



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUTO DE ENSEÑANZA E
INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO
EDAFOLOGIA**

**Fertilización foliar orgánica y fuentes de nitrógeno en
cebolla para inducir resistencia a *Sclerotium cepivorum*
Berk.**

José Ernesto Medel Morales

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2007

La presente tesis titulada: “**Fertilización foliar orgánica y fuentes de nitrógeno en cebolla para inducir resistencia a *Sclerotium cepivorum* Berk.**” realizada por el alumno: José Ernesto Medel Morales bajo la dirección del Consejo Particular Indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EDAFOLOGIA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

Dra. Maria de las Nieves Rodríguez Mendoza

ASESOR

Dra. Emma Zavaleta Mejia

ASESOR

Dr. Manuel Sandoval Villa

ASESOR

Dr. José Antonio Santizo Rincón

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por la oportunidad de realizar un postgrado en esta institución

Al Colegio de Postgraduados, especialmente al área de Edafología.

Un singular agradecimiento a mi consejera Dra. Nieves Rodríguez por sus consejos tan acertados, apoyo, experiencia y sugerencias para la realización del presente documento.

A todos profesores los cuales contribuyeron en mi formación. Dr. Trinidad Santos, Dr. Manuel Sandoval Villa, Dr. Prometeo Sánchez, Dra. Libia Trejo y Dr. Tirado Torres por citar solo algunos profesores del programa.

A todos los demás integrantes de mi comité particular: Dra. Emma Zavaleta Mejía, Dr. Manuel Sandoval Villa y Dr. José Antonio Santizo Rincón por todo el apoyo en la conducción del experimento, así como por las sugerencias al mismo.

A la Sra. Laura Santamaría por el apoyo brindado con la papelería durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

Al Sr. Wenceslao por la determinación de nutrimentos en tejido vegetal, así como por las facilidades otorgadas en la cuantificación de azufre total.

A los trabajadores del Casco, por las facilidades para la realización de los trabajos en campo.

DEDICATORIAS

A mi madre porque se que en todo momento esta conmigo.

A mi familia, especialmente a **Yolanda** la cual ha sido mi hermana y madre, demas hermanas y sobrinos que desde Guadalajara me estuvieron apoyando en todo momento.

A todos mis familiares de Zacatecas, por echarme porras desde ese estado maravilloso.

A mis familiares de Aguascalientes, especialmente a mí cuñada Viki porque siempre preguntaba por un servidor.

A mi ex – director de tesis y amigo, Dr. Eduardo Rodríguez Guzmán por el apoyo brindado en esta etapa de mi vida.

A todos mis compañeros de los laboratorios de nutrición vegetal y fisiología de la interacción planta – patógeno, especialmente a Lupita Amaya así como a Yolanda Rodríguez Pagaza.

A todos mis amigos y amigas de GDL como Arturo Prott, Magui, Laura, Hilda y Doña Margarita, que siempre tuvieron interés en saber como iban las cosas.

A mis amigos como Vero, Chuy, Azu, Javier, Lidia, Cony, Alejandro Ley y al Sr. Saul Martínez, con los cuales compartí las emociones y los nervios en muchos momentos.

Y también a mi amigo Niko el cual nos mostró las cosas más inusuales y típicas de Grecia, país pintado por el blanco y por el azul del mar.

INDICE GENERAL

Página

GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURA	vii
ABSTRACT	ix
RESUMEN	x
I INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Importancia económica de la cebolla	3
2.2 Características del género <i>Allium</i>	3
2.3 Condiciones edafoclimaticas y manejo del cultivo	4
2.4 Enfermedades fungosas que atacan la cebolla	5
2.5 Características de <i>S. cepivorum</i> Berk.	6
2.6 Alternativas de manejo de <i>S cepivorum</i>	7
2.7 El azufre en las plantas	7
2.8 El nitrógeno en las plantas	8
2.9 El nitrato y amonio en plantas de cebolla	8
2.10 Fertilización nitrogenada y control de <i>S. cepivorum</i>	9
2.11 Fertilización foliar	10
2.12 Miel de abeja como fertilizante foliar	11
2.13 Aplicación foliar de miel de abeja y control de patógenos	12
2.14 Conclusiones de revisión de literatura	13
III OBJETIVOS E HIPÓTESIS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14

INDICE GENERAL

	Página
3.3 HIPÓTESIS GENERAL	14
3.4 HIPÓTESIS PARTICULARES	14
IV MATERIALES Y METODOS	15
Experimento I. Fertilización foliar orgánica en plántulas de cebolla inoculadas con <i>S. cepivorum</i> Berk. en invernadero	15
4.1 Ubicación del sitio experimental	15
4.2 Material vegetal	15
4.3 Preparación de almácigos y aplicación de tratamientos	15
4.4 Diseño de tratamientos	16
4.5 Efecto de exudados radicales en la germinación y crecimiento micelial en laboratorio de <i>S. cepivorum</i>	16
4.6 Viabilidad de esclerocios de <i>S. cepivorum</i> expuestos a los exudados radicales de plantas de cebolla en invernadero	17
4.7 Experimento de viabilidad de <i>S. cepivorum</i> en laboratorio	18
Experimento II. Fuentes de nitrógeno y fertilización foliar orgánica en cebolla en el control de pudrición blanca en condiciones controladas	19
4.8 Ubicación del sitio experimental	19
4.9 Producción de almácigos	19
4.10 Producción de esclerocios	19
4.11 Macetas y suelo	20
4.12 Transplante en cámara bioclimática	21
4.13 Diseño de tratamientos	21
4.14 Fertilizantes aplicados al suelo	21
4.15 Diseño experimental	22
4.16 Variables analizadas en cámara bioclimática	22
4.16.1 Incidencia y severidad de pudrición blanca	22

INDICE GENERAL

Página

4.16.2	Diámetro ecuatorial y polar de bulbo	23
4.16.3	Diámetro de tallo	23
4.16.4	Altura de planta	23
4.16.5	Peso fresco de follaje, bulbo y raíz	23
4.16.6	Peso seco de bulbo y raíz	23
4.16.7	Análisis estadístico	24
4.17	Nitrógeno en tejido vegetal por el método Kjeldahl	24
4.18	Azufre total en tejido vegetal	25
4.19	Determinación de nutrimentos en tejido vegetal	26
4.20	Determinación de la desviación del optimo porcentual	26
	Experimento III. Fuentes de nitrógeno y susceptibilidad de cebolla en suelo inoculado con <i>S. cepivorum</i> Berk. en campo	27
4.21	Ubicación del sitio experimental	27
4.22	Producción de plántula	27
4.23	Cuantificación de inóculo en campo	27
4.24	Producción de inóculo de <i>S. cepivorum</i>	28
4.25	Diseño de tratamientos	28
4.26	Fertilizantes aplicados al suelo	28
4.27	Diseño experimental	29
4.28	Transplante en campo	30
4.29	Variables analizadas en campo	30
4.30	Análisis estadístico	31
	V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
	Experimento I. Fertilización foliar orgánica en plántulas de cebolla inoculadas con <i>S. cepivorum</i> Berk. en invernadero	32

INDICE GENERAL

Página

5.1 Germinación de esclerocios de <i>S. cepivorum</i>	32
5.2 Crecimiento micelial de <i>S. cepivorum</i>	33
5.3 Viabilidad de <i>S. cepivorum</i>	34
VI Conclusiones del experimento I	36
Experimento II. Fuentes de nitrógeno y fertilización foliar orgánica en cebolla en el control de pudrición blanca en condiciones controladas	37
5.4 Incidencia y severidad en cámara bioclimática	37
5.5 Diámetro de bulbo	38
5.6 Peso Fresco de follaje	39
5.7 Peso seco de follaje	40
5.8 Determinación de nutrimentos en tejido vegetal en cámara bioclimática	42
5.9 Determinación de la desviación del optimo porcentual	45
VI Conclusiones del experimento II	46
Experimento III. Fuentes de nitrógeno y susceptibilidad de cebolla en suelo inoculado con <i>S. cepivorum</i> Berk. en campo	47
5.10 Incidencia y severidad de pudrición blanca en campo	47
5.11 Altura de planta	49
5.12 Diámetro de tallo	50
5.13 Diámetro polar de bulbo	50
5.14 Peso fresco de bulbo	51
5.15 Rendimiento total	52
5.16 Rendimiento comercial	53
5.17 Determinación de nutrimentos en tejido vegetal en condiciones de campo	54
5.18 Determinación de la desviación del optimo porcentual	57

INDICE GENERAL

Página

VI Conclusiones del experimento III

58

VII LITERATURA CITADA

59

APÉNDICE

67

INDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Análisis de suelo utilizado en la evaluación de fuentes de nitrógeno y fertilización foliar orgánica en el control de pudrición blanca en cámara bioclimática.....	20
Cuadro 2. Tratamientos generados en el experimento en cámara bioclimática.....	21
Cuadro 3. Descripción de la escala de daño utilizada en cebolla, para cuantificar severidad de pudrición blanca en cebolla.....	22
Cuadro 4. Incidencia y severidad de pudrición blanca (<i>S. cepivorum</i>) en plantas de cebolla cosechadas 92 días después del trasplante en cámara bioclimática.....	37
Cuadro 5. Concentración de macronutrientes obtenidos en plantas de cebolla 92 días después del trasplante en cámara bioclimática.....	42
Cuadro 6. Concentración de micronutrientes obtenidos en plantas de cebolla 92 días después del trasplante en cámara bioclimática.....	43
Cuadro 7. Incidencia y severidad de pudrición blanca (<i>S. cepivorum</i>) en plantas de cebolla cosechadas 117 días después del trasplante en campo.....	47
Cuadro 8. Concentración de macronutrientes en plantas de cebolla fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno y fertilización orgánica 117 días después del trasplante en campo.....	55
Cuadro 9. Concentración de micronutrientes en plantas de cebolla fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno y fertilización orgánica 117 días después del trasplante en campo.....	56

INDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Aleatorización de los tratamientos y designación en la parcela experimental.....	29
Figura 2. Número de esclerocios germinados expuestos a exudados radicales provenientes de plántulas asperjadas con miel de abeja al 2% y con agua. Cada barra representa el promedio de seis repeticiones, con 25 esclerocios cada una de estas.....	32
Figura 3. Crecimiento micelial de <i>S. cepivorum</i> en cajas de Petri con exudados provenientes de plántulas asperjadas con miel de abeja y agua. Cada barra representa el promedio de seis repeticiones, cada una con 25 esclerocios.....	33
Figura 4. Viabilidad en esclerocios recuperados, expuestos por 24 días a exudados radicales provenientes de plántulas asperjadas con miel y con agua. Cada barra representa el promedio de 16 repeticiones, con 150 esclerocios cada una.....	34
Figura 5. Diámetro de bulbo en cebolla con dos fuentes de fertilización nitrogenada y fertilización foliar con miel de abeja.....	39
Figura 6. Peso fresco de follaje por planta con adición de dos fuentes nitrogenadas, fertilización foliar con miel de abeja y la combinación de ambas.....	40
Figura 7. Valores en gramos para el peso seco de follaje por planta de cebolla, 92 días después del transplante en cámara bioclimática.....	41
Figura 8. Correlación entre las concentraciones de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio en tejido vegetal de cebolla y la incidencia de pudrición blanca en cámara bioclimática a 92 DDT.....	44
Figura 9. Altura de planta en cebollas fertilizadas con nitrógeno y fertilización foliar con miel de abeja. Los resultados corresponden a plantas de 117 días después del	

transplante en campo.....	49
Figura 10. Diámetro de tallo por planta en cebollas con adición de nitrato de potasio, sulfato de amonio y fertilización foliar de miel de abeja. Las plantas se muestrearon 117 días después del transplante en campo.....	50
Figura 11. Diámetro polar de bulbo en plantas fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno y fertilización foliar de miel de abeja a los 117 días después del transplante en campo...	51
Figura 12. Peso fresco en bulbos de cebolla fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno y la adición foliar con miel de abeja, 117 días después del transplante en campo.....	52
Figura 13. Rendimiento total en cebolla, producidas en suelo inoculado con <i>S. cepivorum</i> con dos fuentes de nitrógeno y fertilización foliar con miel de abeja.....	53
Figura 14. Rendimiento comercial de cebolla con adición de adición de nitrato de potasio, sulfato de amonio y fertilización orgánica con miel de abeja.....	54

ABSTRACT

The onion is one of the most important crops in Mexico, being Chihuahua, Jalisco, Morelos, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, and Puebla the main producer states. All these regions have shown in the last few years a disease known as white rot, caused by the fungus *Sclerotium cepivorum*. Plant nutrition, besides being used as a production tool, can decrease the susceptibility of several cultivars to the attack from pathogens. Based on this, the goal of the research was to establish if foliar application of honey and nitrogen sources have an influence on the appearance, incidence, and severity of *S. cepivorum* in onions.

The research was done in three stages: the first stage was done in the greenhouse and laboratory to know the effect of foliar fertilization with honey at 2% on the production of radical exudates in onions cv Suprema, on appearance and viability of *S. cepivorum* sclerotia and its mycelia growth. The second stage was done in a bio-climatic chamber in pots, where potassium nitrate and ammonium sulfate were applied to the soil, and honey at 2% was applied to the leaves. The population of inoculums was 1.5 sclerotia per gram of soil. The treatments generated from the combination of nitrogen sources and organic fertilization were five, plus a witness treatment which consisted in unfertilized plants. The last stage was done in the field, where the experimental plots were inoculated with 8.3×10^3 sclerotia each, and the same treatments were implemented as in the bio-climatic chamber. In this experiment, like in the previous one, disease incidence and severity, agronomic variables: plant height, stem diameter, bulb diameter, fresh and dry foliage weight, and total and commercial yields were quantified, as well as nutriment concentration in plant tissue. In the greenhouse stage, the plants sprayed with honey showed a lower appearance of sclerotia, and in the laboratory the viability and mycelia growth test was lower in the sclerotia that were in contact with the roots of seedlings sprayed with honey. In the bio-climatic chamber, the plants fertilized with ammonium sulfate and foliar honey showed a 73.3% incidence of the pathogen, while those that only received foliar honey showed 10%. In the field stage, the plants that were most damaged by *Sclerotium cepivorum* were the witness plants with 48.16%. Plants that were only treated with foliar spraying of honey showed 32.1%, being this treatment the one which had the highest commercial yield. The concentration of nutriments in plant tissue in plants harvested in the field did not show statistical differences in function of the established treatments. It was observed that where ammonium sulfate was applied, the content of nutriments in plant tissue increased.

RESUMEN

El cultivo de la cebolla es uno de las mas importantes en México, los principales estados productores son Chihuahua, Jalisco, Morelos, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas y Puebla en estas regiones se ha venido presentando desde hace algunos años una enfermedad conocida como pudrición blanca, causada por el hongo *Sclerotium cepivorum* el cual genera unas estructuras conocidas como esclerocios. La nutrición vegetal aparte de ser utilizada como una herramienta en la producción, bajo ciertas condiciones puede disminuir la susceptibilidad de diversos cultivares al ataque de patógenos. El presente trabajo comprendió tres fases: la primera se llevo acabo en invernadero y laboratorio teniendo como propósito el conocer el efecto de los exudados radicales de cebolla variedad “suprema” sobre la germinación, viabilidad y crecimiento micelial de esclerocios de *S. cepivorum*. La segunda se realizó en cámara bioclimática donde se aplicaron los fertilizantes nitrato de potasio y sulfato de amonio en macetas con suelo con una población de inóculo de 1.5 esclerocios por gramo de suelo y al follaje miel de abeja al 2%, los tratamientos generados de la combinación fuentes de nitrógeno y fertilización orgánica fueron cinco, mas un tratamiento control el cual consistió de plantas sin ningún tipo de fertilización. La última fase se estableció en campo donde se inocularon en las parcelas experimentales 8.3×10^4 esclerocios y se implementaron los mismos tratamientos que en cámara bioclimática, en estos dos últimos experimentos se cuantificaron la incidencia y severidad de la enfermedad, y las variables agronómicas: altura de planta, diámetro de tallo, diámetro de bulbo, peso fresco y seco de follaje, rendimiento total y rendimiento comercial. Así como la concentración de nutrimentos en tejido vegetal por fase y por tratamiento. En la fase de invernadero, las plantas asperjadas con miel de abeja presentaron menor germinación de esclerocios y en laboratorio la prueba de viabilidad y crecimiento micelial fue menor en aquellos esclerocios que estuvieron en contacto con raíces de plántulas asperjadas con la miel de abeja. En cámara de bioclimática, las plantas fertilizadas con sulfato de amonio y miel de abeja al follaje presentaron 73.3% de incidencia del patógeno y a las que solo se le aplicó miel de abeja foliar solo 10%. En la fase de campo las plantas mas dañadas por *Sclerotium cepivorum* fueron las plantas control con 48.16% y 32.17% en donde se aplico únicamente el fertilizante foliar con miel de abeja, siendo este tratamiento el que dio mayor rendimiento comercial. La concentración de nutrimentos en tejido vegetal en plantas colectadas en campo no presentó diferencias estadísticas en función de los tratamientos, se observó que en donde se aplicó el sulfato de amonio se incrementó el contenido de nutrimentos en tejido vegetal.

I INTRODUCCIÓN

En México la cebolla es uno de los cultivos hortícolas con mayor importancia. En el año 2004 se sembraron aproximadamente 26,434.31 hectáreas con un rendimiento promedio de 30,360 t ha⁻¹. Existen diversas enfermedades fungosas con origen en el suelo, las cuales pueden llegar a atacar múltiples cultivos, una de estas enfermedades es la pudrición blanca causada por *S. cepivorum* el cual únicamente ataca plantas del género *Allium* como cebolla, ajo y poro.

Los síntomas de estos padecimientos están relacionados con estrés hídrico o de nutrimentos en los cuales las hojas pierden turgencia, se marchitan, se tornan amarillas y finalmente mueren. Este hongo genera estructuras de resistencia llamadas esclerocios los cuales pueden sobrevivir más de 20 años en suelo aun en ausencia del hospedante y la germinación de esclerocios es estimulada por temperaturas entre 15 y 25 °C.

En el control de las enfermedades causadas por *Sclerotium* se han utilizado desde barbechos profundos, aplicación de fungicidas como pentacloronitrobenzeno (PCNB) así como la fertilización con fuentes de amonio y calcio. La aplicación de algunos fertilizantes al suelo y aplicados al follaje han ayudado a disminuir el ataque de ciertos patógenos en cultivos hortícolas y frutales.

Tomando en consideración la importancia del cultivo, las características del patógeno y las bondades de la nutrición con diversas fuentes de nitrógeno se planteó como objetivo de la investigación evaluar si la aplicación foliar con miel de abeja y diferentes fuentes de

nitrógeno disminuyen la germinación, viabilidad, crecimiento micelial, incidencia y la severidad de pudrición blanca causada por *S. cepivorum*.

Para cumplir el objetivo se establecieron tres experimentos, el primero se hizo para conocer si los exudados de plántulas de cebolla con y sin aplicación foliar con miel de abeja modificaban la germinación, viabilidad y crecimiento micelial de *S. cepivorum*. En la segunda etapa se determinó en cámara bioclimática si las fuentes de nitrato y amonio así como la aspersión foliar con miel de abeja reducían la pudrición blanca, y la última etapa en campo fue la confirmación de los resultados obtenidos en condiciones controladas, la presentación de la tesis se hace en tres apartados.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia económica de la cebolla

La producción de cebolla es una de las más importantes en México, en el año 2004 se sembraron bajo condiciones de riego 12569 ha, de las que se obtuvo una producción nacional de 377846 t. Esta producción ha sido superada tan solo por cultivos como papa, jitomate y chile, los principales estados productores de esta hortaliza a nivel nacional son los estados de Chihuahua, Jalisco, Morelos, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas y Puebla (SAGARPA, 2004).

2.2 Características del género *Allium*

Plantas de porte bajo en las que las raíces y en particular los bulbos constituyen importantes órganos de reserva. Las hojas surgen del tallo subterráneo y a menudo presentan largas bases envainadas que tienen la apariencia de un tallo, éste último se encuentra por debajo del suelo el cual se aplana para formar un disco en la base de la planta. En la parte central superior del disco se encuentra el ápice caulinar, a partir del cual se forman las hojas opuestas cada hoja consta de un limbo y una vaina la cual se curva hasta rodear completamente el punto de crecimiento y por último forma un tubo que encierra a las hojas jóvenes y al ápice caulinar (Brewster, 2001)

El falso tallo o pseudotallo está formado por las vainas concéntricas de las hojas jóvenes que crecen desde el interior de las vainas circundantes. Las raíces se inician en el tallo cerca de la base de las hojas jóvenes, la raíz primaria que emerge de la semilla vive normalmente solo unas pocas semanas. La formación de ramificaciones puede dar lugar a múltiples puntos de crecimiento en el cual el tallo permanece como un disco comprimido

a menos que se produzca la floración. Entonces el meristemo del ápice caulinar se desarrolla para dar lugar a la inflorescencia (Brewster, 2001).

2.3 Condiciones edafoclimáticas y manejo del cultivo

La cebolla es una planta que requiere climas templados y cálidos, con ambiente seco. No obstante, dado el gran número de variedades existentes, posee una amplia adaptación tanto a las condiciones climáticas como de suelo. Se necesita un periodo de elevada temperatura, acompañado de una gran luminosidad para obtener un engrosamiento adecuado de bulbo. La temperatura mínima para la germinación de la cebolla se sitúa sobre los 4 °C y la máxima en los 35 °C mientras que la temperatura óptima para el crecimiento está entre los 14 y los 32 °C (Japon, 1982).

El suelo

La cebolla se adapta a diversos tipos de suelos. No obstante, prefiere los suelos profundos, con buen contenido de materia orgánica y de textura suelta, los suelos compactos y carentes de humedad perjudican el desarrollo del bulbo, y favorecen la aparición de enfermedades. El pH mas adecuado para el desarrollo del cultivo oscila entre 6 y 7, disminuyendo la producción en suelos ácidos (Japon, 1982).

Preparación del terreno.

Se recomienda sembrar cebolla en terrenos donde no se haya establecido este cultivo por lo menos en dos ciclos anteriores, debido a serios problemas de pudrición blanca, que afecta el rendimiento y la calidad del producto. En la preparación del terreno es recomendable un subsuelo, posteriormente dar un paso con el arado, y dos pasos de rastra con el propósito de incorporar residuos, controlar malezas y airear el suelo (SARH, 1989).

La siembra

Se realiza por trasplante o siembra directa, la primera de estas asegura la permanencia de cierto número de plantas en campo mediante un segundo trasplante en la zona y por ello es quizás el sistema más utilizado en producción extensiva (SARH, 1989).

Fertilización

La fertilización tiene una gran influencia en el rendimiento y la vida de anaquel, la cebolla reacciona bien a la fertilización nitrogenada, siempre y cuando esta se adicione en cantidades adecuadas y antes de la formación del bulbo. El fósforo es en gran medida responsable de un buen enraizamiento, la falta de potasio ocasiona disminución en la turgencia de los tejidos (Japon, 1982).

2.4 Enfermedades fungosas que atacan a la cebolla

Existen diversas enfermedades fungosas causadas por fitopatógenos con origen en el suelo, los cuales pueden llegar a atacar la raíz de múltiples cultivos, todas estas enfermedades presentan características en común, los síntomas de este tipo de padecimientos están relacionados con estrés hídrico o de nutrientes en los cuales las hojas pierden turgencia, se marchitan, se tornan amarillas presentan un tamaño reducido y al final mueren (Brewster, 2001).

Las principales enfermedades fungosas que atacan al cultivo de la cebolla son mildiu ocasionada por el hongo *Peronospora destructor* (Berk) Camp., mancha púrpura causada por *Alternaria porri* (Ell.) Cif. y pudrición blanca originada por el hongo *S. cepivorum* (George, 1999) el cual genera estructuras de resistencia llamadas esclerocios los cuales pueden sobrevivir por más de 20 años en suelo aun en ausencia de la planta hospedante

(Mendoza, 1996) y su germinación es estimulada por temperaturas entre 15 y 25 °C (Adams y Papavizas, 1970).

2.5 Características de *S. cepivorum* Berk

Es el agente causal de la enfermedad conocida como pudrición blanca, sobrevive en suelo por medio de esclerocios, los cuales son oscuros, esféricos con un diámetro que va desde los 0.35 a los 0.50 mm. Formados en raíces y bulbos de plantas infectadas, los cuales pueden vivir por largos periodos en el suelo, los métodos de control hasta el momento son insuficientes debido a la dureza de la cubierta que rodea los esclerocios de *S. cepivorum*, promoviendo la formación de micelio (Littlely y Rahe, 1992). La germinación de *S. cepivorum* es promovida por los sulfóxidos de alil cisteína, presentes en los exudados radicales de plantas de *Allium*, los cuales son precursores de los volátiles azufrados alil y propil (Somerville y Hall, 1987)

Este patógeno se distribuye ampliamente a través del agua de riego de suelos infestados, por medio de herramientas contaminadas y por plántulas infectadas. Una vez establecido el patógeno en suelo y bajo condiciones favorables permanece viable por varios años, el rango de temperaturas para el desarrollo oscila entre 4 °C y 30 °C con una óptima entre 20 y 24 °C, la germinación de esclerocios, la infección y el desarrollo ocurren entre los 15 y los 20 °C. La enfermedad se desarrolla con mayor rapidez a 22° C, con una temperatura mayor a 24 °C las plantas permanecen sanas incluso en suelos muy infestados, a temperaturas que van de 5 a 10 °C la enfermedad disminuye (Mendoza, 1996).

2.6 Alternativas de manejo de *S. cepivorum*

Existen diferentes alternativas para el manejo de la pudrición blanca, entre las más usadas está la incorporación de crucíferas, las cuales son ricas en compuestos azufrados y al ser incorporadas y descompuestas por los microorganismos liberan compuestos que favorecen la germinación del hongo; y en ausencia del hospedante en el campo el patógeno puede perecer (Zavaleta-Mejía *et al.*, 1992)

La solarización y acolchado plástico en suelo permiten la elevación de temperatura a niveles letales para muchos fitopatógenos, llegando a reducir notablemente la incidencia de pudrición blanca (Zavaleta-Mejía, 1999). La incorporación de materia orgánica, modifica el pH del suelo, disminuye la densidad de inóculo y proporciona algunos nutrimentos necesarios para el desarrollo de las plantas (Ulacio- Osorio, 2003).

La incorporación al suelo de disulfuro de alilo es otra práctica que se ha empleado últimamente, este compuesto promueve la germinación del patógeno (Dennis y Armstrong, 2001; Mac Lean, *et al.*, 2005).

2.7 El azufre en las plantas

El azufre se absorbe preferentemente como sulfato (SO_4^{2-}) y en cierto grado también como sulfito (SO_3^{2-}), este elemento se encuentra en proteínas como cisteína, cistina y metionina, como grupo -SH o puente -S-S- los cuales constituyen el centro activo de muchas enzimas, este nutrimento también interviene en la estructura de cadenas peptídicas. Además se halla en la biotina, la tiamina, la coenzima A y el glutatión, entre otras moléculas. El azufre se encuentra en proteínas de bajo peso molecular que contienen metales pesados como cobre, zinc y cadmio. Forma también parte de la composición de compuestos volátiles como

isotiocinatos y sulfóxidos responsables del olor característico de las especies de *Allium* (Martínez, 1995).

2.8 El nitrógeno en las plantas

Al nitrógeno se le encuentra presente en un gran número de compuestos de singular importancia fisiológica dentro del metabolismo vegetal como la clorofila, los nucleótidos, los fosfatos, los alcaloides, así como enzimas, hormonas y vitaminas. Las fuentes importantes de nitrógeno en la nutrición mineral de diversos cultivos son el nitrato y el amonio. Las plantas absorben la mayor parte de este macronutimento en forma de nitrato debido a que el amonio es oxidado a nitrato con rapidez por bacterias nitrificantes (Salisbury y Ross, 1994).

2.9 El nitrato y amonio en plantas de cebolla

El amonio aumentó el consumo de fósforo y fue requerido en mayor cantidad en las primeras etapas de crecimiento y de consumo de nitrógeno, mientras que el nitrato tuvo una mayor respuesta en las etapas posteriores de crecimiento (Abbes *et al.*, 1995). La fertilización nitrogenada presentó una mayor influencia en las etapas tempranas de crecimiento y el rendimiento comercial se relacionó con el crecimiento de la planta (Buwalda y Freeman, 1987).

(Losak, 2005), encontró que la aplicación de nitrógeno combinado con azufre incrementó el peso y diámetro de bulbos de cebolla y con el aumento en los niveles sulfato se aumentó la producción de bulbos.

Zahran y Abdoh (1998), estudiaron la respuesta del nitrógeno y la urea aplicados al follaje y al suelo en plantas de cebolla y encontraron que la aplicación de fertilizantes nitrogenados combinados con la aspersión foliar aumentaron la altura de planta, el número de hojas así como el peso fresco y seco de la planta.

2.10 Fertilización nitrogenada y control de *S. cepivorum*

La nutrición afecta la velocidad de crecimiento y la sensibilidad de las plantas para defenderse del ataque de patógenos. Tanto la abundancia de nitrógeno como la falta de este nutrimento generan trastornos y modifica la susceptibilidad de la planta al ataque de patógenos. El amonio o el nitrato pueden disminuir o incrementar la severidad de algunas enfermedades. *S. rolfsii* y enfermedades que causan pudrición de raíz aumentan su severidad cuando se aplican fertilizantes amoniacales, mientras que las enfermedades que causan pudrición en raíz en algodón aumentan su severidad con aplicación de nitratos (Agrios, 2004)

Dabash *et al.* (1985) con la combinación de urea, fósforo y potasio obtuvieron una disminución en la incidencia de pudrición blanca, y con la adición de sulfato de amonio más fósforo y potasio los resultados fueron similares. En cambio con la aplicación de microelementos se obtuvieron resultados variables en la incidencia de la enfermedad. La adición de zinc y manganeso disminuyó la severidad del patógeno, y la adición de cobre solo y en combinación con sulfato ferroso incrementaron la incidencia de pudrición blanca.

Ghini *et al.* (2001) en condiciones *in Vitro*, prueba diferentes fuentes de nitrógeno y la capacidad de desarrollo de *Sclerotinia sclerotiorum* y *S. rolfsii*. Utilizaron cajas de Petri con suelo estéril donde depositaron la fuente de nitrógeno, después de la incubación encontraron

que la adición de nitrato favoreció la germinación de los esclerocios de ambos patógeno más que la adición de urea y amonio.

(Rodríguez, 2001) estudió el efecto del calcio y azufre en la incidencia de *S. cepivorum* en ajo, los resultados indicaron que la incidencia de enfermedad depende de la cantidad de calcio en la planta, con una mayor cantidad de calcio en el bulbo el grosor de la pared celular se incrementó aumentando el porcentaje de plantas sanas. También se observó que la incidencia de la enfermedad depende de la cantidad de azufre aplicado así como de la interacción entre el azufre y el nitrógeno. En ambos casos se encontró un número mayor de plantas sanas a mayores cantidades de azufre y nitrógeno dentro del tejido.

(Zavaleta-Mejía *et al.*, 2004), evaluaron fuentes y dosis de nitrógeno sobre el crecimiento micelial, la germinación y la viabilidad de esclerocios de *S. cepivorum in vitro* y encontraron que las dosis de nitrato de potasio y sulfato de amonio probadas no afectaron el desarrollo del micelio, la germinación ni la viabilidad. Mientras que la urea causó reducción en más de 90% en la germinación e inhibió totalmente la viabilidad, la dosis baja redujo el crecimiento del micelio, la dosis alta inhibió por completo el desarrollo del hongo, y cuando los esclerocios estuvieron expuestos en suelo fertilizado con dosis bajas de nitrato de potasio y sulfato de amonio la germinación y la viabilidad fue más alta.

2.11 Fertilización foliar

La nutrición foliar se emplea en los casos en que se desea obtener una respuesta rápida, provocada por una deficiencia durante el crecimiento o cuando los nutrientes que se aplicaron al suelo fueron inefficientes. Con frecuencia las deficiencias de micronutrientos se corrigen mediante aspersiones foliares, la concentración que tienen los nutrientes en la

solución de aspersión foliar varia en función al nutriente y al cultivo en cuestión empleando por lo general flujos de aplicación reducidos para evitar causar daños sobre el follaje (CFA, 1995).

2.12 Miel de abeja como fertilizante foliar

Las propiedades de la miel dependen generalmente del ambiente que rodea a la colmena, de la flora apícola y del clima, la miel se compone esencialmente de tres azúcares los cuales son: la levulosa que interviene en una proporción generalmente superior al 40%; la glucosa presente en un porcentaje superior al 35% y la sacarosa la cual se encuentra en una proporción inferior al 2%. Alrededor del 17% de la miel esta formada por agua, sales minerales, proteínas, dextrinas, y vitaminas, entre otros compuestos (Pozo y Schopflocher, 2004).

Además se han identificado aproximadamente: 15 ácidos orgánicos como acético, butírico, glucónico, málico y succínico, 12 elementos inorgánicos: como potasio, calcio, azufre, hierro y cloro; así como 17 aminoácidos entre ellos: prolina, ácido glutámico y lisina (Hooper, 1990).

El propóleo es una sustancia resinosa que las abejas colectan de cortezas de árboles especialmente de coníferas y de algunas otras plantas, es químicamente complejo y posee propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Los análisis químicos de este compuesto han revelado la existencia de una proporción elevada de flavonoides los cuales presentan un gran poder desinfectante (Benedetti y Pieralli, 1990).

2.13 Aplicación foliar de miel de abeja y control de patógenos

“Propolis” es un producto natural de extractos de solución hidroalcohólica con el cual se ha disminuido en condiciones *in vitro* entre 1 y 2.5% el crecimiento de *S. cepivorum* en semillas y raíces de cebolla, el uso de “propolis” en raíces disminuyó el porcentaje de infección de esclerocios y la viabilidad del patógeno, la inmersión de plántulas de cebolla por cuatro horas minimizó el número de esclerocios producido por el patógeno y en invernadero disminuyó la incidencia de pudrición blanca (Fahmy y Omar, 1989)

(Gómez *et al.*, 2006), uso diferentes formulaciones foliares hechas a base de macro y micronutrientes, a las cuales se les agregó miel de abeja al 2%, y silicio soluble al 0.1 y 0.2%. La finalidad de esta combinación fue aplicarlos en campo para la producción de tomate de cáscara en Zumpango Estado de México que por lo regular es infestado con *Fusarium oxysporum* (Sheld). Durante el desarrollo del cultivo se presentó la incidencia de la enfermedad en todos los tratamientos, sin embargo la severidad varió en función de los tratamientos, disminuyendo hasta un 80% donde se aplicó silicio y miel de abeja al follaje con un rendimiento de 14.6 t ha⁻¹, 98% más producción de lo obtenido de forma tradicional, dado que con la presencia de la enfermedad la mayoría de las veces se perdía la producción.

(Joseph, 2002), generó una formulación foliar utilizando como base miel de abeja y silicio, para aplicación a árboles de mango con problemas de escoba de bruja causada por *Fusarium subglutinans*. La aplicación del fertilizante disminuyó la incidencia y la severidad de la enfermedad, lo que se reflejó en el incremento del rendimiento y calidad de frutos por árbol.

2.14 Conclusiones de revisión de literatura

Una de las enfermedades mas devastadoras en cebolla es la pudrición blanca causada por el hongo *Sclerotium cepivorum*, este hongo genera estructuras de resistencia llamadas esclerocios los cuales pueden sobrevivir por mas de 20 años en suelo. Los síntomas en las plantas afectadas con pudrición blanca están relacionados con estrés hídrico o de nutrimentos.

El azufre en la cebolla es muy importante debido a que forma parte de compuestos volátiles como isotiocinatos y sulfóxidos responsables de los aromas en especies del género *Allium*. Al nitrógeno por su parte se le encuentra en la clorofila, nucleótidos, fosfatos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas. La nutrición en las plantas afecta la velocidad de crecimiento y la sensibilidad de las plantas para defenderse del ataque de patógenos. El amonio y nitrato pueden disminuir o incrementar la severidad de algunas enfermedades.

La nutrición foliar se emplea cuando surge una deficiencia durante el crecimiento o cuando los nutrimentos que se aplicaron al suelo fueron insuficientes o quedaron indisponibles para las plantas. La fertilización foliar con miel de abeja se ha empleado con mucho éxito en el control de alguna enfermedades tanto en frutales como ornamentales. Considerando la importancia de la cebolla, el efecto de la nutrición con fuentes nitrogenadas sobre la incidencia y severidad de diversas enfermedades, se plantearon los siguientes objetivos en la presente investigación.

III OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar si la aplicación foliar con miel de abeja y las fuentes de nitrógeno influyen en la germinación, la incidencia y la severidad de *S. cepivorum* en cebolla

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar si la aplicación foliar con miel de abeja en plántulas de cebolla modifica el efecto de los exudados radicales que influyen en la germinación, viabilidad y crecimiento micelial de *S. cepivorum*.

Conocer bajo condiciones de cámara bioclimática y campo si las fuentes de nitrógeno y la fertilización foliar orgánica afectan la incidencia y severidad de *S. cepivorum*.

3.3 HIPÓTESIS GENERAL

La combinación de la fertilización orgánica y las fuentes de nitrógeno reducen la germinación, incidencia y severidad de *S. cepivorum*.

3.4 HIPÓTESIS PARTICULARES

El complejo orgánico de la miel de abeja modifica el efecto de los exudados radicales de la cebolla en la germinación, viabilidad y crecimiento micelial de los esclerocios de *S. cepivorum*.

La susceptibilidad del tejido de la cebolla al ataque por *S. cepivorum* esta relacionada con la fuente de nitrógeno aplicada y la fertilización foliar orgánica.

IV MATERIALES Y METODOS

Experimento I. Fertilización foliar orgánica en plántulas de cebolla inoculadas con *S. cepivorum* Berk. en invernadero

4.1 Ubicación del sitio experimental

El experimento se llevo a cabo en los invernaderos pertenecientes al área de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados localizado en Montecillo, Texcoco Estado de México, ubicado en una altitud de 2250 m, el clima es templado con temperatura media anual de 15.35 °C y una precipitación anual de 574.25 mm (García, 1973).

4.2 Material vegetal

En todas las etapas experimentales se utilizó el híbrido de cebolla variedad “Suprema” de día corto que es un bulbo de color blanco, grande y de forma globosa semi aplanada, presenta larga vida de anaquel y una madurez relativa de 183 días (Gómez, 2005)

4.3 Preparación de almácigos y aplicación de tratamientos

La siembra en los almácigos se realizó el 1 de junio de 2005 en charolas de poliestireno con capacidad para 200 plántulas, el sustrato que se utilizó fue “peat moss”. En total se establecieron 16 charolas, cada una se dividió en cuatro partes iguales y a las plantas de dos de estas divisiones se les aplicó miel de abeja al 2% vía foliar, mientras que al resto de las plántulas de la charola únicamente se les adicionó agua al follaje. Las aspersiones foliares (de miel o agua) se hicieron cada cinco días a partir de la emergencia de las plántulas. Desde la siembra se hicieron dos riegos por día, esto debido a las altas

temperaturas registradas en el invernadero las cuales en promedio se ubicaron en 33 °C como temperatura máxima diurna.

El primer riego se hizo entre las ocho y las diez de la mañana con la solución nutritiva Steiner al 50% y el segundo a partir de las cinco de tarde con la adición únicamente de agua. La temperatura mínima promedio en el invernadero fue de 16°C.

4.4 Diseño de tratamiento

Los tratamientos establecidos fueron: fertilización foliar con miel de abeja al 2% y un tratamiento control al cual se le asperjó agua vía foliar, las aplicaciones tanto orgánicas como con agua se hicieron cada cinco días a partir de la emergencia de las plántulas.

El factor evaluado fue: la fertilización foliar orgánica, los niveles establecidos fueron: con aplicación al follaje de miel de abeja y sin aplicación al follaje, estos niveles tuvieron como propósito conocer el efecto de la aspersion orgánica sobre los exudados radicales liberados de las raíces de plántulas de cebolla, promotores de la germinación, viabilidad y crecimiento micelial de *Sclerotium cepivorum*.

4.5 Efecto de los exudados radicales en la germinación y crecimiento micelial de *S. cepivorum* en laboratorio

Después de 56 días en almácigo se hicieron seis grupos de 100 plantas por cada uno de los dos tratamiento (con y sin miel) y se colocaron en vasos de precipitado con agua destilada por 48 h. Transcurrido este tiempo el líquido se esterilizó por filtración a través de membranas millipore de 0.22 μ m y 25 mm de diámetro. Una vez obtenidos los exudados radicales estériles de cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones se realizaron las pruebas de germinación con esclerocios de *S. cepivorum*

utilizando un diseño experimental completamente al azar con seis repeticiones por tratamiento, contando cada una de las repeticiones con 25 (observaciones) cajas petri las cuales fueron cuantificadas en su totalidad.

En cajas petri de 5 cm de diámetro conteniendo agar-agua se adicionaron 1.5 mL de exudados radicales por caja y en el centro de cada una se colocó un esclerocio previamente desinfectado con hipoclorito de sodio al 1% durante un minutos, enjuagado tres veces con agua destilada estéril y secado sobre sanita estéril durante 30 minutos. Las cajas se mantuvieron a 20° C. Después de 21 días de incubación se registró la germinación y el crecimiento micelial. En total se evaluaron 25 esclerocios por repetición (uno por caja Petri) de modo que se evaluó un total de 150 esclerocios por tratamiento. Se cuantificó el número de esclerocios germinados y el crecimiento micelial en centímetros, midiendo el diámetro de cada colonia en forma transversal y longitudinal, se sumaron ambos valores y se obtuvo el promedio.

4.6 Viabilidad de esclerocios de *S. cepivorum* expuestos a los exudados radicales de plantas de cebolla en invernadero.

Se elaboraron 32 bolsitas de nylon y en su interior se colocaron 150 esclerocios de *S. cepivorum* obtenidos en medio de cultivo papa – dextrosa – agar (PDA). Se prepararon 32 vasos de unicel de 50 mL con “peat moss” y en el interior de cada uno de estos se colocó una bolsa con esclerocios y sobre esta diez plántulas de cebolla. Se establecieron 16 vasos para el tratamiento con plántulas fertilizadas foliarmente con miel de abeja al 2% y 16 con plántulas asperjadas con agua. La frecuencia de las aspersiones y el riego con la solución nutritiva se hizo de forma antes descrita. A los 24 días se extrajeron las bolsas de nylon para recuperar a los esclerocios y realizar el experimento de viabilidad con los

mismos. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 16 repeticiones por tratamiento, cuantificando en cada una de las repeticiones todos los esclerocios.

4.7 Experimento de viabilidad de *S. cepivorum* en laboratorio

Se revisaron cada uno de los esclerocios contenidos en las 32 bolsas de nylon, con el propósito de cuantificar tanto a los esclerocios que presentaban daño en las capas que rodean esta estructura de resistencia como los no dañados. Estos últimos se recuperaron, fueron desinfectados de la misma forma como se cita en el apartado de germinación y crecimiento micelial, posteriormente se ocasiono daño mecánico con unas pinzas, se colocaron sobre cilindros de PDA (papa – dextrosa – agar) con diámetro de 0.5 cm, se incubaron durante cinco días y se cuantificó el número de esclerocios que mostraron crecimiento micelial.

Los datos de cada variable sometieron a análisis de varianza y prueba de comparación de medias (diferencia mínima significativa, DMS) mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System versión 8.1).

Experimento II. Fuentes de nitrógeno y fertilización foliar orgánica en cebolla en el control de pudrición blanca en condiciones controladas

4.8 Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en las cámaras bioclimáticas de ambiente controlado del Programa de Botánica del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco Estado de México. La superficie de la cámara bioclimática correspondió a 0.72 m², en la cual se ubicaron 60 unidades experimentales o macetas. Las condiciones durante el experimento fueron: fotoperíodo de 13 horas luz y 11 horas de oscuridad y la temperatura fluctuó entre 18 – 21 °C.

4.9 Producción de almácigos

Se llevo a cabo en los invernaderos pertenecientes al área de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados en Montecillo Texcoco, Estado de México, se utilizaron charolas de plástico y como sustrato se utilizo “peat moss”, la siembra se realizó entre el 14 y 15 de septiembre de 2005, en total se sembraron cuatro charolas de las cuales una vez que las plántulas presentaron las hojas verdaderas a dos de estas se les asperjó cada cinco días miel de abeja al 2%, mientras que a las restantes se les asperjó agua, estas se regaron con solución nutritiva hasta el transplante.

4.10 Producción de esclerocios

Se realizó en el laboratorio de fisiología de la interacción planta-patógeno perteneciente a Fitopatología del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco la obtención de estos fue a partir de esclerocios colectados en suelo infestado de forma natural en Cortazar Guanajuato, los cuales se sembraron en medio de cultivo papa – dextrosa – agar (PDA), las

cajas Petri se mantuvieron a temperatura ambiente y después de cuatro días empezó la generación de micelio y días mas tarde se formaron los esclerocios.

4.11 Macetas y suelo

Como macetas se utilizaron vasos de unicel con capacidad para un kilogramo de suelo, el suelo utilizado como sustrato fue colectado de campos pertenecientes al área de fitopatología en Montecillo con un nivel de inóculo de 0.93 esclerocios por gramo de suelo, el análisis químico se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis de suelo utilizado en la evaluación de fuentes de nitrógeno y fertilización foliar orgánica en el control de pudrición blanca en cámara bioclimática.

Determinación	Valor	Interpretación
Nitrógeno total	1.5 g . kg	medianamente rico
Fósforo	66 mg . kg ⁻¹	rico
Potasio intercambiable	2.02 cmol _(c) kg ⁻¹	muy rico
Calcio intercambiable	36 cmol _(c) kg ⁻¹	alto
Magnesio intercambiable	33 cmol _(c) kg ⁻¹	alto
Sodio intercambiable	0.84 cmol _(c) kg ⁻¹	–
Textura		arcillosa
pH en H ₂ O	8.15	alcalino
Conductividad eléctrica en H ₂ O	0.34 dSm ⁻¹	
Materia orgánica	2.93%	medianamente rico

Este suelo fue inoculado con 1500 esclerocios de *S. cepivorum* por maceta y la infestación se realizó al momento del trasplante con el objetivo de garantizar una alta densidad del patógeno, cada unidad experimental estuvo conformada por una maceta en la cual se establecieron tres plantas. La muestra útil estuvo conformada por todas las plantas establecidas, esto debido a las características de la cámara las cuales no permiten introducir un gran número de macetas.

4.12 Transplante en cámara bioclimática

El transplante en cámara bioclimática se realizó entre el 23 y 24 de octubre de 2005, se establecieron tres plantas por maceta, al término del transplante se aplicó un riego de auxilio para facilitar la adaptación de las plantas al ambiente controlado.

4.13 Diseño de tratamientos

Los factores evaluados fueron: fuentes de nitrógeno al suelo (sulfato de amonio y nitrato de potasio) las cuales se combinaron con dos niveles de estudio: con y sin aspersión foliar con miel de abeja al 2%, en otro de los tratamientos solo se aplicó miel de abeja, mientras que en el tratamiento control no se aplicó ningún fertilizante, lo cual se hizo para conocer la respuesta del cultivo a la nula aplicación de fertilizantes. Los tratamientos se generaron buscando valorar el efecto de las fuentes nitrogenadas y su combinación con fertilización foliar orgánica los cuales se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos generados en el experimento en cámara bioclimática.

Tratamiento	Fuente de nitrógeno al suelo	Fertilización foliar
1 Control	sin aplicación	sin aplicación
2	nitrato de potasio	sin aplicación
3	sulfato de amonio	sin aplicación
4	sin aplicación	miel de abeja al 2%
5	nitrato de potasio	+ miel de abeja al 2%
6	sulfato de amonio	+ miel de abeja al 2%

4.14 Fertilizantes aplicados al suelo

Las fuentes de nitrógeno se aplicaron haciendo los cálculos para 1 kg de suelo y considerando la dosis de 180 – 150 – 80. De sulfato de amonio se aplicaron 0.0402 g por maceta y 0.0615 g de nitrato de potasio.

4.15 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con seis tratamientos y diez repeticiones por tratamiento, en total se establecieron 60 macetas o unidades experimentales.

4.16 Variables analizadas en cámara bioclimática

4.16.1 Incidencia y severidad de pudrición blanca

La incidencia se empezó a cuantificar a partir de la aparición de la enfermedad la cual fue el 14 de diciembre de 2005, se realizaron cuatro mediciones que fueron acumulativas, utilizando como parámetro de cuantificación el decaimiento y amarillamiento de la planta. La severidad se cuantificó al momento de la cosecha, se utilizó la escala de severidad diseñada por (Sánchez, 1998) que abarca seis niveles de daño los cuales van desde 0 hasta 5. Donde 0 corresponde a la nula aparición de daño y 5 como la muerte de la planta Cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de la escala de daño utilizada en cebolla, para cuantificar severidad de pudrición blanca en cebolla.

Valor de la escala	Porcentaje de daño en la planta
0	Daño en un área no mayor de 1.35% de la raíz
1	Daño de 1.35 a 22 % de la raíz y parte baja del bulbo
2	Daño del 22 a 37 % de bulbo
3	Daño de 37 a 60 % del bulbo e inicio de amarillamiento de planta
4	Daño de 60 a 86% del bulbo y amarillamiento total de la planta
5	Daño del 86 al 100% del bulbo y muerte de la planta

Cosecha en cámara bioclimática

La cosecha se realizó el 23 de enero de 2006, 91 días después del establecimiento del experimento en la cámara bioclimática y las variables que se evaluaron fueron:

4.16.2 Diámetro ecuatorial y polar de bulbo

Estas variables se cuantificaron en la parte media y polar del bulbo utilizando un vernier electrónico digital marca Stainless Hardened y las unidades se registraron en milímetros.

4.16.3 Diámetro de tallo

Esta se cuantificó en la base de la planta, centímetros arriba de la aparición del bulbo con un vernier electrónico digital marca Stainless Hardened y las unidades también se registraron en milímetros.

4.16.4 Altura de planta

La cuantificación en esta variable se realizó partiendo de la base de la planta hasta la hoja que alcanzó la mayor altura la cual se realizó con una regla convencional.

4.16.5 Peso fresco de follaje, bulbo y raíz

Se cuantificó con una balanza granataria digital de precisión sobre la cual se colocó el follaje, bulbo y la raíz respectivamente y las unidades se expresaron en gramos.

4.16.6 Peso seco de bulbo y raíz

Una vez cuantificado el peso fresco de ambas variables se llevó a estufa de secado durante 72 h a 70°C aproximadamente, pasado este tiempo se peso el material en un abalanza granataria digital y el valor se expresó en gramos.

4.16.7 Análisis estadístico

La incidencia de la enfermedad se cuantificó durante el desarrollo del cultivo, se realizó su análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por SNK $\alpha = (0.05)$ y $\alpha = (0.01)$ utilizando el paquete estadístico SAS Statistical Analysis System versión 8.1, mientras que la severidad se cuantificó en la cosecha y la comparación de tratamientos se realizó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis.

Todas las demas variables se cuantificaron también en la cosecha, se obtuvo su análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por SNK $\alpha = (0.05)$ y $\alpha = (0.01)$ utilizando el paquete estadístico SAS Statistical Analysis System versión 8.1.

4.17 Nitrógeno en tejido vegetal por el método Kjeldahl

Se pesaron 0.1 g del material vegetal (follaje de cebolla) molido y seco en tubos de ensaye de 50 mL, se les agregaron 1.5 mL de la mezcla de ácido sulfurico-salicílico, mezclado de tal forma que todo el material vegetal entro en contacto intimo con los ácidos, se dejo reposar durante toda la noche, se adicionaron aproximadamente 0.2 g de la mezcla de sulfatos, las muestras se digestaron en la plancha de arena con una temperatura menor a 360 °C, después que estas adquirieron un color verde claro se continuo con la digestión aproximadamente por una hora.

Las muestras listas se dejaron enfriar y se les agregaron 10 mL de NaOH para iniciar el calentamiento. Posteriormente se realizó el destilado el cual se recibió en 20 mL de la solución de acido bórico al 4 % mas 0.2 mL del indicador, hasta alcanzar el volumen aproximado de 50 mL. La titulación se llevo acabo con la solución de acido sulfúrico 0.05

N hasta el primer vire de color levemente rosado y simultáneamente también se hicieron pruebas en dos blancos (Alcántar y Sandoval, 1999).

4.18 Azufre total en tejido vegetal

Las cantidades de azufre total en material vegetal varían generalmente de 1500 a 5000 mg kg⁻¹ en un medio de ácido clorhídrico, el ión sulfato se precipita con cloruro de bario en condiciones que permitan la formación de cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme, posteriormente se mide la absorbancia de la suspensión por medio de un espectrofotómetro, y se determina la concentración del ión sulfato contra la curva de calibración, para hacer esta curva se requiere hacer la:

Solución acondicionadora o búfer

Se pesaron 37.5 g de NaCl los cuales se disolvieron en 300 mL de agua, posteriormente se agregaron 25 mL de glicerina pura y 50 mL de alcohol etílico mas la adición de 15 mL de ácido clorhídrico concentrado, para después aforar ha 500 mL.

En tubos de ensaye de 50 mL se colocó 1 mL de la solución extractora, se adicionó 1 mL de la solución acondicionadora de sulfatos, una pizca de cloruro de bario y 18 mL de agua desionizada, después se taparon los tubos y rápidamente se pusieron en agitación por un minuto. Inmediatamente se transfirió parte de la suspensión en tubos calibrados para leer en fotospectrofotómetro a 420 nm para cuantificar la turbidez.

Curva tipo

Se preparó una serie de patrones de 0 a 25 mg kg⁻¹ del ión SO₄²⁻ a intervalos de 5 mg kg⁻¹ (0, 5, 10, 15, 20 y 25) para lo cual se transfirieron ha alícuotas de 1, 2, 3, 4 y 5 mL de una

solución de 1000 mg kg^{-1} de SO_4^{2-} y finalmente se llevaron a un volumen de 20 mL. Se corrió un blanco de reactivos y se siguió con el procedimiento ya descrito para las muestras de los tratamientos (Alcántar y Sandoval, 1999).

4.19 Determinación de nutrimentos en tejido vegetal

Para la cuantificación de fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, boro, manganeso, zinc y cobre se pesaron 0.5 g en cada una de la muestras, se procesaron con una mezcla de ácidos nítrico y perclórico en proporción dos a uno respectivamente. La determinación se realizó mediante AES-ICP (Inductively Coupled Plasma Emisión Spectrofotometrer) Modelo Liberty 11 Secuencial Marca Varian.

Los valores obtenidos con el AES-ICP se transformaron a g kg^{-1} y mg kg^{-1} . En cada uno de los nutrimentos se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias se llevo acabo mediante la prueba SNK.

4.20 Determinación de la desviación del optimo porcentual (DOP)

Con las unidades obtenidas en cada uno de los nutrimentos se obtuvo la media por nutrimento tomando en consideración todos los tratamientos. Para después obtener el promedio de cada nutrimento por tratamiento.

Para la obtención de la norma de desviación se utilizó la siguiente formula

$$IA = \frac{A - a}{a} \times 100 \text{ donde } A \text{ es la concentración del nutrimento por tratamiento, y } a \text{ es la}$$

norma considerada como la media del nutrimento de todos los tratamientos. Con la sumatoria de los valores absolutos se obtuvieron los índices de desbalance nutrimental por tratamiento.

Experimento III. Fuentes de nitrógeno y susceptibilidad de cebolla en suelo inoculado con *S. cepivorum* Berk. en campo

4.21 Ubicación del sitio experimental

El trabajo se llevó a cabo en el campo experimental 8-B perteneciente al área de Fitopatología del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco Estado de México, el cual se encuentra en una altitud de 2250 m con temperatura media anual de 15.35 °C y una precipitación anual de 574.25 mm (García, 1973).

4.22 Producción de plántula

Se llevó a cabo en los invernaderos pertenecientes al área de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco Estado de México, se utilizaron charolas de plástico y como sustrato se utilizó “peat moss”, la siembra se realizó el 3 y 4 de octubre de 2005, en total se sembraron 32 charolas de las cuales a la mitad se les asperjó cada cinco días miel de abeja al 2% una vez que las plántulas presentaron las hojas verdaderas.

4.23 Cuantificación de inóculo en campo

Se realizó un muestreo en el terreno experimental en forma lineal, se tomaron muestras al azar de 50 g cada una de estas, posteriormente se secaron bajo sombra. Para la cuantificación de esclerocios se pesaron 30 g por muestra las cuales se sometieron a la técnica de tamiz húmedo (Utkhede y Rahe, 1979). La cual consiste en poner el suelo sobre una serie de tamices de 20, 50, 60 y 100 mallas, el suelo retenido en los dos últimos tamices se recuperó con una piseta y se colocó sobre papel filtro y una vez seca la muestra se cuantificó el número de esclerocios por muestra.

4.24 Producción de inóculo de *S. cepivorum*

Se realizó en el laboratorio de Fisiología de la interacción planta-patógeno del Programa de Fitopatología del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco Estado de México. La obtención de inóculo tuvo como inicio la siembra de esclerocios en medio de cultivo papa – dextrosa – agar (PDA) posteriormente se pasó a tejido fresco, utilizando cebollas de tamaño mediano, a las que se les hicieron tres orificios por bulbo, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% durante 15 minutos, en la cámara de flujo laminar se enjuagaron con agua destilada estéril y se pusieron a secar sobre sanitas estériles durante 45 minutos, transcurrido este tiempo se inocularon los bulbos con micelio y esclerocios contenidos en cajas petri con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). Los bulbos inoculados se colocaron en contenedores con humedad relativa alta, la cual se consiguió cubriendo los recipientes con hules de plástico, permitiendo al patógeno colonizar el bulbo y posteriormente generar los esclerocios (Coley - Smith, 1985).

4.25 Diseño de tratamientos

Los factores evaluados fueron, la adición al suelo de dos fuentes de nitrógeno: sulfato de amonio y nitrato de potasio, con dos niveles de estudio: aspersión foliar con miel de abeja al 2% y sin aspersión foliar, en otro de los tratamientos sólo se aplicó miel de abeja, mientras que en el tratamiento control no se aplicó ningún fertilizante con el objetivo de conocer la respuesta del cultivo a la nula aplicación de fertilizantes. Los tratamientos tuvieron por propósito valorar el efecto de las fuentes nitrogenadas y su combinación con fertilización foliar orgánica indicadas en el Cuadro 1.

4.26 Fertilizantes aplicados al suelo

Para adicionar en campo el nitrógeno requerido por el cultivo se utilizaron los fertilizantes: sulfato de amonio y nitrato de potasio, poseen 20.5% y 13.4% de nitrógeno

respectivamente, después se realizó el cálculo para la determinación en kilogramos por hectárea de cada uno de los fertilizantes.

4.27 Diseño experimental

Durante el muestreo en el área experimental se encontró un marcado gradiente de humedad de forma paralela a la orientación de los tratamientos, tomando en consideración lo anterior se utilizó un diseño en bloques completos con tratamientos aleatorizados, con seis tratamientos y cinco bloques originando 30 unidades experimentales Figura 1.

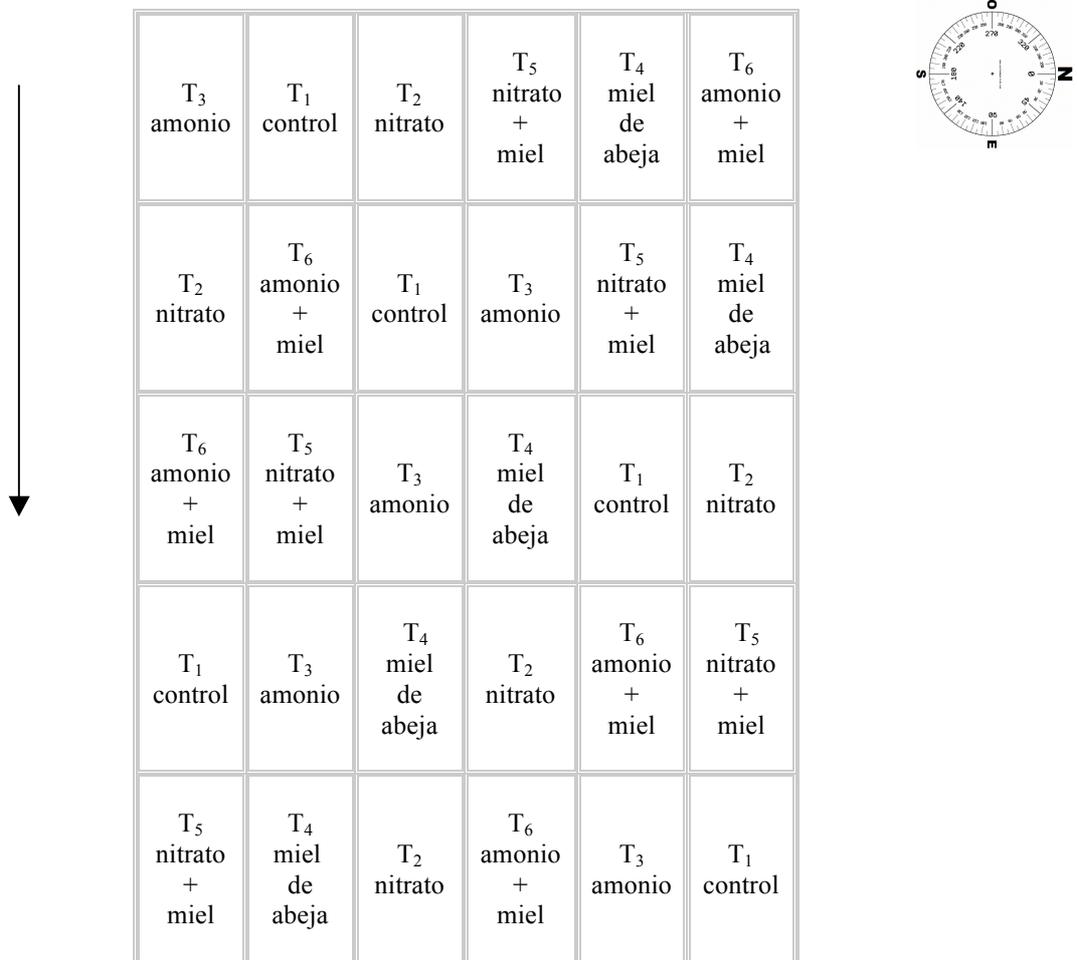


Figura 1. Aleatorización de los tratamientos y designación en la parcela experimental

Cada unidad experimental (parcela) estuvo conformada por cuatro surcos a una distancia de 0.80 m y 1.60 m de largo, la distancia entre plantas fue de 10 cm a doble hilera colocando 32 plantas por surco, la parcela útil estuvo conformada por los dos surcos centrales y la superficie total del terreno correspondió a 252 m² en donde se ubicaron 30 unidades experimentales o parcelas.

4.28 Transplante en campo

El transplante en campo se realizó entre el 13 y 14 de noviembre de 2005, se hizo a doble hilera con una distancia entre plantas de 10 cm las parcelas estuvieron conformadas por cuatro surcos, de los cuales únicamente se inocularon los dos surcos centrales con 2.5×10^5 esclerocios. Se utilizó arena estéril como vehículo para ser depositado el inóculo en campo; en cada parcela útil se inocularon aproximadamente 83333 esclerocios, una vez terminado el transplante se aplicó un riego de auxilio para facilitar la adaptación de las plantas al terreno.

4.29 Variables analizadas en campo

Además de las mismas variables evaluadas en el experimento de cámara bioclimática se consideró el rendimiento total y comercial. La incidencia se cuantificó cada siete días a partir de la aparición de la enfermedad en campo. La cosecha se llevo a cabo del 11 al 16 de marzo de 2006, 117 días después del transplante. En el rendimiento total se cuantificó el peso de los 15 bulbos considerados como parcela útil y por cálculos de superficie se determinó el rendimiento en kilogramos por hectárea. Para el rendimiento comercial únicamente se cuantificaron los bulbos que no presentaban daño por la presencia del patógeno, la nula aparición de la enfermedad fue usada como indicativo de cosecha con valor comercial.

El tamaño de muestra en las variables agronómicas fue de 15 plantas por unidad experimental, con excepción de la incidencia, severidad y rendimiento comercial en las cuales se cuantificó toda la parcela útil.

La determinación de nutrimentos en tejido y el óptimo porcentual (DOP) se llevo acabo conforme se describe en el experimento de cámara bioclimática.

4.30 Análisis estadístico

La incidencia de pudrición blanca fue la única variables que se cuantifico durante el desarrollo del cultivo, Todas las demas variables se cuantificaron al momento de la cosecha, se obtuvo su análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por SNK $\alpha = (0.05)$ y $\alpha = (0.01)$ con excepción de la severidad de la enfermedad donde se utilizo la prueba no parametrica de Kruskal – Wallis utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System versión 8.1).

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento I. Fertilización foliar orgánica en plántulas de cebolla inoculadas con *S. cepivorum* Berk. en invernadero

5.1 Germinación de esclerocios de *S. cepivorum*

La germinación de esclerocios con exudados radicales provenientes de plántulas asperjadas con miel de abeja y agua mostró diferencia significativa ($\alpha = 0.01$) (Cuadro A-1 del Apéndice). Considerando que se colocaron 25 esclerocios, germinaron 13 de los expuestos a los exudados provenientes de plántulas asperjadas con miel, y 16 en las plántulas asperjadas con agua Figura 2, lo que equivale a un 22 % menos que en las segundas.

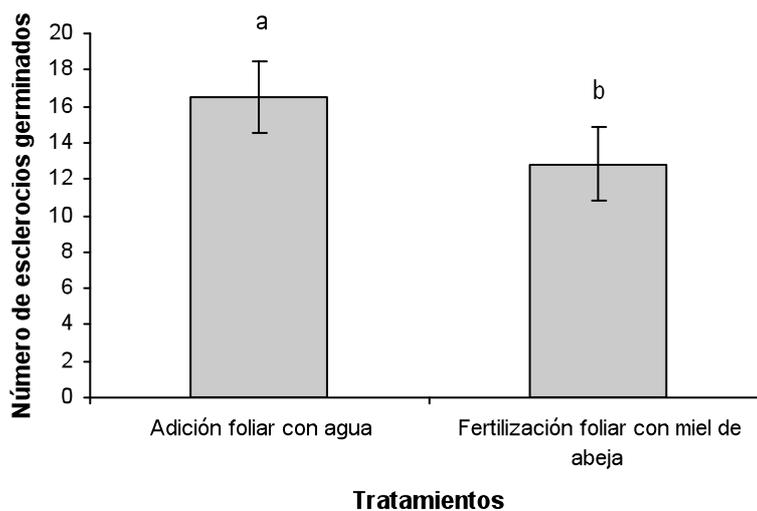


Figura 2. Número de esclerocios germinados expuestos a exudados radicales provenientes de plántulas asperjadas con miel de abeja al 2% y con agua. Cada barra representa el promedio de seis repeticiones, con 25 esclerocios cada una de estas.

5.2 Crecimiento micelial de *S. cepivorum*

El crecimiento del micelio fue menor en presencia de los exudados de plantas tratadas con miel en comparación con los exudados de las plantas testigo Figura 3; sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($\alpha = 0.05$) (Cuadro A-2 del Apéndice)

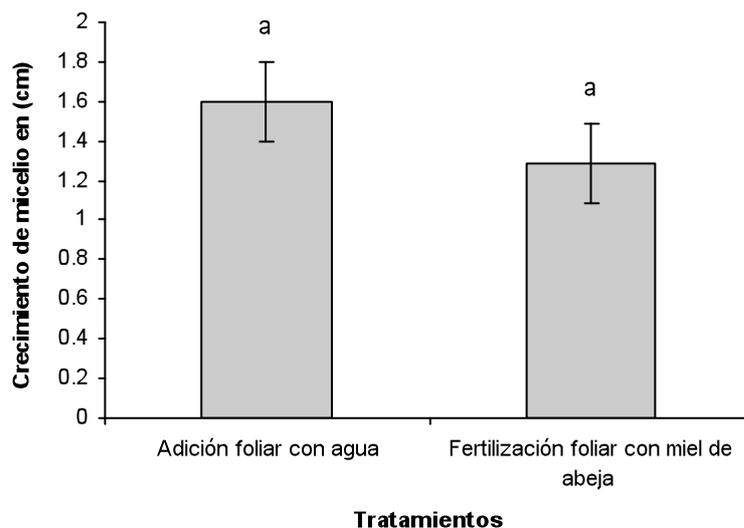


Figura 3. Crecimiento micelial de *S. cepivorum* en cajas de Petri con exudados provenientes de plántulas asperjadas con miel de abeja y agua. Cada barra representa el promedio de seis repeticiones, cada una con 25 esclerocios.

La respuesta observada podría deberse a que la absorción de la miel de abeja vía foliar, modificó a los exudados radicales de modo que afectaron negativamente a la germinación de los esclerocios. Hasta el momento la información relacionada con la aspersion foliar de miel de abeja y los cambios bioquímicos que se presentan en las plantas es nula, el argumento para su uso es la cantidad de enzimas, vitaminas y azúcares que contiene y los beneficios que se obtienen en el consumo humano, tal como lo indica Hooper (1990).

Otra posible explicación en las variables antes descritas es que, entre los compuestos de la miel de abeja existen flavonoides los cuales son generados por el propóleo y estos presentan una acción antifúngica observada en una disminución en la germinación,

viabilidad y crecimiento micelial como lo reporta Fahmy y Omar (1989), quienes embebieron semillas y raíces de plántulas de cebolla con “propolis” antes del trasplante, la cual evitó que durante el desarrollo del cultivo se presentara el ataque de *Sclerotium cepivorum*.

5.3 Viabilidad de *S. cepivorum*

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) en la viabilidad de los esclerocios entre tratamientos (Cuadro A-3 del Apéndice). Aquellos expuestos a los exudados de plántulas asperjadas con miel presentaron menor viabilidad (en promedio 21.20 de los esclerocios recuperados fueron viables) en comparación con los expuestos a las raíces de plántulas asperjadas con agua (32.40 esclerocios viables). La observación al microscopio estereoscópico indicó que en comparación con el testigo, los esclerocios del tratamiento con miel con más frecuencia estaban huecos y muchos se habían desintegrado como lo evidenció la gran cantidad de residuos de esclerocios Figura 4.

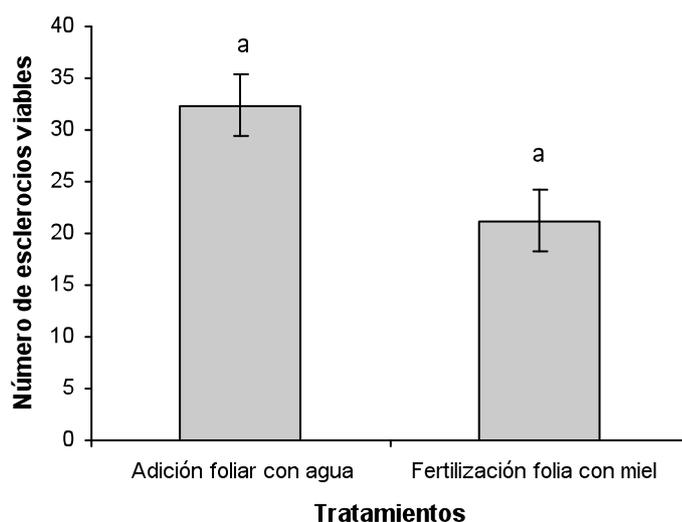


Figura 4. Viabilidad en esclerocios recuperados, expuestos por 24 días a exudados radicales provenientes de plántulas asperjadas con miel y con agua. Cada barra representa el promedio de 16 repeticiones, con 150 esclerocios cada una.

En los (Cuadros A-4 y A-5 del Apéndice) se resumen de las observaciones hechas en cada repetición y tratamiento, con los resultados obtenidos es posible argumentar que la aspersión foliar de miel de abeja modifico de alguna forma la rizosfera que ocasionó un mayor número de esclerocios dañados.

Si el experimento se hubiera establecido en suelo seria necesario considerar las características físicas de éste sobre los esclerocios, principalmente la compactación y actividad microbiana antagónica sobre los esclerocios dañados. Esto no se presento debido a que se utilizó Peat-moss® que tiene una muy baja compactación y aunque no se esterilizo el sustrato se encuentra libre de patógenos, mientras que el riego se hizo con agua destilada, motivo por el cual la no viabilidad de esclerocios se atribuye a cambios en la raíz.

VI Conclusiones del experimento I

Los exudados de plántulas de cebolla asperjadas con miel de abeja disminuyeron la germinación del patógeno, el número de esclerocios recuperados y su viabilidad, así como el crecimiento micelial de *S. cepivorum*, la disminución no fue estadísticamente significativa en estas dos últimas variables.

Experimento II. Fuentes de nitrógeno y fertilización foliar orgánica en cebolla en el control de pudrición blanca en condiciones controladas

5.4 Incidencia y severidad de pudrición blanca en cámara bioclimática.

Tanto la incidencia (Cuadro A-6 del Apéndice), como la severidad de pudrición blanca (Cuadro A-7 del Apéndice) presentaron una alta significancia ($\alpha=0.01$). Los valores de incidencia obtenidos en los tratamientos control, nitrato de potasio y sulfato de amonio al suelo fueron 33, 30 y 50 % respectivamente, cuando se hizo la combinación de las fuentes de nitrógeno y fertilización foliar la incidencia fue de 40% con nitrato de potasio y 73% con sulfato de amonio. Las plantas a las que únicamente se les aplicó miel de abeja al follaje presentaron una incidencia de solo 10% y la severidad más baja (1.66), la cual en el resto de los tratamientos varió de 2.49 a 4.16 (Cuadro 4). Debido a la naturaleza de la enfermedad, el encontrar pequeñas lesiones producidas por *S. cepivorum* es suficiente para que no se pueda comercializar el producto.

Cuadro 4. Incidencia y severidad de pudrición blanca (*S. cepivorum*) en plantas de cebolla cosechadas 92 días después del trasplante en cámara bioclimática.

Tratamientos	Incidencia	Severidad σ
T 1 control	33% bc	2.89
T 2	50% ab	3.07
T 3	30% bc	2.49
T 4	10% c	1.66
T 5	40% bc	3.79
T 6	73 % a	4.16

Valores seguidos por la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales SNK ($\alpha = 0.01$)

$\sigma = \text{Pr} > \text{Ji} - \text{cuadrada} < 0.0001$

La incidencia disminuyó en la mayoría de los tratamientos donde se adicionó la miel de abeja vía foliar. A pesar que no se hizo un análisis cuantitativo ni cualitativo de los exudados radicales, los resultados de invernadero y laboratorio sugieren que hay cambios en la rizósfera del cultivo que se traducen en una reducción del ataque por *S. cepivorum*. El efecto podría atribuirse a los exudados radicales liberados por las raíces del género *Allium*. Joseph en el 2002, trabajando en el control de *Fusarium subglutinans* en mango, encontró que la aplicación foliar de miel de abeja disminuyó la presencia de escoba de bruja. Resultados similares fueron encontrados por Gómez (2006) con *Fusarium oxysporum* en tomate de cáscara.

Los resultados encontrados en la presente investigación coinciden con los reportados por Zavaleta-Mejía *et al.* (2004), quienes tampoco encontraron reducciones significativas en la incidencia de pudrición blanca con la aplicación de sulfato de amonio o nitrato de potasio. Rodríguez (2001) menciona que la disminución en la incidencia de la pudrición blanca depende de la interacción entre el nitrógeno y azufre.

Agrios (2004) consigna que la incidencia de las enfermedades aumenta en presencia de amonio debido a la afinidad que existe entre los patógenos de raíz y esta fuente de nitrógeno.

5.5 Diámetro de bulbo

El análisis de varianza realizado en la variable diámetro de bulbo mostró alta significancia ($\alpha = 0.01$) (Cuadro A-8 del Apéndice), la comparación de medias indica que las cebollas con diámetro de bulbo mas pequeñas son las del tratamiento control así como aquellas en

las que se adicionó al suelo sulfato de amonio mas fertilización foliar con miel de abeja son valores 9.99 y 10 mm respectivamente, las cuales se muestra en la Figura 5.

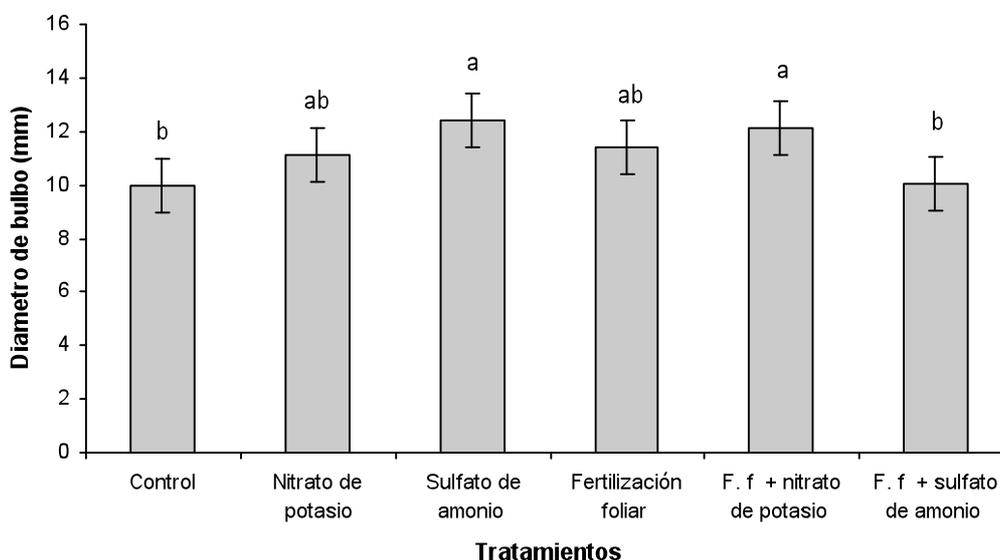


Figura 5. Diámetro de bulbo en cebolla con dos fuentes de fertilización nitrogenada y fertilización foliar con miel de abeja.

El tratamiento que obtuvo el mayor diámetro de bulbo fue la adición de sulfato de amonio al suelo con 12.4 mm, seguido de la incorporación de nitrato de potasio mas fertilización foliar con miel de abeja con un valor de 12.1 mm. Resultados similares los obtuvo Losak (2005) que al combinar nitrato y amonio con azufre incremento el diámetro en bulbo, también coincide con lo reportado por Abbes *et al.* (1995) los cuales observaron un mejor crecimiento en plantas de cebolla con la incorporación de amonio.

5.6 Peso fresco de follaje

El peso fresco de follaje mostró significancia ($\alpha = 0.05$) (Cuadro A-9 del apéndice) mediante la comparación de comparación de medias SNK. Se encontró que el tratamiento que obtuvo el mayor peso fresco de follaje fue la adición al suelo de sulfato de amonio con

12.71 g, los demás tratamientos obtuvieron un resultado similar con excepción del tratamiento control el cual obtuvo el menor peso 8.09 g. las diferencias se muestran en la Figura 6.

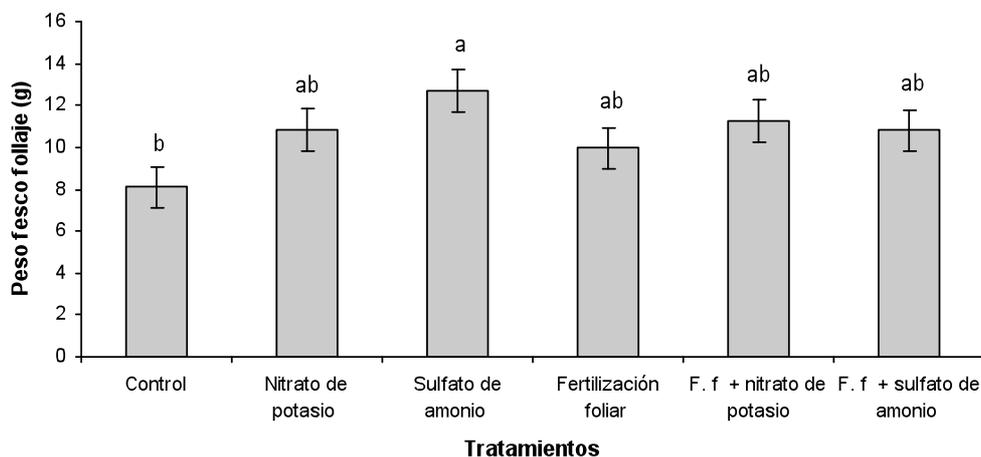


Figura 6. Peso fresco de follaje por planta con adición de dos fuentes nitrogenadas, fertilización foliar con miel de abeja y la combinación de ambas.

El tratamiento con sulfato de amonio fue el que generó el mayor peso fresco de follaje debido a que el amonio es rápidamente incorporado a las moléculas orgánicas, incrementando los niveles de proteínas y el crecimiento general de la planta con los que aumenta el índice foliar (Martínez, 1995).

5.7 Peso seco de follaje

El análisis de varianza mostró alta significancia ($\alpha = 0.01$) (Cuadro A-10 del apéndice); la comparación de medias por medio de la prueba SNK muestra que la incorporación de cualquier fuente de nutrimentos al cultivo favorece el desarrollo del follaje. El incremento fue hasta de 62% con sulfato de amonio comparado con el testigo (Figura 7).

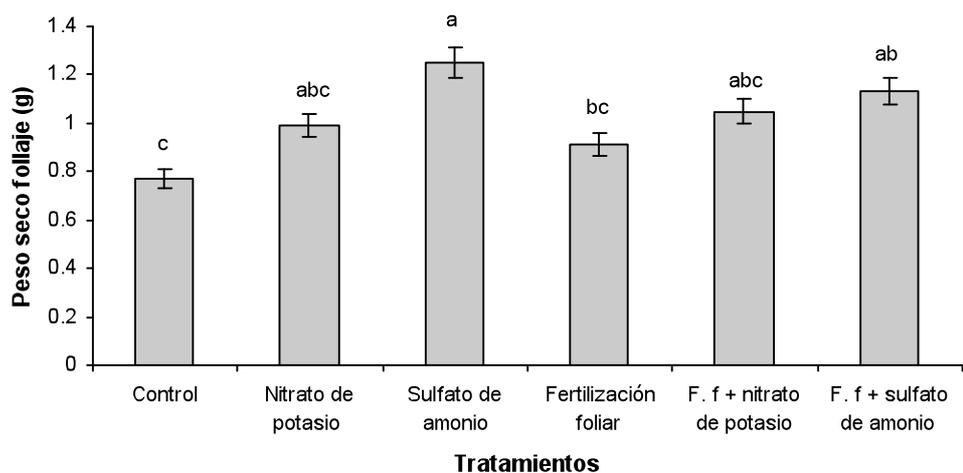


Figura 7. Valores en gramos para el peso seco de follaje por planta de cebolla, 92 días después del transplante en cámara bioclimática.

Los resultados indican que el tratamiento que obtuvo el mayor peso seco de follaje fue la adición de sulfato de amonio al suelo con 1.25 g, seguido del tratamiento con sulfato de amonio mas fertilización foliar con miel de abeja con 1.13 g. La incorporación de nitrato de potasio al suelo y con aspersión foliar con miel de abeja obtuvo un resultado similar.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Zahran and Abdoh (1998). Los cuales encontraron que la aplicación de fertilizantes nitrogenados al suelo combinados con la aspersiones foliares de nitrógeno aumentaron el numero de hojas así como el peso fresco y seco de toda la planta.

5.8 Determinación de nutrimentos en tejido vegetal en cámara bioclimática

Los datos nutrimentales obtenidos en las plantas de cámara bioclimática mostraron significancia en la mayoría de los nutrimentos Cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Concentración de macronutrimentos obtenidos en plantas de cebolla 92 días después del trasplante en cámara bioclimática.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	S
Control	16.23 b	6.48 a	21.28 b	11.48 b	5.46 b	6.92 a
Nitrato de potasio	16.96 b	4.46 b	22.64 b	11.44 b	5.38 b	6.70 a
Sulfato de amonio	13.39 bc	4.84 b	19.24 b	9.48 b	4.62 b	9.70 a
Fertilización foliar con Miel de abeja	10.90 c	6.93 a	19.26 b	8.23 b	4.35 b	7.78 a
Nitrato de potasio + Miel de abeja	16.34 b	4.47 b	20.47 b	10.84 b	5.23 b	9.24 a
Sulfato de amonio + Miel de abeja	24.36 a	4.76 b	32.41 a	17.98 a	7.66 a	11.30 a

Valores con la misma letra seguida en columna son estadísticamente iguales SNK ($\alpha = 0.05$)

Valores con letra diferente en columna son estadísticamente diferentes SNK ($\alpha = 0.05$)

El Cuadro 5 indica que la incorporación de sulfato de amonio y miel de abeja al follaje incrementaron la absorción de nitrógeno, no así cuando se incorporo miel de abeja al follaje 10.90 g kg^{-1} mientras que con sulfato de amonio al suelo se obtuvieron 13.39 g kg^{-1} los tratamiento control y fertilización foliar con miel de abeja presentaron los valores mas altos de fósforo que fueron 6.48 y 6.93 g kg^{-1} respectivamente.

El potasio, calcio, magnesio y azufre se absorbió más por las plantas donde se aplico al suelo sulfato de amonio y miel de abeja al follaje (Cuadro.6), la concentración de nitrógeno en las plantas esta muy por debajo de lo reportado por (Mills y Jones, 1996), el fósforo, calcio, magnesio y azufre se encuentran en los intervalos de una planta bien nutrida. La

concentración de magnesio, hierro y zinc se aumentaron también en las plantas donde se aplico sulfato de amonio y miel de abeja al follaje, estos cuatro nutrimentos se encuentran en la planta en un intervalo de suficiencia no así con el cobre.

Cuadro 6. Concentración de micronutrimentos obtenidos en plantas de cebolla 92 días después del transplante en cámara bioclimática.

Tratamientos	Mn	Cu	Fe	B	Zn
Control	27.44 b	14.29 a	583.9 a	200.27 a	73.73 b
Nitrato de potasio	36.92 b	9.55 b	933.8 a	189.88 a	67.73 b
Sulfato de amonio	35.74 b	10.64 b	1049.1 a	165.39 a	67.13 b
Fertilización foliar con Miel de abeja	27.95 b	16.04 a	808.7 a	179.80 a	63.02 b
Fertilización foliar + nitrato de potasio	31.03 b	7.09 b	772.1 a	173.44 b	69.94 b
Fertilización foliar + sulfato de amonio	56.62 a	6.71 b	1129.9 a	195.16 a	100.73 a

Valores con la misma letra seguida en columna son estadísticamente iguales SNK ($\alpha = 0.05$)

Valores con letras diferentes en columna son estadísticamente diferentes SNK ($\alpha = 0.05$)

La correlación de Pearson mostró que el aumento en la incidencia de pudrición blanca estuvo correlacionada con una mayor concentración de los nutrimentos nitrógeno, potasio, calcio y magnesio. Se tiene reportes que indican que a mayor concentración de nitrógeno el cultivo es mas succulento al ataque de patógenos (Marschner, 2002), debido a que el nitrógeno soluble aumenta por lo regular en tejidos enfermos, presumiblemente como resultado de la degradación de proteínas (Bidwell, 1979); en otros nutrimentos hay mucha controversia, ya que es necesario considerar no solo aspectos del cultivo sino de condiciones de producción (Marschner, 2002).

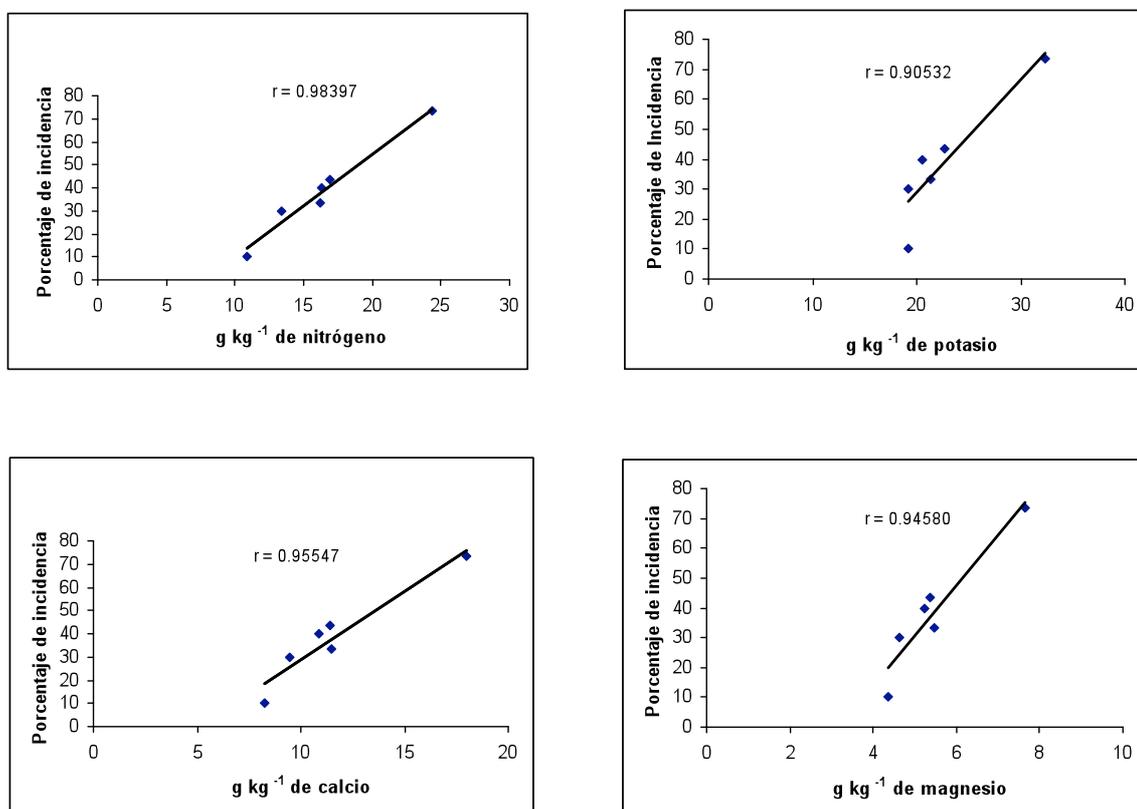


Figura 8. Correlación entre las concentraciones de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio en tejido vegetal de cebolla y la incidencia de pudrición blanca en cámara bioclimática a 92 DDT.

5.9 Determinación de la desviación del óptimo porcentual

La determinación de la desviación del óptimo porcentual no mostró una tendencia clara en relación a la disminución de la incidencia y el balance nutricional en el cultivo de cebolla (Cuadro A-11 del Apéndice).

VI Conclusiones del experimento II

La incidencia y la severidad se disminuyeron en las plantas donde únicamente se aplicó al follaje miel de abeja al 2%.

La aparición de la enfermedad y la severidad se aumento en las plantas donde se incorporo sulfato de amonio.

El desarrollo de la cebolla se incremento con la adición de sulfato de amonio más que cuando se aplico nitrato de potasio.

Experimento III. Fuentes de nitrógeno y susceptibilidad de cebolla en suelo inoculado con *S. cepivorum* Berk. en campo

5.10 Incidencia y severidad de pudrición blanca en campo

La incidencia y severidad de pudrición blanca en campo no mostraron significancia ($\alpha=0.05$) (Cuadros A-12 y A-13 del Apéndice), aun así el tratamiento que alcanzó el valor mas alto de incidencia de la enfermedad fue el tratamiento control con 24.19% así como uno de los valores mas altos de incidencia 3.09 en la escala de daño que equivale al 37 a 60% de daño en la cebolla (Cuadro 7). Le siguen los tratamientos con adición al suelo de nitrato de potasio solo y combinado con fertilización foliar con miel de abeja cuya incidencia se ubicó en 21.50 y 22.15% respectivamente, y un nivel de severidad de 3.14 y 3.02, este resultado coincide con lo reportado por (Lampkin, 2001) al señalar que la principal fuente de nutrientes para diversos patógenos es el nitrato.

Cuadro 7. Incidencia y severidad de pudrición blanca (*S. cepivorum*) en plantas de cebolla cosechadas 117 días después del transplante en campo.

Tratamientos	Incidencia	Severidad σ
T 1 control	24.19% a	3.09
T 2	21.50% a	3.14
T 3	18.23% a	2.89
T 4	15.69% a	3.07
T 5	22.15% a	3.02
T 6	17.34% a	2.78

Valores seguidos por la misma letra en columna son estadísticamente iguales SNK ($\alpha = 0.05$)

$\sigma = Pr > J_i - cuadrada = 0.3495$

La adición al suelo de sulfato de amonio solo y combinado con la aspersión foliar con miel de abeja mostró los niveles más bajos de incidencia 18.23 y 17.34 respectivamente, así

como de severidad 2.89 y 2.78. El tratamiento que generó los niveles más bajos de incidencia fue la adición al follaje de miel de abeja 15.69 de aparición de la enfermedad y una severidad de 3.07. El Cuadro 7 muestra las diferencias entre la aplicación de fertilizantes, la solo adición con miel de abeja y la combinación de ambas.

Las aplicaciones tanto de miel de abeja como de sulfato de amonio al suelo disminuyeron la incidencia de la enfermedad en campo, estos resultados coinciden con los obtenidos por Dabash, *et al*, (1985) al mencionar que la aplicación de sulfato de amonio disminuyo la incidencia de pudrición blanca.

Contrario a lo obtenido en cámara bioclimatica, en donde el sulfato de amonio fue el que favoreció el desarrollo de *S. cepivorum*. La diferencia puede deberse a varios factores: cantidad de inóculo del patógeno, que en cámara bioclimatica fue de 1.5 esclerocios por gramo de suelo, mientras que en campo fueron 8.3×10^3 esclerocios en una área de 2.56 m². Otro factor fue la temperatura constante durante el desarrollo del cultivo en la cámara bioclimatica la cual fluctuó entre 18 – 21 °C, considerada como optima para la geminación del patógeno (Adams y Papavizas, 1970). Mientras que en campo esta oscilo entre -2 °C hasta 24 °C con una humedad demasiado heterogénea.

El sulfato de amonio disminuyó el daño producido por *S. cepivorum*, pero fue menor con la adición al follaje de la miel de abeja, con el suministro del sulfato de amonio además de nitrógeno se proporciona azufre, elemento indispensable para la cebolla, cuando esta fuente de nitrógeno se acompañó con las aspersiones foliares de miel de abeja la respuesta en la protección fue mejor.

5.11 Altura de planta

La altura de planta mostró alta significancia ($\alpha = 0.01$) (Cuadro A-14 del Apéndice); la comparación de medias utilizando la prueba SNK indican lo mismo que se observó en cámara bioclimática, la aplicación con sulfato de amonio al suelo favoreció el desarrollo de la planta y que las plantas más pequeñas fueron aquellas a las que se les aplicó miel de abeja (Figura 9).

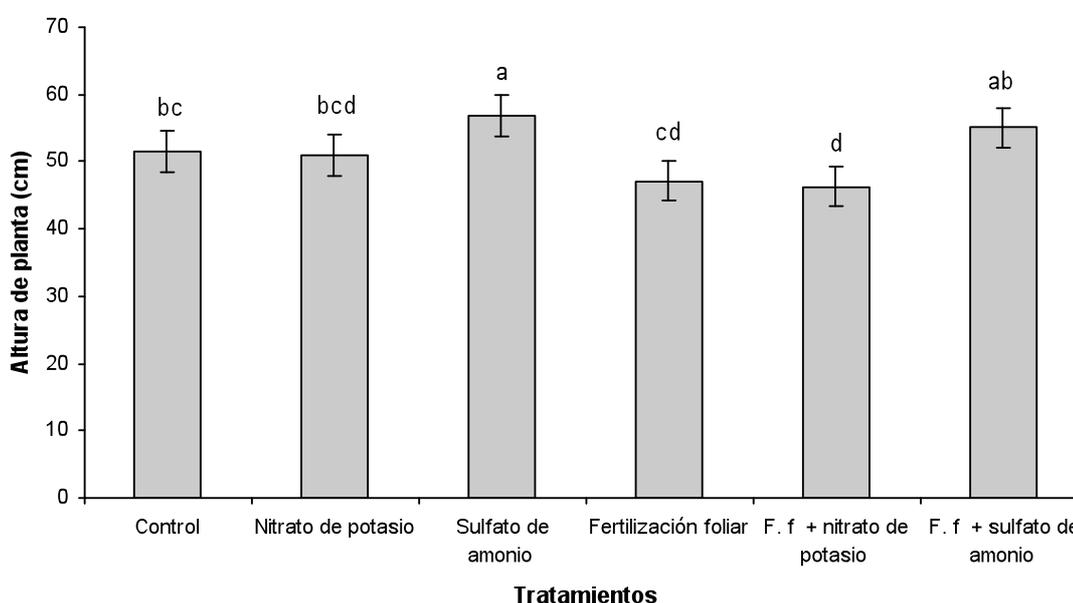


Figura 9. Altura de planta en cebollas fertilizadas con nitrógeno y fertilización foliar con miel de abeja. Los resultados corresponden a plantas de 117 días después del transplante en campo.

El tratamiento que obtuvo la mayor altura de planta fue el de la adición de sulfato de amonio, cuando se adicionó esta misma fuente de nitrógeno más fertilización foliar con miel de abeja se obtuvo un resultado similar. Los resultados concuerdan con lo establecido por Zahran and Abdoh, (1998) al comentar que las aplicaciones de los fertilizantes nitrogenados acompañados con aspersiones foliares de urea aumentan la altura de planta.

5.12 Diámetro de tallo

El diámetro de tallo mostró una significancia ($\alpha = 0.01$) el tratamiento que obtuvo el mayor respuesta fue la adición de sulfato de amonio y con la incorporación de esta misma fuente nitrogenada mas fertilización orgánica se obtuvo un resultado similar. La Figura 10 muestra la ganancia en diámetro de tallo con la adición de amonio. Es importante hacer mención que a pesar que la planta tenga un diámetro de tallo grande y su follaje turgente si presenta ligeras lesiones por pudrición blanca el producto no tiene valor comercial.

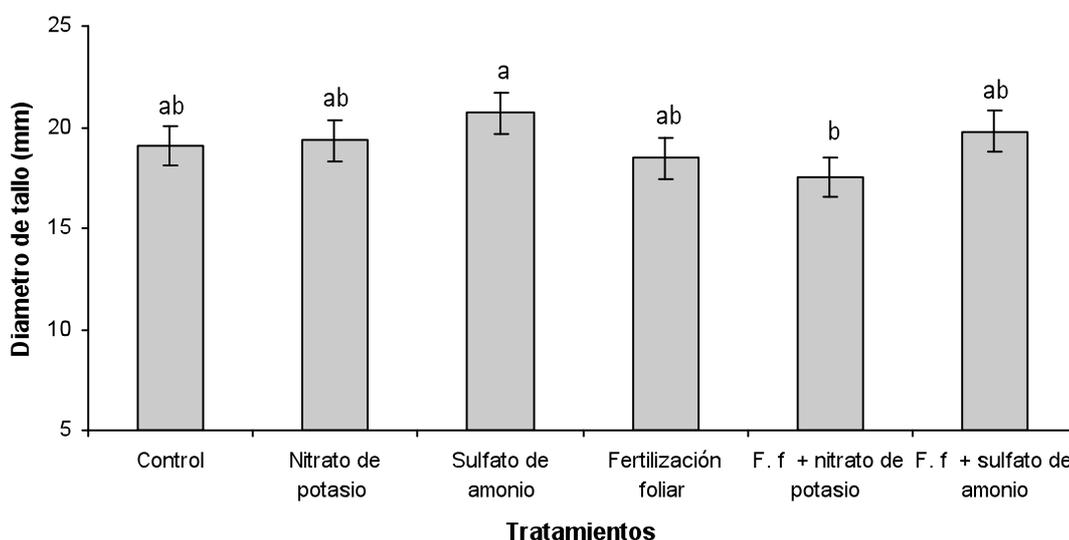


Figura 10. Diámetro de tallo por planta en cebollas con adición de nitrato de potasio, sulfato de amonio y fertilización foliar de miel de abeja. Las plantas se muestrearon 117 días después del transplante en campo.

5.13 Diámetro polar de bulbo

El diámetro polar de bulbo mostró alta significancia ($\alpha = 0.01$) el tratamiento que obtuvo el mayor respuesta fue la adición vía edáfica de sulfato de amonio con 60.2 mm, con la incorporación de esta misma fuente de nitrógeno mas fertilización orgánica se obtuvo un resultado similar 58.9. La Figura 11 muestra que la aplicación de amonio solo y en

combinación con la aplicación foliar con miel de abeja favoreció en incremento en esta variable.

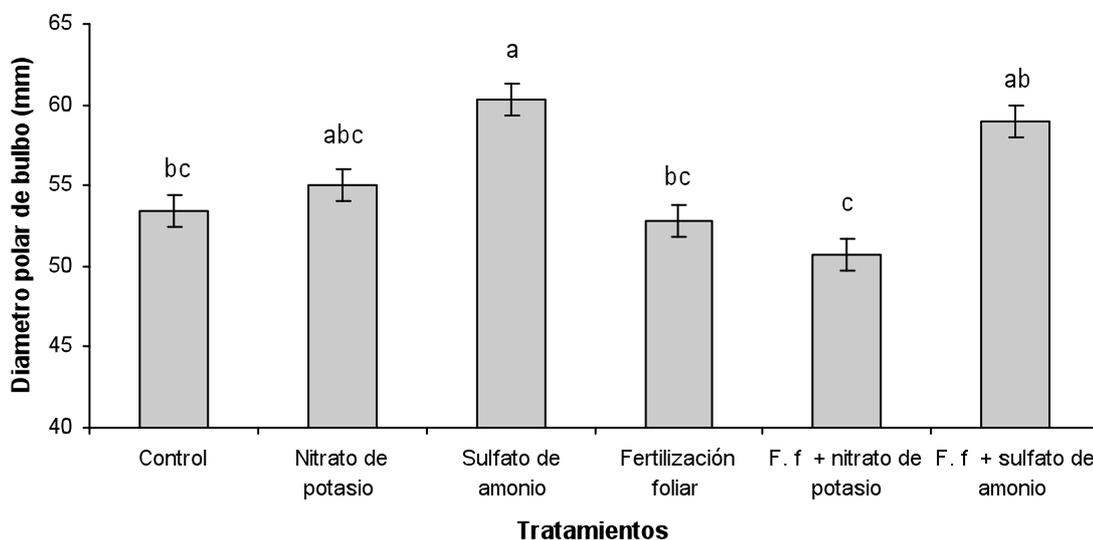


Figura 11. Diámetro polar de bulbo en plantas fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno y fertilización foliar de miel de abeja a los 117 días después del trasplante en campo.

Este resultado es similar a los obtenidos por Losak, (2005) y Martínez, (1984) quienes indican que la aplicación de nitrógeno combinada con azufre incremento el peso y el diámetro de bulbos.

5.14 Peso fresco de bulbo

El análisis de varianza realizado en la variable pesos fresco de bulbos mostró alta significancia ($\alpha = 0.01$), la comparación de medias utilizando la prueba SNK que los tratamientos que obtuvieron un mayor peso en los bulbos fueron: la adición de nitrato de potasio, sulfato de amonio y sulfato de amonio más fertilización foliar orgánica la Figura 12. Muestra las ventajas que presentan la fertilización nitrogenada sobre la nula aplicación de fertilizante observado en el tratamiento control.

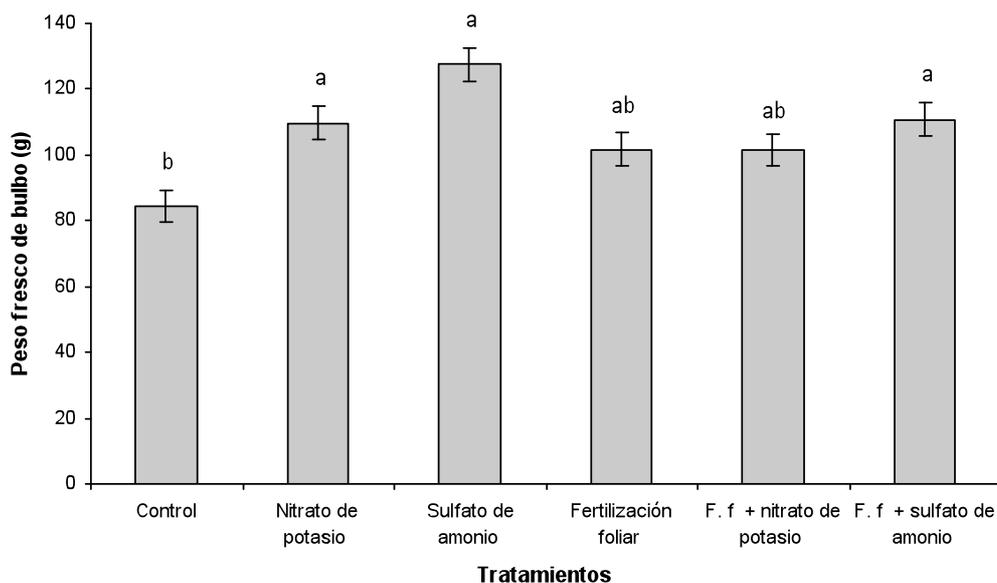


Figura 12. Peso fresco en bulbos de cebolla fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno y la adición foliar con miel de abeja, 117 días después del transplante en campo.

Los resultados muestran que el desarrollo del cultivo se favorece con la aplicación de sulfato de amonio, debido a que el azufre es requerido para dar sabor y olor y para la conformación del bulbo (Añez *et al.*, 1996) y al ser combinado el sulfato de amonio con miel de abeja se obtuvo una respuesta similar.

5.15 Rendimiento total

El rendimiento total no mostró diferencia significativa ($\alpha=0.05$) (Cuadro A-15 del Apéndice), la comparación de medias utilizando la prueba SNK ubicó las medias de rendimiento con tratamiento control 21.13 t, nitrato de potasio 30.24 t, sulfato de amonio 31.90 t, miel de abeja 26.43 t, miel de abeja mas nitrato de potasio 26.76 t, miel + sulfato de amonio 27.67t.

Estadísticamente no existió efecto en el rendimiento con la incorporación de nitrógeno, con fertilización orgánica vía foliar ni con la combinación de ambas. Los resultados

coinciden con los reportados por Nava *et al.* (2004) al indicar que con fertilización foliar no existe aumento en el rendimiento de cebolla. Aun así la aplicación de sulfato de amonio vía edáfica presentó un ligero aumento en el rendimiento el cual se muestra en la Figura 13, el total incluye cebollas sanas y con pudrición blanca.

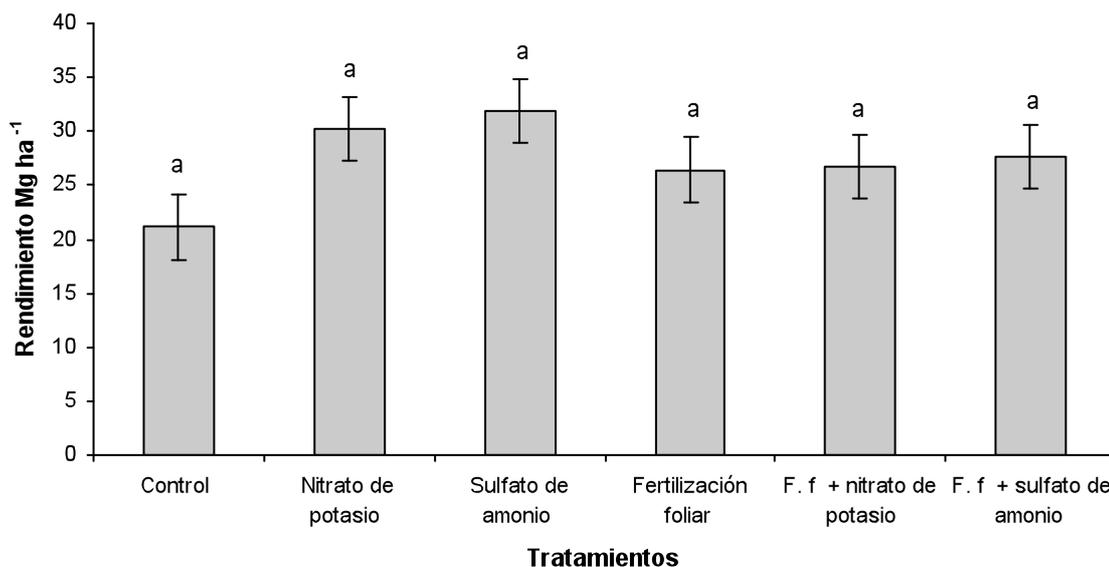


Figura 13. Rendimiento total en cebolla, producidas en suelo inoculado con *S. cepivorum* con dos fuentes de nitrógeno y fertilización foliar con miel de abeja.

5.16 Rendimiento comercial

El análisis de varianza para la variable rendimiento comercial tampoco mostró diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) (Cuadro A-16), La Figura 14 indica los valores alcanzados en cada uno de los tratamientos.

Estos resultados muestran las bondades en la aplicación foliar con miel de abeja, tomando en consideración que el terreno experimental se encontraba inoculado con *Sclerotium cepivorum*, al momento de la siembra con 2.5×10^5 esclerocios los cuales fueron

colocados en toda la parcela experimental, con el objetivo de asegurar la incidencia de la enfermedad.

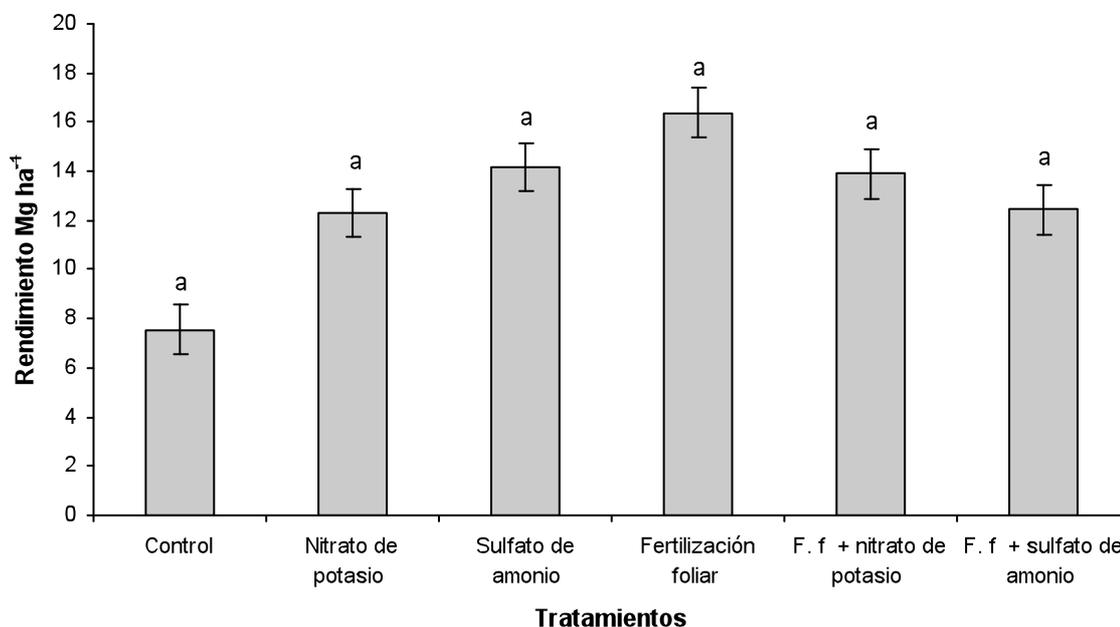


Figura 14. Rendimiento comercial de cebolla con adición de nitrato de potasio, sulfato de amonio y fertilización orgánica con miel de abeja.

Se logro obtener cebolla libre de enfermedad, con valor comercial y el tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento fue la aplicación foliar con miel de abeja del cual se obtuvieron 16.39 t ha^{-1} que equivale al 70% de la media nacional reportada para el estado de México que es de 25 t ha^{-1} . (SAGARPA, 2004). La ventaja de esta producción es que bajo el manejo nutrimento se pudo producir y comercializar la cebolla que creció en suelos en presencia del patógeno.

5.17 Determinación de nutrimentos en tejido vegetal en condiciones de campo

A pesar que no existieron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en la concentración de macronutrimentos en tejido vegetal, la concentración de nitrógeno fue mayor en los tratamientos donde se aplico nitrato de potasio y fertilización foliar mas sulfato de amonio

respectivamente, el tratamiento que obtuvo la menor concentración de nitrógeno fue el tratamiento control (Cuadro 8). El fósforo fue mayor en el tratamiento donde se aplicó fertilización foliar con miel de abeja y los tratamientos donde se encontró una menor concentración de este nutrimento fueron aquellos en los que el nitrógeno fue el más alto.

Cuadro 8. Concentración de macronutrientes en plantas de cebolla fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno y fertilización orgánica 117 días después del transplante en campo.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	S
Control	19.99 a	2.52 a	25.39 a	18.64 a	6.55 a	9.70 a
Nitrato de potasio	21.64 a	2.29 a	25.18 a	18.05 a	6.15 a	8.62 a
Sulfato de amonio	20.95 a	2.57 a	28.60 a	21.20 a	7.18 a	10.24 a
Fertilización foliar con miel de abeja	20.69 a	2.66 a	24.48 a	17.47 a	6.15 a	8.56 a
Fertilización foliar + Nitrato de potasio	20.28 a	2.45 a	25.82 a	19.39 a	6.65 a	9.38 a
Fertilización foliar + Sulfato de amonio	21.63 a	2.25 a	22.69 a	16.19 a	5.51 a	8.70 a

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales SNK ($\alpha = 0.05$)

La concentración de potasio, calcio, magnesio y azufre fue mayor en el tratamiento con adición de sulfato de amonio al suelo, mientras que las concentraciones más bajas de estos nutrimentos se encontraron con la adición de esta misma fuente nitrogenada más fertilización foliar con miel de abeja (Cuadro 8).

Los resultados son contrastantes porque con esta fuente de nitrógeno aplicada al suelo y adicionada con fertilización foliar se obtuvieron los mejores resultados en la disminución de la incidencia y severidad de pudrición blanca.

La concentración de micronutrientos tampoco mostró diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) aun así el tratamiento donde se encontró una mayor concentración de manganeso, cobre, boro y zinc fue con la adición al suelo de sulfato de amonio.

Cuadro 9. Concentración de micronutrientos en plantas de cebolla fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno y fertilización orgánica 117 días después del transplante en campo.

Tratamientos	Mn	Cu	Fe	B	Zn
Control	30.45 a	3.79 a	198.3 a	182.9 a	63.82 a
Nitrato de potasio	26.58 a	3.83 a	190.3 a	171.4 a	61.44 a
Sulfato de amonio	33.27 a	4.12 a	228.8 a	183.4 a	69.23 a
Fertilización foliar con Miel de abeja	23.92 a	3.67 a	177.1 a	181.0 a	61.01 a
Fertilización foliar + nitrato de potasio	31.00 a	3.58 a	267.5 a	176.0 a	66.84 a
Fertilización foliar + sulfato de amonio	28.70 a	3.43 a	175.5 a	167.4 a	66.84 a

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales SNK ($\alpha = 0.05$)

Una mayor concentración en los nutrientes antes citados es debido a que en suelos alcalinos la absorción de amonio es beneficiada por diversas plantas en relación con la fertilización con nitrato (Martínez, 1995).

El no encontrar significancia ($\alpha = 0.05$) en los nutrientes antes citados es debido al pH del suelo 8.15 análisis químico de suelo Figura 1 el cual limita la disponibilidad de los nutrientes, debido a que estos se encuentran disponibles en un rango de pH entre 6.5 y 7.5. La temperatura también influyó sobre los resultados obtenidos, debido a que la temperatura mínima considerada como crítica se ubicó en $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ Ruiz *et al.* (1999), la cual estuvo presente en gran parte del ciclo del cultivo <http://clima.cem.colpos.mx/crespo/>. Así como la presencia de *S. cepivorum* en campo el cual probablemente dañó las raíces y

obstruye la asimilación de nutrientes por las plantas. Los resultados obtenidos con la adición de fertilización foliar coinciden con lo reportado por Nava *et al.* (2004) los cuales no encontraron respuesta en la concentración de nutrientes en cebolla.

5.18 Determinación de la desviación del óptimo porcentual

En la determinación de la desviación del óptimo porcentual índice (DOP), no se encontraron respuestas en una mayor aparición de la enfermedad guiada por un desbalance de nutrientes, los resultados se muestran en el (Cuadro A-17 del Apéndice).

VI Conclusiones del experimento III

El nitrato de potasio incremento la incidencia y severidad de pudrición blanca en cebolla.

La aplicación foliar de miel de abeja incremento el porcentaje de cosecha comercial en presencia de *Sclerotium cepivorum*.

La incorporación de fertilizantes nitrogenados incremento el rendimiento de cebolla, pero favoreció el desarrollo de *Sclerotium cepivorum*.

VII LITERATURA CITADA

Abbes, C. L., E. Parent A. Karma y D. Isfan. 1995. Effect of $\text{NH}_4^+ : \text{NO}_3^-$ ratios on growth and nitrogen uptake by onion. *Plant and Soil*. 171: 289-296.

Adams P. B. y G. C. Papavizas. 1970. Onion white rot caused by *Sclerotium cepivorum* as affected by soil temperature, pH, and inoculum density. *Phytopathology*. 60: 1281.

Adams, P. B. y G. C. Papavizas. 1971. Effect of inoculum density of *Sclerotium cepivorum* and some soil environmental factors on disease severity. *Phytopathology*. 61: 1253-1256.

Agrios, G., N. 2004. Fitopatología. Editorial Limusa. México.

Alcántar, G, G., M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México.

Añez B., E. Tavira, C, Figueredo. 1996. Producción de cebolla en respuesta a la aplicación de fertilizantes en suelos alcalinos. *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ* 13: 509-520.

Benedetti, L. y L. Pieralli. 1990. Apicultura. Ediciones Omega. Barcelona España.

Bidwell R. G. S 1979. Fisiología Vegetal. Editor A.G.T. México.

Buwalda J. G. y R. E. Freeman. 1987. Effects of nitrogen fertilizers on growth and yield potato (*Solanum tuberosum* L. 'llam Hardy'), onion (*Allium cepa* L. Pukekohe Longkeeper'), Garlic (*Allium sativum* L. 'Y strain') and Hybrid Squash (*Cucurbita maxima* 'L. delica'). *Scientia Horticulturae*. 32:161-173.

Brewster, J. L. 2001. Las cebollas y otros *Alliums*. Editorial Acribia. Zaragoza España.

California Fertilizer Asociation (CFA). Soil Improvement Committee. 1995. Manual de fertilizantes para horticultura. Editorial Limusa. México.

Coley-Smith, J. R. 1985. Methods for the production and use sclerotia of *Sclerotium cepivorum* in field germination studies. *Plant pathology*. 34: 380-384.

Coley-Smith, J. R. 1959. Studies on the biology of *Sclerotium cepivorum* Berk. III. Host range; persistence and viability of sclerotia. *Ann. Appl. Biol.* 47: 511-518.

Dabash, T. S., A. I. El-Shehaby, N. A. Ibrahim, I. A. Radwan y A. A. Ali. 1985. Relation between fertilizers and white rot disease of onion with reference to the rhizosphere. *Agricultural Research Review*. 63: 99-110.

Dennis J. J. y J. Armstrong. 2001. Proggess towards an integrated control strategy for onion white root rot disease, including the use of artificial germination stimulants. *Acta Horticulturae*. 555: 117-121.

Fahmy, F. G. y M. O. M. Omar. 1989. Potencial use of “propolis” to control white rot disease of onion. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*. 20: 265-275.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Segunda Edición. Mexico.

George R., A. T. 1999. *Vegetable Seed Production*. 2 nd Edition. New York. USA.

Gerbrandi. J. 1992. Effects of different temperate treatments on dormancy of sclerotia of isolates of *Sclerotium cepivorum*. *Netherlandas Journal Plant Pathology*. 98: 269-276.

Ghini R., W. Bettiol. J., F. Dynia y A. H. N. Maia. 2001. Effect of nitrogen fertilizers on the soil suppressiveness to plant pathogens. *Ecosystema*. 26:147-151.

Gómez C. R., M. de las N. Rodríguez M., E. Cárdenas S., M. Sandoval V. y M. T. Colinas L. 2006. Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* Sheld en tomate de cáscara. *Revista Chapingo serie Horticultura* 12: 69-75.

Gómez B., J. 2005. Indispensable cubrir las demandas del agricultor y comercializador. *Revista de Riego*. 4: 17.

Hooper, T. 1990. *Las abejas y la miel guía para el apicultor*. El ateneo. Cuarta edición. Buenos Aires Argentina.

Japon Q., J. 1982. Cultivo extensivo de la cebolla. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Publicaciones de extensión agraria. Madrid España.

Jacob., A. y H. Uexküll V. 1969. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Tercera edición. Alemania.

Joseph. P. L., D., Ma. de las N. Rodríguez M., P. Sánchez G., A. Mora A. y E. Cárdenas S. 2002. Foliar Fertilization of Mango (cv Haden) for the Control of Malformation. Acta Hort. 594: 667-671.

Lampkin, N. 2001. Agricultura ecológica. Ediciones Mundi-prensa. Barcelona España.

Littley, E. R., y Rahe, J. E. 1992. Sclerotial morphogenesis in *Sclerotium cepivorum* *in vitro*. Canadian Journal Botanic. 70: 772-778.

Losak, T. 2005. Response of onion (*Allium cepa* L.) to nitrogen and sulphur fertilization. Vegetable Crops Research Bulletin. 36: 67-75.

Mac Lean K. L., G. E., Harper. C. M., Frampton y A. Stewart. 2005. Dormancia of *Sclerotium cepivorum* sclerotia in New Zealand soils. New. Zealand Plant Protection 58: 245-250.

Mac Lean, K. L. y A. Stewart. 2000. Infection sites of *Sclerotium cepivorum* on onion roots. New. Zealand Plant Protection 53: 118-121.

Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

Martínez C., J. A. 1984. Respuesta de la cebolla *Allium cepa* L. a diferentes niveles de fertilización foliar nitrogenada y fosfatada al suelo bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. México.

Martínez G., F. 1995. Elementos de fisiología vegetal. Relaciones hídricas. Nutrición mineral. Transporte. Metabolismo. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona. España.

Mendoza Z., C. 1996. Enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México.

Mendoza, Z. C. 1999. Enfermedades fungosas de hortalizas y fresas. *In*: S. Anaya R. y J. Romero N. (eds.) Hortalizas plagas y enfermedades. Trillas. México.

Mill, H. A. y J. B. Jones. 1996. Plant analysis handbook II. Micromacro Publishing, Inc. United Status of America.

Nava S., R. G. Almaguer V. M. Pérez G. R. Maldonado T. y E. Cárdenas S. 2004. Fertilización foliar en cebolla. Revista Chapingo Serie Horticultura. 10: 159-163.

Pérez M., L., J. R. Sánchez P y A. R. Entwistle. 1998. Control de pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk) del ajo (*Allium sativum* L.) con esterilizantes en la zona del Bajío, Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología. 16: (2) 72-78.

Pozo E., y R. Schopflocher. 2004. Microemprendimiento. Cría de abejas su empresa de apicultura. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina.

Rodríguez P., Y. 2001. Efecto del calcio, azufre y nitrógeno en la resistencia del ajo *Allium sativum* L. en la infección de *Sclerotium cepivorum* Berk. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco Estado de México.

Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes Nutrición Vegetal. AGT Editor. México D.F.

Ruiz C. J. U., G. Medina G., I. J. González A., C. Ortiz T., H. E. Flores López., R. A. Martínez P y K. F. Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Institucional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias. Centro de investigación regional del pacífico centro. Guadalajara Jalisco. México.

SAGARPA. 2004. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Centro de Estadística Agropecuaria por Cultivo. México.

Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Iberoamérica. México D.F.

Sánchez P., J. R. 1998. Viabilidad morfológica, fisiológica y patogénica de cuatro aislamientos de *Sclerotium cepivorum* Berk. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco. Estado de México.

Somerville, P. A., y D. H. Hall. 1987. Factors affecting sclerotial germination of *Sclerotium cepivorum*, secondary sclerotia formation, and germination stimulants to reduce inoculum density. Plant Disease 71: 229-223.

SARH 1989. El cultivo de la cebolla en Atlixco, Puebla. Centro de apoyo al desarrollo rural Atlixco. Colegio de Postgraduados. México.

Soto A., J. 1988. Nutritive requirement of onion (*Allium cepa*) in the soils of northern Cartago. II critical levels for P, K and S and response to N. *Agronomía Costaricensis* 12: 53-57.

Troeme., S. y Gras R. 1979. Suelo y fertilización en fruticultura. Mundi-prensa. Segunda edición. Madrid España.

Ulacio-Osorio, D., Zavaleta-Mejia, E., García-Espinosa R., Delgadillo-Sánchez, F., Pedroza-Sandoval, y A. Martínez-Garza A. 2003. Materia orgánica y microorganismos antagonistas como estrategias de manejo de *Sclerotium cepivorum* Berk. y su impacto en el progreso de pudrición blanca en ajo (*Allium sativum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 346-354.

Utkhede, R. S. y J. E. Rahe. 1979. Wet-Sieving Flootation Technique for Isolation of Sclerotia of *Sclerotium cepivorum* From Muck Soil. *Phytopathology*.69: 295-297.

Uribe L., H. R. 1993. Evaluación del estado nutricional del nitrógeno en la cebolla *Allium cepa* L. para máximo rendimiento. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo Texcoco. Estado de México.

Zahran F. A. y A. E. Abdoh. 1998. Nitrogen fertilization of onion sandy soils. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. 76: 903-911.

Zavaleta M., E., Rojas M. R. I. y Villar L. A. C. 1992. Efecto de la incorporación de residuos de crucíferas (*Brassicaceae*) sobre fitopatógenos del suelo. III. Efecto de los compuestos volátiles emanados de los residuos de crucíferas sobre la germinación de esclerocios de *Sclerotium cepivorum* Berk. Revista Mexicana de Fitopatología 9: 105-110.

Zavaleta-Mejia, E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. Revista Terra. 17: 201-206.

Zavaleta M., E., O. Gómez R. y R. I. Rojas M. 2004. Efecto de la fuente y dosis de nitrógeno en *Sclerotium cepivorum*. In: Memorias del XXXI Congreso Nacional de Fitopatología y VI Congreso Internacional de Fitopatología. (Eds.) Fuentes D. G. y J. Ireta M. Veracruz. México.

<http://clima.cem.colpos.mx/crespo/> Consultado enero 2007

APÉNDICE

Cuadro A-1. Análisis de varianza generado para la variable germinación de esclerocios

Variable	G.I	SC	CM	Pr > F	C.V
Germinación de esclerocios	1	40.33333	40.33333	0.0161	14.98967
Error	10	48.3333	10.4333333		
Total	11	88.6666			

Cuadro A-2. Análisis de varianza generado para la variable crecimiento micelial

Variable	G.I	SC	CM	Pr > F	C.V
Crecimiento micelial	1	3.9956553	3.9956553	0.1459	93.62109
Error	170	318.2104486	1.8718262		
Total	171	322.2061039			

Cuadro A-3. Análisis de varianza generado para la variable viabilidad de *Sclerotium cepivorum*

Variable	G.I	SC	CM	Pr > F	C.V
Viabilidad de esclerocios	1	649.800000	649.800000	0.0910	53.46762
Error	18	3668.400000	203.800000		
Total	19	4318.200000			

Cuadro A-4. Esclerocios expuestos a los exudados radicales de plántulas asperjadas con agua y prueba de viabilidad en laboratorio.

bolsas	Esclerocios			
	totales	dañados	no dañados	viables
1	150	118	32	16
2	150	121	29	10
3	150	150		
4	150	103	47	28
5	150	100	50	38
6	150	150		
7	150	150		
8	150	110	40	29
9	150	150		
10	150	104	46	30
11	150	108	42	22
12	150	65	85	77
13	150	74	76	47
14	150	110	40	27
15	150	150		
16	150	150		
Total	2400	1913	487	324

Cuadro A-5. Esclerocios expuestos a los exudados radicales de plántulas asperjadas con miel de abeja al 2% y prueba de viabilidad en laboratorio.

bolsas	Esclerocios			
	totales	dañados	no dañados	viables
1	150	135	15	15
2	150	89	61	32
3	150	132	18	18
4	150	122	28	21
5	150	126	24	21
6	150	150		
7	150	150		
8	150	150		
9	150	150		
10	150	150		
11	150	130	20	13
12	150	139	11	11
13	150	150		
14	150	107	43	25
15	150	125	25	25
16	150	119	31	31
Total	2400	2124	276	212

Cuadro A-6. Análisis de varianza realizado en la variable incidencia de pudrición blanca en cámara bioclimática

Variable	G.I	SC	CM	Pr > F	C.V
Incidencia de pudrición blanca					
Tratamientos	5	22534.79637	4506.95927	0.0002	69.66982
Error	54	40774.62259	755.08560		
Total	59	63309.41896			

Cuadro A-7. Prueba no paramétrica en cámara bioclimática para la variable severidad de pudrición blanca en cebolla.

The SAS System

The NPARIWAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable SEVCAMA

Classified by Variable Tratamientos

Tratamientos	Obs.	Sum of Scores	Expected Under HO	Std Dev Under HO	Mean Score
1	30	2601.50	2715.0	246.2539	86.716667
2	30	2763.50	2715.0	246.2539	92.116667
3	30	2249.50	2715.0	246.2539	74.983333
4	30	1507.50	2715.0	246.2539	50.250000
5	30	3416.00	2715.0	246.2539	113.866667
6	30	3752.00	2715.0	246.2539	125.066667

Kruskal-Wallis Test

Chi-Square	44.7545
DF	5
Pr > Chi-Square	<.0001

Cuadro A-8. Análisis de varianza realizado en la variable diámetro de bulbo

Variable	GI	SC	CM	Pr > F	C.V
Diámetro de bulbo					
Tratamientos	5	85.6466279	17.1293256	0.0054	19.51426
Error	107	519.2710446	4.8530004		
Total	112	604.9176726			

Cuadro A-9. Análisis de varianza realizado en la variable peso fresco de follaje

Variable	G.I	SC	CM	Pr > F	C.V
Peso fresco de follaje					
Tratamientos	5	239.074868	47.814974	0.0386	41.92784
Error	109	2132.768031	19.566679		
Total	114	2371.842899			

Cuadro A-10. Análisis de varianza realizado en la variable peso seco de follaje

Variable	G.I	SC	CM	Pr > F	C.V
Peso seco de follaje					
Tratamientos	5	3.16451784	0.63290357	0.0021	39.55044
Error	126	19.89497004	0.15789659		
Total	131	23.05948788			

Cuadro A-11. Orden de requerimiento nutrimental, desviación del óptimo porcentual en cámara bioclimática en cebolla.

Tratamientos	Orden de requerimiento nutrimental	IDN
Control	Fe>Mn>S>K>N>Ca>Zn>Mg>B>P>Cu	159.95
Nitrato de potasio	S>P>Cu>Zn>Ca>Mg>K>Mn>B>N>Fe	84.72
Sulfato de amonio	N>Ca>Mg>K>B>Zn>P>Mn>Cu>S>Fe	136.52
Fertilización foliar con miel de abeja	N>Ca>Mn>Mg>K>Zn>S>Fe>B>P>Cu	246.05
Fertilización foliar + nitrato de potasio	Cu>P>Mn>Fe>K>Ca>B>Zn>Mg>N>S	120.42
Fertilización foliar + Sulfato de potasio	Cu>P>B>Fe>S>Zn>Mg>N>K>Ca>Mn	387.76

Los nutrimentos con símbolos en negritas corresponden a valores con signo negativo

Cuadro A-12. Análisis de varianza realizado en la variable incidencia de pudrición blanca en campo

Variable	G.I	SC	CM	Pr > F	C.V
Incidencia de pudrición blanca					
Tratamientos	5	2387.97411	447.594822	0.1484	85.81720
Error	260	75476.4703	290.29412		
Total	269	87528.6879			

Cuadro A-13. Prueba no paramétrica en campo para la variable severidad de pudrición blanca.

The SAS System

The NPARIWAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable SEVCAMA

Classified by Variable Tratamientos

Tratamientos	Obs.	Sum of Scores	Expected Under HO	Std Dev Under HO	Mean Score
1	75	17422.50	16125.0	708.351752	232.300000
2	70	15431.00	15050.0	689.148721	220.442857
3	75	16303.50	16125.0	708.351752	217.380000
4	68	14228.50	14620.0	681.121779	209.242647
5	66	13191.00	14190.0	672.886771	199.863636
6	75	15658.50	16125.0	708.351752	208.780000

Kruskal-Wallis Test

Chi-Square	5.5778
DF	5
Pr > Chi-Square	0.3495

Cuadro A-14. Análisis de varianza realizado en la variable altura de planta

Variable	GI	SC	CM	Pr > F	C.V
Altura de planta					
Tratamientos	5	6536.802613	1307.360523	<.0001	24.16864
Bloques	4	9215.769970	2303.942493		
Error	440	67647.20815	153.7436		
Total	449	15752.57258	1750.28584		

Cuadro A-15. Análisis de varianza realizado en la variable rendimiento total en cebolla

Variable	Gl	SC	CM	Pr > F	C.V
Rendimiento total					
Tratamientos	5	345.254320	69.0508640	0.3723	28.453
Bloques	4	568.42864	142.10716		
Error	20	1211.9015	60.595076		
Total	29	2125.5844			

Cuadro A-16. Análisis de varianza realizado en la variable rendimiento comercial en cebolla.

Variable	Gl	SC	CM	Pr > F	C.V
Rendimiento comercial					
Tratamientos	5	219.468564	43.89371	0.2796	44.33
Bloques	4	469.73073	117.43268		
Error	20	643.84595	32.1922		
Total	29	1333.0452			

Cuadro A-17. Orden de requerimientos nutrimentales en cebolla en campo.

Tratamientos	Orden de requerimiento nutrimental	IDN
Control	Fe>K>N>Cu>P>Zn>Ca>B>S>Mg>Mn	32.81
Nitrato de potasio	Mn>Fe>P>S>Mg>Zn>B>Ca>K>N>Cu	48.67
Sulfato de amonio	N>B>P>>Zn>Cu>Fe>S>Mg>K>Mn>Ca	100.28
Fertilización foliar con miel de abeja	Mn>Fe> S>Ca>Zn>Mg>K>N>Cu>B>P	72.76
Fertilización foliar + nitrato de potasio	Cu>N>B>P>K>S>Mg>Ca>Zn> Mn>Fe	59.72
Fertilización foliar + Sulfato de amonio	Fe>Mg>Ca>K> Zn>P>Cu>B>S>Mn>N	80.96

Los nutrimentos con símbolos en negritas corresponden a valores con signo negativo

