

Relación entre la nutrición mineral y la severidad del daño ocasionado por pudrición blanca en cebolla de bulbo

Relationship between plant nutrition and severity of damage caused by white rot disease on onion (*Allium cepa*)

Sonia Esperanza Aguirre,¹ Juan Carlos Menjivar F.,² Nelson Virgilio Piraneque G.³

RECIBIDO: MAYO/06. ACEPTADO: JULIO 30/06

¹ Ing. Agr. Esp. M.Sc. Ciencias Agrarias, Énfasis en Suelos. Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. heidysofia2004@yahoo.es

² Ing. Agr. Dr. en Ciencias del Suelo. Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. jcmenjivarf@palmira.unal.edu.co

³ Ing. Agr. Especialista M. B. C., U.P.T.C. Estudiante de Doctorado en Ciencias Agropecuarias Énfasis en Suelos. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. nevipiga71@yahoo.es

RESUMEN

En un cultivo comercial de cebolla de bulbo (*Allium cepa*) situado en el municipio de Tibasosa, Boyacá-Colombia, se recolectaron muestras de suelos (*sulfic endoaquepts*) y esclerocios 20 días antes de la siembra, 45, 90 y 120 días después de la siembra (DDS); los análisis de tejidos se realizaron a los 45, 90 y 120 DDS. Se determinó la asociación entre parámetros químicos del suelo y de la planta con el porcentaje de daño. Se estableció asociación directa entre las variables, contenido de cobre en suelo Cu ($r=0.71$), nitrógeno foliar N_f ($r=0.46$) y magnesio foliar Mg_f ($r=0.66$) con el porcentaje de daño causado por *S. cepivorum*. El contenido de calcio foliar Ca_f ($r=-0.52$), boro foliar B_f ($r=-0.49$) y esclerocios por gramo de suelo ES/g ($r=-0.56$) fueron inversamente proporcionales con el porcentaje de daño. El tratamiento con mayor porcentaje de daño presentó contenidos altos de N, P y S en tejidos y menores contenidos en K, Ca, Mg, B, Mn, Cu y Zn.

Palabras clave: *Allium cepa*; *Sclerotium cepivorum*; nutrición de las plantas; tolerancia.

SUMMARY

In a commercial onion crop (*Allium cepa*) located in Tibasosa, Boyacá, Colombia, the relationship between plant nutrition and severity of damage caused by white rot disease was studied. The soil was classified as *sulfic endoaquept*. At 20 days before sowing (DAS) and at 45, 90 and 120 days after sowing soil samples and esclerotium were taken plant tissue analysis at 45, 90 and 120 DAS was carried out. Also association among soil chemical parameters and plant percentage of damage was studied. Results showed direct relationship among copper content in soil ($r=0.71$), nitrogen in leaves ($r=0.46$) and magnesium in leaves ($r=0.66$) with percentage of damage caused by *S. cepivorum*. Calcium content in leaves ($r=-0.52$), boron in leaves ($r=-0.49$) and esclerocios in soil Elg ($r=-0.56$) were inversely proportional to percentage of damage. The treatment with the highest percentage of damage had higher contents of N, P and S in leaves and lower K, Ca, Mg, B, Mn, Cu and Zn.

Key words: *Allium cepa*; *Sclerotium cepivorum*; plant nutrition.

INTRODUCCIÓN

La pudrición blanca causada por *Sclerotium cepivorum* Berk. produce pérdidas económicas importantes que difieren de una región a otra, se ha reportado que niveles de inóculo tan diferentes como 1.5 y 5.000 a 9.000 esclerocios por gramo de suelo se requiere para alcanzar la incidencia de la enfermedad de 25 al 40% (Sánchez y Zavaleta, 2000).

En Colombia en el distrito de riego del alto Chicamocha el cultivo de cebolla de bulbo (*Allium cepa*) ocupa un renglón importante en la economía; en el 2003 se reportaron 2.088 hectáreas sembradas con una producción aproximada de 10.974 toneladas (Centro URPA, 2003) en las que la pudrición blanca causó pérdidas durante el cultivo, embarque y almacenamiento; a pesar de los tratamientos fitosanitarios que el culti-

vo recibe el problema persiste y tiende a aumentar con la consecuente reducción de rendimientos (Corpoica, 2002).

En ese orden de ideas se requieren métodos alternativos de manejo de la enfermedad y se busca una solución al problema para evaluar si la absorción diferencial de nutrientes por el cultivo influye en la tolerancia, presencia y severidad de esta enfermedad. Los resultados de la investigación pretenden aportar conocimiento que permitan disminuir la incidencia del hongo mediante un manejo adecuado de la nutrición vegetal, optimizar los rendimientos de la especie y contribuir al mejor uso y manejo de suelos en la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca La Estancia, municipio de Tibasosa, localizada en el distrito

de la cuenca alta del río Chicamocha, departamento de Boyacá (5°47'50.46" N y 72°59'51.81" W, 2600 m.s.n.m, 14.1°C, humedad relativa media anual de 77%). Se utilizaron dos lotes con características edáficas similares pero con diferencias en la severidad y porcentaje de daño en 2004; **Av** (localizado cerca de la avenida Duitama - Tibasosa) presentó 5% de daño y **P** (situado al noroccidente) 50% de daño por *S. cepivorum*. Los suelos se clasificaron como *sulfic endoaquepts* y presentaron color pardo oscuro (10YR 3/2), texturas arcillosas, alta susceptibilidad a la compactación, predominio de microporos, lenta permeabilidad, alta capacidad de retención de humedad (Tabla 1). El grado de fertilidad fue bueno, altos los valores de materia orgánica, pero las relaciones $Ca^{++}:Mg^{++} > 6$ y $K^{+}:Mg^{++} > 0.5$ que pueden inducir deficiencia de Mg^{++} (Tabla 2).

Tabla 1. Propiedades físicas de los suelos en estudio.

Propiedad	Método	Lote Avenida (Av)		Lote Poste (P)	
		0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Humedad gravimétrica (%)	Horno	51.11	48.22	51.79	41.33
Humedad volumétrica (%)	Membrana Richard	46.56	49.47	45.09	49.71
Capacidad de campo (%)	Ollas a presión				
Base Hum. Gravim.	39.39	49.087	36.41	43.87	
Punto de marchitez (%)		34.18	42.67	31.30	38.76
Lámina agua aprovechable (cm)		5.21	7.21	5.1	5.11
Conductividad hidráulica saturada (cmh ⁻¹)	Cabeza constante	4.84	NS	11.28	NS
Densidad (gcm ⁻³)	Aparente por Núcleo	0.88	0.93	0.84	0.92
	Real por Picnómetro	2.49	2.49	2.60 ³	2.72
Porosidad Total (%)					
Macroporos					
Mesoporos					
Microporos	A partir de las curvas de retención de humedad con ollas a presión	64.51	63.55	67.65	66.22
		81.32	94.81	76.98	86.05
		16.31	3.94	20.24	11.61
		2.37	1.25	2.78	2.34
Susceptibilidad a la compactación (%)	Hakansen y Piec con Proctor a 200 kilopascals de fuerza.	83.8	96	83.2	98

Tabla 2. Propiedades químicas de los suelos en estudio.

Propiedad	Método	Lote Avenida (AV)				Lote Poste (P)			
		0-10		10-20		0-10		10-20	
		Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel	Valor	Nivel
pH	Potenciometría	6.57	M. Acid	6.086	Acid	7.65	Alc	7.09	Norm
Materia Orgánica	Walkley Black	9.091	Medio	8.89	Medio	9.006	Medio	8.224	Medio
P (mgkg ⁻¹)	Bray - Olsen	126.09	Alto	122.64	Alto	271.87	Alto	258.6	Alto
K Cmol(+):kg ⁻¹	Espectrofotometría de absorción atómica	3.02	Alto	2.31	Alto	2.48	Alto	2.54	Alto
Ca Cmol(+):kg ⁻¹		29.35	Alto	19.92	Alto	22.87	Alto	20.21	Alto
Mg Cmol(+):kg ⁻¹	Absorción atómica	2.68	Alto	2.26	Medio	3.87	Alto	3.54	Alto
Na Cmol(+):kg ⁻¹		1.99	Alto	1.08	Alto	1.44	Alto	1.32	Alto
CIC Cmol(+):kg ⁻¹	extracto del suelo, espectrofotometría manual	33.75	Alto	24	Alto	31.4	Alto	30.28	Alto
B (mgkg ⁻¹)		4.09	Alto	4.23	Alto	5.01	Alto	4.98	Alto
S (mgkg ⁻¹)	Espectrofotometría de absorción atómica	113.5	Alto	91.4	Alto	107.98	Alto	115.89	Alto
Fe (mgkg ⁻¹)		0.82	Bajo	4.17	Bajo	5.95	Bajo	8.46	Bajo
Cu (mgkg ⁻¹)		0.02	Bajo	0.15	Bajo	1.2	Medio	1.32	Medio
Zn (mgkg ⁻¹)		2.64	Alto	13.41	Alto	14.96	Alto	18.67	Alto
Mn (mgkg ⁻¹)		24.03	Alto	59.01	Alto	43.86	Alto	57.95	Alto

Para el establecimiento del ensayo se trasplantaron manualmente plántulas de cebolla de bulbo (Yellow granex®) a 12 cm entre hileras y 10 cm entre plantas, las cuales recibieron el mismo tipo de labores que realizan en la zona, sistema de cultivo que se caracteriza por labranza intensiva y uso indiscriminado de agroquímicos. *Thrips tabaci* se controló con Malatión y Dimetoato®. La presencia del complejo *Peronospora destructor*, *Alternaria porri*, *Cladosporium allii* y *Stemphylium sp* se manejó con atomizaciones preventivas de los fungicidas Difolatan, Mancozeb, Cimoxanil, Cobre, Benomyl.

El ensayo se condujo en bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, la unidad experimental fue de 2 m * 3 m y la población de 500 plantas de cebolla de bulbo. El tratamiento 2 se realizó teniendo en cuenta las consideraciones e indicaciones del agricultor (Tabla 3 productos 1-7); el tratamiento 3 se fertilizó considerando los resultados de los análisis de suelos (productos A-D) los elementos menores se suministraron por vía foliar (Tabla 3).

Tabla 3. Fertilización convencional y con base en el análisis de suelos.

	Producto	Nombre comercial	Dosis*ha *aplicación	No. de aplicaciones
1	15 - 15 - 15	Triple 15	200 kg	3
2	Nitrato de magnesio	Nitromag	150 kg	2
3	Urea	Urea	150 kg	1
4	Fósforo	SPT	180 kg	1
5	Potasio	KCl	200 kg	2
6	Menores	Microcoljap	1 l	3
7	13-26-6		50 kg	1
A	Nitrato de magnesio	Nitromag	100 kg	2
B	Hierro	Granum	20 kg	2
C	Cobre	Zincobor	20 kg	2
D	Fósforo	SFT	120 kg	1

Se efectuaron cuatro muestreos de suelos 20 días antes de la siembra y a los 45, 90 y 120 días después de la siembra (DDS), se recolectaron muestras de 500 g a profundidades de 0-10 cm y 10-20 cm. Por tratamiento se recolectaron 2 kg de hoja fresca para los análisis de tejido foliar a los 45, 90 y 120 DDS, para el análisis de tejido de bulbo se recolectaron 2 kg de bulbo sano y 2 kg de bulbo afectado por la enfermedad.

Para el conteo de esclerocios se utilizó el método de gradientes de sacarosa (Ávila, 1991) y la evaluación de sanidad se realizó con la utilización de la escala de Barrat y Horsfall en la que se determina el porcentaje de tejido infectado y con base en este se asigna un grado que va de 1-12, a menor grado menor tejido infectado y viceversa.

Con la información obtenida se realizó análisis de varianza y prueba de amplitudes múltiples de Duncan (con el ánimo de determinar diferencias y similitudes entre los tratamientos), estadística descriptiva de cada variable (media, coeficiente de variación,...), análisis de correlación simple y múltiple y análisis de regresión, con el fin de estimar la variación del porcentaje de daño como efecto de la concentración de nutrientes. Identificados los tratamientos con menor y mayor porcentaje de daño causado por *S. cepivorum* (T3) en el lote poste (P) y (T1) del lote de la Avenida (Av) respectivamente, se tabularon los niveles de nutrientes foliares con base en peso seco, con el fin de identificar las concentraciones de nutrientes que pueden estar asociados con un estado patogénico o en la inducción de tolerancia por parte de las plantas de cebolla de bulbo hacia *S. cepivorum*.

Con el propósito de conocer la asociación entre parámetros químicos del suelo de 0-10 cm y de la planta con la presencia de *S. cepivorum*, se realizó análisis de correlación múltiple de Pearson y análisis múltiple de regresión por el método Stepwise.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de esclerocios y daño

El número de esclerocios por gramo de suelo presentó relación inversa con el porcentaje de daño (Tabla 4), situación que se ajustó con lo descrito por Sánchez y Zavaleta (2000), quienes señalan que la incidencia de la pudrición blanca de *Allium* difiere de una región a otra, así como el nivel de inóculo requerido para alcanzar incidencia de 25 - 40% de la enfermedad.

El análisis de varianza de la regresión entre el porcentaje de daño y el número de esclerocios germinados mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) con $R^2 0.92$ y CV de 15.36.

Asociación entre los parámetros químicos y porcentaje de daño

Se determinó asociación directa entre las variables, contenido de cobre en el suelo Cu ($r=0.71$), nitrógeno foliar N_f ($r=0.46$) y magnesio foliar Mg_f ($r=0.66$) con el porcentaje de daño de *S. cepivorum*. El contenido de calcio foliar Ca_f ($r=-0.52$), boro foliar B_f ($r=-0.49$) y esclerocios por gramo de suelo ES/g ($r=-0.56$) fueron inversamente proporcionales al porcentaje de daño. De lo anterior se deduce que al porcentaje de daño lo afectan factores dependientes del suelo y del vegetal. El magnesio y cobre edáficos, y nitrógeno y manganeso foliares explicaron el porcentaje de daño producido por *S. cepivorum* (Tabla 5).

Tabla 4. Variación del número de esclerocios y porcentaje de daño por tratamiento y época.

Lote	Trt	Ep	Es/g	%daño	Lote	Trt	Ep	Es/g	%daño
Poste (P)	1	1	5.67	2.67	Avenida (AV)	1	1	8.00	2.67
		2	11.67	9.00			2	4.00	11.33
		3	9.67	28.33			3	5.00	60.00
	2	1	1.67	1.33		2	1	1.67	2.17
		2	7.00	2.33			2	3.33	3.00
		3	3.33	3.33			3	4.67	12.00
	3	1	1.00	0.67		3	1	1.00	1.33
		2	5.00	2.00			2	2.67	4.00
		3	2.33	3.00			3	4.00	5.00

Tabla 5. Variables que influyen sobre el porcentaje de daño producido por *S cepivorum*.

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	SC TIPO II	Fc	Pr>F
Intercepto	1.73082	0.17381	0.73842	99.16	<0.0001
Mg	-0.08270	0.03724	0.03672	4.93	0.0448
Cu	0.00649	0.00066146	0.71770	96.38	<0.0001
Nf	0.02586	0.00381	0.34346	46.12	<0.0001
Mnf	-0.00198	0.00049568	0.11929	16.02	0.0015

El modelo que mejor explicó el porcentaje de daño en función de las variables mencionadas fue:

$$\% \text{Daño} = 1.73082 - 0.0827 \text{ Mg} + 0.006 \text{ Cu} - 0.02586 \text{ Nf} - 0.00198 \text{ Mnf}$$

El número de esclerocios inicialmente encontrados fue menor en el tratamiento 1, quizá por mayor estimulación en la germinación producto de la cantidad o calidad de los exudados radicales, aunque ésta no es la única explicación para la germinación de estructuras de resistencia (Coley –Smith *et al.*, 1983).

El análisis de varianza evidenció diferencias significativas ($P < 0.05$) entre épocas para la variable ES/g y en la variable porcentaje de daño, diferencias significativas ($P < 0.05$) para lotes y épocas y altamente significativas ($P < 0.001$) para tratamientos.

En el lote poste (P) se presentó el mayor promedio de esclerocios por gramo de suelo ES/g (5.26) y el menor porcentaje de daño (5.851%). El lote Avenida (Av) presentó el menor promedio de ES/g (3.8156), pero el mayor porcentaje de daño (11.278), condiciones que se atribuyen a la posible germinación de los esclerocios, al reducir el número al final del ensayo (Figura 1).

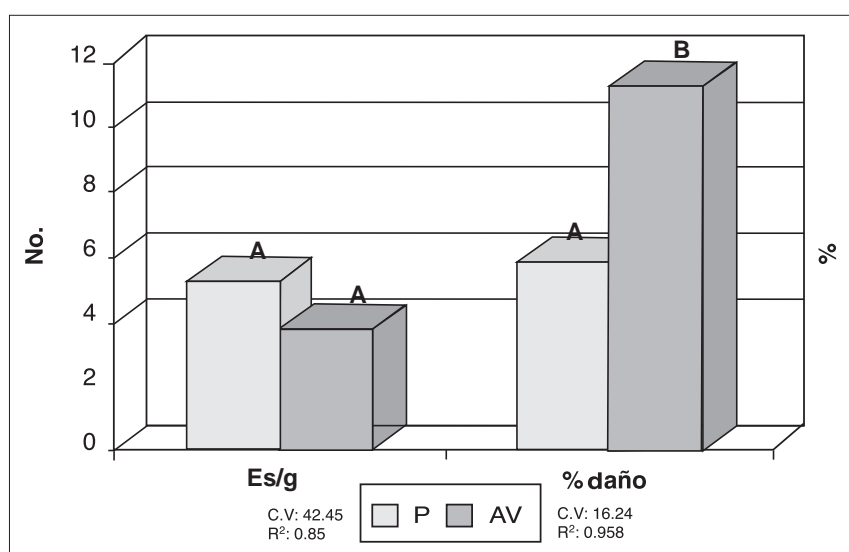


Figura 1. Número de esclerocios y porcentaje de daño causado por *S. cepivorum* en los lotes en estudio.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para la variable % de daño, pero estadísticamente no se presentaron diferencias entre tratamientos para esclerocios por gramo de suelo (ES/g). El tratamiento 1 presentó el menor promedio de ES/g (3.168), pero el mayor daño (19%) (Figuras 2A y 2B)

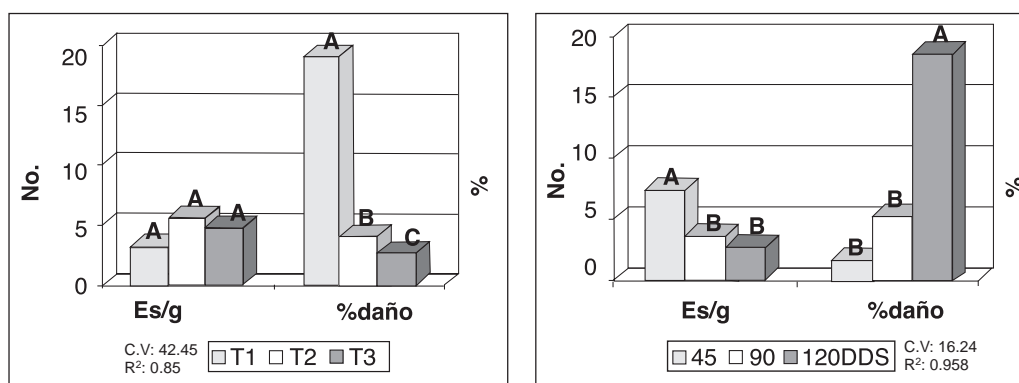


Figura 2. Esclerocios y porcentaje de daño causado por *S. cepivorum*. a) en los diferentes tratamientos y b) en las diferentes épocas.

El análisis de varianza no reportó diferencias significativas ($p < 0.05$) para las épocas 2 y 3 (90 y 120 DDS) pero fue significativo entre éstas y la época 1 (45 DDS), cuando se presentó el mayor número de esclerocios (7.3) a los 45DDS y menor daño (1.8%). Al final del cultivo (120DDS) ocurrió menor número de esclerocios (2.67) y mayor daño (18.61%).

La variabilidad del daño sobre el hospedero puede explicarse por el número de esclerocios germinados por tratamiento, crecimiento micelial, cantidad y calidad de exudados radicales, producción de enzimas degradadoras de la pared celular y de toxinas, capacidad de la planta para activar fitoalexinas, el ambiente y la relación de nutrimentos. Los resultados indican que a través del tiempo, al encontrar condiciones favorables para su desarrollo, los esclerocios germinan y, por tanto, el número se reduce hacia el final del cultivo.

Las diferencias en susceptibilidad entre especies de *Allium* se pueden explicar por la estimulación diferencial en la germinación de *S. cepivorum* (Van der Meer, 1986) más que por la resistencia del tejido. Probablemente el mayor número de esclerocios germinados tiene mayor oportunidad de entrar en contacto con el hospedante y presenta mayor severidad en campo; la germinación puede ocurrir una vez se establece la relación con la raíz y sus exudados o con el tejido activando la infección. En ocasiones los síntomas no se observan al exterior del bulbo, por lo cual pasa desapercibida la enfermedad.

El efecto observado entre tratamientos puede relacionarse con el balance nutricional; situación que concuerda con lo descrito por Sánchez de P. (2001), Fageria *et al.* (1997) y Huber (1989), quienes afirman que un adecuado manejo de nutrientes en un plan de fertilización constituye una herramienta de control cultural efectivo que reduce la incidencia de enfermedades.

Los suelos con altos contenidos de materia orgánica generalmente presentan altos niveles de Cu, pero sólo una pequeña cantidad es disponible para la planta. Las aplicaciones de cobre como anticriptogámico pueden afectar la microbiología del suelo y otorgan ventaja a organismos que forman estructuras de resistencia (*S. cepivorum*); cuando las condiciones son favorables el esclerocio germina y encuentra menor antagonismo; el exceso de nitrógeno puede inducir desorden fisiológico o ser atrayente de algunos patógenos (Marschner, 2003), también tiene efectos importantes en el tamaño y grosor de la pared celular, lo que determina la dureza de la misma (Agrios, 1997; Salisbury y Ross, 2000; Huber y Watson, 1974).

Altos contenidos de nitrógeno pueden aumentar el crecimiento de tejido joven, y la concentración de aminoácidos y azúcares, situación que desarrolla susceptibilidad a enfermedades (Marschner, 2003), este puede ser el caso de la susceptibilidad a la pudrición blanca en cebolla.

A pesar de la escasa literatura sobre la relación de la concentración foliar de magnesio con la susceptibilidad a enfermedades, la posible explicación de una relación directa entre este elemento y el porcentaje de daño producido por *S. cepivorum* puede atribuirse a mayor producción de fotosintatos que se translocan hacia el bulbo y la raíz, los cuales intensificarían los compuestos orgánicos volátiles de aroma y sabor importantes en la defensa bioquímica como disuasores,

inhibidores y controladores de patógenos, pero también atrayentes de plagas y enfermedades específicas del género, entre los que se encuentra *S. cepivorum*, patógeno muy adaptado al hospedero capaz de emplear sus compuestos volátiles como señales de localización, activando la germinación de esclerocios y con ello incrementa el porcentaje de daño en la cebolla.

El boro es importante en la síntesis de fenoles y lignina, las bajas concentraciones pueden desfavorecer la tolerancia de la planta al patógeno, influye en el metabolismo y transporte de carbohidratos. La deficiencia en B provoca la acumulación de azúcares en los tejidos y la presencia de paredes menos resistentes, lo

que incrementa la susceptibilidad del hospedero. El poligalacturonato de calcio se requiere en el micelio de la lamella media de la pared celular para darle estabilidad a la membrana (Huber y Watson 1974), por lo que bajas concentraciones de este elemento podría facilitar la entrada y crecimiento del micelio de *S. cepivorum*. En la tabla 6 se observa que en el tratamiento 3 en el lote poste (menor porcentaje de daño), los niveles de N, P y Mg fueron similares a los registrados por Figueroa y Torres (2002), pero K, Ca y micronutrientes presentaron valores superiores. El tratamiento 1 del lote Avenida (con mayor porcentaje de daño), superó los valores, excepto los de K.

Tabla 6. Nivel foliar de nutrientes en los tratamientos de mayor y menor porcentaje de daño por *S. cepivorum* en *Allium cepa* a los 120 DDS.

Lote	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn	% Daño
P T3	g/kg					mg/kg						
	24.51	2.71	52.87	24.07	3.32	4.36	92.16	1067.00	190.49	24.57	96.98	3.00
						%						
AV T1	2.451	0.271	5.287	2.407	0.332	0.436	0.009	0.107	0.019	0.002	0.010	
	g/kg					mg/kg						
	37.86	4.51	37.25	14.20	2.46	4.65	35.42	1071.06	167.98	12.81	70.63	60.00
					%							
	3.786	0.451	3.725	1.420	0.246	0.465	0.004	0.107	0.017	0.001	0.007	

El contenido de azufre promueve la formación de sustancias y exudados que contienen alquil y alkenyl-L-cisteína, sulfóxidos que estimulan la germinación de esclerocios en el suelo (Coley Smith *et al.*, 1987. La deficiencia de B, Mn y Cu afecta los mecanismos de defensa y convierte la planta en mejor sustrato para el patógeno (Graham, 1983). El tratamiento con mayor porcentaje de daño (Av T1) presentó mayores contenidos de nitrógeno, fósforo, azufre y hierro y menores contenidos de potasio, calcio, magnesio, boro, manganeso, cobre y zinc en el tejido (Tabla 7).

Caldwell (1991) en la norma DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones) reportó valores de N, Ca y Mg similares a los obtenidos en el tratamiento 1 del lote Av (con mayor % de daño); concentraciones menores de P, K, S y micronutrientes.

El tratamiento 3 del lote P presentó menores contenidos de N y P que los reportados en la norma DRIS. Los resultados sugieren la necesidad de generar normas de diagnóstico y recomendación para este cultivo en la zona tropical.

Los anteriores resultados se deben validar y profundizar para ser difundidos en otras zonas, como una posible estrategia para enfrentar la enfermedad.

En bulbos enfermos se concentraron mayores contenidos de nutrientes (Tabla 8), pero las relaciones con nitrógeno y fósforo-nitrógeno fueron más bajas.

La relación N:S en bulbos enfermos fue más alta. Posiblemente la planta afectada por *S. cepivorum* incrementa la absorción y/o translocación de nutrientes en el órgano afectado.

Los resultados obtenidos tanto en bulbos sanos como enfermos fueron superiores a los registrados por Bosch (1999).

Existen referencias acerca del efecto de los micronutrientes sobre enfermedades parasíticas y de los mecanismos de defensa donde participan (Graham, 1983): síntesis de fenoles y lignina, son los más conocidos y estudiados, boro, manganeso y cobre juegan papel fundamental en el metabolismo fenólico y en la biosíntesis de lignina, pero también es cierto que los límites entre contenidos óptimos y excesivos (tóxicos) son muy estrechos, y una oscilación puede producir una alteración fisiológica.

Tabla 7. Relaciones de nutrientes a nivel foliar, tratamiento con menor P T3 y mayor (AV T1) % de daño.

LOTE	TRAT	DDS	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
P	3	120	24.51	2.71	52.87	24.07	3.32	4.36	92.16	1067.00	190.49	24.57	96.98
AV	1	120	37.86	4.51	37.25	14.20	2.46	4.65	35.82	1071.06	167.98	12.81	70.63
LOTE	TRAT	EP	P/N	K/N	Ca/N	Mg/N	S/N	B/N	Fe/N	Mn/N	Cu/N	Zn/N	K/P
P	3	120	0.11	2.16	0.98	0.14	0.18	3.76	43.53	7.77	1.00	3.96	19.51
AV	1	120	0.12	0.98	0.38	0.07	0.12	0.94	28.29	4.44	0.34	1.87	8.26
LOTE	TRAT	EP	Ca/P	Mg/P	S/P	B/P	Fe/P	Mn/P	Cu/P	Zn/P	Ca/K	Mg/K	S/K
P	3	120	8.88	1.23	1.61	34.01	393.73	70.29	9.07	35.79	0.46	0.06	0.08
AV	1	120	3.15	0.55	1.03	7.85	237.49	37.25	2.84	15.66	0.38	0.07	0.12
LOTE	TRAT	EP	B/K	Fe/K	Mn/K	Cu/K	Zn/K	Mg/Ca	S/Ca	B/Ca	Fe/Ca	Mn/Ca	Cu/Ca
P	3	120	1.74	20.18	3.60	0.46	1.83	0.14	0.18	3.83	44.32	7.91	1.02
AV	1	120	0.95	28.75	4.51	0.34	1.90	0.17	0.33	2.49	75.42	11.83	0.90
LOTE	TRAT	EP	Zn/Ca	S/Mg	B/Mg	Fe/Mg	Mn/Mg	Cu/Mg	Zn/Mg	B/S	Fe/S	Mn/S	Cu/S
P	3	120	4.03	1.31	27.74	321.11	57.33	7.40	29.19	21.14	244.72	43.69	5.64
AV	1	120	4.97	1.89	14.38	434.79	68.19	5.20	28.67	7.62	230.34	36.12	2.76
LOTE	TRAT	EP	Zn/S	Fe/B	Mn/B	Cu/B	Zn/B	Mn/Fe	Cu/Fe	Zn/Fe	Ca/Mn	Zn/Mn	Zn/Cu
P	3	120	22.24	11.38	2.07	0.27	1.05	0.18	0.02	0.09	0.13	0.51	3.95
AV	1	120	15.19	30.24	4.74	0.36	1.99	0.16	0.01	0.07	0.08	0.42	5.51
	ALTO					Menor	% de	daño					
	NORMAL					Mayor	% de	daño			No determinado por DRES		
	BAJO				DDS	Días después de la siembra							

Tabla 8. Contenidos de nutrientes y relación de elementos en bulbos de plantas sanas y enfermas.

BULBO	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
Sano	16.105	3.446	22.430	7.143	1.516	3.480	31.120	1146.700	550.701	24.496	9.781	56.767
Enfermo	37.852	6.217	34.870	8.143	2.360	4.880	64.570	2348.260	2109.151	34.846	13.414	124.059
BULBO	P/N	K/N	Ca/N	Mg/N	S/N	B/N	Na/N	Fe/N	Mn/N	Cu/N	Zn/N	K/P
Sano	0.214	1.393	0.444	0.094	0.216	1.932	71.200	34.194	1.521	0.607	3.525	6.510
Enfermo	0.164	0.921	0.215	0.062	0.129	1.706	62.038	55.721	0.921	0.354	3.277	5.609
BULBO	Ca/P	Mg/P	S/P	B/P	Na/P	Fe/P	Mn/P	Cu/P	Zn/P	Ca/K	Mg/K	S/K
Sano	2.073	0.440	1.010	9.032	532.792	159.823	7.109	2.839	16.475	0.318	0.068	0.155
Enfermo	1.310	0.380	0.785	10.387	577.740	339.277	5.605	2.158	19.956	0.234	0.068	0.140
BULBO	B/K	Na/K	Fe/K	Mn/K	Cu/K	Zn/K	Mg/Ca	S/Ca	B/Ca	Na/Ca	Fe/Ca	Mn/Ca
Sano	1.387	51.123	24.552	1.092	0.436	2.531	0.212	0.487	4.357	160.533	77.096	3.429
Enfermo	1.852	67.343	60.486	0.999	0.385	3.558	0.290	0.599	7.930	288.395	259.030	4.280
BULBO	Ca/Ca	Zn/Ca	S/Mg	B/Mg	Na/Mg	Fe/Mg	Mn/Mg	Cu/Mg	Zn/Mg	B/S	Na/S	Fe/S
Sano	1.369	7.947	2.295	20.526	756.349	363.235	16.157	6.452	37.443	8.943	329.511	158.248
Enfermo	1.647	15.236	2.068	27.361	995.068	893.746	14.766	5.684	52.570	13.232	481.201	432.203
BULBO	Mn/S	Cu/S	Zn/S	Na/B	Zn/Mn	Zn/Cu	S/S	Ca/Mg	Fe/B	Mn/B	Cu/B	Zn/B
sano	7.039	2.811	16.312	36.848	2.317	5.804	4.628	4.711	17.696	0.787	0.314	1.824
enfermo	7.141	2.749	25.422	36.368	3.560	9.249	7.757	3.450	32.665	0.580	0.208	1.921
BULBO	Fe/Na	Mn/Na	Cu/Na	Zn/Na	Mn/Fe	Cu/Fe	Zn/Fe	Cu/Mn	K/Mg			
Sano	0.480	0.021	0.009	0.050	0.044	0.018	0.103	0.399	14.795			
Enfermo	0.898	0.015	0.006	0.053	0.017	0.006	0.059	0.385	14.776			

Color gris = relaciones en bulbos enfermos inferiores a las de bulbos sanos

El alto contenido de Mn puede traducirse en alta incidencia de enfermedades fungosas en el suelo, favorecido por la reducción del pH, pero niveles óptimos pueden inhibir el crecimiento vegetativo fungoso antes de que se desarrolle la infección.

La disponibilidad de manganeso en la rizósfera y el contenido en los tejidos vegetales juegan papel importante en la severidad con las que se presentan enfermedades fungosas en el suelo. De ahí que los factores que reducen la biodisponibilidad de Mn pueden incrementar el daño, y viceversa.

En general, plantas que reciben una nutrición mineral adecuada con relaciones de elementos balanceadas, con suministro de cantidades apropiadas, tienen mayor capacidad de protegerse de nuevas infecciones y de limitar las existentes, sin embargo, aun la nutrición balanceada puede afectar el desarrollo de una enfermedad cuando la concentración de todos los nutrientes se incrementan o disminuyen más allá de cierto rango (Marschner, 2003).

CONCLUSIONES

La absorción diferencial de nutrimentos presentaron marcada influencia sobre la severidad del daño del hongo *S. cepivorum* en el cultivo de cebolla.

- K, Ca, Mg, B, Mn, Cu y Zn cumplen rol importante en la tolerancia de la planta a la pudrición blanca; N, P y S pueden incrementar la susceptibilidad de *A. cepa* al ataque del patógeno.
- Un desbalance en las relaciones de nutrientes incrementa el porcentaje de daño, especialmente en aquellas donde interviene el N, P y S

Los parámetros químicos, expresados en relaciones entre nutrientes edáfico y foliar, demostraron que:

- Elevados contenidos de Cu en el suelo y de N y Mg en tejidos incrementaron el porcentaje de daño.
- Altas concentraciones de Ca y B foliar se tradujeron en menor porcentaje de daño y viceversa.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrios G. N. 1997. Plant Pathology. Department of Plant Pathology Universidad of Florida.
- Avila de Moreno, C. 1991. Aspectos de la biología del hongo *Sclerotium cepivorum* estimulación de la germinación de esclerocios. *Fitopatol Colomb*. Vol.15, N.2.
- Bosch S. A, D. 1999. Ecophysiological basis of Onion production *Allium cepa* L. Universitat de Lleida
- Caldwell, J.O. 1991. Development and testing of preliminary foliar and soil diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms for onions (*Allium cepa*). *HortSci*, v. 29, p. 1501-1504.
- Centro Urpa, Ministerio De Agricultura, Gobernación de Boyacá. Evaluación y diagnóstico agrícola de cultivos. Secretaria de Agricultura 2003.
- Coley-Smith, J.R., R.A. Reese and N.I. Georgy. 1987. Differential stimulation of germination of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* by cultivars of onion and its effect on white rot disease. *Plant Pathol*. 36:246-257.
- Corpoica. 2002. Hortalizas Productividad y mercado. Centro de Investigación Tibaitatá. Mosquera.
- Fageira, N. K.; Baligar, V. C. y Jones, C. A. 1990. Growth and mineral nutrition of field crop. New York, USA. Marcel Dekker. 488 p.
- Figueroa, M.; Torres, M. 2002. Cebolla: Bases Nutricionales de la Fertilización. En: Agromail Servicio de Información Agropecuaria www.agromail.net. EEA INTA Pergamino. Ecuador.
- Graham, R.D. 1983. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. *Adv Bot Res*. Vol. 10. p. 221-276.
- Gmbc. 2002. Grupo Manejo Biológico de Cultivos, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Investigación participativa en el manejo ecológico de la cebolla de bulbo en Boyacá. Proyecto Colciencias – UPTC.
- Huber, D.M; 1989 Soilborne plant pathogen: management of disease with macro and microelements. p 1-8. In: Engelhard A.W (ed.). St. Paul, Minnesota, APS Press.
- Huber, Watson RD, 1974. Nitrogen form and plant disease. *Ann. Rev. Phytopathol*. 12: 139-165
- Marschner, H. 2003. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press. London,
- Salisbury, F; ROSS, C. 2000. Fisiología de las plantas. Madrid: Paraninfo.
- Sánchez J,R.; Zavaleta, M. E. 2000. Pathogenicity of four Mexican isolates of *Sclerotium cepivorum* Berk to three cultivars of garlic (*Allium sativum* L.). Instituto de Ciencias Agrarias – Estado de México.
- Sánchez de P., M.; Marmolejo, F; Bravo, N. 2001. Microbiología: Aspectos Fundamentales. Palmira Universidad Nacional de Colombia.
- Van der Meer, Q. P. 1986. Review on the availability of resistance to *Allium* white rot (*Sclerotium cepivorum* Berk.). In: International Workshop on *Allium* White Rot, 3rd Proceeding.