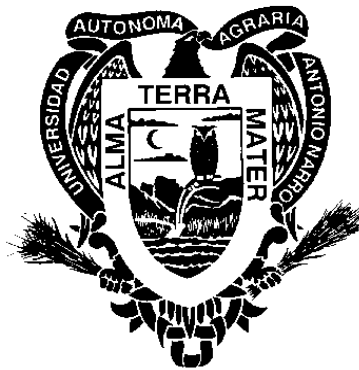


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



**MANEJO DEL TIZÓN FOLIAR DEL AJO (*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*)
CON MEZCLAS DE *BACILLUS* SPP. Y EXTRACTOS ACUOSOS CONTENIENDO,
ÁCIDO JASMÓNICO Y ÁCIDO SALICÍLICO COMO INDUCTORES DE
RESISTENCIA.**

Por:

MOISÉS ROSAS ZAMORA

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Septiembre 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

MANEJO DEL TIZÓN FOLIAR DEL AJO (*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*)
CON MEZCLAS DE *BACILLUS* SPP. Y EXTRACTOS ACUOSOS CONTENIENDO,
ÁCIDO JASMÓNICO Y ÁCIDO SALICÍLICO COMO INDUCTORES DE
RESISTENCIA.

Por:

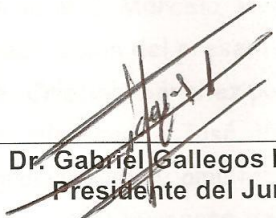
MOISÉS ROSAS ZAMORA

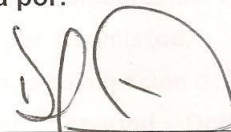
TESIS

Que se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Presidente del Jurado


Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo
Asesor


Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor


M.C. Marcela Hernández Suárez
Asesor


Dr. Leobardo Bañuelós Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila México. Septiembre de 2011

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la vida y permitirme cumplir uno de mis grandes sueños y colocar en mi camino a las personas y a las herramientas para lograrlo, pero sobre todo señor te agradezco por permitirme ser parte de la familia que me diste.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme las puertas y darme una formación profesional; en especial al Departamento de Horticultura por haberme apoyado como un miembro importante y forjar en mí, como uno más de sus egresados.

Al Dr. **Gabriel Gallegos Morales**, por su colaboración y confianza para la realización del presente trabajo, gracias por todos sus consejos y por su amistad.

Al Dr. **Francisco Daniel Hernández Castillo**, por su apoyo y comprensión en la elaboración de este proyecto.

Al Dr. **Ernesto Cerna Chávez**, por su confianza y su tiempo en la revisión y redacción de este manuscrito.

Al Dr. **Claudio Ríos** por su gran apoyo para la elaboración de este trabajo y por su valiosa amistad.

A la M.C. **Marcela Hernández** por todos tus comentarios y sugerencias para la realización del presente trabajo y gracias por tu amistad.

A **Cristina Sánchez** por su gran apoyo para la culminación del presente trabajo.

A mis amigos **José Virginio, José Manuel, Jonadad, Dorian, Irving y Ervin** gracias por su amistad y por los buenos y malos momentos que compartimos, ha llegado el momento de que cada una tome su camino pero les deseo éxito en su vida y siempre los recordaré.

A mis compañeros de la **generación CX** de Horticultura.

DEDICATORIA

A mis padres, les dedico este trabajo que simboliza la culminación de una etapa muy importante de mi vida, y el inicio de una nueva, por ser los incansables formadores de mi persona a lo largo de toda mi vida dándome su ejemplo y humildad que siempre los ha caracterizado, por todos aquellos sacrificios de parte suya, desvelos y preocupaciones que pasaron pensando en mi, para lograr que uno de mis mas grandes sueños se hiciera realidad, porque siempre están ahí, a mi lado pase lo que pase, por la más grande herencia que me quisieron dar con mucho gusto a quienes les estaré eternamente agradecido, con cariño, amor y respeto a los mejores padres del mundo.

JUANA ZAMORA ALEMAN
JULIAN ROSAS ESPINOZA

A mis hermanos

Armando y Yazmín que siempre están conmigo en las buenas y en las malas.

A MI FAMILIA

Gracias por todo su apoyo y consejos, los quiero mucho.

Para alguien muy especial:

MAYRA SALAS ESPINOZA

A ti Mayra por haber llegado a mi vida en el momento oportuno llenándome de felicidad cada momento, por todos esos consejos, gracias por tu apoyo incondicional, siempre te estaré muy agradecido.

A mis Tíos que de una forma han contribuido en mi formación.

A mi pequeño niño **José Manuel** por su compañía, por llenar de alegría mi vida y por todo el cariño que siempre me regala, sus travesuras te quiero mucho sobrino.

A todas las personas que pusieron su granito de arena para que yo llegara hasta estas instancias.

ÍNDICE GENERAL	Pág.
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen e Historia.....	4
Clasificación Taxonómica.....	4
Importancia Económica.....	5
Descripción Botánica.....	7
Requerimientos Climáticos.....	8
Requerimientos Edáficos.....	8
Variedades.....	9
Ajos de Tipo Morado.....	9
Ajo de Tipo Blanco.....	10
Principales Plagas y su Control.....	11
Thrips.....	11
Principales Enfermedades y su Control.....	14
Tizón Foliar (<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>allii</i>).....	14
Control Químico.....	17
Cuprimicina® Agricola 5% Hyper.....	18
Podredumbre Blanca (<i>Sclerotium cepivorum</i>).....	19
Mildiu Velloso (<i>Perenospora destructor</i>).....	21
Mancha purpura (<i>Alternaria porri</i>).....	22
Control Biológico y su Importancia.....	24
Antagonismo.....	24

Microorganismos Antagonistas y Promotores de Crecimiento.....	25
<i>Bacillus subtilis</i>	25
<i>Bacillus amyloliquefasciens</i>	25
Bioshield-R.....	26
Los Jasmonatos.....	27
El Ácido Salicílico.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS	31
Área de Trabajo.....	31
Material biológico.....	31
Recolección de Muestras.....	31
Aislamiento y Purificación de <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv <i>allii</i>	32
Identificación y Caracterización de la Bacteria.....	32
Diseño del Experimento.....	32
Aplicación de los Tratamientos.....	33
Toma de Datos.....	34
Análisis Estadístico.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
Incidencia y Severidad por Hoja.....	38
Severidad por Planta.....	41
CONCLUSIONES	44
LITERATURA CITADA	45
APÉNDICE	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.	Principales países productores de ajo a nivel mundial.....	5
2.	Principales estados productores de ajo en la Republica Mexicana.....	6
3.	Aplicación de los tratamientos.....	33
4.	Características, fisiológicas y bioquímicas de acuerdo a Shaad <i>et al.</i> , (2001) y de la bacteria aislada de la hoja del ajo.....	38
5.	Tamaño de la severidad (cm) por hoja del cultivo de ajo afectado por <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>allii</i>	40
6.	Porcentaje de severidad por planta del cultivo del ajo dañado por <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>allii</i>	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Tinción de Gram.....	35
2.	Características fisiológicas de la especie.....	35
3.	Prueba positiva de catalasa.....	36
4.	Hidrólisis de almidón medio SX.....	36
5.	Hidrólisis de almidón medio.....	36
6.	Prueba de oxidasa negativa.....	36
7.	Producción de H ₂ S.....	36
8.	Oxidación fermentación.....	36
9.	Reacción positiva de Ryu.....	37
10.	Producción de ácido de arabinosa	37
11.	Hidrólisis de la esculina.....	37
12.	Producción de levana.....	37
13.	Prueba positiva de YDC.....	37
14.	Cultivo del ajo con síntomas de tizón bacteriano.....	39

RESUMEN

El tizón foliar causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*, es una de las enfermedades de mayor importancia económica en el mundo en plántulas de ajo. México es uno de los principales productores de ajo. Se evaluó el efecto inductor de resistencia de una mezcla de bacterias del género *Bacillus* y extractos de fermentación conteniendo ácido jasmónico y ácido salicílico. Se realizaron dos ensayos, el primero, con el fin de determinar el efecto de control sobre el Tizón foliar. El segundo consistió en comparar el efecto de extractos de fermentación de *Botryodiplodia theobromae* conteniendo ácido Jasmónico en concentraciones baja, media y alta comparado contra un producto convencional. Se realizaron cuatro aplicaciones de cada tratamiento, en intervalos de 8 días. A través de un muestreo de 10 a 15 plantas se determinó la incidencia (cm) y la severidad (%). El análisis de varianza mostró diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados. El mejor efecto antagonista se observó en plantas tratadas con extractos conteniendo ácido Jasmónico ya que redujo el daño en la hoja en un 14% en el segundo muestreo. El resto de los tratamientos no mostró diferencia en la manifestación y nivel de daño del tizón foliar.

Palabras clave: Antagonismo, Control biológico, *Bacillus*, Ácido Jasmónico, Ácido Salicílico.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales países productores de ajo (*Allium sativum* L.) en el mundo, cultivándose en 19 estados, entre los que destacan, Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes, Baja California, Puebla y Sonora. En el estado de Coahuila se encuentran alrededor de 66 ha de ajo con un rendimiento promedio de 8.67 ton/ha (SAGARPA, 2010)

La demanda en el consumo de este producto ha permitido que su mercado crezca continuamente, por lo que es importante generar información que permita incrementar la rentabilidad y fitosanidad de este cultivo (INIFAP, 2010).

La eficiencia en el manejo de los cultivos constituye un factor de gran importancia en la calidad de las cosechas obtenidas, esta eficiencia simplifica todos los factores adversos a la producción, tales como, humedad relativa, temperatura, humedad del suelo, plagas y enfermedades. Estas últimas constituyen un factor que pueden causar pérdidas significativas o hasta totales. Uno de los principales problemas parasitológicos del ajo, son las enfermedades que se presentan en las hojas, raíces y bulbos; siendo el tizón foliar causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* una de las enfermedades de mayor importancia económica en el mundo, por lo que es necesario buscar e implementar métodos de control que resulten eficientes y rentables (Schwartz *et al.*, 2005).

La apertura comercial y la globalización de los mercados internacionales ha traído como consecuencia una mayor competitividad en la producción de productos agropecuarios y mayores exigencias en la calidad y en la inocuidad alimentaria; por lo que se ha restringido el uso de plaguicidas químicos que sean residuales o contaminantes. Dado lo anterior es necesario encontrar medios más efectivos para el control de plagas y enfermedades, una opción es el uso de controladores biológicos mediante insectos, hongos, bacterias, nematodos y virus, entre otros (Chávez, 2005).

Los mecanismos de acción de los antagonistas para controlar patógenos son: antibiosis, competencia por alimento o por nutrientes, interacciones directas con el patógeno (micoparasitismo y lisis enzimática) e inducción de resistencia. En esta última acción se encuentran involucrados los inductores del tipo de ácido jasmónico y ácido salicílico por lo que puede ser importante la mezcla de estos materiales en el detenimiento de una enfermedad bacteriana como un mecanismo de control.

El uso de inductores de resistencia producidos por microorganismos como lo es el ácido jasmónico es considerado actualmente como una opción para reducir el ataque de bacterias y hongos que afectan a numerosos cultivos, varias son las especies que se reportan como productoras de este compuesto, las más representativas son las cepas de *Botryodiplodia theobromae* y *Gibberella fujikuroi* (Miersch *et al.*, 1989). Se conoce que a determinadas concentraciones pueden inhibir el crecimiento y la estimulación de la senescencia de las plantas, pero la función más documentada es la de favorecer la inducción de la expresión de genes de defensa por herida y el ataque de patógenos (Wasternack *et al.*, 2006). Recientemente, se ha podido apreciar que el ácido jasmónico y el metil jasmonato son capaces de inhibir el desarrollo de varias líneas de células cancerosas en animales y humanos (Flescher, 2007).

Diversos autores han señalado el papel que desempeña el ácido salicílico en la inducción de resistencias en las plantas contra el ataque de diferentes patógenos, constituyendo uno de los principales determinantes involucrados en la inducción de resistencia sistémica (ISR) por rizobacterias (Van Loon *et al.*, 1998; Maurhofer *et al.*, 1998).

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de *Bacillus* spp., y de extractos conteniendo ácido salicílico ácido jasmónico en la inducción de resistencia y control del Tizón bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*) del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.)

HIPÓTESIS

Se obtendrá, al menos un producto biológico con efecto antagonista sobre el Tizón bacteriano del ajo además de promover el crecimiento del cultivo.

Al menos un producto biológico superará los efectos del producto convencional evaluado.

El efecto promotor de crecimiento y la inducción de resistencia de los productos orgánicos a base de extractos de ácido jasmónico y ácido salicílico, permitirán obtener información relevante para el manejo y control del Tizón bacteriano del ajo

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e Historia

El ajo es originario de Asia Central en la desértica región siberiana de Kirgiz, incluyendo el noreste de la India (Vavilov, 1951; citado por Valadez, 1998).

En América Latina se considera que los primeros ajos llegaron a Cuba hace 500 años con los primeros colonizadores españoles, de donde se expandió rápidamente a toda América. La llegada a México no está bien definida, sin embargo el inicio de la importancia comercial del ajo en la región del Bajío, bien podría señalarse en 1940 en donde las exportaciones superaron las mil toneladas (García, 2008).

Clasificación Taxonómica

De acuerdo a Valadez (1998), la clasificación taxonómica del ajo es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnolophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Liliales

Familia: Amarilidacea*

Género: *Allium*

Especie: *A. sativum* L.

Variedad: Perla

Nombre Común: Ajo

*Actualmente se reporta como Liliácea.

Importancia Económica

A nivel mundial la superficie que se dedica al cultivo del ajo es de 1'128,711 ha, con una producción de 13.168 millones de ton (FAO, 2010). Los principales países productores de ajo se enlistan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Principales países productores de ajo a nivel mundial

País	Superficie ha	Producción ton
Argentina	15,600	140,000
Brasil	10,214	91,649
China	694,040	12,575,036
Corea	28,416	375,463
Egipto	11,799	258,608
España	15,900	142,500
EUA	10,300	194,270
Etiopia	9,317	103,542
India	147,000	645,000
Iraq	6,000	56,000
Myanmar	24,500	147,000
México	5,035	50,015
Pakistán	8,125	63,799
Rusia	27,000	220,000
Tailandia	13,821	85,648
Turquía	16,000	81,070
Ucrania	17,300	136,800

Fuente: FAO 2010.

El 82.61% de la superficie mundial cultivada se concentra en Asia, solamente China concentra el 56.6% de la superficie mundial y el 68.54% de su continente.

A nivel internacional el precio del ajo Perla de primera calidad fluctúa de los 14 a los 24 dólares por caja de 30 libras (FAO, 2010).

En México, el ajo se cultivó en 19 estados, en el año 2009, entre los principales estados productores figuraron Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes, Baja California, Puebla y Sonora (SIAP-SAGARPA, 2010).

Cuadro 2. Principales estados productores de ajo en la República Mexicana

Estados	Superficie ha	Producción ton	Rendimiento ton/ha
Aguascalientes	306	3,373	10.951
Baja California Norte	344	2,250	6.657
Baja California Sur	20	142	7.401
Chihuahua	22	333	14.843
Coahuila	66	546	8.667
Durango	12	204	17
Guanajuato	1,380	14,851	10.758
Guerrero	143	607	4.245
Hidalgo	25	183	7.32
Jalisco	13	88	6.808
Nuevo León	82	582	7.119
Oaxaca	228	1,398	6.131
Puebla	331	1,978	5.976
Querétaro	127	989	7.785
San Luis Potosí	36	285	7.814
Sonora	332	2,270	6.921
Tlaxcala	9	9	1
Zacatecas	1,962	22,836	11.639

Fuente: SIAP- SAGARPA 2010.

Los precios del ajo perla (Blanco) de primera calidad en el mercado nacional fluctúan desde los 7.50 pesos hasta los 13.50 pesos por kg, mientras que para el ajo chino (Morado) fluctúa desde 9.00 hasta 15.50 pesos. Los precios directos al

productor para el ajo Perla es de 5.00 pesos, en greña, es decir, sacado del surco a los 22 días de la cosecha.

Descripción Botánica

El ajo *Allium sativum* L., es una planta monocotiledónea, vivaz, bianual y resistente al frío cuyas raíces son blancas, fasciculadas, muy numerosas y con escasas ramificaciones (INIFAP, 2011).

Raíz: Son fibrosas adventicias, las cuales se desarrollan a partir del tallo verdadero y alcanzan profundidades de 70 a 80 cm, concentrándose la mayoría entre los 45 a 50 cm, son de color blanco, muy numerosas y con escasas ramificaciones.

Tallo: Es una masa cónica en forma de discos que en la madurez forma un callo muy duro, cilíndrico y hueco y puede alcanzar alturas de 1 a 2 m. Las yemas vegetativas axilares de las hojas se hipertrofian durante la fase de bulberización formando los dientes del ajo por acumulación de sustancias nutritivas, que se encuentran rodeadas de túnicas, restos de vainas foliares. En concreto, presenta dos hojas con vainas abortadas, siendo la más externa rígida y seca. El conjunto del disco, dientes y túnicas se le denomina bulbo, este elemento es el comercialmente aprovechable. (Infoagro, 2011).

Hojas: Son planas y algo acanaladas (características que lo diferencian de la cebolla, que las tiene cilíndricas y huecas en su interior), alternas y llegan a medir 3 cm de ancho, terminan en punta y se distribuyen de forma alterna.

Flores: Poco numerosas, dispuestas en umbela están compuestas por seis pétalos de color rosado, seis estambres y un ovario coronado por un estilo filiforme y estigma; los órganos sexuales se proyectan fuera del perianto. Las flores raramente son fértiles, en la umbela se mezclan con bulbillos florales cuya morfología recuerda

a los dientes del bulbo. Estas estructuras pueden propagar a la planta de forma vegetativa, aunque no diferencian bulbos dientes al año.

Frutos: Cuando se forma, es una capsula con 1 a 2 semillas por lóculo en número de tres.

Requerimientos Climáticos

El ajo se desarrolla en un amplio rango de condiciones climáticas. Sin embargo no puede tolerar tiempos demasiado fríos o calientes, prefiere una temperatura moderada. Periodos extremadamente cálidos o secos muy largos no favorecen la formación de bulbos. Es una planta resistente a la helada, ya que requiere de un periodo fresco y húmedo durante el crecimiento y un periodo relativamente seco durante la maduración del bulbo. Una temperatura media de 25-30 °C, es la que mejor lleva a la formación de los bulbos. La formación de los bulbos se produce con fotoperiodos largos, siendo acelerados con temperaturas altas hasta 25 °C. Temperaturas bajas durante el desarrollo pueden inducir al brote de dientes ya formados (García, 2008).

Requerimientos Edáficos

Para el cultivo del ajo se pueden emplear una gran diversidad de suelos con buen drenaje. La profundidad del suelo debe ser de al menos 50-60 cm. El ajo requiere suelos medio limosos, negros, bien drenados, ricos en humus y con adecuado contenido en potasio. Los cultivos desarrollados en suelos sueltos o arenosos tienen una baja capacidad de retención y las cabezas producidas son de peso más ligero. Las cabezas producidas en suelos pasados se deforman y durante la recolección muchas cabezas se rompen y magullan (Reveles *et al.*, 2009), los suelos ácidos no son adecuados para el desarrollo de los dientes, sin embargo, un rango de pH entre 5 y 7 tienen poco efecto en el crecimiento y el rendimiento.

Variedades

El ajo presenta distintas variedades, ya sea para ajos morados o ajos blancos (García, 2008).

❖ Ajos de Tipo Morado

Chileno: Variedad que ha sido por mucho tiempo la más importante para el mercado de exportación, por que reúne buenas características, como el número de dientes por bulbo que varía de 1 a 20 (con un promedio de 13 dientes). La planta es de porte regular entre los 35 y 70 cm de longitud y follaje semiabierto de color verde intenso, su ciclo vegetativo de 165 a 180 días de la siembra a la cosecha. Su rendimiento varía de 8 a 13 ton/ha.

Criollo Original: Variedad que solo se diferencia de la anterior por tener de 20 a 60 dientes por bulbo.

Napuri: Esta variedad desarrollada en Perú, es muy similar a el tipo chileno y solo difiere de este en el número de dientes por bulbo, que varía de 1 a 40 dientes por bulbo (con una media de 22 dientes). Su ciclo vegetativo es de 160 a 170 días, y su potencial de rendimiento es de 14 ton/ha.

Massone: Es una introducción de Perú, al igual que la variedad Napuri, sus características son similares. Las plantas alcanzan hasta los 55 cm de altura, su follaje es de color verde intenso, sus bulbos son de color morado y están cubiertos por siete túnicas que envuelven un promedio de 14 dientes. Su ciclo vegetativo es de 175 a 180 días.

Pata de Perro: Es una variedad introducida del Perú, y diferente totalmente del resto de los ajos morados dada su característica a “encabezarse” al 100%, es decir que el bulbo queda totalmente abierto y los dientes separados. Produce de 1 a 14

dientes por bulbo (con una media de 9), estos son muy firmes y duraderos en condiciones de almacenamiento prolongado. Tienen un rendimiento de 10 ton/ha.

Pósitos: es una variedad introducida de Baja California Sur, bulbo de color morado claro, plantas con un porte de 40 a 50 cm con hojas de color verde cenizo, de bulbo muy grande cuyo número de dientes varía de 1 a 60 (con un promedio de 28). Su ciclo vegetativo es de 180 días.

Vikingo: Esta variedad es de porte de 80 cm, produce de 1 a 18 dientes con una media de 7.5, su ciclo vegetativo es de 175 días y el de rendimiento es de 17 ton/ha.

❖ **Ajos de Tipo Blanco**

Pro-Bajío: Variedad de porte muy alto, de aproximadamente 70 cm de altura, hojas de color verde cenizo, delgadas y muy largas, con un ciclo vegetativo de 180 a 200 días.

Perla: Es una variedad tardía con un ciclo vegetativo de aproximadamente 240 días; sus bulbos son de color blanco cremoso con una cantidad de dientes que varía de 10 a 16 por bulbo, cubiertos por siete túnicas externas en promedio a la cosecha. El rendimiento obtenido experimentalmente es de 16 a 18 ton/ha. La planta mide de 40 a 50 cm de altura, su follaje es abierto con hojas de color verde pálido, sin embargo, es una variedad susceptible al “escobeteado”, también conocido como “rebrotado” o “arrepollado”. (INIFAP, 2011).

El escobeteado, es una malformación fisiológica producida por un exceso de vigor, se caracteriza porque el follaje de las plantas afectadas toma una apariencia de “escobeta”, observándose hojas más finas que surgen entre las hojas adultas. Cuando la malformación es grave, la planta se abre completamente. Los bulbos de

estas plantas pierden sus túnicas externas y los dientes periféricos quedan descubiertos.

Criollo de Aguascalientes: Produce bulbos de color blanco cremoso, con un promedio de 30 dientes, la planta es de porte bajo de 30 a 35 cm, el follaje es abierto con hojas de color verde pálido, el ciclo es tardío de 180 a 240 días, dependiendo de la fecha de siembra.

Blanco de Zacatecas: Las plantas alcanzan una altura de 74 cm llegando a producir hasta 22 hojas, aunque eliminan la mayor parte de ellas, con 22 dientes en promedio, producen un 48% de bulbos para exportación, su ciclo de vegetativo es de 210 a 220 días con un promedio de rendimiento de 8.6 ton/ha.

California: variedad con un ciclo vegetativo más largo (260 días) que los materiales sembrados tradicionalmente. Produce bulbos de color blanco con un número de dientes que varía de 18 a 26, con un promedio de 22. El rendimiento es de 18 a 20 ton/ha. La planta mide en promedio 50 cm, el follaje es abierto y de color verde pálido.

Principales Plagas y su Control

De acuerdo a Macías *et al.*, (1999), los thrips contribuyen la principal plaga que ataca al cultivo:

Thrips

Características

Son insectos pequeños, chupadores, de color amarillo claro a oscuro, con alas anteriores de color gris claro. Las ninfas son más pequeñas que los adultos, sin alas, de color blanco-amarillento. El huevecillo es de color blanco-amarillento en forma de

riñón y generalmente es insertado en los tejidos del envés de las hojas. El insecto se establece en las axilas de las hojas se reconoce porque las ninfas a pesar que son pequeños, se ven a simple vista.

Los trips *Thrips angusticeps* Uz y *Thrips tabaci* Lindeman, son las principales plagas asociadas al cultivo de ajo, aparecen desde la emergencia de las plantas y sus poblaciones se incrementan cuando las temperaturas ambientales son muy altas, aunque disminuyen considerablemente con la presencia de las lluvias o temperaturas frías (Macías *et al.*, 1999).

Daños

Generalmente atacan el cogollo de la planta. Poseen un aparato bucal raspador-chupador con el que raspan la superficie de los tejidos de las hojas jóvenes, chupando los jugos celulares y produciendo heridas en las hojas de las plantas del ajo. Cuando las hojas crecen los sitios dañados se alargan dejando espacios vacíos en la superficie de las hojas con apariencia de manchas de color plateado brillante debido a que el tejido ha sido dañado, cuando estas manchas ocupan una mayor área foliar las hojas se tornan con una tonalidad bronceada y la planta no puede realizar adecuadamente el proceso de fotosíntesis, e inclusive puede llegar a morir (Rueda y Shelton, 1995; García, 1998). También son parte de entrada de otros agentes patógenos.

Ciclo

El ciclo de vida depende de la temperatura, desarrollándose más rápido a 30 °C, siendo imposible el desarrollo más allá de los 35 °C. Por debajo de los 28 °C hay una relación casi lineal entre la temperatura y la duración del desarrollo, y a 18 °C el desarrollo es dos veces más largo que a 25.5 °C. Poseen una gran rapidez de desarrollo, de tal manera, que a una temperatura de 25 °C, el tiempo transcurrido en completar un ciclo es de 13 a 15 días (Alcázar, 2000).

Por otra parte, la reproducción del thrips puede ser tanto sexual como asexual. De esa forma las hembras no fecundadas dan descendencia masculina, mientras que, las fecundadas tendrán una descendencia compuesta por un tercio de machos y dos tercios de hembras.

Huevo: los huevos son microscópicos y casi imposibles de ver, tienen forma de riñón, de color blanco o transparente. Los huevos son insertados uno por uno dentro del tejido de la planta. Solamente una de las puntas del huevo está cerca de la superficie del tejido de la planta para que el inmaduro pueda salir. Los adultos prefieren colocar los huevos en las hojas, en los cotiledones o en los tejidos de las flores.

Larvas o Inmaduros: Son muy pequeñas, de 0.5 a 1.2 mm, su forma es alargada, elíptica y delgadas, los ojos tienen una coloración oscura y son fáciles de observar, la diferencia entre los inmaduros y los adultos es que los inmaduros no tienen alas, por lo que no pueden volar, son de color blanco a amarillo pálido. Se localizan en la base del cuello de la planta o en el suelo, en las etapas inmaduras los thrips prefieren alimentarse de las hojas más jóvenes en la parte superior de la planta. Para observarlos es necesario separar las hojas a la altura del cuello de la planta.

Crisálidas: Hay dos etapas en las cuales los thrips no se alimentan llamadas prepupa y crisálidas, esta etapa la pasan en el suelo. El desarrollo prepupal y pupal combinado se termina en 4-7 días.

Pupa: Son muy pequeñas, tienen la apariencia intermedia entre los inmaduros y los adultos. Las antenas son cortas y los cojinetes alares son visibles, pero pequeños y no funcionales. Son de color amarillo pálido o café. Se localizan en la base del cuello de la planta o en el suelo, en esta etapa los thrips no se alimentan.

Adulto: Llegan a medir hasta 2 mm, tienen alas completamente desarrolladas y distintas a las de otros insectos; tienen una sola vena longitudinal a la que se le adhieren verticalmente muchos pelos y son de apariencia plumosa. Cuando descansan, las alas permanecen dobladas a lo largo del dorso del insecto, de color amarillo a café oscuro. Los adultos son más activos que los inmaduros y las pupas, ya que pueden volar. Los thrips son atraídos por los colores amarillo y blanco y se localizan en las flores. (Infoagro, 2011).

Control: Existen varios métodos de control de thrips, el más usual es el control químico aunque no de mayor éxito, ya que para obtener una mejor eficiencia de este método se deben hacer varias aplicaciones durante el desarrollo del cultivo, de tal manera que las poblaciones de thrips disminuyan considerablemente y por ende los daños al cultivo. Los agroquímicos que se emplean en el control de esta plaga son altamente tóxicos, los cuales causan daños considerables en el medio ambiente (Dughetti, 1997).

Principales Enfermedades y su Control

De acuerdo a Roumagnac *et al.*, (2003), Messiaen *et al.* (1995) y Mendoza (1996), las principales enfermedades del ajo son:

Tizón foliar-*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*

Características del Patógeno

El tizón foliar de la cebolla fue reportada por primera vez en 1971, en Barbados. En 1978 se presentó en Hawai, donde fue caracterizado este agente causal. En los últimos años se ha descrito en varios países del mundo como; El Caribe Oriental, territorio continental de Estados Unidos, América del Sur, Sudáfrica, Asia, y la isla de la Reunión, Francia no solo afectando a cebolla sino también al ajo. Una enfermedad muy similar fue reportada en la cebolla en el Valle de Texas en los años 1940 y 1950,

pero no se informó de nuevo o no se ha investigado hasta 50 años después. (Schwartz y Gante 2005).

En el año 2000, en el estado de Colorado, Estados Unidos, fue reportada esta enfermedad como un factor limitante en la producción de cebolla; en este mismo año fue detectada e identificada en Japón como *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* (Roumagnac *et al.*, 2003).

Síntomas

Los síntomas pueden aparecer en cualquier etapa del desarrollo del cultivo, en los cultivares de día corto, pero en general se desarrollan durante la iniciación del bulbo o después en las variedades de día largo. Las lesiones iniciales en las hojas son lenticulares de color blanco, en cuyo margen se presenta una secreción húmeda, las cuales al crecer forman estrías de color café claro, rodeadas de áreas cloróticas y la zona de avance de la infección mantiene un aspecto húmedo. Cuando las condiciones del clima son calientes y secas, los tejidos y las lesiones infectadas se secan y se vuelven frágiles, pero mantiene su color característico color café.

En ocasiones, las hojas afectadas sufren un agrietamiento. Si la infección se inicia en los ápices o llega a estos provoca muerte descendente y la necrosis se extiende al resto de la hoja. Si la enfermedad se presenta bajo condiciones favorables en las primeras etapas de desarrollo todas las hojas pueden ser completamente arruinadas, dando como resultado la muerte prematura de plantas. La pudrición del bulbo no sea detectado. Los síntomas son similares en cebollino (*A. schoenoprasum*), ajo (*A. sativum*), puerro (*A. porrum*), chalotes (*A. cepa* var. *Ascalonicum*) y cebolleta (*A. fistulosum*), pero tienden a ser más severas en cebolla. (Schwartz y Gante 2005).

Ciclo de la Enfermedad

La enfermedad se puede iniciar a partir de semillas infectadas o plántulas infectadas. Si existe una combinación entre alta humedad relativa, temperaturas superiores a 26.6 °C (que por lo general prevalecen los meses de julio y agosto después de la iniciación del bulbo), y alta fertilización nitrogenada, la incidencia y severidad se incrementarán, a tal grado que pueden provocar la pérdida del cultivo, los síntomas suelen aparecer en las hojas más viejas, incluso a baja humedad (Roumagnac *et al.*, 2003).

Los brotes severos de la enfermedad a menudo se producen en poco tiempo esto es de 7 a 10 días después de un periodo de clima húmedo y lluvioso, granizo y vientos fuertes, que pueden causar heridas a la planta, lo que permite que los patógenos puedan entrar e infectar a los tejidos vegetales.

Una vez que se presenta la enfermedad, el patógeno puede persistir de un ciclo a otro en los residuos de cosecha, en plantas de cebolla que crecen espontáneamente, en malezas y en leguminosas como: frijol (*Phaseolus vulgaris*), alubia (*Phaseolus lunatus*), soya (*Glycine max*), sequidilla (*Psophocarpus tetragonolobus*), alfalfa (*Medicago sativa*) y chícharo (*Pisum sativum*) (Roumagnac *et al.*, 2003).

Control

Para el manejo de la enfermedad se debe considerar su fuente de inóculo primario y vías de disseminación, así como las condiciones ambientales y la etapa fenológica más susceptible. Por lo tanto, hay que utilizar semillas o plántulas sanas, libres del patógeno, evitar el estrés y la selección adecuada de plaguicidas. Las variedades con resistencia completa a Tizón foliar no están disponibles comercialmente, pero varían cuantitativamente en su reacción a la enfermedad. Las

variedades tolerantes y resistencia moderada son las blancas como el “Cometa”, “Blanco Duro” y Alirrojo.

Si la enfermedad ya se presentó en el ciclo anterior, se deberá incorporar al suelo los residuos de la cosecha y evitar establecer el cultivo en terrenos cercanos donde se siembren leguminosas. Eliminar todas las plantas espontáneas de cebolla, de leguminosas y malezas propias del cultivo, así como también evitar el riego por aspersión. Realizar monitoreos para detectar lo más pronto posible la presencia de hojas enfermas para eliminarlas inmediatamente. Estar al pendiente de las condiciones ambientales; si estas son favorables para el patógeno, las plantas se pueden proteger con la aplicación de fosfonatos como fertilizantes de fósforo, potasio y calcio, Ácido fosforoso, Propamocarb + Fosetyl, Tris-(O-etil fosfonato) de aluminio (este producto fue el precursor en el mercado del uso de los fosfonatos). (EDA, 2008).

En caso de que haya varias plantas enfermas cuando se detecta la enfermedad, se pueden aplicar compuestos de cobre por ejemplo las formulaciones de hidróxido de cobre, como hidróxido de cobre (Kocide o NuCop) solo o en combinación con un ditiocarbamato etilénbis como Maneb, ya que pueden dar buenos resultados para controlar la enfermedad.

La resistencia sistémica adquirida por las aplicaciones foliares de Acibenzolar-S-metil (por ejemplo, Actigard dosis 50 g/ha), detiene eficazmente al tizón de la hoja en las zonas semiáridas (Syngenta®, 2011). El Control biológico de *Xanthomonas* tizón de la hoja con bacteriófagos y bacterias antagonistas disponibles comercialmente parecen ser prometedoras.

Control Químico

El control químico es la represión de poblaciones plaga o la reducción de su desarrollo mediante el uso de sustancias sintéticas. Los compuestos químicos que

se utilizan en la protección de los cultivos reciben el nombre genérico de pesticidas o plaguicidas (García, 2008).

Este control puede ser muy efectivo sin costar mucho. Los pesticidas tienen un lugar muy importante en el control integrado de plagas y enfermedades, pero el mal uso de pesticidas ha traído muchos problemas. Uno de los productos recomendados para el control de esta enfermedad es la Cuprimicina[®] agrícola 5% Hyper (Bravoag) con actividad bactericida-micoplasmicida, presentado como polvo soluble. Además de ser un antibiótico de amplio espectro de acción para el control y prevención de enfermedades causadas por bacterias y fitoplasmas que atacan a los cultivos (Bravoag, 2007).

Cuprimicina[®] Agrícola 5% Hyper

Ingrediente activo

Oxitetraciclina: Clorhidrato de oxitetraciclina (Polvo soluble, Equivalente a 50 g de i.a./kg).

Modo de Acción

La oxitetraciclina interfiere en la síntesis de proteínas en las bacterias especialmente a nivel de RNA y ADN; ácidos nucleicos de vital importancia en las células bacterianas.

La oxitetraciclina tiene acción bactericida en los rangos de 125 - 250 ppm de concentración. Aparte del efecto bactericida de la oxitetraciclina, también se le ha detectado control sobre enfermedades causadas por fitoplasmas, al aplicar este producto se detiene el desarrollo de la enfermedad y se logra una amplia remisión de síntomas y formación de nuevo tejido vegetativo.

Si la incidencia de la enfermedad ha sido muy alta, se recomienda hacer una rotación de cultivos de al menos dos años con maíz u otra gramínea, evitando la siembra de cualquier leguminosa.

Podredumbre Blanca- *Sclerotium cepivoum* Berk.

Características del Patógeno

Aunque no se conoce una forma perfecta del hongo, este se relaciona de forma evidente con los de *Sclerotinia*, por la estructura de sus pequeños esclerocios (0.5 mm de diámetro), el aspecto macro y microscopio de su micelio y su forma microconídica.

En tejido vivo y en medio de cultivo desarrolla abundante micelio blanco, algodonoso y ramificado, donde se forman posteriormente esclerocios esféricos, pequeños y negros sobre la superficie. Los esclerocios maduros muestran rápidamente su corteza diferenciada y frecuentemente con paredes pigmentadas, la corteza es de 2 a 3 células gruesas. La corteza y médula muestran contenido celular granular, la pared de las células no. En general hay producción abundante de esclerocios pero se reportan razas aberrantes que solo producen micelio (Mendoza, 1996).

Síntomas

La enfermedad puede atacar a la planta en cualquier etapa de su ciclo, siendo capaz de destruir las raíces, los discos de la base de vainas foliares y los bulbos en proceso de crecimiento y desarrollo.

Los primeros síntomas se inician con el amarillamiento y reblandecimiento de las primeras hojas. Si se extrae la planta, se observa una podredumbre de apariencia desecada y con algunos esclerocios.

Al principio de la fructificación y la cosecha se produce un amarillamiento de las plantas afectadas que comienza por las hojas de la base, estas se tornan lacias y se secan prematuramente, las vainas foliares se recubren en su base de una costra de esclerocios que se prolonga por un micelio algodonoso. En el interior del bulbo se observa la ramificación del micelio de color blanco grisáceo. Los tejidos de las vainas foliares y de los dientes se pudren y se tornan traslucidos (Mendoza, 1996).

Ciclo de la Enfermedad

Los esclerocios presentes en el suelo pueden tener por origen las raíces de las plantas enfermas de cultivo anteriores y los restos de estos, pero también pueden ser transportados por el agua de riego o las prácticas de cultivo.

Los esclerocios se conservan en el suelo hasta 5 años y en ocasiones incluso durante más tiempo. Son suficientes de uno a cinco esclerocios por kg de tierra para provocar graves estragos (Messiaen *et al.* 1995).

La temperatura para su desarrollo oscila en 4° y 30 °C, con un óptimo entre 20 y 24 °C; la germinación de esclerocios, la infección y el desarrollo también se presentan entre los 10 y 18 °C; a 24 °C, la enfermedad se desarrolla con mayor rapidez.

Control

Se deben adoptar medidas como la practica eventual de tratamientos con fungicidas. Debido a que la supervivencia de los esclerocios puede ser muy prolongada, se aconseja una rotación de cultivos por cinco años como mínimo.

Químicamente se puede prevenir con un recubrimiento de fungicida sobre los bulbos o dientes de siembra, o bien al suelo o al momento de la siembra.

Mildiu Velloso *Peronospora destructor* (Berk.) Camp.

Características del Patógeno

Messiaen *et al.* (1995) y Mendoza (1996) indican que *Peronospora destructor* produce esporangioforos no septados que emergen por los estomas y miden 122 a 150 μ de longitud por 7 a 18 μ de ancho con ramificaciones dicotómicas, con terminales agudas y subagudas donde están adheridos los esporangios que son periniformes u oval alargados, miden de 18 a 29 por 22 a 40 μ , sin papila en su ápice, con paredes delgadas, subhialinas, no forman zoosporas, pero germinan por medio de uno o dos tubos germinales. El micelio es no septado, intercelular, con haustorios filamentosos de 4 a 13 μ dentro de las células del vegetal y miden de 1.3 a 5 μ de diámetro. Los oogonios miden de 43 a 54 μ . Las oosporas miden de 40-44 μ de diámetro y germinan por medio de tubos germinales.

Síntomas

Los síntomas dependen de la forma de infección, los daños iniciales de la enfermedad aparecen en hojas en plantas que son sistemáticamente infectadas en plantas que provienen de bulbos infectados o en forma de lesiones locales debidas al ataque del patógeno transportado por el aire. La infección sistémica se manifiesta con plantas achaparradas con hojas engrosadas o retorcidas y cloróticas y si hay suficiente humedad hay producción externa de micelio y esporulación del hongo sobre la superficie de las hojas, tallos bulbos e inflorescencias, que es de color violeta; si el ambiente es seco solo se ven manchas blancas. Los síntomas de infección local son: manchas de forma oval a cilíndrica, de tamaño variable de color más pálido formadas por capas alternas verdes y amarillas.

El grado de daño depende de las condiciones ambientales, normalmente le favorece a la enfermedad el clima relativamente frío. Si la infección es sistémica no aparecen los síntomas por algún tiempo. La infección en plantas jóvenes reduce

considerablemente el crecimiento del bulbo y si el daño es severo las plantas mueren.

Ciclo de la Enfermedad

El hongo inverna como micelio en bulbos o plantas infectadas, el tubo germinativo forma un apresorio y luego penetra por los estomas y desarrolla un micelio intercelular, con haustorios filamentosos; los esporangios se forman en condiciones de humedad elevada y a una temperatura de 4 a 25 °C, con una óptima de 13 °C, se desarrolla durante la noche y se dispersa por el día, principalmente por aire.

Control

Para el manejo de esta enfermedad se recomienda eliminar los residuos de cosecha y la rotación de cultivos. Químicamente se puede prevenir realizando aspersiones con: etilenbis ditiocarbamato de manganeso (Mancozeb) y Clorotalonil, o realizando tratamientos al suelo con Metalaxil. También se puede prevenir empleando variedades resistentes como la Calred de la cual los tallos florales son resistentes y las hojas son moderadamente resistentes.

Mancha púrpura *Alternaria porri* (Ell.) Cif.

Características del Patógeno

Messiaen *et al.* (1995) y Mendoza (1996) mencionan que los conidióforos son solitarios o en grupos, rectos flexuosos, a veces geniculados, septados, pálidos o cafesuscos, miden 120 μ de longitud y 5 a 10 μ de ancho, con una o varias cicatrices conidiales bien definidas.

Los conidios son de color pálido, medio café dorado usualmente solitarios, rectos o curvados, con cuerpo elipsoidal, el pico es casi de la misma longitud que el

cuerpo pero puede ser más corto o más largo, miden de 100 a 300 por 15 a 20 μ , con 8 a 12 septas transversales y de 0 a varias septas longitudinales u oblicuas.

Síntomas

Los primeros síntomas son pequeñas lesiones foliares de color blanco, hundidos, los cuales se desarrollan concéntricamente, con el centro de color púrpura y con el borde amarillento o rojizo en cada uno de los anillos, llegando a ser varios centímetros de longitud al extenderse a lo largo de las nervaduras. La esporulación se manifiesta en la formación de zonas oscuras formadas por masas superficiales de esporas (conidios) del hongo. Si las condiciones llegan a ser favorables, en 3 o 4 semanas se presenta la defoliación y los tallos atacados se doblan, las escamas llegan a oscurecerse y se desecan. Los bulbos quedan pequeños durante y después de la cosecha de los mismos, estos se observan con pudrición semiacuosa, la cual se inicia por el cuello y toma una coloración amarillo intenso a rojo.

Ciclo de la Enfermedad

El patógeno inverna en forma de micelio y conidios en los residuos de cosecha; los conidios son diseminados por el viento hacia plantas sanas donde penetra por los estomas directamente y se desarrolla en forma inter e intracelular. La enfermedad se ve favorecida con temperaturas de 6 a 34°C, con óptimas de 25 a 27°C y alta humedad relativa (óptima de 90%). Los suelos con alto contenido de nitrógeno, hacen a las plantas más susceptibles a la infección.

Control

Es conveniente destruir todos los residuos de cosecha y bulbos podridos, realizar rotación de cultivos exceptuando cultivos de la misma familia (Liliáceas o Amarilidáceas).

Es recomendable el uso de productos químicos como: Difenoconazole, Pyrimetanil y Trifenil hidróxido de estaño en las épocas favorables a la enfermedad.

Control Biológico y su Importancia

El control biológico es la acción de parásitos, predadores o patógenos para mantener la densidad de población de otro organismo a un promedio más bajo que el que existe en su ausencia; comprende principalmente prácticas que alteran la condición biótica y abiótica, ya sea por hongos, bacterias, nematodos o virus (NAS, 1985 citado por Can, 2005).

El control biológico se puede definir como la reducción de la densidad del inóculo o de la actividad productora de la enfermedad de un patógeno en su estado activo o dormante por uno o más organismos, realizados de manera natural o por la manipulación del medio ambiente, hospedero o antagonista (Chávez, 2005).

El control biológico de los patógenos del suelo con algunos microorganismos ha sido estudiado por más de 65 años, pero durante todo este tiempo, esta estrategia no ha sido considerada comercialmente factible.

Muchos métodos de control de las enfermedades de las plantas son de naturaleza esencialmente biológica; uno de los objetivos de dicho método es alterar el comportamiento del ecosistema del cultivo para perjudicar al patógeno (Manners, 1986).

Antagonismo

Manners (1986), define el antagonismo como una relación entre organismos distintos en la cual uno de ellos inhibe parcial o completamente el crecimiento del otro o que en ocasiones lo mata; se aplica en general a los efectos de metabolitos tóxicos de un organismo sobre el otro.

Microorganismos Antagonistas y Promotores de Crecimiento

Bacillus subtilis

Este tipo de bacterias son fácilmente encontradas en la filosfera de las plantas, en agua dulce, heno, polvo, leche, y principalmente en el suelo. De acuerdo a García (2008), se describe a la Bacteria *Bacillus subtilis*

Características Morfológicas

La forma de *B. subtilis* es de bastones rectos o curvos, con los extremos redondeados, su agrupamiento es aislado y algunas veces en cadenas cortas. Su tamaño oscila entre 3 y 4 μ por 1 μ , forma endosporas ecuatoriales, subterminales, ovales y que germinan lateralmente y son tolerantes a la ebullición, con dimensiones de 1.2 μ por 0.6 μ . Son bacterias del grupo Gram (+) que poseen flagelación peritica de ocho a doce flagelos

Características Fisiológicas

La temperatura óptima para su desarrollo es de 37 °C, es aerobia y anaerobia facultativa, posee una baja capacidad para producir ácido sulfhídrico, no forma indol, dependiendo del sustrato produce una diversidad de compuestos antibióticos y aminoácidos. Antibióticos como la Bacitracina, Polimixina, Tirodicina, etc. El antibiótico es producido cuando el cultivo entra en la fase estacionaria de crecimiento y después se efectúa la esporulación (García, 2008).

Bacillus amyloliquefasciens

Bacillus amyloliquefasciens es conocida por sus propiedades catabólicas y la degradación de macromoléculas complejas como las proteínas extracelulares. Este organismo se encuentra en muestras de suelo de la naturaleza.

Características Morfológicas

Es gram (+), catalasa positiva, aerobia, forma de vara y móvil. Al igual que otros miembros de la familia *Bacillaceae* forma una endospora cuando las condiciones no son favorables, para ser dispersadas en forma de polvo, que luego también se incorpora a las plantas por el suministro de agua.

Características Fisiológicas

B. amyloliquefasciens, es una especie que es la fuente de la enzima de restricción BamH1. La Alfa Amilasa de *B. amyloliquefasciens*, a menudo es usada en la hidrólisis de almidón, es también una fuente de subtilina, una enzima que cataliza la ruptura de las proteínas en forma similar a Trypsina.

Característicamente, *B. amyloliquefasciens* es una bacteria radicular que fue aislada y seleccionada por su capacidad de promover el crecimiento radicular y aumentar la resistencia de la planta frente a factores abióticos y bióticos. El éxito del uso de la bacteria depende siempre de su aplicación preventiva enriqueciendo el suelo de sus cultivos (Agrotterra, 2011).

Bioshield-R (Estimulante e Inoculante Radicular)

Bioshield-R es un producto microbiológico formulado a partir de cepas de *Bacillus* nativas de suelos mexicanos, las cuales poseen una amplia capacidad de adaptación en el suelo o sustrato. Las esporas bacterianas contenidas en Bioshield-R se encuentran en fase de latencia, las cuales al ser aplicadas al suelo o sustrato inician su germinación, colonizando rápidamente la superficie de las raíces; una vez en el rizoplasma, estas bacterias compiten por espacio y alimento con hongos patógenos, además de producir compuestos con actividad fungicida y fungistática, logrando en poco tiempo formar un escudo alrededor de las raíces y evitar o retrasar la infección. Las cepas de Bioshield-R (PGPR) producen compuestos que estimulan

el crecimiento de las plantas, reflejándose en rendimiento y calidad de cosechas. Este producto está compuesto por un complejo de rizobacterias esporuladas (PGPR) *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefasciens*, *B. liqueniformis*, *B. megaterium* y *B. mycoides* equivalente a 1×10^9

Se recomienda fermentar Bioshield-R con productos ricos en materia orgánica y carbohidratos como melaza, ácido fúlvico o húmico, harina de arroz o de soya, esto por un mínimo de 24 h y un máximo de 72 h.

Jasmonatos

El ácido jasmónico (AJ) es considerado un poderoso regulador del crecimiento en plantas. Fue aislado por primera vez del cultivo del hongo *Lasiodiplodia theobromae* (Demole, 1962), que posteriormente se reagrupó en *Botryodiplodia theobromae* (Miersch *et al.* 1991). En ese mismo año el metil jasmonato (MJ) se descubrió en flores de jazmín, *Jasminium grandiflorum*.

Los jasmonatos son fitohormonas lipídicas, derivados oxigenados de los ácidos grasos linoleico, principalmente, que actúan como moléculas señalizadoras de la respuesta de las plantas a numerosas situaciones de estrés y participan en diversos procesos de desarrollo.

Entre las situaciones de estrés que regulan están las heridas (mecánicas o bióticas), la exposición a ozono, sequía y el ataque por patógenos y plagas.

Entre los procesos de desarrollo en los que participan los jasmonatos están el crecimiento de la raíz, la tuberización, la maduración de frutos, senescencia, desarrollo del polen y enrollamiento de zarcillos (Farmer *et al.*, 2003; Rojo *et al.*, 2003; Wasternac, 2007).

Su síntesis es por medio de la ruta del ácido octadecanoide, partiendo del ácido linoleico, proveniente de las membranas celulares hasta la formación del ácido jasmónico el cual sufre una sustitución en el segundo carbono por la enzima carboxil metiltransferasa (JMT) para formar el jasmonato de metilo (Cheong y Choi, 2003).

Modo de Acción del Ácido Jasmónico Durante la Respuesta de Defensa

Entre los productos genéricos relacionados de algún modo con una respuesta defensiva contra insectos o patógenos inducida por AJ, se encuentran los inhibidores de proteasas, las enzimas que participan en su propia síntesis, como 13-LOX, AOS, AOC, y que contribuyen a amplificar la respuesta gracias a una rápida acumulación de esta molécula, la prosistemina, que es el precursor del polipéptido bioactivo sistemina, proteínas inactivadoras de ribosomas (RIPs) enzimas de la ruta de los fenil propanoides, involucradas en la síntesis de fitoalexinas y ligninas, proteínas de la pared celular, proteínas de acción anti-fúngica como tioninas, defensinas y osmotinas y enzimas que favorecen la acumulación de diversos metabolitos secundarios como alcaloides (Creelman y Mullet, 1997; Wasternak y Parthier, 1997; Ryan, 2000; Memelink *et al.*, 2001).

En las respuestas defensivas inducidas local y sistémicamente ante el ataque por patógenos están la acumulación de las llamadas proteínas asociadas con patogénesis y las enzimas involucradas en la síntesis de fitoalexinas. En relación a estas, los primeros estudios realizados para definir el papel de AJ en la defensa contra patógenos en cebada y soya, demostraron que este evocador era capaz de inducir genes que codificaban para enzimas clave en su ruta biosintética como chalcona sintasa y fenil alanina amonio liasa (PAL).

El Ácido Salicílico

La producción de AS *in vitro* por las cepas de *Pseudomonas fluorescens*, *Burkholderia cepacia* y *Pseudomonas aeruginosa* (controles) fue analizada

cuantitativamente por espectrofotómetro mediante la detección del complejo púrpura formado por la unión del hierro y el AS. Los resultados demostraron diferentes niveles en la producción de AS para las cepas estudiadas con diferencias significativas entre ellas para un $p < 0.05$. La cepa de *Pseudomonas aeruginosa* KMPCH, utilizada como control positivo, mostró niveles altos de producción de este metabolito, lo que corrobora los buenos resultados obtenidos con esta cepa en la inducción de resistencia en frijol ante el ataque de *Botrytis cinerea* y *Colletotrichum lindemuthianum* (De Meyer y Hofte, 1997).

El ácido salicílico (AS) es muy conocido, por el extenso uso clínico de la aspirina (ácido acetilsalicílico). El nombre del ácido salicílico proviene de *Salix alba*, el árbol cuyas hojas y corteza tradicionalmente se utilizaban como cura para el dolor y fiebre y de donde Johann Buchner en 1828 aisló la salicina. En 1874 se inició la producción comercial de AS en Alemania, mientras que en el nombre comercial de aspirina, aplicado al ácido acetilsalicílico fue introducido en 1898 por Bayer Company (Raskin, 1992).

Los compuestos fenólicos participan en muchas funciones metabólicas en plantas, como son la síntesis de lignina, actividad alelopática, y en algunos casos en la biosíntesis de compuestos relacionados a la defensa como las fitoalexinas.

El AS participa en procesos como la germinación de semillas, crecimiento celular, respiración, cierre de estomas, expresión de genes asociados a senescencia, repuesta a estrés abiótico y de forma esencial en la termogénesis, así como en la resistencia a enfermedades (Raskin, 1992; Métraux y Raskin, 1993; Humphreys y Chapple, 2002; Vlot *et al.*, 2009).

Modo de Acción del Ácido Salicílico Durante la Respuesta de Defensa

Se ha propuesto un modo de acción para el AS basándose en el hallazgo de que éste se une e inhibe a la enzima catalasa (Chen *et al.*, 1993; Loake y Grant, 2007).

La inhibición de la catalasa podría conducir a un incremento en la concentración del peróxido de hidrogeno (H_2O_2) o de otras especies reactivas de oxígeno derivadas de esta molécula.

El H_2O_2 podría tener una actividad antibiótica en contra de patógenos, y sus intermediarios podrían en la cascada de señalización para la expresión de genes de defensa (Durner *et al.*, 1997; Loake y Grant, 2007).

La combinación de materiales biológicos y su efecto en la inducción de resistencia a patógenos en plantas vía la inducción de jasmonatos y silicatos es una posible vía de mejorar la respuesta de la planta al patógeno. Basados en este razonamiento se propuso cuantificar el grado de respuesta basado en la incidencia y severidad del tizón bacteriano común del ajo y cuantificar de manera indirecta la persistencia y la severidad de esta enfermedad en ajo bajo tratamiento con la mezclas de bacterias antagonistas del tipo *Bacillus* (Bioshield-R), extracto de la fermentación de *Botryodiplodia theobromae*, extracto de la fermentación de *Pseudomonas* spp. productoras del ácido jasmónico y salicílico respectivamente, esperando con ello reducir los daños provocados por *Xanthomonas axenpodis* o de los síntomas que esta bacteria causa como, lo es el tizón foliar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Trabajo

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el campo experimental “El Bajío” ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, situado entre los 25° 22” LN y 100° 05” 5’ LW, con una Altitud de 1743 msnm.

Material biológico

Los extractos de ácido jasmónico fueron proporcionados por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila y fueron obtenidos a partir de la fermentación aeróbica del hongo *Botryodiplodia theobromae*. El extracto conteniendo ácido salicílico fue proporcionado por la misma institución y es un producto obtenido de la fermentación de *Pseudomonas* spp., bajo condiciones de laboratorio.

Recolección de muestras

Se recolectaron muestras al azar de hojas de ajo en etapa de desarrollo fenológico de crecimiento (hojas grandes y pequeñas) del mismo cultivo en el campo experimental “El Bajío”, en donde se observó la presencia de lesiones en los ápices de la hoja de color café claro. El material colectado se colocó en bolsas plásticas transparentes para ser llevadas al Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología Agrícola para su procesamiento.

Aislamiento y Purificación de *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*

Las hojas de ajo colectadas se cortaron en trozos los que fueron lavados con agua corriente y desinfectados en hipoclorito de sodio al 0.1%, estas porciones fueron macerados en agua destilada en bolsas para maceración, de donde se tomo una azada con un asa bacteriológica y se sembró por estría cruzada en cajas petri con medios de cultivo selectivos (KB); Peptona, K₂HPO₄, MgSO₄, Glicerol, Agar, Agua destilada., (TB) Peptona, KBr, CaCl₂, H₃BO₃, Agar, Cyclohexamida, Cephalaxina, 5-fluoracil, Agua destilada y (CNS) Caldo Nutritivo, extracto de levadura, KH₂PO₄, K₂HPO, Glucosa, Agar, Cyclohexamida, Sulfato de Polymixina B, Agua destilada. Las placas se colocaron en una incubadora bajo condiciones de laboratorio a una temperatura de 26 °C durante 4 días, después del periodo de incubación se observaron en el microscopio las colonias de color amarillo huevo y de consistencia mucoide, semejantes al agente causal, de donde se selecciono una colonia para purificar en un medio de cultivo nuevo KB, para obtener así, un cultivo puro y para dar continuidad con las pruebas de patogenicidad.

Identificación y Caracterización de la Bacteria

Para la identificación y caracterización del género y especie de la bacteria *Xanthomonas axonopodis* aislada de muestras de ajo con síntomas de tizón, se realizaron pruebas fisiológicas (Oxidación fermentación, Ryu, Tinción de gram, Oxidasa, Catalasa, Levana y YDC) y pruebas bioquímicas como; (hidrolisis de esculina, hidrolisis de almidón medio SX, hidrolisis de almidón medio agar producción de acido sulfhídrico y producción de acido de arabinosa) de acuerdo a los métodos descritos por Schaad *et al.* (2001) y Rodríguez, (2001).

Diseño del Experimento

El experimento se estableció en campo, mediante un diseño de bloques al azar y consistió de seis tratamientos contemplando el testigo absoluto (*Bacillus* spp,

Bacillus spp.+ácido jasmónico+ácido salicílico, cuprimicina agrícola, ácido jasmónico, ácido salicílico y un testigo absoluto). Cada tratamiento constó de tres repeticiones. Los parámetros evaluados fueron la incidencia y severidad del tizón foliar causada por la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* en ajo Var. Perla y expresado los datos en porcentaje tanto en planta como por hoja.

La parcela experimental se trazo en un lote de ajo ya establecido marcando 6 surcos dobles de 70 m de longitud c/u dejando 3 surcos en la parte este y oeste para evitar el efecto orilla, la evaluación se efectuó en el surco experimental dividiéndolo en 5 partes dejando la parte inicial del lado norte y final del lado sur para evitar el efecto orilla, cada unidad experimental constó de una longitud de 14 m.

Aplicación de Tratamientos

La primera aplicación se realizó en la parte foliar sobre el cultivo ya establecido, las siguientes aplicaciones se realizaron cada ocho días después de la primera aplicación. El equipo utilizado fue una aspersora manual de 4 L de capacidad; la concentración aplicada fue disuelta en un litro de agua por repetición y fue la siguiente:

Cuadro 3. Aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis
T1 <i>Bacillus</i> spp.	--	10 mL/L
T2 <i>Bacillus</i> .+Ac.Jas*.+Ac.Salicílico**	--	10 + 1+ 1 mL/L
T3 Cuprimicina agrícola	Oxitetraciclina	1 g /L
T4 Ac. Jasmónico*	--	1 mL/L
T5 Ac. Salicílico**	--	1 mL/L
T6 Testigo	--	0

* Extracto de fermentación de *Botryodiplodia theobromae*

** Extracto de fermentación de *Pseudomonas* sp.

La primera aplicación se realizó el día 18 de febrero de 2011, y las siguientes aplicaciones se realizaron cada ocho días. Se realizaron un total de cuatro aplicaciones en el cultivo.

Toma de Datos

Se realizó un muestreo de pre-aplicación. La primera aplicación (18 de febrero de 2011), posteriormente se realizó 4 muestreos más, cada 8 días. Se seleccionaron 10 plantas por repetición en el experimento de campo, las variables evaluadas fueron, incidencia y severidad medidas con una regla metálica de 50 cm.

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y las medias fueron comparadas de acuerdo a la prueba de comparación de medias mediante la prueba DMS (Diferencia mínima significativa) empleando el paquete estadístico SAS System versión. 9.0 (SAS, 2002). Las variables evaluadas fueron severidad en hoja y planta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de plantas de ajo en cultivo del campo experimental el Bajío de la UAAAN, con síntomas de tizón bacteriano en la punta de las hojas, se aisló una bacteria que de acuerdo a sus características fisiológicas y bioquímicas (cuadro 4), se identificó como *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* (Schaad *et al.*, 2001) esta bacteria ha sido reportada como el agente causal del Tizón foliar del ajo (Roumagnac *et al.*, 2003). Las características sintomatológicas aparentes son las de hojas con punta o ápices de crecimiento café claros que tienden a descender atacando a la planta hasta secar la hoja o la planta por completo si el cultivo no se trata (Roumagnac *et al.*, 2003). Colonias de esta bacteria fueron purificadas por estría en el mismo medio, la bacteria fue gram negativa (Fig.1), además de desarrollar un pigmento amarillo característicos de la especie (Fig. 2).

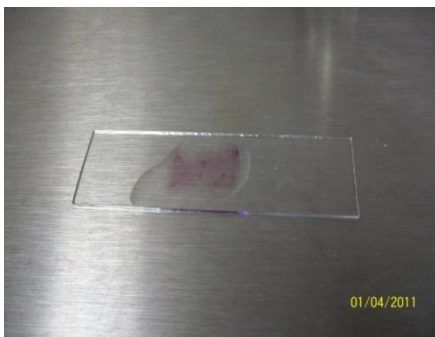


Fig.1. Tinción de Gram negativa

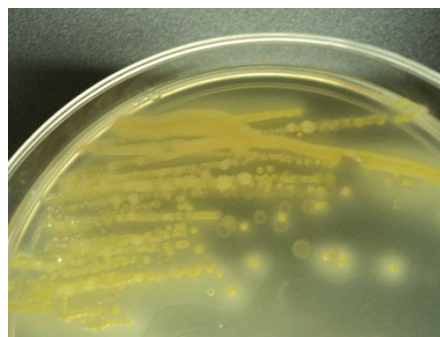


Fig.2. Característica fisiológica de la especie

Esta misma bacteria produjo una reacción positiva al desdoblamiento del peróxido de hidrogeno (catalasa) (Fig. 3), almidón α (amilasa) (Fig. 4 y 5), siendo negativa a la oxidasa (Fig. 6).



Fig.3. Prueba positiva de catalasa

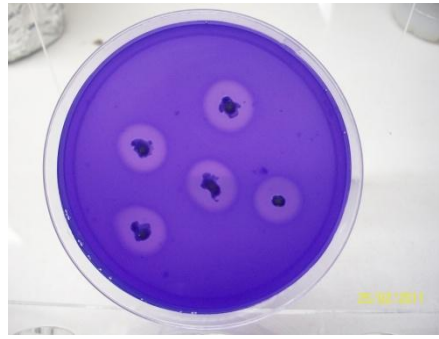


Fig.4. Hidrólisis de almidón medio SX



Fig.5. Hidrólisis de almidón



Fig.6. Prueba de Oxidasa negativa

Esta bacteria es productora de ácido sulfhídrico (Fig. 7) y produce ácidos a partir de carbohidratos (Fig. 8).



Fig.7. Producción de H₂S

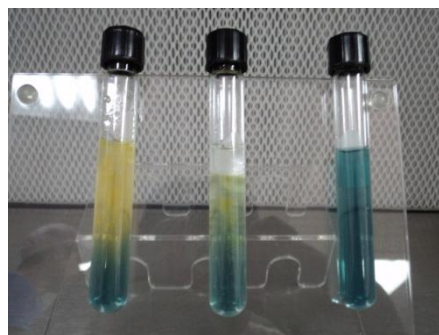


Fig.8. Oxidación fermentación

La prueba de Ryu para polisacáridos resulto positiva (Fig. 9), acidifico la arabinosa (Fig. 10), e hidrolizó la esculina (Fig. 11), además de sintetizar levana (Fig. 12),

además de producir pigmentos de color amarillo, mucoides, consistencia gelatinosa y aspecto brillantes (Fig. 13).

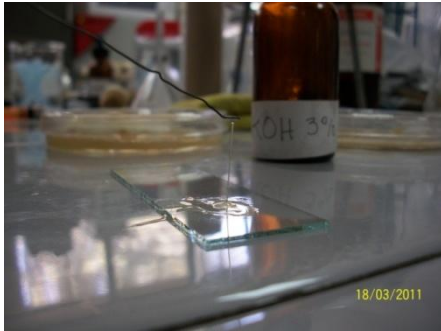


Fig.9. Reacción positiva de Ryu



Fig.10. Producción de ácido de arabinosa

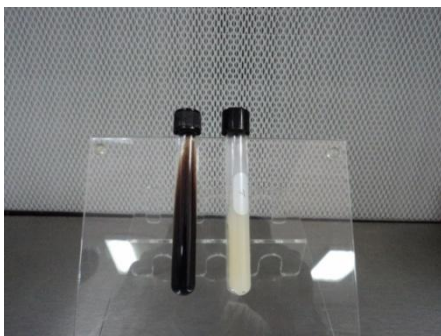


Fig.11. Hidrólisis de la esculina



Fig.12. Producción de levana

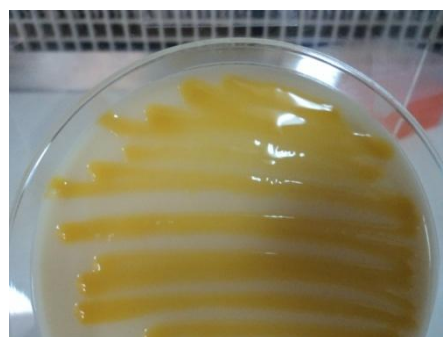


Fig.13. Prueba positiva de YDC

Cuadro 4. Características, fisiológicas y bioquímicas de acuerdo a (Shaad *et al.*, 2001) y de la bacteria aislada de la hoja del ajo.

Prueba	<i>Xanthomonas.</i> <i>axonopodis</i> (Shaad <i>et al.</i> , 2001)	* <i>Xanthomonas.</i> <i>axonopodis</i> pv. <i>allii</i>	Figuras
Tinción de Gram	-	-	1
Catalasa	+	+	3
Hidrolisis de almidón medio (SX)	+	+	4
Hidrolisis de almidón (Agar)	+	+	5
Oxidasa	-	-	6
H ₂ S	+	+	7
Oxidación fermentación	(+/-)	+	8
Ryu al 3%	+	+	9
Producción de ácido de arabinosa	+	+	10
Hidrolisis de la esculina	+	+	11
Producción de levana	+	+	12
Dextrosa, carbonato de calcio, extracto de levadura (YDC)	+	+	13

* Tizón foliar aislado del cultivo del ajo.

Incidencia y Severidad por Hoja

La incidencia de la enfermedad tanto en la hoja como en la planta fue del 100%; se pudo observar que la enfermedad estuvo presente de manera homogénea en todo el cultivo del ajo (figura.14). En el caso de la severidad, se observó que el análisis de varianza no muestra una diferencia estadística entre los tratamientos (cuadro 5).



Fig. 14. Cultivo del ajo con síntomas de tizón bacteriano.

El análisis de datos de las medias de la severidad en la hoja en el siguiente muestreo después de la aplicación de los tratamientos, (realizado el 28 de febrero) muestra una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el nivel de daño del tizón bacteriano en relación con el primer muestreo siendo el ácido jasmónico el mejor tratamiento, ya que disminuyó la severidad (0.1cm) que representa un 3%, mientras que el tercer muestreo 7 de marzo también hubo diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) en el nivel de daño (0.5cm) siendo este de un 14.3% menor en comparación al 28 de febrero. Para el 14 de marzo, la diferencia fue mínima de (0.17cm) que representa un 5.2% en comparación al 7 de marzo (cuadro. 5).

La manifestación de los síntomas del tizón bacteriano del ajo medida en función de la incidencia no se redujo de manera substancial. La incidencia permaneció en el

100% de las plantas, sin embargo la severidad se cuantifico en función al daño después de realizar la aplicación de los tratamientos teniendo una mejor actividad y una mayor reducción de la severidad a la segunda aplicación. Tanto en el segundo como en el tercer muestreo la severidad se redujo en función de los tratamientos donde el ácido jasmónico y ácido salicílico siguen siendo los que arrojan mejores resultados, dado que muestran una disminución del avance del tizón bacteriano, que representa una disminución de 0.52 cm y 0.13 cm respecto al testigo en el tamaño del daño.

Cuadro. 5. Tamaño de la severidad (cm) por hoja del cultivo de ajo afectado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*.

Trata.	Muestre o inicial 18/Feb.	Segundo muestreo 28/Feb./2011	Tercer muestreo 07/Mar./2011	Cuarto muestreo 14/Mar./2011	Media del daño (cm)	Long. del daño (cm)
T1 B.	4.24 a	4.00 bcd	4.60 a	5.23 a	4.61	+ 0.37
T2 B.+J+S	3.98 a	4.39 abc	4.60 a	5.17 ab	4.72	+ 0.74
T3 Cup.	3.97 a	4.88 a	3.35 b	4.65 b	4.29	+ 0.32
T4 Jas.	3.87 a	3.77 cd	3.23 b	3.06 d	3.35	- 0.52
T5 Sal.	3.73 a	3.43 d	4.25 ab	3.89 c	3.86	- 0.13
T6 Test.	4.26 a	4.50 ab	4.15 ab	3.70 c	4.12	+ 0.14
C.V.	13.63	9.30	14.37	6.99		

B= *Bacillus*, B+J+S= *Bacillus* + Jasmonico + Salicílico, Cup= Cuprimicina, Jas= Jasmonico, Sal= Salicílico. Las medias con la misma letra mostradas en las columnas son estadísticamente iguales (DMS, P≤ 0.05).C.V.= Coeficiente de Variación.

Se apreció que la diferencia de daño fueron mínimas y en algunos casos negativas pudiendo deberse esto al desprendimiento de la hoja, al manipuleo y viento dado que los ápices de las hojas se volvieron quebradizos y secos, lo que pudo afectar la medición del daño.

Severidad por Planta

El daño del tizón bacteriano cuantificado por planta en el lote experimental de ajo, mostró diferencias en su distribución y daño antes de efectuar la aplicación de los tratamientos, al igual que posterior a los tratamientos, sin embargo fue notoria que el nivel de daño en las aplicaciones a base de extracto diluidos de ácido jasmónico detiene el daño del tizón, medido en centímetros, ya que fue menor que los testigos comerciales y absoluto, aunque en este ultimo el daño aparente fue menor que en el comercial, debiéndose esto a que parte del daño provocado por el tizón es el desprendimiento de la hoja con el manipuleo y viento. Si bien estadísticamente el daño por tizón bacteriano en la planta y hoja es similar en los tratamientos que involucran los extractos conteniendo ácido jasmónico, estos no son diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$), sin embargo física y sintomáticamente el daño aparente es menor.

Cuadro 6. Porcentaje de severidad (cm) por planta del cultivo del ajo dañado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*.

Tratamientos	Muestreo inicial (cm)	Segundo muestreo (cm)	Dif. de daño (%)
	23/Mar./2011	31/Mar./2011	
T1 Cup 1g/L	16.74 ab	21.66 a	+4.92
T2 Testigo.	19.84 a	18.66 ab	- 1.18*
T3 Jas. B 1%	18.53 ab	18.06 ab	- 0.47
T4 Jas. M 3%	18.06 ab	18.40 ab	+ 0.34
T5 Jas. A 5%	15.23 b	17.03 b	+1.18
C.V.	11.48 %	13.22 %	

Cup= Cuprimicina, Jas B= Jasmónico Bajo, Jas M= Jasmónico Medio, Jas A = Jasmónico Alto, (Prueba de comparación de medias DMS, $P \leq 0.05$). C.V.= Coeficiente de Variación.

Las diferencias negativas de daño se pudieron deber al desprendimiento de la hoja, al manipuleo y viento, y a los ápices secos que se desprenden fácilmente de la hoja afectando la medición en campo.

Fue notorio también en esta experimentación que la aplicación de extractos de ácido jasmónico en bajas diluciones permite una mejor respuesta de la planta dado que aplicaciones en concentraciones superiores al 1%, manifestaron toxicidad en el cultivo (datos no mostrados) y en algunos casos (10%) hasta la muerte completa de la planta. Esto pudiera estar relacionado con los niveles de expresión de respuesta de la planta al inducir una respuesta rápida de pérdida o secado de tejidos debido a la inducción de respuesta provocado por los niveles de concentración de ácido jasmónico presentes en el extracto (Berrocal *et al.*, 2002), así como también por fitotoxicidad.

A partir de la década de los ochenta, se pudo demostrar otros efectos del ácido jasmónico tales como: incremento de rendimientos agrícolas en fresa, soya y caña de azúcar; estimulación de la formación de tubérculos en *Dioscorea* spp. (Koda *et al.*, 1991), y un especial papel en los mecanismos de defensa de las plantas (Kitahara *et al.*, 1991). Se conoce que la activación de genes en las plantas por el ataque de patógenos o por heridas mecánicas provoca la síntesis de sustancias de defensa como el inhibidor de proteasas en las zonas dañadas (Cohen *et al.*, 1993 y Xu *et al.*, 1993). La aplicación del AJ en plantas de tomate y tubérculos de papa ha provocado la acumulación del inhibidor de proteasas (Yamagashi *et al.*, 1993). Los jasmonatos también pueden jugar un papel directo en la defensa de las plantas, se ha demostrado que la aplicación de AJ en plantas de arroz inhibe la germinación de esporas de *Pyricularia oryzae*, hongo que provoca la enfermedad conocida como tizón del arroz (Hamberg y Gardner, 1992).

La inducción de resistencia (SAR por sus siglas en inglés) de las plantas es un concepto antiguo, pero recientemente se conoce su funcionamiento y como manipularlo para reducir la incidencia de enfermedades y plagas en los cultivos. El ácido salicílico (AS) como activador de las defensas de plantas contra hongos, virus, bacterias, nematodos e insectos. También de manera reciente se comienza a usar en la agricultura.

Las plantas al ser estimuladas tiene una gran capacidad de crear defensas, muchas de estas estimulaciones pueden formar compuestos para la defensa directa contra los insectos, hongos u otras sustancias que promueven la resistencia. El AS es uno de los compuestos claves para la estimulación de las defensas en las plantas por su capacidad sistémica de moverse y estimular a la planta a protegerse. Cuando una planta se le estimula con AS extractos vegetales o algún otro compuesto genéticamente cuenta con la capacidad de formar agregados para protegerse contra el patógeno o insecto. Si la genética de la planta no tiene los factores de protección hacia estos, no tendremos ningún efecto positivo de protección. Algunos de los compuestos que forman las plantas para sus defensas al estimularse con AS son: Chitinasa, Beta-1,3-glucanasa, Ácido jasmónico, Letucinina, Rishitina y otros. La desventaja del AS es que su vida dentro de la planta es muy corta, siendo inmovilizada en las paredes celulares, por lo cual se vuelve necesaria la aplicación rutinaria durante toda la vida del cultivo para poder tener altos niveles de resistencia (EDA, 2008).

La propiedad de estimular mecanismos defensivos naturales sugiere que el AJ y AS son preventivos, no curativos, podría ser una alternativa para substituir o complementar el uso de insecticidas sintéticos y/o plantas transgénicas para el control de plagas a gran escala ya que no dañan al ambiente, al ser humano y/o a los organismos benéficos y se pueden lograr cultivos más sanos con mejores rendimientos.

Aunque existen numerosos ejemplos sobre interacciones entre AS y JA en la señalización de los mecanismos de defensa, aún faltan por elucidar los componentes implicados y la forma en que estas interacciones se llevan a cabo.

CONCLUSIONES

El agente causal del tizón foliar del ajo en el campo experimental “El Bajío” de Buenavista Saltillo, Coahuila, México fue la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. Esta enfermedad se presentó de manera generalizada en el cultivo con diferente grado de severidad.

Las aplicaciones de extracto de ácido jasmónico proveniente de *Botryodiplodia theobromae* permitieron la reducción de los niveles de daño de la bacteria en el cultivo de ajo, sin reducción de la incidencia de la enfermedad. La aplicación del ácido jasmónico se comportó de manera similar al testigo comercial cuyo ingrediente activo es la oxitetraciclina en cuanto a los niveles de daño provocados por *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*.

LITERATURA CITADA

- Alcázar, M.D.; Belda, J.E.; Barranco, P. & Cabello, T. 2000. Lucha integrada en cultivos hortícolas bajo plástico en Almería. *Vida Rural* nº 118. 51-55
- Bravoag, Ingeniería Industrial. S.A. de C.V. México. 2007. [Disponible en línea]. <http://www.bravoag.com.mx>
- Berrocal, L., Molina. M. A. y Solano. R. 2002. Constitutive expression of ETHYLENE-RESPONSE-FACTOR1 in *Arabidopsis* confers resistance to several necrotrophic fungi. *Plant. J.* 29: 23-32.
- Chávez, B. C. 2005. Uso de Rizobacterias para el control de hongos fitopatógenos y promoción de desarrollo en plantas. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 84 p.
- Cohen, Y., Gisi. U. y Niderman, T. 1993. Local and systemic protection against *Phytophthora infestans* induced in potato and tomato plants by jasmonic acid and jasmonic methyl ester. *Phytopathology.* 83: 1054-1062.
- Creelman, R. A., M.L. Tierney. y J.E. Mullet. 1992. Jasmonic acid/methyl jasmonate accumulate in wounded soybean hypocotyls and modulate wound gene expression. *Proc. Natl. Acad Sci. USA* 89: 4938-4941.
- Creelman, R. A. y J.E Mullet. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Plant Mol. Biol.* 48: 355-381.
- Chen, Z. Silva, H. y D.F. Klessig. (1993). Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid. *Science.* 262: 1883-1885.
- Can, Y. I. 2005. Evaluación de bacterias promotoras de crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. Var. Rio Grande) en condiciones de

invernadero. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 64 p.

Cheong, J.J. y Choi, Y. D. 2003. Methyl jasmonato as a vital substance in plants. *Trend in Genetics*. 19 (7): 409-413

Demole, E., E. Lederer. y D. Mecier. 1962. Isolement et determination de la structure du jasmonate de methyle, constituant odorant caractéristique de l'essence de jasmin. *Helv. Chim. Acta*. 45: 675-695.

Dughetti, A.C. 1997. Manejo integrado de los thrips en el cultivo del ajo. EEAINTA Hilario Ascasubi. Buenos Aires, Argentina. 12 p.

Durner, J., Shah, J. y D. F. Klessig. 1997. Salicylic acid and disease resistance in plants. *Trends in Plant Science*. 2: 266-274.

De Meyer, G. y Hofte M. 1997. Salicylic acid produced by the rhizobacterium *Pseudomonas aeruginosa* 7NSK2 induces resistance to leaf infection by + *Botrytis cinerea* on bean. *Phytopathology*. 87:588-593.

EDA, 2008. El uso del ácido salicílico y fosfonatos (Fosfitos) para activación del sistema de Resistencia adquirida de la planta. [Disponible en línea]. Consultada en mayo del 2011. www.mcahonduras.hn/.../Manuales%20de%20produccion/EDA_Produccion_Us_o_de_Acido_Salicilico_Y_Fosfitos_01_08.pdf

Flescher, E. 2007. Jasmonates in cancer therapy. *Cancer Lett*; 245: 1-10.

García, A. C. 1998. El ajo. Cultivo y aprovechamiento. Segunda edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 205 p.

García, C. V. 2008. Comportamiento del Cultivo del Ajo (*Allium sativum* L.), a la Aplicación de Agentes Microbianos Promotores del Crecimiento y Antagonista de Fitopatógenos. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 62 p.

- Humphreys, J. M. y Chapple, C. 2002. Rewriting the lignin roadmap. *Current Opinion in Plant Biology*. 5: 224-229.
- Hamberg, M. y Gardner, H. 1992. Oxylin pathway to jasmonates: Biochemistry and biological significance. *Bioch Biophys Acta* 1992; 1165: 1-18.
- INTA. 2007. Enfermedades micológicas y bacterianas del ajo (*Allium sativum* L.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Posgrado de Horticultura. 27 p.
- INIFAP. 2011. Guía para cultivar ajo en Aguascalientes. [Disponible en línea]. <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/21.htm#VARIEDADES>
- Infoagro. 2011. Manejo del thrips occidental de las flores. [Disponible en línea]. <http://www.abcagro.com/hortalizas/trips.asp>
- Infoagro. 2011. El cultivo del ajo. [Disponible en línea]. <http://www.infoagro.com/hortalizas/Ajo.htm>
- Koda, Y. Kikuta, Y. 1991. Possible involvement of Jasmonic Acid in tuberization of yam plants. *Plant Cell Physiol*. 32: 629-633. Pp. 188-192
- Kitahara, T., Warita, Y., Abe, M., Seya, M. y Takagi, Y. 1991 Stereoselective synthesis of methyl epijasmonate. *Agric Biol Chem*. 55: 1013-1017. Pp 146-148
- Loake, G. y M. Grant. 2007. Salicylic acid in plant defence-the players and protagonists. *Current Opinion in Plant Biology*. 10: 466-472
- Mendoza, Z. C. 1996. Enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de parasitología agrícola. México. Pp 48-56.
- Messiaen, C. M., Blancard, D., Rouxel, F: y Lafon, R. 1995. Enfermedades de las hortalizas. Traducido de la edición original en francés “Les maladies des plantes maraicheres” (Traducido al español por el ministro de cultura francés). 3ª edición. Ed. Mundi-Prensa. España. 576 p.

- Memelink, J., R. Verporte y J. W. Kijne. 2001. ORCANization of jasmonate-responsive gene expression in alkaloid metabolism. *Trends Plant Sci.* 6:212-219
- Manners, J. G. 1986. Introducción a la fitopatología. Primera edición. Ed. Limusa. México. 130 p.
- Miersch, O., Schmidt, J., Sembdner, G. y Shreiber, K. 1989. Jasmonic Acid like substances from culture filtrate of *Botryodiplodia theobromae*. *Phytochemistry.* 28: 1303-1305.
- Miersch, O., Schneider G. y Sembdner G. 1991. Hydroxylated jasmonic acid and related compounds from *Botryodiplodia theobromae*. *Phytochemistry* 30, 4049-4051.
- Moo42, *Bacillus amyloliquefaciens*. 2008. [Disponible en línea]. <http://www.agroterra.com/p/moo42-bacillus-amiloliquefaciens-en-nacional-13251/13251>.
- Maurhofer, M., Reimmann, C., Schmidli-Sacherer, P., Heeb, S., Haas, D. y Défago, G. 1998. Salicylic acid biosynthetic genes expressed in *Pseudomonas fluorescens* strain P3 improve the induction of systemic resistance in tobacco against tobacco necrosis virus. *Phytopathology.* 88: 678-684.
- Metraux, J. P. y Raskin, I. 1993. Role of phenolics in plant disease resistance. In *Biotechnology in Plant Disease Control.* (ed.). I Chet. 11:191-209. New york: John Wiley & Sons.
- Macías, V. L. Valdez, M. C., y López, F. L. 1999. Guía para cultivar ajo en Aguascalientes. Folleto para productores No.21. Campo Experimental Pabellón. CIRNOC-INIFAP. Pabellon de Arteaga, Aguascalientes. [Disponible en línea]. Consultada en marzo del 2011 <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/21.htm#PLAGAS>
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology.* 43: 439-463.

- Reveles–Hernández, M., Velásquez–Valle, R. y Bravo–Lozano, A.G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No. 11. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC- INIFAP. 272 p.
- Rodríguez, M. M. 2001. Manual para la identificación de bacterias fitopatógenas. ISBN-968-884-752-6. 2^{da} Edición. Ed. Departamento de parasitología agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Edo. México, Mexico.119 p.
- Rodríguez, M. M. 2010. Enfermedades Bacterianas en Hortalizas. ISBN 978-607-12-0047-1.D.R.1^{ra} Edición. Ed. Departamento de publicaciones de la difusión cultural y servicios de la Universidad Autónoma Chapingo. Edo. México, México. 147-149 Pp.
- Ryan, C. A. 2000. The systemin signaling pathway: differential action of plant defensive genes. *Biochem. Biophys. Acta* 1477: 112-121.
- Roumagnac, P. Pruvost, O. Chiroleu, F. y Hughes, G. 2003. Spatial and temporal analyses of Bacterial blight of Onion caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*. *Phytopathology*. 94:138-146
- Ramírez, R. O. 2005. Evaluación de bacterias promotoras de crecimiento del género *Bacillus* en el cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) Var. Perla en invernadero y campo. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 57 p.
- Rueda, A. y M. Shelton A. 1995. Evaluacion de insecticidas en el control de thips de la cebolla. Informe técnico 34. EEA INTA.10 p.
- Schaad, N.W, J.B. Jones y W. Chun. 2001. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. APS Press. Minnessota. 373 p.
- Schwartz, H. Gante, D. 2005. Onion World. Departamento de ciencias Bioagrícolas y Manejo de Plagas. Universidad estatal de Colorado. [Disponible en línea]. Consultada en mayo del 2011 <http://www.colostate.edu/Orgs/VegNet/vegnet/onions.html>

- SAGARPA. 2010. Plan Rector Sistema Producto Nacional Ajo. Versión para su revisión. [Disponible en línea]. Consultada en marzo del 2011 <http://www.conajo.com.mx/files/planrector.pdf>
- Syngenta, Agro S.A. de C.V. México. 2011. [Disponible en línea]. <http://www.syngenta.com.mx>
- Torres, S. A. 2003. Estudio del efecto de ácido jasmónico y cis – Jasmona sobre la inducción de resistencia y productividad en plantas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) durante dos ciclos agrícolas. Tesis de licenciatura. Universidad de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato, México. 1-9 Pp.
- Vlot, A. C. Dempsey, D. A. y D. F. Klessing. 2009. Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology*. 47: 177-206.
- Valadez, L. A. 1998. Produccion de hortalizas. Ed. LIMUSA. Sexta reimpresión. México. pp. 95-107.
- Van Loon, L. C., Bakker, R. A. H. M. y Pieterse, C. M. J. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annu. Rev. Phytopathol.* 36:453-483.
- Wasternack, C. y B. Parthier. 1997. Jasmonate-signalled gene expression. *Trends Plant Sci.* 2: 302-307.
- Wasternack, C., Stenzel, I., Hause, B., Hause, G., Kutter, C., Maucher, H., Neumerkel, J., Feussner, I. y Miersch, O. 2006. The wound responses in tomato- Role of jasmonic acid. *J Plant Physiol*, 163: 297-306.
- Wasternack, C. 2007. Jasmonates: an update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. *Annals of Botany*. 100: 681-697
- Xu, D., McElroy, D., Thornburg, R. y Wu R. 1993. Systemic induction of a potato pin2 promotor by wounding methyl jasmonate and abscisic acid in transgenic rice plants. *Plant Mol Biol.* 22: 573-588.

Yamagashi. K., Mitsumori. C., Takahashi. K., Fujino. K., Koda. Y. y Kikuta. Y. 1993
Jasmonic acid inducible gene expresion of a kunit typeproteinase inhibitor in
potato tuber disk. *Plant Mol Biol.* 21: 539-541.

APÉNDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza de la longitud de daño (cm) en la severidad en la hoja del ajo en el muestreo inicial (18 de febrero).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Modelo	5	0.65298333	0.13059667	0.44	0.8143
Error	12	3.58466667	0.29872222		
Total correcto	17	4.23765000			

CV: 13.64

Cuadro.2. Análisis de varianza de la longitud de daño (cm) en la severidad en la hoja del ajo en el segundo muestreo (28 de febrero).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Modelo	5	4.19066667	0.83813333	5.59	0.0069
Error	12	1.79993333	0.14999444		
Total correcto	17	5.99060000			

CV: 9.31

Cuadro.3. Análisis de varianza de la longitud de daño (cm) en la severidad en la hoja del ajo en el tercer muestreo (07 de marzo).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Modelo	5	5.36020000	1.07204000	3.20	0.0457
Error	12	4.01580000	0.33465000		
Total correcto	17	9.37600000			

CV: 14.37836

Cuadro.4. Análisis de varianza de la longitud de daño (cm) en la severidad en la hoja del ajo en el cuarto muestreo (14 de marzo).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Modelo	5	11.39326667	2.27865333	25.37	<.0001
Error	12	1.07793333	0.08982778		
Total correcto	17	12.47120000			

CV: 7.0

Cuadro.5. Análisis de varianza del % de la severidad en la planta de ajo del muestreo inicial (23 de marzo).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Modelo	5	37.23909333	9.30977333	2.26	0.1352
Error	12	41.25300000	4.12530000		
Total correcto	17	78.49209333			

CV: 11.48630

Cuadro.6. Análisis de varianza del % de la severidad en la planta de ajo del segundo muestreo (31 marzo).

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Modelo	4	36.03077333	9.00769333	1.46	0.2847
Error	10	61.62960000	6.16296000		
Total correcto	14	97.66037333			

CV: 13.23