

MARCHITEZ BACTERIANA EN SOLANÁCEAS: SU RECONOCIMIENTO Y MANEJO INTEGRADO



José C. Melgar, Ph.D., FHIA, Honduras
José Mauricio Rivera C., Ph.D., FHIA, Honduras
Judith Brown, Ph.D., Universidad de Arizona, EE.UU.
Steve Weller, Ph.D., Purdue University, EE.UU.

La Lima, Cortés, Honduras, C.A.
Mayo de 2012



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



MARCHITEZ BACTERIANA EN SOLANÁCEAS: SU RECONOCIMIENTO Y MANEJO INTEGRADO

Serie Protección Vegetal:
Conociendo y Combatiendo
los Enemigos de los Cultivos

Este documento ha sido financiado parcialmente por el Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program (IPM CRSP) el cual es financiado por la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID) y ejecutado por Virginia Tech University con un consorcio de universidades norteamericanas.

La Lima, Cortés, Honduras, C.A.
Mayo de 2012

635.6

M521

Melgar, José C.

Marchitez bacteriana en solanáceas: su reconocimiento y su manejo integrado/José C. Melgar

1a ed. — La Lima, Cortés: FHIA, 2012

19 p.: il.

ISBN 978-99926-36-31-2

1. *SOLANACEAE* 2. Bacteria 3. Humedad I. J. Mauricio Rivera

II. Judith Brown III. Steve Weller IV. FHIA. V. Título

635.9—dc20

Este documento ha sido editado en el
Centro de Comunicación Agrícola de la FHIA.

Se autoriza su reproducción, sin fines comerciales,
total o parcial siempre que se cite la fuente.

PRESENTACIÓN

La producción de hortalizas es una actividad importante en regiones de Honduras cuyas condiciones agroecológicas favorecen su cultivo. De particular importancia son las hortalizas de la familia botánica de las Solanáceas, que incluye al tomate, la papa y distintos tipos de chiles y berenjenas; de hecho, tomate y chiles son los dos cultivos hortícolas con mayor área cultivada, mayor volumen de producción y mayor consumo en el país. En resumen, estos cultivos son de gran importancia local en la dieta y por el efecto económico como fuente de empleos y movimiento comercial en general.

La producción local de Solanáceas ha crecido de la mano con la utilización intensiva de los recursos tecnológicos necesarios para satisfacer la demanda. De particular efecto es que los cultivos se desarrollan sobre un mismo suelo como monocultivos continuos durante la mayor parte del año, con mínima rotación. Aunque estas prácticas optimizan la productividad, son conducentes a la aparición de problemas fitosanitarios que en sistemas productivos tradicionales usualmente no constituyen mayor problema. En Honduras el caso más notorio es la enfermedad llamada Marchitez bacteriana, causada por la bacteria *Ralstonia* (antes *Pseudomonas*) *solanacearum*, cuya ocurrencia se ha incrementado en la última década, con frecuencia causando pérdidas considerables. Esta enfermedad ataca a todas las Solanáceas cultivadas y es mortal en las plantas afectadas.

A diferencia de otras enfermedades o plagas, para Marchitez bacteriana no existen medidas o productos químicos que, aplicados a plantas sanas o bien ya infectadas, prevengan en las primeras el desarrollo de la enfermedad cuando estas entren en contacto con la bacteria, o bien que curen a la planta enferma. En consecuencia, el manejo de esta enfermedad se basa exclusivamente en la aplicación de varias prácticas culturales cuyo propósito específico es prevenir que la bacteria ingrese a los campos y que se disemine dentro de ellos.

Esta publicación es un aporte de la FHIA y el Proyecto IPM CRSP para poner a disposición de horticultores y el personal que les brinda asistencia técnica la información más actualizada disponible sobre el manejo de Marchitez bacteriana y así posibilitar el continuado éxito de la producción de Solanáceas en Honduras.

José Mauricio Rivera C., Ph.D.
Departamento de Protección Vegetal, FHIA

CONTENIDO

I. Introducción	1
II. ¿Cómo reconocer la enfermedad?	2
2.1. Marchitez y muerte.....	2
2.2. Decoloración vascular.....	4
2.3. Flujo bacteriano.....	4
2.4. Raíces aéreas	5
2.5. Circunstancias y distribución de plantas enfermas	5
III. ¿Cuál es el agente causante de la enfermedad?.....	5
IV. ¿Dónde ocurre, cómo se disemina y penetra <i>Ralstonia solanacearum</i> ?	6
4.1. ¿Dónde se encuentra la bacteria?	6
4.2. ¿Cómo se disemina y se transmite?.....	6
4.3. ¿Cómo penetra en la planta?	8
V. ¿Qué condiciones favorecen la ocurrencia de Marchitez bacteriana?	8
5.1. Temperatura ambiente	8
5.2. Humedad y otros factores del suelo	8
VI. ¿Cómo se combate la Marchitez bacteriana de las Solanáceas?.....	9
6.1. Utilizar resistencia genética	9
6.2. Eliminación o supresión de la bacteria en el suelo.....	11
6.3. Prevención del ingreso y diseminación de la bacteria en los campos	15
6.4. Buenas prácticas de cultivo para optimizar el desarrollo de las plantas.	16
VII. Glosario	17
VIII. Nombres comunes y científicos	19

I. INTRODUCCION

La Marchitez bacteriana es una enfermedad **mortal** para muchas especies de plantas, más notoriamente de miembros de la familia de las Solanáceas a la cual pertenecen cultivos importantes en Honduras como el tomate, chiles, berenjena y papa (Figura 1). En la última década en el país se ha incrementado alarmantemente la ocurrencia de Marchitez bacteriana en berenjena y tomate, y con menos frecuencia en chile, provocando pérdidas cuantiosas en particular en el valle de Comayagua y en la zona occidental. La enfermedad es causada por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (antes *Pseudomonas solanacearum*).



Figura 1. Plantas de tomate muertas debido a Marchitez bacteriana.

A diferencia de otras enfermedades de las Solanáceas, **NO** se conocen actualmente productos químicos que, **aplicados a las plantas antes o después** de ocurrida la infección por la bacteria, eviten el desarrollo de la Marchitez bacteriana; esto incluye a los antibióticos, los cuales han mostrado ser inefectivos. Los únicos productos disponibles son químicos fumigantes que, **aplicados al suelo antes de sembrar el cultivo**, matan la bacteria en el suelo. Dichos fumigantes son tóxicos a las plantas y también las matan, por lo cual no se pueden aplicar a suelos con el cultivo ya establecido. En estas circunstancias, otras estrategias de combate deben ser aplicadas para el manejo de la

Marchitez bacteriana, aunque **ninguna** de ellas por sí sola es lo suficientemente efectiva para brindar control eficaz y sostenido de la enfermedad.

El propósito de esta publicación es poner a disposición de agricultores y técnicos información actualizada sobre diferentes estrategias de control de Marchitez bacteriana que, utilizadas en conjunto bajo un esquema de “Manejo Integrado de Plagas (MIP)”, ofrecen la mejor opción de éxito para el combate efectivo del problema. La efectividad de la mayoría de dichas estrategias ha sido **demostrada** en otras partes del mundo; unas pocas estrategias son de reciente desarrollo y muestran mucho potencial de acuerdo a una revisión extensiva de la literatura mundial sobre el tema y en menor proporción de limitada información local generada en la FHIA.

II. ¿COMO RECONOCER LA ENFERMEDAD?

La palabra “Marchitez” se utiliza para indicar que en la parte aérea de una planta ocurren síntomas de falta de agua, sin aclarar cual es la causa. Además de Marchitez causada por *R. solanacearum*, en las Solanáceas ocurren otras tres enfermedades que provocan síntomas de Marchitez: la Marchitez por Fusarium causada por el **hongo** *Fusarium oxysporum*, la Marchitez sureña o Mal del esclerocio causada por el **hongo** *Sclerotium rolfsii*, y la Marchitez por pudrición de raíz y tallo causadas por especies del Estramenópilo *Phytophthora*. También el daño a las raíces por especies del nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.) induce síntomas de Marchitez, aunque muy raramente provocando muerte de las plantas. El combate de todas las enfermedades arriba mencionadas requiere de medidas específicas a la naturaleza del organismo que las causa; en consecuencia, sólo pueden combatirse efectivamente si se **conoce la causa real de la Marchitez**.

Para una correcta identificación de cualquier enfermedad es importante conocer el tipo de síntomas y signos que presentan las plantas, cuando y como aparecen, y las circunstancias de su ocurrencia. Si fuese necesario, para la confirmación definitiva también se puede recurrir a clínicas especializadas en diagnóstico fitosanitario, p.e., el Departamento de Protección Vegetal de la FHIA. A continuación se describen aquellos síntomas, signos y circunstancias de ocurrencia característicos de Marchitez bacteriana y que facilitan su reconocimiento en el campo.

2.1. Marchitez y muerte

La Marchitez es el primer síntoma externo visible, expresado en el follaje y tallos jóvenes, que inicialmente da la alarma del problema.

Se manifiesta repentinamente, en hortalizas tan breve como 2-3 días después de la infección si la planta es altamente susceptible y las condiciones ambientales son favorables; puede observarse en toda la planta o en solamente pocas ramas de un lado de la planta, más notoriamente en las horas más calientes del día.

Típicamente las hojas cuelgan flácidas, se enrollan hacia la cara superior en los márgenes y carecen de brillo y turgencia; sin embargo, característicamente conservan su color verde y permanecen temporalmente adheridas a la planta (Figura 2) aunque eventualmente se desprenderán. La retención temporal del color verde natural en las hojas diferencia a la Marchitez bacteriana de la Marchitez por *Fusarium*, pues en ésta última rápidamente ocurre amarillamiento, necrosis y caída de las hojas.



Figura 2. Marchitez del follaje en tomate (A), berenjena (B) y chile (C).

Puede ocurrir recuperación transitoria aparente de la planta durante la noche y las horas tempranas del día siguiente, pero al transcurrir el nuevo día aparece nuevamente la Marchitez. Lo que ocurre es que la bacteria se multiplica en el sistema de conductos internos de la planta por el cual fluye hacia arriba el agua extraída del suelo por la raíces, provocando la obstrucción a dicho flujo y matando la planta por falta de agua.

2.2. Decoloración vascular

Una vez se presentan síntomas externos claros de Marchitez frecuentemente también ocurre **internamente** decoloración color café claro a oscuro del sistema de vasos conductores de agua ubicados en la periferia del tallo y de las raíces de la planta en la proximidad de la línea del suelo. Este síntoma es más evidente en la base del tallo, en el tejido ubicado entre la corteza y la madera (Figura 3); ocasionalmente también puede ocurrir ablandamiento de dicho tejido. Una decoloración parecida del sistema vascular también puede ocurrir en plantas afectadas por Marchitez por *Fusarium* o Marchitez por *Phytophthora*, por lo cual hay que tomar en cuenta otros elementos para un diagnóstico seguro.

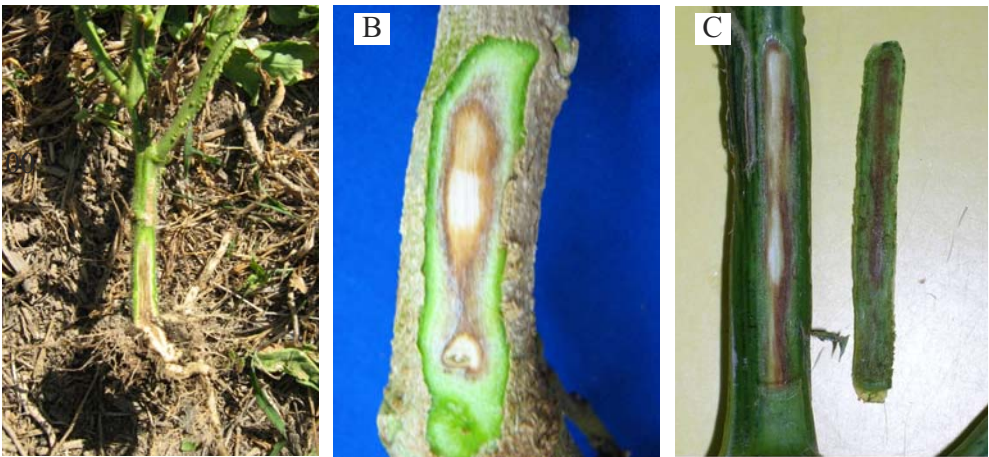


Figura 3. Decoloración del tejido vascular visible al remover la epidermis del tallo en tomate (A), berenjena (B) y chile (C).

2.3. Flujo bacteriano

Puesto que la bacteria se multiplica aceleradamente en el sistema de microscópicos vasos conductores de agua dentro de las raíces y tallos, al exprimir entre los dedos el extremo de una sección basal del tallo de una planta afectada se puede observar que de un anillo en la orilla fluyen pequeñas gotas lechosas (Figura 4) que contienen millones de bacterias. La presencia de este flujo bacteriano es utilizada como un método simple de diagnóstico confirmativo de ocurrencia de Marchitez bacteriana mediante la “prueba del vaso”. Para ello se sumerge ligeramente el extremo inferior de la sección de tallo en agua limpia dentro de un vaso u otro recipiente transparente. Si transcurridos unos pocos minutos se observa en el agua que del corte en el tallo fluyen hilos o bien nubes lechosas, ello es otra prueba de ocurrencia de Marchitez bacteriana (Figura 5).



Figura 4. Gotas blanquecinas en la periferia del tallo al exprimirlo.

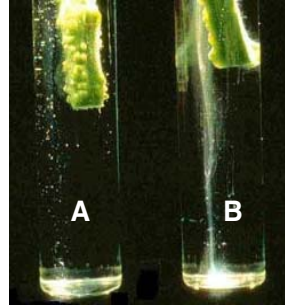


Figura 5. Flujo bacteriano observable en la prueba del vaso. A: sano. B: enfermo.

2.4. Raíces aéreas

En plantas de tomate puede ocurrir la presencia anormal en la base del tallo de raíces aéreas visibles, llamadas raíces adventicias.

2.5. Circunstancias y distribución de plantas enfermas

Plantas de cualquier edad pueden ser infectadas y manifestar la enfermedad, aunque aquellas de edad mediana a adulta muestran la mayor incidencia y severidad, en particular cuando ocurren temperaturas moderadas a altas y alta humedad del suelo. Es frecuente que las plantas enfermas inicialmente ocurran en pequeños focos (pocas plantas) ubicados en las áreas más bajas del terreno (donde se acumula agua) y los cuales rápidamente aumentan de tamaño, aunque también pueden ocurrir plantas individuales enfermas dispersas en el campo. Cuando el riego es por gravedad no es raro encontrar varias plantas atacadas a lo largo de un mismo surco o en surcos contiguos como resultado de la dispersión de inóculo bacteriano en el agua a partir de un punto o foco de infección surco arriba.

III. ¿CUAL ES EL AGENTE CAUSANTE DE LA ENFERMEDAD?

El patógeno causante de la enfermedad, la bacteria *R. solanacearum*, es realmente un conjunto de razas o cepas que comparten suficientes características morfológicas, genéticas, bioquímicas y patogénicas para considerarlas una misma especie. No obstante, dichas cepas poseen algunas características distintivas que las diferencian entre sí, de las cuales en la práctica la más importante es la habilidad para infectar distintas especies de plantas. Basado en lo anterior históricamente se ha reconocido la existencia de por lo menos tres razas, a saber:

- **Raza 1.** Esta raza tiene un amplio rango de plantas hospederas y es usualmente conocida como la raza de las Solanáceas puesto que este es el grupo más importante de plantas cultivadas que ataca (exceptuando a la papa); también ataca jengibre, cacahuate, etc.

- **Raza 2.** Ocurre en plantas de la familia de las Musáceas, a la cual pertenecen el banano, plátano y moroca, causándoles la enfermedad llamada “Moko”.
- **Raza 3.** Es la raza que preferencialmente ataca a la papa y al geranio.

Recientemente se han identificado dos razas adicionales, denominadas **Raza 4** que se reportó en Asia y Hawai atacando también a jengibre, y **Raza 5** reportada solamente en China atacando una especie de mora. Este sistema de razas se ha vuelto menos práctico a medida que se descubren nuevas especies de plantas que la bacteria es capaz de infectar y nuevas cepas de la bacteria, lo cual ha dado lugar a una nueva clasificación en cinco distintos biovares o cepas basados en la habilidad de los aislados bacterianos de utilizar ciertos alcoholes y azúcares complejos. Estos biovares también muestran variación en la agresividad a una misma especie de plantas, algunas de ellas siendo altamente agresivas bajo ciertas condiciones aún en plantas que supuestamente tienen resistencia. Uno de estos biovares en particular, identificado como Raza 3/Biovar 2, parece ser extremadamente agresivo y ha sido declarado de importancia cuarentenaria en Norte América y Europa.

Actualmente en países desarrollados se acostumbra realizar la identificación de aislados de la bacteria hasta raza y biovar. Desafortunadamente, en la actualidad en la FHIA no se cuenta con los recursos logísticos para dicho detalle y la identificación se hace solamente hasta género y especie.

IV. ¿DONDE OCURRE, COMO SE DISEMINA Y PENETRA RALSTONIA SOLANACEARUM?

4.1. ¿Dónde se encuentra la bacteria?

R. solanacearum es un habitante natural del suelo, donde en ausencia de cultivos susceptibles puede sobrevivir por períodos prolongados (meses o inclusive años) en los residuos de cultivos previos infectados, o bien sobre o dentro de las raíces de malezas u otras plantas cultivadas en las cuales no provoca daño aparente.

4.2. ¿Cómo se disemina y se transmite?

La diseminación de la bacteria hacia y dentro de los campos de cultivo puede ocurrir por una variedad de medios (Figura 6). El suelo infestado es usualmente la principal fuente de inóculo primario de la bacteria, la cual puede ocurrir naturalmente aún en terrenos nunca antes utilizados para cultivo alguno (de Solanáceas o de otras especies de importancia económica). Además, también ocurre liberación masiva de bacterias al suelo desde las raíces de plantas infectadas en el semillero o bien infectadas en el campo definitivo.



Botas de seres humanos y circulación de animales.



Irrigación o agua que fluye.



Tractores y otra maquinaria.



Trasplantes contaminados.

Figura 6. Principales vías de diseminación y transmisión de la bacteria de áreas contaminadas hacia áreas limpias y plantas sanas.

A partir de las fuentes originales de inóculo, la bacteria se disemina **a)** en el agua de riego o drenaje, **b)** en partículas o masas íntegras de suelo contaminadas adheridas a herramientas, o equipos de cultivo (azadones, podadoras, cuchillas, arados, etc.) y al calzado, **c)** en plántulas para trasplante infectadas en el semillero, etc. Se considera que dentro de un campo donde ocurren los primeros casos el medio más importante de diseminación secundaria es el agua de riego contaminada que fluye de las plantas infectadas a plantas sanas. La transmisión por semilla verdadera no es usualmente considerada de importancia en hortalizas. La excepción a lo anterior la constituye el cultivo de la papa, en el cual los tubérculos-semilla pueden ser el principal medio de diseminación de la bacteria si provienen de plantas atacadas o llevan suelo infestado.

Está plenamente comprobado de que un medio muy efectivo de diseminación y transmisión de la bacteria desde plantas enfermas

a la parte aérea de plantas sanas son las herramientas utilizadas al realizar prácticas como amarre a tutores, podas y desflores, etc.

4.3. ¿Cómo penetra en la planta?

Al igual que todas las bacterias fitopatogénicas, *R. solanacearum* es incapaz de penetrar el tejido vegetal intacto, y para ingresar dentro de la planta utiliza las -diminutas- heridas naturales causadas por la emisión de nuevas raíces, heridas causadas por herramientas al realizar prácticas de cultivo en el suelo y en la parte aérea (deshierbe, podas, amarre, etc.) o bien causadas por insectos y nematodos. Especies del nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.) son particularmente importantes porque, en adición al daño que provocan por sí mismos, magnifican el problema al favorecer las infecciones de la bacteria por las heridas que causan en las raíces.

V. ¿QUE CONDICIONES FAVORECEN LA OCURRENCIA DE MARCHITEZ BACTERIANA?

La enfermedad se convierte en problema serio cuando ocurren condiciones que favorecen la sobrevivencia y multiplicación de la bacteria, o que hacen más o menos susceptibles a las plantas. De particular importancia son la temperatura del aire y del suelo, la humedad del suelo, la susceptibilidad de la variedad y la virulencia de la cepa de la bacteria presente.

5.1. Temperatura ambiente

La enfermedad se desarrolla rápidamente cuando ocurren temperaturas de moderadas a altas (alrededor de 25 °C para Raza 3 en papa y 30-35 °C para Raza 1 en tomate, chile y berenjena), especialmente después de copiosas lluvias o inundaciones. Por el contrario, la enfermedad se desarrolla muy lentamente cuando la temperatura **en el suelo** es menor a 20 °C o la humedad del suelo es baja.

5.2. Humedad y otros factores del suelo

Los factores del suelo son importantes en la medida que afectan la sobrevivencia de la bacteria. De ellos la humedad es el factor más importante porque la alta humedad **incrementa: a)** la sobrevivencia de la bacteria, **b)** su habilidad de penetrar e infectar la planta, **c)** su capacidad de inducir el desarrollo de la enfermedad después de la infección, y **d)** la cantidad de células bacterianas liberadas hacia el suelo por la planta infectada desde las raíces. En el caso de la Raza 1 (que ataca tomate, berenjena, chile y otras solanáceas) su amplio rango de hospederas garantiza a esta raza de la bacteria larga sobrevivencia en el suelo aún en ausencia del principal cultivo susceptible, prosperando en la vecindad de o en las mismas raíces de plantas no hospederas, incluyendo a malezas.

La bacteria *R. solanacearum* prefiere suelos ligeramente ácidos (pH menor a 7.0), aunque la enfermedad puede ocurrir en **todo tipo de suelos**, incluyendo suelos de texturas tan distintas como arenosos y arcillosos. La ocurrencia de daño por nematodo agallador acelera el desarrollo de la enfermedad al facilitar vías de entrada para nuevas infecciones de la bacteria.

VI. ¿COMO SE COMBATE LA MARCHITEZ BACTERIANA DE LAS SOLANACEAS?

Se debe entender que la Marchitez bacteriana es difícil de combatir, y que es de capital importancia conocer los factores que favorecen o desfavorecen la multiplicación de la bacteria para utilizar dicha información con el mejor juicio posible. Además, es necesario estar conscientes de que en el caso de Marchitez bacteriana la **utilización aislada de una o unas pocas medidas de combate no rendirán el efecto de control deseado para desarrollar un cultivo exitoso**. En consecuencia, es obligada la **aplicación integrada de tantas estrategias de combate** como sea práctico y razonable utilizar porque la contribución de cada una de ellas mejorará los niveles esperados de control. El propósito del manejo integrado de la enfermedad es producir un ambiente desfavorable para su desarrollo y lo más favorable posible a la planta para resistir el ataque del patógeno.

6.1. Utilizar resistencia genética

En cualquier cultivo y contra cualquier enfermedad la resistencia genética es la estrategia ideal de control por varias razones, incluyendo: es simple de utilizar porque -usualmente- ya viene incluida en las características de la variedad, reduce la logística y los costos de producción al no tener que aplicar algunas otras medidas que ya no se necesitarían, y al prescindir de la utilización de algunos químicos se elimina o reduce su efecto negativo sobre el ambiente y la salud humana. En el caso de las Solanáceas existen dos maneras de hacer uso de la resistencia genética para combate de Marchitez bacteriana, las cuales se describen a continuación.

a. Variedades resistentes

Se conocen algunas fuentes de resistencia y cuya característica puede ser incorporada a cultivares comerciales susceptibles con éxito para el control de la enfermedad. Desafortunadamente, es muy raro que variedades con resistencia alta y estable también muestren buenas características de fruto y de producción. Por otro lado, la resistencia conferida es usualmente específica para una cepa o pocas cepas de la bacteria, mostrando variaciones notorias

de sitio a sitio de acuerdo a la cepa predominante y a las temperaturas prevalecientes en dichos sitios. Por ejemplo, en variedades de papas resistentes a menudo la resistencia falla cuando se cultivan en sitios con temperaturas más altas. No obstante lo anterior, la utilización de variedades resistentes de chile, tomate, berenjena y papa es una estrategia que vale la pena explorar en Honduras si dichas variedades están disponibles.

b. Injerto sobre patrones resistentes

Cuando no existen variedades resistentes, el injerto puede ser una excelente alternativa para el efectivo control de Marchitez bacteriana. Existen algunas variedades de tomate con malas características de producción que tienen resistencia y pueden ser utilizadas como patrones injertando sobre ellas otras variedades de la misma especie con características hortícolas deseables. En casos en que la ocurrencia de excesos de humedad en el suelo es frecuente, existen patrones de berenjena que pueden utilizarse en sustitución de los patrones de tomate susceptibles al exceso de agua. Dichos patrones resistentes de berenjena también se utilizan para injertar sobre ellos variedades comerciales de berenjena susceptibles a la enfermedad. El efecto beneficioso del injerto para el control de Marchitez bacteriana es dramático (Figura 7); pudiendo usualmente reducir la muerte de plantas a cero.



Figura 7¹. Control de Marchitez bacteriana en tomate por injerto. Derecha: variedad injertada susceptible sobre patrón resistente de berenjena. Izquierda: la misma variedad sin injertar.

¹ Tomada de la publicación "Integrated Management of Tomato Bacterial Wilt. 2005. Publicación No. P5-615, AVRDC-The World Vegetable Center, Taiwan. Autores; J.W. Wang y C.H. Lin.

El injerto puede provocar algunos cambios observables en la variedad injertada. Por ejemplo, está reportado que en tomate injertado sobre berenjena las plantas tienden a tener un desarrollo inicial más lento, frutos más pequeños y con más alto contenido de sólidos, y además pueden manifestar mayor incidencia de la enfermedad de los frutos conocida como “Putridión del extremo floral”, o “Culo negro”. En 2012 la FHIA inició estudios con tomate y berenjena en el valle de Comayagua para evaluar el comportamiento de patrones de berenjena introducidos del Centro Mundial de Hortalizas (AVRDC, Taiwán), esperando a corto plazo tener recomendaciones preliminares sobre el uso de esta tecnología.

6.2. Eliminación o supresión de la bacteria en el suelo

Es un principio básico ideal del combate de Marchitez bacteriana el **evitar** la utilización de áreas contaminadas con la bacteria o que estén ubicadas en la vecindad de campos contaminados. Si ello no es posible existen varias medidas para reducir o eliminar el inóculo presente en el suelo de terrenos con historial de ocurrencia del problema.

a. Rotación de cultivos

La principal medida para reducir la cantidad de inóculo originalmente presente en el campo es la rotación regular con cultivos que no son susceptibles al ataque de la bacteria y que además no faciliten su sobrevivencia en sus raíces. Dicha práctica reduce drásticamente en el suelo las poblaciones de la bacteria que de otra manera estarían disponibles para infección en el siguiente cultivo. Idealmente se debería realizar investigaciones para determinar la duración del período de rotación y los cultivos de rotación apropiados para cada zona, tomando en cuenta el clima local y a la diversidad de razas y biovares de la bacteria que pudieran prevalecer. No obstante, existe bastante información al respecto para su utilización en Honduras (Cuadro 1). Rotaciones mínimas de al menos dos ciclos de cultivo no susceptible son necesarias para observar resultados relevantes. Son buenas alternativas para rotación gramíneas como maíz, sorgo, arroz, y pastos, varios tipos de leguminosas de grano (frijoles, caupi, etc.) al igual que algodón. Entre las hortalizas son recomendadas para rotación zanahoria, camote, cebolla, ajo, chive, perejil, repollo, culantro, lechuga, mostaza, espinaca, brócoli, coliflor y varias cucurbitáceas (ayote, etc.).

Cuadro 1. Cultivos no-hospederos de *R. solanacearum* apropiados para rotación con tomates y otras Solanáceas².

Grupo de cultivo	Nombre del cultivo
Granos básicos y otros cultivos	Maíz, frijol común, arroz, sorgo, frijol soya, algodón.
Hortalizas	
Raíces y bulbos	Zanahoria, camote, chive, ajo, cebolla.
Tallos	Espárragos, perejil.
Follajes	Repollo, culantro, lechuga, mostaza, espinaca.
De inflorescencia	Brócoli, coliflor.
De frutos	Ayote, otras cucurbitáceas.
Abonos verdes	Mostaza silvestre y para biofumigación, caupí.

² Adaptado de la publicación “Integrated Management of Tomato Bacterial Wilt. 2005. Publicación No. P5-615, AVRDC-The World Vegetable Center, Taiwan. Autores; J.W. Wang y C.H. Lin.

En un estudio realizado en Taiwán las pérdidas en rendimiento de tomate de productores que rotaron este cultivo con arroz u otros cultivos resistentes a la enfermedad fueron mucho más bajas que los que no hicieron rotaciones (Cuadro 2). Es evidente que la frecuencia de la rotación (y posiblemente también la duración en el campo del cultivo de rotación) influyen en la sobrevivencia de la bacteria, ocurriendo menor sobrevivencia (y mejor control) cuando se establece el cultivo de rotación después de cada ciclo de producción de la Solanácea cultivada comercialmente. Cuando la rotación es con arroz cultivado bajo inundación aparentemente el efecto de control se mejora debido a que la inundación por sí sola también reduce la sobrevivencia de la bacteria; períodos de al menos tres semanas de inundación ya muestran tal efecto.

Cuadro 2. Efecto de rotaciones sobre pérdida de cosecha causada en tomate por Marchitez bacteriana entre horticultores entrevistados en Taiwan³.

Frecuencia de rotación	Promedio de pérdida de cosecha (%)	Número de productores
Después de cada cultivo de tomate	4.8	33
Todos los años	11.1	38
Cada dos años	11.3	6
Cada tres años	24.4	5
Nunca	35.0	2

³ Adaptado de la publicación “Integrated Management of Tomato Bacterial Wilt. 2005. Publicación No. P5-615, AVRDC-The World Vegetable Center, Taiwan. Autores; J.W. Wang y C.H. Lin.

Como cultivos de rotación también pueden utilizarse abonos verdes de mostazas con propiedades biofumigantes, ya sea por sí solos o con solarización; más adelante se discute esta combinación de estrategias para el combate de Marchitez bacteriana.

b. Eliminación de plantas voluntarias, enfermas, malezas y restos de raíces

Debido al amplio rango de especies de plantas hospederas de la bacteria, es seguro que en cualquier campo ocurrirán malezas que serían fuente de inóculo. Estas malezas, al igual que las plantas voluntarias y enfermas detectadas deberán removerse con suelo en las raíces, depositarse en bolsas plásticas y llevarse fuera del campo para enterrarlas profundo o destruirlas.

c. Tratamientos esterilizantes del suelo y sustratos

Las estrategias recomendadas incluyen a las siguientes:

- **Fumigación**

Los fumigantes son químicos sintéticos altamente efectivos para eliminar en el suelo las poblaciones bacterianas y otros microorganismos. Los productos utilizados incluyen al bromuro de metilo, el dazomet (Basamid), el dicloropropeno (Telone) y otros productos a base de isothiocianato (Vapam, Metam Sodio, etc.). La desventaja de su uso es que: **a)** se requiere acceso a recursos tecnológicos y económicos usualmente altos, y **b)** son altamente tóxicos (unos más que otros) y hay un riesgo inherente a los usuarios en su utilización; las características anteriores lo hacen una alternativa muy poco práctica para pequeños productores. En el caso del bromuro de metilo por regulaciones ambientales internacionales está destinado a desaparecer en corto plazo su uso en campos agrícolas; un sustituto probable es un nuevo producto desarrollado, el yoduro de metilo, cuyo uso comercial aún está en trámite en otros países.

- **Biofumigación**

La biofumigación se basa en utilizar en la rotación cultivos que al ser incorporados al suelo se descomponen y en el proceso liberan volátiles a base de isothiocianato que actúan sobre los patógenos del suelo de la misma manera que los fumigantes a base de químicos sintéticos, aunque sin las implicaciones de daño al medio ambiente ni otras desventajas. Las especies utilizadas deben ser resistentes a la bacteria y que no la albergan en sus raíces.

Entre las plantas evaluadas para biofumigación especies del grupo de las Brassicas (rábano, repollos, mostazas, otras) han sido las más promisorias. Entre ellas en particular muestran mayor efectividad las mostazas silvestres, especialmente la especie conocida como mostaza india, gracias a la propiedad de acumular en el tejido verde

mayores cantidades de glucosinolato, la sustancia precursora del isothiocianato. En Europa y Norte América existen variedades mejoradas de mostaza india seleccionadas para un mayor contenido de glucosinolato y mayor efecto biofumigante; dichas variedades ya están disponibles comercialmente. Esta es un área nueva en investigación agrícola y su utilización recién se inicia con mucha promesa. Combinado con la solarización del suelo y otras estrategias, la biofumigación podría ser una estrategia de fácil utilización por pequeños agricultores para el manejo de Marchitez bacteriana. En 2012 la FHIA inició estudios en el valle de Comayagua para evaluar el comportamiento de variedades introducidas de mostaza india biofumigante, esperando tener pronto recomendaciones sobre el uso de esta tecnología.

d. Tratamiento térmico del suelo y sustratos

El tratamiento térmico consiste en someter el suelo o sustrato a **altas temperaturas**, una medida universalmente recomendada para eliminación de patógenos, insectos e inclusive malezas que ocurren en el suelo en el campo y en sustratos artesanales utilizados para la producción de plántulas en los semilleros o los tubérculos-semilla de papa. Existen varias opciones disponibles, las cuales varían en su efectividad, facilidad de implementación y costo; la diferencia en efectividad tiene que ver con la duración del tiempo de exposición al tratamiento y la penetración de las altas temperaturas al interior de la masa de suelo o sustrato.

Para pequeñas a moderadas cantidades de suelo suelto en campo (p.e., semilleros artesanales) o bien en ambientes confinados (casas de malla, invernaderos) la aplicación directa de **agua caliente** es la forma más elemental de tratamiento utilizable; como se puede deducir, su efectividad es relativamente limitada por la corta duración del tiempo de exposición a las temperaturas requeridas para mortalidad. Una opción tecnológicamente más avanzada es la **esterilización con calor húmedo** mediante la cual se aplica vapor de agua, un método muy utilizado exitosamente en la agroindustria de ornamentales en otros países. Esta última opción requiere de alta inversión en equipo para generación de vapor cuyo costo es usualmente prohibitivo.

La **solarización** es otra opción disponible para tratamiento de sustrato para semilleros y viveros (suelto o embolsado), del suelo dentro de invernaderos, y también de suelo en el campo mismo. En este procedimiento previo al establecimiento del cultivo el suelo o sustrato **saturado de agua** se recubre con una o dos capas de plástico transparente (grueso ideal: 2-3 milésimas de pulgada = 51-76 micrómetros) sellada por los bordes y se deja en exposición por un período que puede variar entre 4 y 6 semanas para suelo en campo

y de 1-2 semana para sustrato embolsado; en ambos casos ello usualmente bastará para un buen tratamiento térmico desinfectante hasta una profundidad de 8 pulgadas (20-25 cm). La solarización es probablemente la estrategia ideal para tratamiento de pequeñas extensiones a relativamente bajo costo, y puede combinarse con biofumigación incorporando material vegetal de mostazas biofumigantes de manera que el plástico funcione como generador de altas temperaturas y también para capturar los volátiles de isothiocianato, mejorando su efecto al prolongar la duración de la exposición. Investigaciones realizadas en Asia y Australia indican que la combinación de las dos estrategias, solarización con biofumigación, es una opción adicional que brinda un control relativamente efectivo de Marchitez bacteriana.

6.3. Prevención del ingreso y diseminación de la bacteria en los campos

a. Producción de material propagativo libre de la enfermedad

Es esencial empezar el cultivo con plantas sanas, por lo cual las plántulas para trasplante o los tubérculos-semilla de papa deberán producirse en ambientes que estén libres de la bacteria. De hecho, en el cultivo de la papa este es considerado el elemento más importante del manejo de la enfermedad. Medidas para tal propósito incluyen que el agua de riego utilizada esté libre de la bacteria, al igual que la implementación de un plan de cuarentena para el control del ingreso de personas, equipo y herramientas al semillero. Ello reducirá al mínimo el riesgo de introducción de la bacteria por cualquier medio de diseminación y transmisión descrito en las secciones anteriores.

b. Control del agua y tránsito de la circulación personal

- Evitar la sobre-irrigación de semilleros y campos reduciendo la frecuencia de riego, las cantidades de agua aplicada y la duración de los períodos de alta humedad en el suelo.
- No utilizar para riego agua proveniente de otros campos ni otras fuentes sospechosas de estar contaminadas con la bacteria. Considerar la necesidad de desinfectar el agua de riego con cloro en muy bajas concentraciones si existe riesgo de contaminación.
- El sitio de siembra seleccionado deberá tener una topografía plana o bien surcos trazados para evitar la indeseada acumulación de los excesos de agua de riego o la escorrentía de lluvia, y favorezca su drenaje lo más rápido posible fuera del campo.
- En los puntos donde se detectan focos de plantas infectadas se debería cuarentenar al área levantando bordas que impidan la

entrada y salida de agua. De igual manera, el tráfico de gente y maquinaria debería reducirse al mínimo posible en esas zonas y su vecindad.

- Deberán trazarse los canales de drenaje del exceso de agua de riego proveniente de un área infestada evitando su paso por áreas que están libres del problema.

c. Desinfestación de herramientas y equipo de trabajo

Sí el equipo o herramientas son movidos de áreas sospechosas o confirmadas hacia áreas limpias deberán ser sometidas a lavado apropiado (a presión en caso de equipo como tractores, arados, etc.) y posterior desinfestación con soluciones de cloro de uso doméstico diluido en agua en proporción de una parte cloro y cuatro partes agua. Igualmente, durante las labores que involucren manipulación de plantas (amarre, poda, cosecha) a través del campo el personal involucrado deberá desinfectarse las manos con alcohol al 70%. Las suelas de los zapatos también deberán ser lavadas y desinfestadas utilizando cloro u otro producto similar.

d. Evitar el daño a raíces y tallo

Además de prevenir el daño provocado por insectos y nematodos a las raíces o partes bajas del tallo, deberá de evitarse el daño mecánico provocado en esas mismas partes durante el trasplante y por herramientas al hacer actividades de cultivo durante el ciclo productivo.

6.4. Buenas prácticas de cultivo para optimizar el desarrollo de las plantas

En general, casi cualquier práctica de cultivo orientada a estimular el desarrollo saludable de las plantas en un cultivo determinará que dichas plantas estén en mejor condición para afrontar el ataque de los patógenos, inclusive de *R. solanacearum*. De particular importancia son:

a. Buena preparación de suelos

La apropiada preparación del suelo posibilitará óptimo desarrollo del sistema radicular de la planta, óptima absorción de agua y nutrientes, y además facilitará un buen drenaje del exceso de agua fuera de la zona de las raíces.

b. Fertilización balanceada

Plantas en buena condición agronómica usualmente soportarán mejor que plantas bajo estrés el ataque de cualquier patógeno.

c. Control de malezas

Además de competir por espacio, agua y luz, las malezas son hospederos de bacterias, hongos, insectos y otros organismos que inciden negativamente en el desarrollo del cultivo.

VII. GLOSARIO

Biovares o biotipos. Un grupo de cepas de un microorganismo, a nivel de sub-especies, que tiene características bioquímicas y fisiológicas especiales y definitorias que las distinguen de otros biovares de la misma especie. Ver definición de “Cepa”.

Cepa. En microbiología se llama así a una variante de un microorganismo que, a nivel de sub-especie (o incluso, de un taxón inferior), difiere de otras cepas del mismo organismo en uno o más propiedades que pueden ser de naturaleza morfológica, bioquímica, fisiológica o patogénica.

Desinfección. Aplicación de un procedimiento o un producto (un desinfectante) para eliminar de un organismo vivo (p.e., una planta o parte de una planta) la infección provocada por un organismo patógeno, o bien destrucción de dicho organismo patógeno en la inmediatez del huésped.

Desinfestación. La inactivación o la eliminación de agentes causantes de enfermedad antes de que puedan causar la enfermedad, mediante la aplicación de un procedimiento o un producto (un desinfestante) sobre partes inanimadas (superficies de trabajo, suelo, herramientas, etc.) en las cuales existen propágulos de dichos agentes.

Diseminación (o dispersión) secundaria. En relación a enfermedades, es la transferencia (dispersión) o acarreo de material infeccioso (inóculo) hacia plantas sanas por medio del viento, agua de lluvia o riego, insectos, herramientas, animales y seres humanos, y cualquier otro medio.

Flujo bacteriano y nubes lechosas. En el caso de la Marchitez bacteriana de las Solanáceas y de otros cultivos se denomina así al fenómeno en el cual la liberación de bacterias a partir del tallo de plantas infectadas es tan abundante que se manifiesta como un flujo blanquecino visible al ojo desnudo cuando se hace la “Prueba del vaso”.

Foco de infección, primario y secundario. Se refiere a los sitios (plantas) en un cultivo en los cuales ocurren infecciones y a partir de los cuales el agente causante de enfermedad (bacteria, hongo, virus, etc.) se disemina a otras plantas en el mismo o en otro campo. Focos primarios son aquellos en los cuales inicialmente se detectó tempranamente la presencia de la enfermedad dentro del campo. Focos secundarios son sitios que posteriormente aparecen en el campo producto de inóculo generado en los focos primarios, y los cuales también generarán inóculo a medida que transcurre el tiempo.

Fuente de inóculo primario. Las plantas (cultivadas o malezas), usualmente fuera del campo pero también dentro de él, en las cuales son producidas los

propágulos o estructuras vegetativas que causan los primeros casos detectados de la enfermedad en el campo cultivado de interés.

Infección. Proceso en el cual un microorganismo ataca a una planta.

Inóculo. El patógeno o cualquier parte del mismo que puede infectar a la planta y causar enfermedad.

Necrosis. Síntoma (de una enfermedad) consistente en la muerte y desintegración del tejido expresado porque el tejido afectado se torna de color café o negro.

Patógeno. El agente causante de enfermedad (hongo, bacteria, virus, nematodo, etc.) o sus partes (esporas, conidias, micelio, célula bacteriana, partícula viral, huevos, etc.) que entran en contacto con la planta hospedera para inocularla, provocar infección y producir la enfermedad.

Planta huésped u hospedera. Un organismo vivo (la planta) que alberga o está invadida por un parásito (bacteria, hongo, virus) y del cual el parásito obtiene todo o parte de sus necesidades nutricionales para crecimiento y desarrollo. Dicha planta puede mostrar síntomas del ataque (sintomática) pero también puede ocurrir que no muestre síntomas (asintomática).

Planta no-hospedera. Lo contrario a planta hospedera.

Plantas susceptibles. Cualquier planta hospedera de un patógeno que muestra síntomas y efectos de la enfermedad causada por dicho patógeno.

Propágulos. Cualquier parte de un microorganismo capaz de iniciar crecimiento y multiplicación posterior independiente cuando se le separa del agente causante de enfermedad original. Por ejemplo, bacterias individuales, partículas de virus (viriones), esporas o conidias de un hongo.

Químicos sintéticos. Término utilizado para identificar a productos que mediante síntesis química intencional son producidos en los laboratorios.

Razas. Grupo de patógenos que, perteneciendo a una misma especie de un microorganismo, presentan características patogénicas y fisiológicas claramente distintivas.

Turgencia. En plantas es el estado de las células cuando están completamente dilatadas, tensas y rígidas debido al agua absorbida en su interior que satisface sus requerimientos hídricos, lo cual le confiere una obvia rigidez a toda la planta. Se pierde la turgencia si la planta es sometida a estrés hídrico de cualquier origen, expresando marchitez (flacidez) de los tejidos.

Vasos conductores de agua. Se denomina así al complejo sistema de conductos microscópicos que dentro de toda la planta conducen el agua absorbida por las raíces hasta los sitios de la planta donde es utilizada para distintos procesos.

VIII. NOMBRES COMUNES Y CIENTÍFICOS

Nombre común	Nombre científico
Ajo	<i>Allium sativum</i> L.
Arroz	<i>Oryza sativa</i>
Ayote	<i>Cucurbita moschata</i> L.
Banano	<i>Musa paradisiaca</i> L.
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>
Brócoli	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>
Cacahuate	<i>Arachis hypogaea</i> L.
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>
Caupí	<i>Vigna unguiculata</i>
Cebolla	<i>Allium cepa</i> L.
Chile	<i>Capsicum annuum</i>
Chive	<i>Allium tuberosum</i>
Coliflor	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>
Culantro	<i>Coriandrum sativum</i>
Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i>
Geranio	<i>Geranium sanguineum</i> L.
Jengibre	<i>Zingiber officinale</i>
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i> L.
Maíz	<i>Zea mays</i>
Mora	<i>Rubus glaucus</i>
Moroca	<i>Musa</i> spp.
Mostaza	<i>Brassica</i> spp.
Mostaza india	<i>Brassica juncea</i>
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Perejil	<i>Petroselinum sativum</i>
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i> L.
Rábano	<i>Raphanus sativus</i>
Repollo	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>
Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>



Es una organización de carácter privado, sin fines de lucro que contribuye al desarrollo agrícola nacional.

Su misión es la generación, validación y transferencia de tecnología, en cultivos tradicionales y no tradicionales de exportación.

Provee servicios de análisis de suelos, aguas, tejidos vegetales, residuos de plaguicidas, diagnóstico de plagas y enfermedades, asesorías, estudios de mercado, capacitación e informes de precios de productos agrícolas.

Asimismo colabora con instituciones nacionales e internacionales en los campos de investigación y extensión agrícola a fin de fortalecer la seguridad alimentaria del país.

**“Promoviendo cultivos de alto valor
con alta tecnología”**

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

Apartado Postal 2067,
San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A.
Tels: (504) 2668-2470, 2668-2827, 2668-2864 Fax: (504) 2668-2313
La Lima, Cortés, Honduras, C.A.
Correo electrónico: fhia@fhia-hn.org
www.fhia.org.hn

ISBN: 978-99926-36-31-2

