally Ally E. L., Davis R. E., Jordía C. 1999. Amarillos y enrojecimientos en zanahoria: Una enfermedad a diagnóstico. *Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas*, 25 (3): 405-415.

Glenn, D.M., Puterka G.J., Drake, S., Unruh, T., Knight, A., Baherle, P., Prado, E., Baugher T. 2001. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, 126: 175-181.

Glenn, D.M., Puterka G.J., Vanderzwet, T., Byers, R.E., Feldhake, C. 1999. Hydrophobic particle Films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant disease. *Journal of Economic Entomology*, 2: 759-771.

Gobierno de Canarias, C. 2011. [En línea] Servicio de Estadística, Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente. http://www.gobiernodecanarias.org/istac/temas_estadisticos/sectorprimario/ Consulta: 2 marzo 2016.

Hall, D.G., Lapointe, S.L., Wenninger, E.J. 2007. Effects of a particle film on biology and behaviour of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its infestations in citrus. *Journal of Economic Entomology*. 100 (3): 847-854.

Jifon, J.L., Syvertsen, J.P. 2003. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of "Ruby Red" grapefruit leaves. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, 128: 107-112.

Munyaneza, J.E. 2012. Zebra chip disease of potato: biology, epidemiology and management. *American Journal of Potato Research*. 89 (5): 329-350.

- Nissinen, A., Haapalainen, M., Jauhiainen, L., Lindman, M., Pirhonen, M. (2014). Different symptoms in carrots caused by male and female carrot psyllid feeding and infection by '*Candidatus Liberibacter solanacearum*'. Plant Pathology, 63(4), 812–820. <http://doi.org/10.1111/ppa.12144>.
- Pasqualini, E., Civolani, S., Corelli Grappadelli, L. 2002. Particle film technology: approach for a biorational control of *Cacopsylla pyri* (Rhynchota: Psyllidae) in Northern Italy. Bulletin of Insectology. 55, 39-42.
- Peng, L., Trumble, J.T., Munyaneza, J.E., Liu, T.X. 2010. Repellency of a kaolin particle film to potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae), on tomato under laboratory and field conditions. Pest Management Science, 67: 815-824.
- Puterka, G.J., Glenn, D.M., Sekutowski, G., Unruh, T.R., Jones, S.K. 2005. Progress toward liquid formulation of particle films for insects and disease control in pear. Environmental Entomology. 29, 329-339.
- Puterka, G.J., Glenn, D.M., Pluta, R.C. 2005. Action of particle films on the biology and behavior of pear psylla (Homoptera: Psyllidae). Journal of Economic Entomology. 98: 2079-2088.
- Saour, G. 2005. Efficacy of kaolin particle film and selected synthetic insecticides against pistachio psyllid *Agonoscena targionii* (Homoptera: Psyllidae) infestation. Crop Protection. 24. 711-717.
- Teresani, G., Hernández, E., Bertolini, E., Siverio, F., Marroquín, C., Molina, J., Hermoso de Mendoza, A., Cambra, M. 2015. Search for potential vectors of '*Candidatus Liberibacter solanacearum*': population dynamics in host crops. Spanish Journal of Agricultural Research, Volume 13, Issue 1, e10-002, 11 pages.
- Villaescusa, F.J., Sanjuán, S., Cebrián, M.C., Alfaro-Fernández, A., Font, M.I. Ferrándiz, J.C., Hermoso de Mendoza, A. 2011. Prospección de posibles vectores (Hemiptera: Cicadellidae, Aphididae y Psylloidea) de patógenos en apio y zanahoria. Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas, 37: 163-171.
- Yang, X.B., Zhang, Y.M., Hua, L.N., Peng, L.N., Munyaneza, J.E., Trumble, J.T., Liu, T.X. 2010. Repellency of selected biorational insecticides to potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae). Crop Protection 29. 1320-1324.

Agencias de Extensión Agraria y Desarrollo Rural

Oficina	Dirección	Teléfono	e-mail
Ud. Central S/C de Tenerife	C/ Alcalde Mandillo Tejera, 8.	922 239 275	servicioagr@tenerife.es
La Laguna	Plaza del Adelantado, 11 Ed. Apartamentos Nivaria	922 257 153	aeall@tenerife.es
Tejina	C/ Palermo, 2.	922 546 311	aeate@tenerife.es
Tacoronte	Ctra. Tacoronte-Tejina, 15	922 573 310	aeata@tenerife.es
La Orotava	Plaza de la Constitución, 4.	922 440 009	aealao@tenerife.es
Icod de los Vinos	C/ Key Muñoz, 5	922 815 700	aeaicod@tenerife.es
Buenavista del Norte	C/ El Horno, 1.	922 129 000	aeabu@tenerife.es
Guía de Isora	Avda. de la Constitución s/n.	922 850 877	aeagi@tenerife.es
Valle San Lorenzo	Ctra. General, 122.	922 767 001	aeavsl@tenerife.es
Granadilla de Abona	San Antonio, 13.	922 774 400	aeagr@tenerife.es
Arico	C/ Benítez de Lugo, 1.	922 161 390	aeaar@tenerife.es
Fasnia	Ctra. Los Roques, 21.	922 530 058	aeaf@tenerife.es
Güímar	Plaza del Ayuntamiento, 8.	922 514 500	aeaguimar@tenerife.es
C.C.B.A.T.	C/Retama 2, Puerto de la Cruz Jardín Botánico	922 573 110	ccbiodiversidad@tenerife.es

Síguenos en:

www.agrocabildo.com

