



**Sexto**  
**Congreso Nacional de**  
Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMIIB- 2021 / Hermosillo, Sonora



**Artículo: COMIIB-21031**

Hermosillo, Son., del 9 al 11 de junio de 2021

## **EFECTO DEL RIEGO OZONIZADO EN DESARROLLO VEGETATIVO Y CONTROL DE *Cladosporium* sp. EN EL CULTIVO DE PEPINO**

**María Dolores García García<sup>1</sup>; Juan Manuel Barrios Díaz<sup>1\*</sup>; Carmela Hernández Domínguez<sup>1</sup>; Ramón González Marqués<sup>1</sup>; Sigfrido David Morales Fernández<sup>1</sup>; Óscar Iván Alfonso Ruíz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. San Juan Acateno, C.P. 73965, Teziutlán, Puebla.

juan.barrios@correo.buap.mx – 231 103 9224 (\*Autor de correspondencia)

### **Resumen**

En México, el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) es uno de los más producidos en condiciones de invernadero, genera un alto valor de la producción agrícola, sin embargo, durante los ciclos de producción de este cultivo surgen enfermedades fungosas que afectan a las plantas y reducen los rendimientos, lo que genera grandes pérdidas económicas. Para hacer frente a las enfermedades fungosas que obstaculizan la producción de pepino se ha sugerido el empleo de ozono (O<sub>3</sub>), un gas con un gran poder oxidante que tiene la capacidad de reducir la presencia de microorganismos y tiene efectos benéficos para el desarrollo vegetativo. La finalidad de este trabajo fue evaluar el impacto que genera el riego ozonizado en el desarrollo vegetal y el control de enfermedades de origen fungoso como *Cladosporium* sp. En el cultivo de pepino. Se utilizó un generador de ozono con una válvula que produce 3 g de O<sub>3</sub>/h. La variedad de pepino utilizada fue CU-202 y el experimento fue realizado bajo un diseño factorial 3<sup>2</sup>. Los factores analizados fueron la capacidad oxidante alcanzada en un periodo de una hora, media hora y sin ozono, además interactuando con distintos niveles de la dosis de productos químicos (sin producto, dosis media y dosis completa) para el control de enfermedades fungosas. Los resultados generan buenas expectativas del riego ozonizado, ya que disminuyeron la incidencia y severidad de *Cladosporium* sp. El desarrollo vegetal sufrió varias alteraciones que dejaron en desventaja los beneficios del riego con ozono.

**Palabras claves:** Pepino, Ozono, Riego.

## Introducción

En México, el pepino (*Cucumis sativus* L.) producido en condiciones de invernadero se ubica entre los cultivos que aportan a la agricultura un alto valor de producción (SIAP, 2017).

Entre los problemas que enfrenta el cultivo de pepino, Obregón (2017) menciona la susceptibilidad a algunas enfermedades de origen fungoso que limitan su producción. Para ello se usan fungicidas protectantes, curativos y antiesporulantes (Roa, 2015), pero la desventaja es el riesgo de crear resistencias, debido a la variedad de mecanismos intrínsecos que presentan los microorganismos patógenos (Landa, 2018).

Por lo tanto, es necesario buscar un plan que inhiba el desarrollo de las enfermedades de forma racional, que disminuya el impacto ambiental y económico, además de obtener productos inocuos en la cosecha (FAO, 2011). Ante esto, el ozono representa una alternativa viable (Landa, 2018).

El ozono es un gas que en concentraciones bajas permite la inactivación de microorganismos (Bataller *et al.*, 2010), disuelto en agua posee propiedades fungicidas que disminuyen la severidad de enfermedades presentes en evaluaciones en campo (Llerena *et al.*, 2015).

El agua ozonizada provoca incrementos significativos en el área foliar, la materia seca del brote y el grosor del tallo, estimula al crecimiento, aumenta la productividad, incrementa el contenido de oxígeno disuelto en el agua, extiende la biodegradabilidad de los macronutrientes vegetales y garantiza la calidad microbiológica del agua (Graham *et al.*, 2011).

Con base en lo anterior, resulta interesante implementar este gas en la producción agrícola ya que brinda diversos beneficios, así como también es motivo de estudio para desarrollar investigación. El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto del ozono aplicado en el agua de riego en el desarrollo vegetal y el control de *Cladosporium* sp. en las hojas de la planta de pepino.

## **Materiales y Métodos**

El experimento se realizó en condiciones de invernadero dentro de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la cual está situada en la junta auxiliar de San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México, con coordenadas 19° 52' 27.71" N y 97° 21' 33.92" W a una altitud de 1662 msnm.

### **Material vegetativo**

La variedad utilizada fue CU-202, la cual se caracteriza por poseer frutos partenocárpicos. Las semillas fueron germinadas en un sustrato a base de peat moss y perlita, se utilizaron charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades.

### **Acondicionamiento del área experimental**

El área experimental fue dividida en tres camas de cultivo, las cuales tuvieron dimensiones de 0.20 m de alto, 0.77 m de ancho y 20 m de largo, separadas por una distancia de 1.40 m. Durante la formación de las camas se incorporó cal industrial y en la parte media se distribuyó a lo largo de cada cama 16 kg de composta y finalmente se recubrieron con acolchado agrícola, al cual se realizó una hilera de perforaciones en la parte media a una distancia de 0.20 m para la ubicación de las plantas.

### **Sistema de riego**

El sistema de riego que se colocó en el área experimental fue por cintilla con caudal aforado por emisor de 2.13 L/h, se instalaron dos líneas regantes por cama de cultivo. Para la distribución del agua a cada cama de cultivo se colocó un tinaco con capacidad de 550 L y fue instalada una bomba hidráulica tipo periférica de ½ hp. La ozonización del agua en cada depósito fue iniciada diariamente a las 5:00 a.m. con un generador de ozono, posteriormente se efectuó el riego de acuerdo al tratamiento de concentración de ozono y con base a las necesidades hídricas del cultivo en cada etapa fenológica.

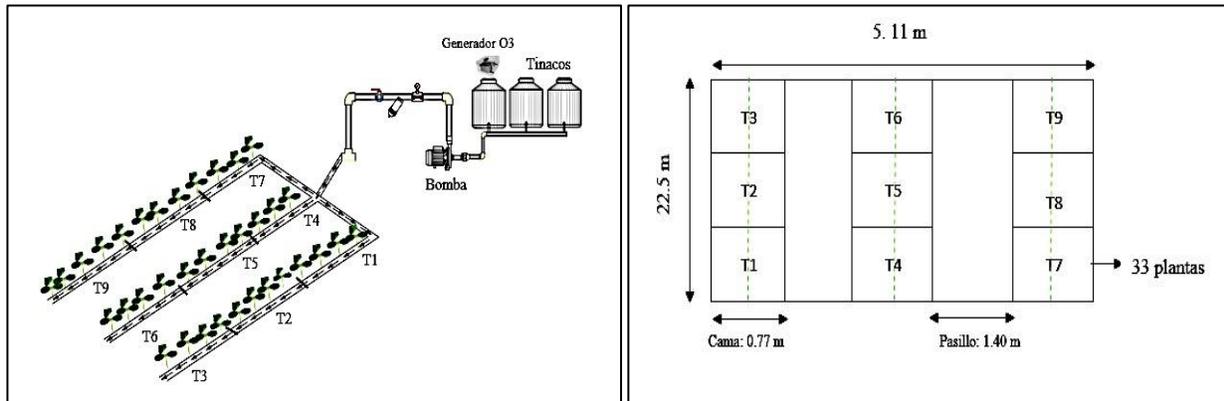


Figura 1. Sistema de riego y croquis de área experimental.

### Generador de ozono

El generador de ozono fue elaborado con el ensamble de cada componente que lo integra y adquiridos comercialmente por separado. El tipo de generador de ozono ensamblado utiliza el método de descarga eléctrica, el cual emplea una válvula con capacidad de producción de 3 g de  $O_3$ /h, una bomba de aire y un difusor poroso (Figura 2).

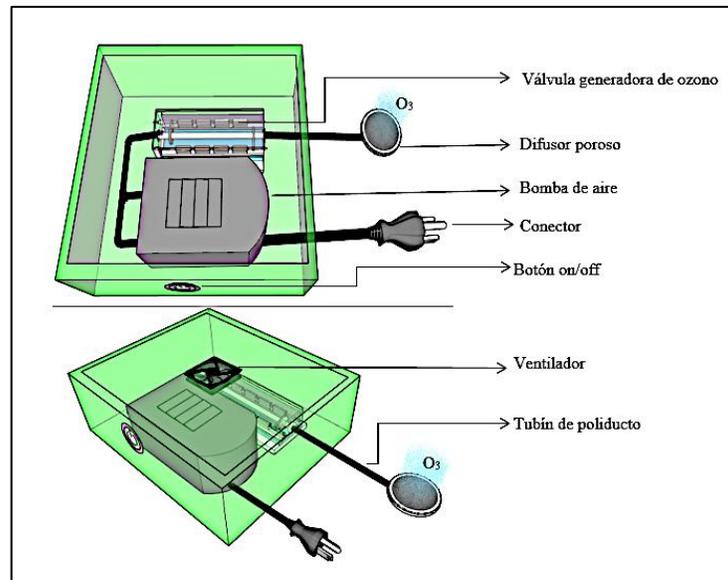


Figura 2. Generador de ozono.

## Medidor del potencial de oxidación-reducción en el agua

Para tener una referencia de la concentración de ozono presente en el agua de riego se utilizó un medidor portátil tipo ORP, el cual se emplea para medir el nivel del potencial de oxidación-reducción (indicador para monitorear la calidad del agua) y reporta lecturas en milivoltios (mV).

## Diseño experimental

El experimento fue establecido bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3<sup>2</sup>. Se utilizaron nueve repeticiones por tratamiento, considerando una planta como unidad experimental. El área experimental fue de 113.44 m<sup>2</sup> y se ubicó en la parte central de un invernadero tipo baticenital de 1,250 m<sup>2</sup>.

Los factores de estudio con sus respectivos niveles se muestran en el cuadro 1 y el arreglo de las combinaciones generadas entre los niveles de ambos factores se observa en el cuadro 2.

**Cuadro 1.** Factores evaluados en el experimento.

Factor A Concentración de ozono	Factor B Tratamiento químico para control de <i>Cladosporium</i> sp.
Capacidad oxidante alcanzada en una hora (COA)	Dosis completa (DC)
Capacidad oxidante alcanzada en media hora (COB)	Dosis media (DM)
Sin ozono (SO)	Sin tratamiento químico (STQ)

**Cuadro 2.** Tratamientos evaluados.

No. de tratamiento	Combinación de factores
1	SO, STQ
2	SO, DM
3	SO, DC
4	COA, DC
5	COA, STQ
6	COA, DM
7	COB, DM
8	COB, DC
9	COB, STQ

## Establecimiento y manejo del cultivo

Las plántulas de pepino se trasplantaron en las camas el día 25 de mayo del 2020 y el experimento tuvo una duración de 100 días. La solución nutritiva se preparó acumulando la cantidad del requerimiento nutricional de tres días y de acuerdo a cuatro etapas de

crecimiento (cuadro 3). Durante el desarrollo del cultivo se realizó la aplicación de diferentes fertilizantes foliares para fortalecer su producción y los principales fungicidas empleados fueron: Trifloxistrobyn (0.5 mL/L para dosis completas y 0.25 mL/L para dosis medias) y Clorotalonil + Cymoxanil (2.0 g/L para dosis completas y 1.0 g/L para dosis medias), con periodos de aplicación cada 15 días alternando la aplicación de ambos fungicidas.

**Cuadro 3.** Programa de fertilización para el cultivo de pepino en invernadero.

Etapa	Días	Cantidad de fertilizante (kg/ha/día)					
		NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Establecimiento	20	3.5	2.3	4.0	5.7	3.2	0.0
Desarrollo vegetativo	20 a 40	1.2	7.5	8.0	4.6	6.4	0.0
Floración	40 a 60	0.2	14.5	8.0	3.8	6.4	0.0
Producción	60 en adelante	0.0	7.0	8.0	2.0	6.4	9.0

### Identificación de enfermedades

Se inspeccionó cada diez días de forma visual la presencia de enfermedades fungosas y al detectar la presencia de *Cladosporium* sp. en el follaje de la planta, se procedió a su análisis en el laboratorio y se aplicó el procedimiento denominado “aislamiento e identificación morfológica”. Para el aislamiento de hongos se siguió la metodología indicada por Agrios (2004) y para su identificación se utilizaron las claves de morfología que propone Barnett y Barry (1986).

### Evaluación de variables

Para evaluar al desarrollo vegetativo, a los 20, 30, 60 y 70 días después de trasplante se midieron: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y número de hojas (NH). Para evaluar el estado fitosanitario de las plantas se calculó la incidencia de las plantas afectadas por las enfermedades a través de la fórmula sugerida por Anculle (1999), que se muestra a continuación:

$$\text{Incidencia (\%)} = \left( \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas}} \right) * 100$$

La severidad de *Cladosporium* sp. que afectó la superficie foliar de las plantas en cada tratamiento se evaluó con la escala de Horsfall-Barratt (cuadro 4), la cual fue aplicada



después de determinar el área foliar dañada que en promedio se obtuvo en cada tratamiento.

**Cuadro 4.** Escala de Horsfall-Barratt.

Escala	Porcentaje de daño
1	0
2	0 a 3
3	3 a 6
4	6 a 12
5	12 a 25
6	25 a 50
7	50 a 75
8	75 a 88
9	88 a 94
10	94 a 97
11	97 a 100
12	100

Fuente: Horsfall y Barrat (1945); Keinath (2000); Abbassi *et al.* (2002).

## Análisis de datos

Los resultados asociados al desarrollo vegetativo se analizaron a partir de un análisis de varianza y pruebas de comparación de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) mediante el paquete Statical Analysis System (SAS, 2004), mientras que el análisis de incidencia y severidad de *Cladosporium* sp. en las hojas de las plantas de pepino fue de índole descriptiva.

## Resultados y Discusión

### Capacidad oxidante del agua de riego

Durante el desarrollo del experimento, la capacidad oxidante del agua antes de la aplicación de ozono fue en promedio de 180 mV, posteriormente el agua de riego alcanzó en los distintos niveles del factor ozono disuelto: para COA un rango de 250 a 350 mV y en COB un rango de 200 a 250 mV. Al respecto, Bucio-Villalobos *et al.* (2016) mencionan que la aplicación de ozono tiene un efecto deletéreo en los microorganismos patógenos cuando el agua alcanza una capacidad oxidante de 200 a 500 mV.

## Análisis del efecto de los factores de estudio

Los efectos de cada factor estudiado y su interacción, para cada variable del crecimiento vegetativo de la planta de pepino y en las distintas etapas de valoración se exponen en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de desarrollo vegetativo en el cultivo de pepino.

Evaluación	Variable	Fuentes de variación				
		FA	FB	FAxFB	ERROR	CV (%)
20 ddt	AP (m)	0.00*	0.03**	0.01**	0.00	13.70
	DT (mm)	0.81 <sup>ns</sup>	2.29**	1.58**	0.35	10.53
	NH	0.33 <sup>ns</sup>	5.77**	5.77**	0.39	12.43
30 ddt	AP (m)	0.06 <sup>ns</sup>	0.31**	0.52**	0.04	11.21
	DT (mm)	6.11*	17.44**	0.73 <sup>ns</sup>	1.60	12.30
	NH	23.59**	3.37 <sup>ns</sup>	35.68**	3.32	11.50
60 ddt	AP (m)	0.12 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.27*	0.09	13.07
	DT (mm)	25.71**	5.87 <sup>ns</sup>	5.09*	2.05	12.65
	NH	14.57 <sup>ns</sup>	19.11 <sup>ns</sup>	21.99 <sup>ns</sup>	10.96	14.19
70 ddt	AP (m)	0.11 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>	0.67*	0.24	14.63
	DT (mm)	33.73**	5.65 <sup>ns</sup>	4.72 <sup>ns</sup>	2.46	10.64
	NH	6.25*	138.13**	226.46**	26.73	16.05

ns, \*, \*\*: No significativo, significativo y altamente significativo a una  $P \leq 0.05$  y  $0.01$ , respectivamente.

ddt: Días después del trasplante.

CV: Coeficiente de variación. FA: Concentración de ozono; FB: Tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; AP: Altura de planta; DT: Diámetro del tallo; NH: Número de hojas.

El análisis de varianza muestra que el factor de capacidad oxidante del agua de riego no tuvo efecto en la AP después de 20 ddt, pero si afectó al DT a 30, 60 y 70 ddt, en tanto que el NH únicamente fue afectado a 30 y 70 ddt. Por otra parte, el factor tratamiento químico para el control de *Cladosporium* sp., a 20 y 30 ddt prácticamente afectó a AP, DT y NH. Finalmente, la interacción de ambos factores presento algún efecto en todas las variables de crecimiento evaluadas y marcadamente no afecto al DT a 30 y 70 ddt, así como el NH a 60 ddt. Los promedios obtenidos de AP, DT y NH en cada uno de los niveles impuesto y para cada factor estudiado se muestran en el cuadro 6.

## Niveles de capacidad oxidante del agua de riego

El efecto diferenciado de los niveles de la capacidad oxidante del agua de riego mostró una tendencia de efectos positivos hacia los niveles de COB y SO, en AP únicamente a 20 ddt, mientras que en DT y NH fue a 30 y 70 ddt. Con respecto al nivel COA, éste solo fue expresado para DT a 60 ddt. Con estos resultados podemos inferir que el efecto de COA y COB en el incremento de DT no es muy claro. Probablemente sea que al realizar aplicaciones de ozono en el riego existe mayor contacto del gas con la base del tallo y de acuerdo a lo señalado por Sudhakar *et al.* (2007) y Nagendra-Prasad *et al.* (2009), el

ozono provoca diferentes tensiones en el ambiente que en las plantas se expresa con cambios morfológicos, fisiológicos y químicos. Por su parte, Goumenaki y Barnes (2009) mencionan efectos negativos del ozono asociados con alteraciones en la pared celular, la muerte celular programada y acumulación de metabolitos tóxicos producidos durante la pérdida de los mecanismos antioxidantes de protección. Aunado a lo anterior, Mills *et al.* (2007) señalan susceptibilidad diferenciada de los cultivos al ozono, aún cuando en esta investigación no hubo daño visible a causa de las concentraciones de ozono alcanzadas en el agua de riego en COA y COB, es probable que la planta de pepino manifieste mayor sensibilidad a concentraciones superiores.

A pesar de los resultados tan variables del efecto de COA y COB en el DT, los valores alcanzados en la presente investigación superan considerablemente el DT promedio de 6.5 mm que reportó Hernández (2012) al utilizar una variedad de pepino similar y con manejo convencional.

**Cuadro 6.** Desarrollo vegetativo en los niveles de factores de concentración de ozono y dosis de producto químico para el control de *Cladosporium sp.*

Etapa	Variable	Concentración Ozono (FA)				Tratamiento Químico para el Control de <i>Cladosporium sp.</i> (FB)			
		COA	COB	SO	DMSH	DC	DM	STQ	DMSH
20 ddt	AP (m)	0.24b <sup>2</sup>	0.25ab	0.26a	0.02	0.22c	0.24b	0.29a	0.02
	DT (mm)	5.82a	5.64a	5.48a	0.38	5.32b	5.88a	5.74a	0.38
	NH	5.07a	5.18a	4.96a	0.41	4.55b	5.22a	5.44a	0.41
30 ddt	AP (m)	1.77a	1.80a	1.87a	0.13	1.69b	1.85a	1.89a	0.13
	DT (mm)	9.79b	10.74a	10.37ab	0.82	9.40b	10.53a	10.96a	0.82
	NH	14.77b	16.48a	16.29a	1.18	15.44a	16.03a	16.07a	1.18
60 ddt	AP (m)	2.42a	2.31a	2.44a	0.20	2.40a	2.44a	2.3a	0.20
	DT (mm)	12.18a	11.55a	10.25b	0.94	10.81b	11.46ab	11.76a	0.94
	NH	22.96a	22.85a	24.19a	2.17	23.85a	23.77a	22.30a	2.17
70 ddt	AP (m)	3.29a	3.33a	3.42a	0.34	3.36a	3.51a	3.19a	0.34
	DT (mm)	13.81b	14.14b	16.00a	1.11	4.28a	14.76a	15.21a	1.11
	NH	29.22ab	27.76b	32.07a	4.14	26.88b	34.76a	28.60b	4.13

<sup>2</sup> Valores con la misma letra dentro de las filas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

ddt: Días después del trasplante.

COA: Capacidad oxidante alcanzada en una hora; COB: Capacidad oxidante alcanzada en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; AP: Altura de planta; DT: Diámetro del tallo; NH: Número de hojas.

### Tratamiento químico para control de *Cladosporium sp.*

En cuanto a la aplicación de fungicidas químicos para el control de *Cladosporium sp.*, los niveles más favorables para las variables de AP, DT y NH fueron STQ y DM a los 20 y 30 ddt. Estos resultados probablemente fueron debidos a que la planta de pepino cuando no cuenta con protectores fúngicos sintéticos activa sus propios mecanismos de defensa, los cuales son las cucurbitacinas, que son terpenoides que se localizan en órganos como la hoja y el tallo (SIAP, 2018 y Zangerl y Bazzaz, 1992). Esta razón puede ser una posible

explicación al aumento del NH y AP en los tratamientos con dosis reducidas o excentos de productos químicos para el control de hongos fitopatógenos.

### Interacción de los factores en el desarrollo vegetativo

En el cuadro 7 se pueden apreciar las distintas interacciones entre niveles de los dos factores estudiados. Al analizar los resultados podemos aseverar que la interacción entre los niveles de cada factor presentó un comportamiento inestable en el desarrollo vegetativo. Pero la combinación de COBxSTQ mantuvo efectos equilibrados en la mayor parte del desarrollo vegetativo de las plantas de pepino. Pues a 20 ddt la AP (0.32 m) y NH (5.88) destacaron entre las otras interacciones. Además, a 30 y 60 ddt el DT de 11.77 y 12.88 mm, respectivamente, fueron los mejores promedios.

**Cuadro 7.** Interacciones de los factores en las variables de desarrollo vegetativo del cultivo de pepino.

Interacción	20 ddt			30 ddt		
	AP (m)	DT (mm)	NH	AP (m)	DT (mm)	NH
COAxDC	0.23 b <sup>z</sup>	5.48bc	4.55cd	1.68cd	9.00b	14.55cd
COAxDM	0.25b	6.44a	5.66ab	2.04ab	10.16ab	16.77abc
COAxSTQ	0.23b	5.55abc	5.00abcd	1.60d	10.22ab	13.00d
COBxDC	0.21b	5.54bc	4.77bcd	1.80bcd	9.66b	17.22abc
COBxDM	0.21b	5.38bc	4.88bcd	1.68cd	10.77ab	14.88bcd
COBxSTQ	0.32a	6.00ab	5.88a	1.91abc	11.77a	17.33ab
SOxDC	0.21b	4.94c	4.33d	1.59d	9.55b	14.5cd
SOxDM	0.26b	5.83abc	5.11abcd	1.85bcd	10.66ab	16.44abc
SOxSTQ	0.32a	5.66abc	5.44abc	2.17a	10.88ab	17.88a
DMSH	0.05	0.89	0.95	0.30	1.91	2.74
Interacción	60 ddt			70 ddt		
	AP (m)	DT (mm)	NH	AP (m)	DT (mm)	NH
COAxDC	2.45a	11.66abcd	23.44a	3.50ab	13.71bc	34.33ab
COAxDM	2.62a	12.55ab	24.55a	3.58a	13.37bc	35.00ab
COAxSTQ	2.19a	12.33abc	20.88a	2.74b	14.42abc	24.33dc
COBxDC	2.43a	10.55bcd	24.66a	3.39ab	13.11c	22.40d
COBxDM	2.26a	11.22abcd	21.55a	3.44ab	15.75abc	41.50a
COBxSTQ	2.25a	12.88a	22.33a	3.20ab	14.50abc	32.71abc
SOxDC	2.33a	10.22dc	23.44a	3.23ab	15.88ab	30.22bcd
SOxDM	2.44a	10.61bcd	25.22a	3.49ab	16.62a	31.55bcd
SOxSTQ	2.57a	9.87d	23.87 <sup>a</sup>	3.57ab	15.55abc	34.75ab
DMSH	0.47	2.17	5.02	0.83	2.65	9.88

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una P≤0.05.

DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

ddt: Días después del trasplante.

COA: Capacidad oxidante alcanzada en una hora; COB: Capacidad oxidante alcanzada en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; AP: Altura de planta; DT: Diámetro del tallo; NH: Número de hojas; ddt: Días después de trasplante.

### Efecto del agua ozonizada en la incidencia y severidad de *Cladosporium* sp.

Durante el desarrollo del cultivo, a los 60 y 80 días después del trasplante (ddt), fue identificado a *Cladosporium* sp. el cual es un hongo que produce manchas cloróticas en el área foliar.

El tratamiento más afectado por *Cladosporium* sp. a 60 ddt fue COBxDM con incidencia de 44.44 %; a 80 ddt fue COAxSTQ con 33.33 % y finalmente a 100 ddt la presencia de la enfermedad fungosa se manifestó en aquellos tratamientos que involucraron menor capacidad oxidante del agua sin un claro efecto del tipo de tratamiento químico (COBxDC y COBxDM (22.22 y 11.11 %, respectivamente) y SOxDC con incidencia de 11.11 %. Los tratamientos con menos afectaciones de enfermedades fungosas fueron aquellos donde el agua alcanzó una mayor capacidad oxidante (COA) y donde se aplicó algún fungicida a una dosis media o completa (cuadro 8).

**Cuadro 8.** Incidencia de daño foliar causados por *Cladosporium* sp. en plantas de pepino.

Tratamiento	60 ddt	80 ddt	100 ddt
	IC (%)	IC (%)	IC (%)
COAxDC	11.11	11.1	0
COAxDM	11.11	0	0
COAxSTQ	0	33.33	0
COBxDC	0	11.11	22.22
COBxDM	44.44	0	0
COBxSTQ	0	0	11.11
SOxDC	11.11	0	11.11
SOxDM	0	0	0
SOxSTQ	0	0	0

ddt: Días después del trasplante.

COA: Capacidad oxidante alcanzada en una hora; COB: Capacidad oxidante alcanzada en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; IC: Incidencia de *Cladosporium* sp.

La respuesta que se tuvo con la aplicación del ozono concuerda con Llerena *et al.* (2015) quienes demuestran las propiedades fungicidas del ozono disuelto en agua para disminuir la severidad de enfermedades durante evaluaciones en campo.

En el cuadro 9 podemos apreciar que el periodo con más afectaciones fue a los 100 ddt donde el grado de severidad aumentó cuando la capacidad oxidante del agua no era alta. Dentro del análisis de severidad el rango con más repetición durante el ciclo se encontraba en un 25 a 50% y de igual manera responde a un riego ozonizado con poca actividad oxidante.

**Cuadro 9.** Severidad de las enfermedades a nivel foliar en plantas del cultivo de pepino.

Tratamiento	60 ddt	80 ddt	100 ddt
	SC	SC	SC
COxDC	2	3	0
COxDM	3	0	0
COxSTQ	0	7	0
COBxDC	0	5	5
COBxDM	6	0	0
COBxSTQ	0	0	4
SOxDC	4	0	6
SOxDM	0	0	0
SOxSTQ	0	0	0

ddt: Días después del trasplante.

COA: Capacidad oxidante alcanzada en una hora; COB: Capacidad oxidante alcanzada en media hora; SO: Sin ozono; DC: Dosis completa; DM: Dosis media; STQ: Sin tratamiento químico para el control de enfermedades fungosas; SC: Severidad por *Cladosporium* sp.

## Conclusiones

El agua ozonizada con capacidad oxidante comprendida entre 250 y 350 mV al interactuar con Trifloxistrobyn (0.25 mL/L) y Clorotalonil + Cymoxanil (1.0 g/L) disminuye la incidencia y severidad de *Cladosporium* sp. en las hojas de las plantas de pepino y mientras más baja sea la capacidad oxidante (200 a 250 mV) es necesaria una mayor dosis de los fungicidas evaluados.

El riego ozonizado afectó el desarrollo vegetal cuando el agua alcanza una capacidad oxidante entre los 250 a 350 mV provocando alteraciones en el DT, AP y NH, pero si la capacidad oxidante del agua está en un rango de 200 a 250 mV se mantiene un desarrollo vegetal sin afectaciones.

La principal ventaja de aplicar agua ozonizada al cultivo de pepino fue disminuir en 50 % la dosis convencional de fungicidas que controlan *Cladosporium* sp., lo cual reduce impactos adversos al ambiente, salud humana y económicos.

Debido a que el ozono en el agua de riego generó un comportamiento inestable de crecimiento vegetativo de la planta de pepino se recomienda realizar otras investigaciones que ayuden a determinar el rango óptimo de capacidad oxidante del agua ozonizada.

## Referencias bibliográficas

- Abbasi, P. A.; Al-Dahmani, J.; Sahin, F.; Hoitink, H. A. J.; Miller, S. A. (2002). Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in organic and conventional production systems. *Plant Disease* 86: 156-161.
- Agrios N. (2004). *Fitopatología*. D.F, México: Limusa.
- Anculle, A. y Álvarez, R. 1999. Evaluación de enfermedades de plantas. Versión 2. Arequipa (Perú). Senasa. [http://www.senasa.gob.pe/intranet/capacitación/cursos/curso\\_arequipa/evaluación\\_enfermedades\\_plantas\\_1.pdf](http://www.senasa.gob.pe/intranet/capacitación/cursos/curso_arequipa/evaluación_enfermedades_plantas_1.pdf).>
- Bataller, M., Cruz, B. y García M. (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. *CENIC, Ciencias biológicas*, 41(3), 155-164. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220593001>
- Bucio Villalobos, C. M., F. R. Díaz Serrano, O. A. Martínez Jaime y J. J. Torres Morales. (2016). Efecto del ozono sobre la población microbiana del suelo y el crecimiento de las plantas de fres. *Terra Latinoamericana*, 34: 229 – 237.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2011). Ahorrar para crecer. *Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola*. Roma, Italia. 112 p.
- Goumenaki E. & J. Barnes (2009) Impacts of tropospheric ozone on growth and photosynthesis of lettuce. *Acta Horticulturae* 817:169-176.
- Graham, T., Zhang, P., Woyzbun, E. and Dixon, M. (2011). Response of hydroponic tomato to daily applications of aqueous ozone via drip irrigation. *Scientia Horticulturae*, 129, 464–471.
- Hernández, B. (2012). *Cultivo hidropónico de pepino (Cucumis sativus L.) con diferentes relaciones mutuas de aniones y cationes* (Tesis profesional que para obtener el título de licenciada en Ingeniería Agrohidráulica). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México.
- Horsfall, J. G.; Barrat, R. W. (1945). An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology* 35: 655.
- Keinath, P. 2000. Effect of protectant fungicide application schedules on gummy stem blight epidemics and marketable yield of watermelon. *Plant Disease* 84: 254-260.
- Keinath, P. 2000. Effect of protectant fungicide application schedules on gummy stem blight epidemics and marketable yield of watermelon. *Plant Disease* 84: 254-260.
- Landa, I. (2018). *Inactivación con ozono del nemátodo *meloidogyne enterolobii* en agua para riego agrícola* (Tesis para optar por el grado de maestra en ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Llerena, A., Castaño R., y Joaquín C. (2015). Relación de la concentración y frecuencia de aplicación de ozono con el nivel de daño de la sigatoka negra en banano. Diseño de un protocolo de riego con agua ozonificada. *Alternativas*, 16(2), 66 – 75.

- Mills G., M. Holland, A. Buse, S. Cinderby, F. Hayes, L. Emberson, H. Cambridge, M. Ashmore and A. Terry. (2003.) Introducing response modifying factors into a risk assessment for ozone effects on crops in Europe. In: Karlsson, P. E., G. Selldén and H. and Pleijel (eds.). *Establishing Ozone Critical Levels II*. UNECE Workshop Report. IVL Report B 1523. IVL Swedish Environmental Research Institute, Gothenburg, pp.74-88.
- Nagendra-Prasad D, N. Sudhakar, K. Murugesan and Mohan. (2009). Application of ozone on induction of resistance in *Vigna unguiculata* cv. Co6, against *Fusarium wilt*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 42:633-642.
- Obregón, V. (2017). *Guía para la identificación de las enfermedades de las cucurbitáceas*, Recuperado de <https://inta.gov.ar/documentos/guia-para-la-identificacion-de-las-enfermedades-de-las-cucurbitaceas>.
- Roa, J. (2015). Densidades de siembra y dosis de biol en la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en Esmeraldas. (Tesis en ingeniería). Quevedo, Ecuador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 69 p.
- Roa, J. (2015). *Densidades de siembra y dosis de biol en la producción de pepino (Cucumis sativus L.) en Esmeraldas*. (Tesis en ingeniería). Quevedo, Ecuador, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 69 p.
- SADER, Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (Delegación Michoacán). (2018). *El Cultivo de Pepino en Michoacán Rebasa los 400 Mdp en Valor de Producción*. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura>
- SAS Institute. (2004). SAS/STAT User's guide, software 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). *Agricultura protegida: el valor de la producción bajo esta técnica creció 47.9% en 2016*. Consultado en línea el 10 de octubre de 2020 en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/agricultura-protegida-el-valor-de-la-produccion-bajo-esta-tecnica-crecio-47-9-en-2016?idiom=es>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). *Atlas Agroalimentario 2012 – 2018*. Recuperado de: [www.gob.mx/siap](http://www.gob.mx/siap)
- Sudhakar, N., D. Nagendra-Prasad, N. Mohan and K. Murugesan. (2007). Induction of systemic resistance un *Lycopersicon esculentum* cv. PKM1 (tomato) against cucumber mosaic virus by using ozone. *Journal of Virological Methods* 139: 71-77.
- Sudhakar, N., D. Nagendra-Prasad, N. Mohan, B., Hill, M., Gunasekaran and K. Murugesan. (2011). Assessing influence of ozone in tomato seed dormancy alleviation. *American Journal of Plant Sciences* 2:443-448.
- Zangerl, R. A. & F. A. Bazzaz. (1992). Theory and pattern in plant defense allocation. In: Fritz, R. S., E. L. Simms (eds.) *Plant resistance to herbivores and pathogens. Ecology, Evolution and Genetics*. University of Chicago Press. pp. 345–362.