

**FUNDACIÓN
PRODUCE**
Sinaloa A.C.
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



SINALOA
ES TAREA DE TODOS

GOBIERNO
DEL ESTADO
DE SINALOA

CURSO DE AGRICULTURA PROTEGIDA



COLECCIÓN



MEMORIA DE
CAPACITACIÓN

Curso de agricultura protegida

ÍNDICE

Manejo de cultivos en altas temperaturas	7
Manejo de las principales enfermedades del tomate bajo condiciones de cultivo protegido.....	15
¿Qué se necesita para llevar a la horticultura protegida al siguiente nivel? Otra manera de ver la competitividad.....	29
Uso de abonos orgánicos para mejorar la eficiencia de la nutrición vegetal en hortalizas.....	37
Sistemas de automatización en agricultura protegida: control climático, riegos y sensores.....	43

Manejo de cultivos en altas temperaturas

Boaz Guy*

INTRODUCCIÓN

Hablando de producción de hortalizas, la ventaja que tienen los países en Centro y Suramérica se encuentra en sus inviernos cálidos: la baja o nula necesidad de calentar en invierno, les permite producir en fechas de alto precio a menor costo, comparado con Estados Unidos y Canadá.

El clima cálido se convierte en desventaja en los meses de calor, al inicio o al final de la temporada. Para tener producción a principios de octubre hay que plantar a mediados de julio, cuando hace calor. La planta joven tiene poco follaje, transpira poco y, por lo tanto, no puede mejorar las condiciones ambientales en el invernadero, al igual que hace una planta grande.

El calor en el final del ciclo debilita la planta, las flores no cuajan bien por falta de fertilidad de polen o por baja humedad relativa, los tamaños de los frutos se reducen y se presentan problemas fuertes de pudrición apical¹ (*blossom end rot*).

Debido a que la inversión en un invernadero es alta, es importante poder aprovechar el invernadero al máximo y hacer ciclos largos, cruzando épocas de calor, sin perder calidad y rendimiento.

Las condiciones climáticas tienen un efecto fuerte y rápido sobre el desarrollo de la planta, porque hay que tener herramientas para poder responder a los cambios climáticos y mejorar el clima dentro del invernadero.

FOTOSÍNTESIS CONTRA TRANSPIRACIÓN

En condiciones de calor la planta enfrenta a un dilema. Por un lado, necesita abrir sus estomas² para absorber el bióxido de carbono (CO₂) y convertirlo

* Netafim México.

1 Al principio, aparece una coloración acuosa en el ápice de los frutos. Más tarde, esta coloración se agranda y adquiere un aspecto seco y hundido, de consistencia firme. Se observan generalmente crecimientos fungosos secundarios sobre el tejido. Suelos salinos y/o riegos muy distanciados unos de otros, favorecen la ocurrencia de esta anomalía.

2 Las estomas son los pequeños orificios o poros de las plantas localizados en la superficie de sus hojas.

a azúcar en la fotosíntesis, y a su vez no quiere perder tanta agua por la transpiración.

El diferencial de concentraciones que motiva la transpiración es 50 veces más grande que el diferencial que motiva la asimilación del CO_2 , además el tamaño de las moléculas es diferente. La molécula del bióxido de carbono es más grande que la del H_2O (agua). Por lo tanto, cuando la planta abre sus estomas, por cada molécula de CO_2 que consume, pierde 500 de agua.

Si la pérdida de agua es más rápida que su suministro a través de la raíz, llega un momento en que la planta cierra parcial o totalmente sus estomas, baja la fotosíntesis y mejora su condición hídrica. La planta ordena sus prioridades: es más importante sobrevivir que producir.

Esta situación de estrés refleja en la producción: menor producción de azúcar es menos dinero para crecimiento foliar y radicular, y para producción.

Los productores deben asegurar que la planta no se estrese a tal grado que llegue a cerrar sus estomas, porque si se castiga a la planta se castiga la producción.

La transpiración de agua es un proceso muy importante para la planta: le permite enfriarse y no quemarse por el calor del sol; además, permite a la planta mover agua y nutrientes desde la raíz hacia arriba. Las moléculas del agua están vinculadas una con la otra por medio de conexiones eléctricas, así que cuando una molécula de agua se evapora, jala a la otra hacia arriba.

La transpiración de agua por la planta depende de las condiciones climáticas: una alta temperatura, la alta intensidad de luz, y el viento, aceleran la transpiración; mientras que la alta humedad, la desacelera.

La transpiración acelerada tiene varios efectos negativos:

1. Aumenta la conductividad eléctrica (CE), o salinidad, alrededor de la raíz.

2. Aumenta el flujo de agua hacia las hojas grandes y reduce su flujo hacia la cabeza, lo que resulta en un tallo delgado con bajo potencial de producción.

3. Aumenta el flujo del calcio hacia las hojas grandes y reduce su flujo hacia los frutos, lo que provoca la pudrición apical.

La transpiración de vapor de agua por el follaje depende en dos factores principales: la capacidad del aire en absorber vapor y la resistencia a la difusa.

Para evaluar esta capacidad de absorber agua se usa el valor del Déficit de Presión de Vapor (DPV). Se calcula el déficit entre la presión máxima de vapor en el aire en una temperatura determinada y la presión actual del mismo aire, utilizando la siguiente ecuación:

$\text{DPV en KPa} = \text{Presión máxima de vapor en saturación en KPa} \times (1 - \text{HR}/100)$

Mayor temperatura significa mayor capacidad de contener vapor o mayor presión máxima en saturación lo que resulta en mayor DPV. Menor humedad relativa significa mayor DPV y mayor transpiración.

La resistencia a la difusa se forma por dos razones: la abertura del estoma y el grosor de la capa húmeda del aire pegada a la hoja.

La abertura de los estomas depende de la existencia de luz, la concentración de bióxido de carbono en el estoma y del estado hídrico de la planta.

El estoma es un mecanismo activo que permite a la planta responder a las condiciones de luz, agua y bióxido de carbono. En la noche cuando no hay luz, la planta minimiza la abertura de los estomas, para minimizar la pérdida de agua y permitir el intercambio de los gases en la respiración (entrada de oxígeno y salida de bióxido de carbono). En la mañana cuando sale el sol la planta abre sus estomas para aprovechar los altos niveles de CO_2 y los deja abiertos mientras no se estresa por falta de agua.

La otra resistencia es por la capa del aire pegada a la superficie de la hoja (en inglés, *Boundary layer*).

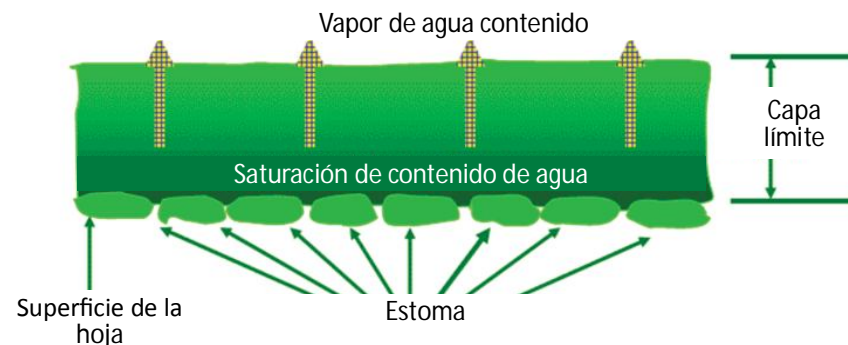


Figura 1. Contenido de vapor de agua.

Para que el vapor de agua salga al aire ambiental, tiene que pasar primero a través de esta capa que en general es más húmeda que el aire ambiental. El grosor de esta capa es el factor que determina la resistencia a la transpiración. Cuando la capa húmeda es gruesa, la planta transpira menos y viceversa.

El viento, los circuladores de aire y los ventiladores desplazan el aire de la capa húmeda y la mezclan con el aire del invernadero, de esta forma, la capa se adelgaza y la planta transpira más.

Igual pasa cuando se cuelga ropa mojada afuera: cuando sopla más viento la ropa se seca más rápido.

La planta tiene distintas características morfológicas que le ayudan a transpirar menos en condiciones de altas temperaturas y humedades bajas. La mayor parte de los estomas están ubicados en la parte inferior de la hoja donde hay más sombra, menos calor y más humedad.

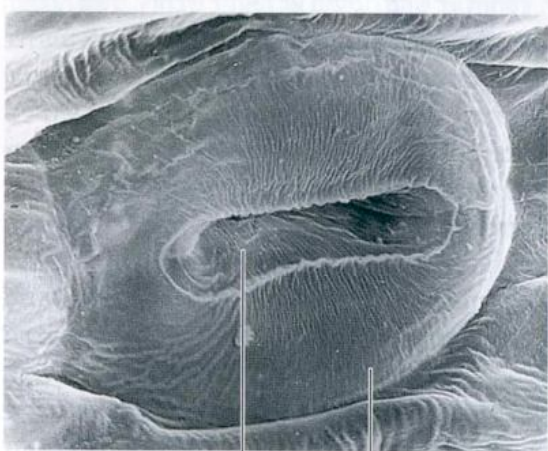


Figura 2. Estoma bajo microscopio.

En ocasiones, los estomas se encuentran ubicados en una cavidad donde el aire entra menos y se forma un microclima húmedo (Figura 2). Algunas plantas, como el tomate, tienen pelos pequeños que rompen el flujo del aire y mantiene la capa húmeda. La forma de la hoja y su grosor también influyen en la pérdida del agua: hojas grandes como las del pepino pierden mucho más agua si se compara con las hojas del espárrago, por ejemplo. Estas características son fijas, la planta no las puede cambiar rápido, por lo que el mecanismo que la planta usa más para balancear su estado hídrico durante el día es el mecanismo del cierre y la abertura de los estomas.

Para el cultivo de tomate, la temperatura óptima sería de 24-27 grados centígrados (°C) durante el día, y 14-17 °C durante la noche. Cuando la temperatura diaria es mayor a 30 °C o la nocturna mayor a 20 °C, se puede encontrar los siguientes efectos negativos: menor cantidad y fertilidad del polen, menor cantidad de floraciones por planta, menos flores por floración, el pistilo se alarga y sale de la flor (en chiles también), floraciones asimétricas, mayor tiempo hasta la primera floración, entrenudos largos, tallos delgados y mala formación del pigmento rojo (licopeno³).

Las temperaturas óptimas logran mantener la producción de azúcar en la fotosíntesis por arriba de su consumo en la respiración. El azúcar restante se utiliza para crecimiento y producción.

Se puede notar en la Figura 3, que por arriba de 27 °C la planta gasta más azúcar de lo que produce, y a los 35 °C cierra sus estomas, lo que se refleja en una bajada drástica en ambos procesos.

³ El licopeno es un pigmento vegetal, soluble en grasas, que aporta el color rojo característico a los tomates, sandías y en menor cantidad a otras frutas y verduras. Pertenece a la familia de los carotenoides como el β -caroteno, sustancias que no sintetiza el cuerpo humano, sino los vegetales y algunos microorganismos, debiéndolo tomar en la alimentación como micronutriente.

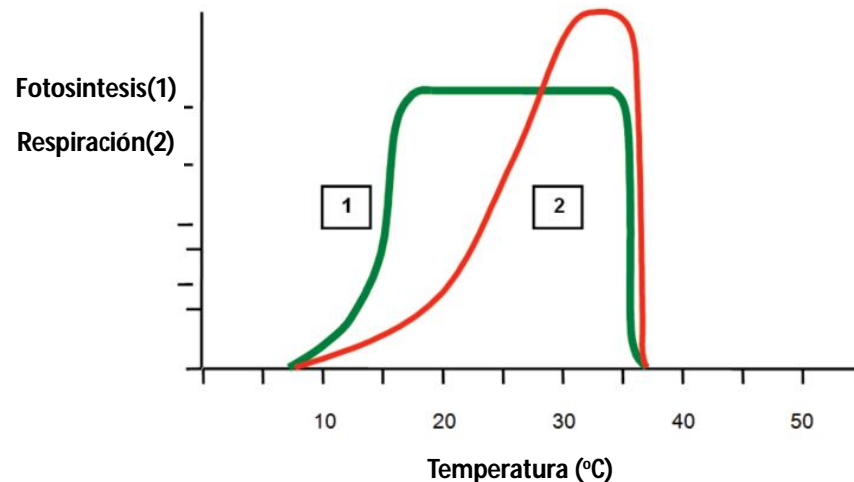


Figura 3. El efecto de la temperatura sobre fotosíntesis y respiración.

La respiración es un proceso que consume azúcar y oxígeno para producir agua, bióxido de carbono y —lo más importante— ATP⁴, que es una molécula que contiene mucha energía que la planta necesita para su actividad (absorción activa de nutrientes, entre otras).

De 30 a 60 % del carbono diario que la planta convierte en azúcar, se pierde por la respiración; la pérdida puede llegar hasta 70 y 80 % en lugares tropicales, donde las temperaturas diarias y especialmente las nocturnas son altas.

Para poder mejorar las condiciones climáticas en el invernadero, existen varias herramientas:

- Ventilación natural: cortinas laterales y cenitales, invernaderos altos, etcétera.
- Ventilación forzada: extractores y circuladores de aire.
- Sombreo: blanqueo del techo, mallasombra y pantallas.
- Evaporación de agua, enfriamiento adiabático⁵: pared húmeda y nebulización.

VENTILACIÓN NATURAL Y FORZADA

Los extractores de aire cambian el aire interior por el exterior. Por lo tanto, tienen la capacidad de igualar la temperatura y la humedad interna con la externa.

Cuando hace calor o la humedad está alta en el invernadero, la

⁴ Trifosfato de adenosina o adenosin trifosfato, un compuesto fundamental en la obtención de energía celular.

⁵ El término adiabático hace referencia a elementos que impiden la transferencia de calor con el entorno. Una pared aislada se aproxima bastante a un límite adiabático.

ventilación ayuda mucho, pero si hace calor afuera no ayudará tanto y hasta puede empeorar la situación.

El flujo del aire mueve la capa húmeda que rodea la hoja y hace que la planta transpire más. Si el flujo de aire es fuerte y constante la planta puede deshidratarse y estresarse.

Para poder aumentar la eficiencia de la ventilación forzada es muy recomendable combinarla con sistemas de enfriamiento adiabático, como la pared húmeda o la nebulización.

Estos sistemas consisten en la evaporación de agua en el aire, por eso funcionan mejor en condiciones de calor seco. Haciendo esto aumentan la humedad, reducen la temperatura y, como resultado, optimizan el DPV y la transpiración.

La pared húmeda es el sistema más eficiente para bajar temperatura. Tiene dos limitantes principales: obliga tener surcos cortos, hasta 52 metros, con la posibilidad de cerrar todas las aperturas, e implica un gasto mayor de energía eléctrica que en un invernadero pasivo.

El sistema *Coolnet* de Netafim se basa en nebulizadores de alta presión (4 bar) y caudal de 22 a 30 litros por hectárea (L/h), operado por pulsos cortos de 3 a 5 segundos, según sensores de temperatura y humedad. Generalmente se opera el sistema cuando la temperatura es mayor de 27 °C y se para el sistema cuando la humedad relativa es mayor de 80 %.

Entre estos dos sistemas el sistema de nebulización exige mejor calidad de agua, es decir un nivel bajo de bicarbonatos [menor de 1 miliequivalente por litro (meq/L)] y un nivel bajo de sales. Dado el caso que el agua tenga altos niveles de bicarbonato, con la acidificación se logra bajarlos al nivel óptimo. La calidad adecuada de agua previene el taponamiento de las boquillas de los nebulizadores y la quemadura del follaje por sales que puedan acumularse sobre él.

Otro efecto positivo de los sistemas de enfriamiento adiabático es el aumento de la humedad relativa a su nivel óptimo, alrededor de 60 %, previniendo problemas de humedad baja, como mal cuaje y pudrición apical.

Estos sistemas permiten mejorar el ambiente sin perder luz, lo cual es una gran ventaja.

SOMBREO

El sombreado también logra bajar la temperatura y aumentar la humedad relativa, pero con baja eficiencia y con un sacrificio importante de luz y fotosíntesis.

Para no perder tanta luz es recomendable usar una pantalla o malla retractiles. Haciendo esto, se puede aprovechar la luz de la mañana y de la tarde, y sombrear solamente al mediodía cuando la radiación y la temperatura están altas.

El sombreado dinámico permite sombrear más en días soleados y calurosos, y sombrear menos en días nublados.

La sombra fija que se genera al pintar el plástico en blanco, no es flexible y no permite responder a los cambios climáticos para aprovechar la luz a lo máximo y producir a lo máximo.

La pintura es económica, pero tiene efectos negativos como la pérdida fija de luz sin importar las condiciones climáticas, la disminución del efecto antipolvo que tiene el plástico, la falta de uniformidad en su aplicación, y el porcentaje de sombra que genera. Por lo tanto, no es recomendable.

La decisión respecto a cuál sistema establecer depende de las condiciones climáticas, las fechas de producción y el presupuesto económico. Conociendo las ventajas y desventajas de los distintos sistemas, se debe siempre buscar tomar la mejor decisión.

Manejo de las principales enfermedades del tomate bajo condiciones de cultivo protegido

José Armando Carrillo Fasio*
Raymundo Saúl García Estrada*

INTRODUCCIÓN

La presencia de microorganismos dañinos al tomate, especialmente patógenos causantes de enfermedades, es una de las limitantes principales en la producción en los campos hortícolas de Sinaloa, donde destacan la presencia de microorganismos que viven en el suelo, induciendo daños en la raíz o a los tejidos conductores, de tal manera que interfieren de alguna forma en la translocación de agua y nutrientes. Así como algunas enfermedades de naturaleza fungosa (hongos), bacteriana y viral, que ocasionan daños importantes en el área foliar.

ENFERMEDADES FUNGOSAS

Enfermedades vasculares

DAMPING OFF O SECADERA DE PLÁNTULAS

La secadera de plántulas o *damping off*¹ es uno de los problemas iniciales en el cultivo, desde la preemergencia y la primera etapa de desarrollo de la planta. Las plántulas se pueden marchitar rápidamente causando una drástica reducción de la población de plantas, la uniformidad, el desarrollo y el rendimiento del cultivo.

Agente causal

Pythium aphanidermatum y *Rhizoctonia solani*.

Sintomatología

La enfermedad generalmente se presenta en grupos de plántulas en un surco o áreas circulares. Se presenta pudrición de semilla o muerte de la plántula antes de la emergencia.

*Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, unidad Culiacán.

¹ *Damping off*, o marchitamiento fúngico, es el término usado para un número de diferentes causantes de debilidad y marchitamiento que puede matar las semillas, y las siembras, antes o después de germinar.

El *damping off* de posemergencia ocurre cerca de la superficie del suelo y causa la muerte de la plántula, acción rápida que hace que cotiledones² u hojas permanezcan verdes. Generalmente el tejido de tallo en la línea del suelo se vuelve blando y acuoso y la planta se marchita. Después que la planta alcanza cierta altura los agentes del *damping off* pueden solamente destruir las capas más internas del tallo, produciendo áreas hundidas de color café o negro cerca de la superficie del suelo. Las raíces pueden ser afectadas ocasionando la muerte de la plántula.

Condiciones para el desarrollo de la enfermedad

Las condiciones que propician el *damping off* son: sobrepoblación, riegos pesados, suelos con drenaje deficiente, ambiente nublado y ventilación pobre. En las dos primeras semanas después de la emergencia, las plántulas son muy susceptibles.

En invernaderos, los riegos por aspersión hacen que el suelo infestado salpique y que los esclerocios³ y zoosporas⁴ alcancen a otras plantas sanas.

Control

La fumigación o solarización del suelo, puede ayudar a reducir el daño de *damping off*. Evitar utilizar plantas enfermas. La aplicación de fungicidas específicos para este hongo, ayudan a controlar la enfermedad.

MARCHITEZ POR *FUSARIUM*

Una de las enfermedades más común y destructiva que llega a limitar el cultivo de tomate en algunas zonas productoras.

Agente causal

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*

Sintomatología

Inicia con amarillamiento de hojas viejas, progresando rápidamente hacia las hojas nuevas. Es común encontrar el amarillamiento por un solo lado de la hoja o rama. Las hojas afectadas después de marchitarse mueren, permaneciendo adheridas al tallo. En el tallo se presenta una necrosis (tejido muerto) vascular café, que se extiende hacia arriba.

La enfermedad provoca muerte de plántulas, lo mismo que de plantas adultas las cuales pueden marchitarse y morir repentinamente, aunque por lo general muestran achaparramiento, epinastia⁵, amarillamiento de hojas

2 Cotiledón: la primera o cada una de las primeras hojas de la planta, que se forman en el embrión.

3 Esclerocios: estructuras de hongos capaces de sobrevivir por años en condiciones ambientales desfavorables.

4 Una zoospora es una espora asexual, provista de flagelos para locomoción; producida dentro de algunos hongos y algas, para propagarse.

5 Epinastia: punta de la hoja se dobla hacia abajo. Producido por acumulación de etileno (producido por planta o patógeno) después de que los estomas se cierran.

inferiores, marchitez de hojas y tallos jóvenes, defoliación, necrosis marginal de hojas hasta que al fin la planta muere.

Condiciones para el desarrollo de la enfermedad

El hongo sobrevive en el suelo por más de cinco años en forma de clamidosporas⁶. Se transmite en la semilla y se disemina por el viento, maquinaria agrícola, plántulas infectadas y agua de riego.

La penetración del hongo se da por las heridas en las raíces, que se producen al emerger las raíces secundarias o por el ataque de nematodos.

La enfermedad es favorecida por temperaturas entre 25 y 32 grados centígrados (°C) y humedad alta del suelo.

Control

El mecanismo de control más eficiente es el uso de materiales resistentes a la enfermedad. Otras medidas es sembrar en suelos libres de la enfermedad (solarización o fumigación del suelo). El uso de abonos o enmiendas orgánicas en los suelos favorece en incremento de antagonistas a este fitopatógeno.

PUDRICIÓN DE LA CORONA Y RAÍZ DEL TOMATE

Al igual que la anterior, es una de las enfermedades radicales más destructivas. A diferencia del hongo que causa la marchitez de tomate, algunos aislamientos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, causante de la pudrición de la corona, pueden también infectar a la berenjena, al chile dulce, la soya, el frijol, el chícharo y el cacahuate.

Sintomatología

Los primeros síntomas consisten en un ligero amarillamiento de los bordes de las hojas más viejas que avanza hacia las hojas superiores. El amarillamiento progresa hacia la vena principal y el tejido afectado finalmente muere. Algunas plantas se marchitan rápidamente y se secan, al tiempo de la maduración de los primeros frutos, pero en la mayoría de los casos, las plantas se van marchitando lentamente y logran sobrevivir hasta finales de temporada.

En las plantas muy afectadas se presenta una necrosis vascular café chocolate en el tallo, que se extiende hasta 25 centímetros (cm) sobre la línea del suelo. En la raíz principal hay una pudrición seca. Ocasionalmente en las plantas muertas, o semimuertas, se producen masas de esporas y micelio⁷ de color blanco rosado sobre las lesiones del tallo.

6 Una clamidospora es un tipo de espora de paredes gruesas de varias clases de los hongos. Es una etapa del ciclo vital del organismo que sobrevive en condiciones desfavorables, tales como estaciones secas o cálidas.

7 Micelio: es la masa de hifas (elementos filamentosos cilíndricos) que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo.

Condiciones para el desarrollo de la enfermedad

La pudrición de la corona requiere de una temperatura óptima entre 15 y 20 °C en contraste a la óptima de 27 a 32 °C para la expresión de la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Las microconidias⁸ son dispersadas por el viento; el hongo sobrevive en el suelo como clamidosporas, y puede dispersarse a distancias grandes en la semilla y a distancias más cortas en la ropa, zapatos, maquinaria, cajas de empaque, etcétera.

MARCHITEZ SUREÑA

Afecta a las plantas de tomate y a muchas otras hortalizas en los meses cálidos. Ocasionalmente causa pérdidas significativas en suelos altamente infestados, pero generalmente son de poca importancia.

Agente causal

Sclerotium rolfsii, estado imperfecto de *Pellicularia rolfsii* (Sac.) West.

Sintomatología

El primer síntoma de la enfermedad es un marchitamiento general de la planta, sin un cambio en el color del follaje, hasta que la planta muere. La base del tallo y parte de la raíz se cubren con un crecimiento micelial blanco, lo cual también ocurre en el suelo húmedo que rodea a la planta afectada. Incrustados en el micelio, se pueden observar esclerocios esféricos, café, del tamaño de las semillas de mostaza, que son característicos de la enfermedad. Los frutos pueden infectarse si están en contacto con el suelo.

Condiciones para el desarrollo de la enfermedad

El hongo se disemina por medio del agua o en suelo infestado, y sobrevive en forma de esclerocios o en hospedantes que sobreviven hasta la siguiente temporada de cultivo. Para un buen desarrollo del hongo se requiere humedad y altas temperaturas.

Control

Rotación de cultivos con gramíneas. Enterrar en forma profunda los restos de plantas enfermas, para reducir el nivel del inóculo del suelo. Sembrar en camas levantadas para promover drenaje del suelo. Eliminar plantas débiles o enfermas cuando se observan los primeros síntomas visibles. Utilizar fungicidas y el control biológico usando *Trichoderma* spp. y *Gliocladium virens*.

MOHO BLANCO

Causa pérdidas considerables en tomate, chile, berenjena, girasol, frijol

⁸ Las conidias son esporas asexuales no móviles, que se forman (exógenamente) en el ápice o en el lado de una célula esporógena (tejido que produce esporas). Se desprenden de las células terminales o laterales de hifas especializadas denominadas conidióforos.

y repollo; además de afectar plantas silvestres, como quelite, estafiate, guachapote, entre otras.

Sintomatología

Las plantas afectadas presentan marchitez, pérdida de vigor y muerte. En la base del tallo se observa el crecimiento del micelio algodonoso y blanquecino. Los tallos se aprecian con el centro hueco, parcialmente lleno de esclerocios de color negro y de formas irregulares. También en los tallos es común encontrar manchas color café con anillos concéntricos.

Agente causal

Responsable de la enfermedad: *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.).

Es un hongo, Ascomycetes-Discomycetidae-Helotiales-Sclerotiniaceae, presenta micelio blanco y esclerocios negros. Los esclerocios al germinar dan origen a varios apotecios⁹.

Condiciones para el desarrollo de la enfermedad

Este patógeno presenta una gama amplia de hospedantes, y sobrevive de un ciclo a otro mediante los esclerocios en suelo y en restos de plantas enfermas. El rocío, la niebla y las lluvias frecuentes favorecen el desarrollo de la enfermedad. Los medios más importantes de la dispersión de este patógeno son las ascosporas¹⁰ que se forman a partir del esclerocio y son transportadas por el aire.

El movimiento de suelo contaminado y la fertilización con el abono de animales que se alimentaron con plantas enfermas, son dos maneras comunes de una dispersión corta, de la distancia de esclerocios o del micelio. El agua de irrigación puede también dispersar al hongo de campo a campo.

Control

Sembrar en suelo con buen drenaje y evitar riegos pesados. Eliminar plantas enfermas de las cosechas anteriores. Utilizar enmiendas o abonos orgánicos libres de la enfermedad. Establecer una rotación de cultivos con no hospedantes, como el maíz. La fumigación del suelo es eficaz en la reducción de inóculo del suelo.

Enfermedades foliares

TIZÓN TARDÍO

Es considerada la enfermedad más destructiva del tomate en Sinaloa y es una amenaza permanentemente con provocar epifitias¹¹ en tomate.

⁹ Apotecio: cuerpo que produce los órganos en los que se encuentran las esporas.

¹⁰ Ascospora es una espora (meiospora) contenida en un asca. Esta clase de espora es específica a los hongos clasificados como ascomycetes (*Ascomycota*).

¹¹ Epifitia: una epifitia o epidemia aparece cuando las condiciones ambientales favorecen la rápida extensión de una enfermedad sobre poblaciones vegetales, causando síntomas severos en estas.

Sintomatología

Afecta todos los tejidos aéreos de la planta. En las hojas se presentan manchas irregulares, variables en tamaño, verde oscuro acuosas, con márgenes pálidos y con presencia de filamentos blanquecinos cuando la humedad ambiental es alta; las lesiones después se tornan café, pudiendo afectar toda la lámina foliar. En los tallos, ramas, puntas de crecimiento e inflorescencias se llegan a presentar lesiones necróticas oscuras. En los frutos dañados se presentan grandes manchas café rojizo que pueden llegar a cubrirlos totalmente.

ENFERMEDADES BACTERIANAS DEL TOMATE

Las enfermedades bacterianas de este cultivo son capaces de dañar tanto a los tejidos vasculares, como al follaje y los frutos, por lo que aun epidemias leves reducen la población de plantas, así como la calidad de la fruta.

Cáncer bacteriano del tomate

Esta es una de las enfermedades bacterianas más destructivas, tanto en campo como en invernadero, y de mayor dispersión mundial.

El agente causal de la enfermedad es una bacteria, cuyo nombre científico es *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. La enfermedad fue observada inicialmente en 1909 en Estados Unidos, y hasta 1927 se creyó confinada al noreste de ese país.

PATÓGENO

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* es un bacilo pleomórfico (no tiene flagelos), Gram positivo¹², aeróbico, sin cápsula. En agar¹³ nutritivo desarrolla colonias mucoides de color amarillo claro a blanco que alcanzan un diámetro de 2 a 5 milímetros (mm) en cinco días.

SINTOMATOLOGÍA

Las infecciones primarias o sistémicas, originadas en la semilla o plántulas podadas para producir plantas cortas y robustas, causan las mayores pérdidas de plantas; las infecciones secundarias causan las fases de tizón foliar y lesiones en el fruto que se observan al final o durante la estación de crecimiento.

Las plántulas infectadas en el almácigo¹⁴ mostrarán síntomas hasta seis u ocho semanas después de adquirida la infección. Cuando se manifiestan

12 Gram-positivas: bacterias que se tiñen de azul oscuro o violeta por la tinción de Gram.

13 Agar: medio de cultivo. Es un polisacárido sin ramificaciones obtenido de la pared celular de varias especies de algas rojas de los géneros *Gelidium*, *Euchema* y *Gracilaria* entre otros actuando como pigmento que da un color característico a cada una. La palabra agar viene del malayo agar-agar, que significa jalea.

14 Almácigo: lugar donde se siembran y crían los vegetales que luego han de trasplantarse.

los síntomas en el almácigo las plántulas se achaparran, los tejidos vasculares adquieren una coloración crema amarillo o amarillo café, y las lesiones en los tallos se hacen visibles; un número considerable de plántulas pueden morir mostrando esta sintomatología.

En el invernadero o mallasombra, el síntoma principal del cáncer bacteriano es una marchitez sistémica de las plantas afectadas debido a la obstrucción de los tejidos vasculares. Además de la marchitez, otros síntomas de la enfermedad incluyen un doblamiento hacia abajo de las hojas inferiores y necrosis marginal de los folíolos¹⁵; frecuentemente la marchitez afecta solo un lado del folíolo y se puede observar un rizado de los bordes de los folíolos; estos síntomas avanzan hacia el pecíolo. Las hojas inferiores se marchitan y necrosan primero mientras que las hojas superiores permanecen turgentes hasta que la planta muere.

Uno de los síntomas más característicos de la enfermedad en el campo, son los márgenes de las hojas de color café a negros rodeados por una banda amarillenta de diferente ancho. Sin embargo, si la infección principia en una herida cuando la yema terminal es podada empleando herramientas contaminadas con la bacteria, la enfermedad se desarrolla en la parte superior de la planta y rápidamente se disemina hacia abajo de la planta hasta matarla.

Algunas plantas enfermas desarrollan raíces adventicias en el tallo. Bajo condiciones ambientales muy específicas las plantas enfermas forman lesiones en los tallos. Internamente los tejidos vasculares de los tallos muestran lesiones que inicialmente son de color amarillo pálido a café y posteriormente café rojizas.

Con el tiempo, el tejido vascular se decolora, es decir, presenta una coloración café-rojiza y toma una consistencia pastosa. La decoloración vascular es más notable en la porción del tallo más cercano a la línea del suelo. En los tallos y pecíolos¹⁶ se presentan estrias de color café claro. Las estrias se oscurecen y el tejido epidérmico muestra hendiduras de aspecto canceroso. El signo más evidente de la enfermedad aparece como una masa mucosa de color gris amarillento en las lesiones.

Al cortar y presionar los tallos de plantas afectadas por el cáncer bacteriano expulsan una cantidad moderada de exudado color amarillo.

Las lesiones causadas por esta bacteria en el fruto son conocidas como "ojo de pájaro". Estas lesiones presentan el centro levantado de color café, de aspecto corchoso, rodeadas por un halo blanco opaco, miden de 2 a 6 milímetros de diámetro, y durante epidemias severas la presencia de un gran número de ellas le da un aspecto rugoso a los frutos afectados.

Aunque las lesiones en los frutos no siempre ocurren, son un importante auxiliar en el diagnóstico de la enfermedad por sus características distintivas. Internamente el tejido vascular de los frutos afectados muestra

15 Folíolo: cada una de las piezas con aspecto de hoja que forman la hoja compuesta.

16 Pecíolo: pezón que sostiene la hoja.

áreas de color amarillo que conducen a la semilla y que eventualmente se necrosan, formando cavidades de color amarillo a café,

CICLO DE LA ENFERMEDAD

La bacteria penetra los tejidos principalmente a través de las heridas, aunque también puede penetrar por los estomas¹⁷ y tricomas¹⁸ de las hojas. La infección primaria se origina principalmente de semilla infectada a través de los estomas de los cotiledones. La bacteria que causa esta enfermedad sobrevive en residuos del cultivo de tomate que permanecen sin descomponerse en el campo.

Marchitez bacteriana de las solanáceas

La marchitez bacteriana es una de las enfermedades bacterianas más virulentas, la cual limita la producción en tomate y otros cultivos de importancia económica cultivados en climas tropicales, subtropicales y en regiones con temperaturas cálidas en diferentes partes del mundo.

PATÓGENO

Ralstonia solanacearum es una bacteria no fluorescente, con presencia de flagelos lofótricos¹⁹, Gram negativo²⁰, metabolismo oxidativo y acumula poly-β-hidroxi butirato extracelularmente, entre otras características. En medio de cultivo produce pigmentos de color café.

Esta bacteria es una especie con una amplia diversidad fisiológica y genética, clasificada en seis biotipos²¹ basados en su capacidad metabólica y en cinco razas fisiológicas en base a su rango de hospedantes.

SINTOMATOLOGÍA

Las plantas infectadas con *R. solanacearum*, muestran una disminución en el crecimiento, presentando un amarillamiento leve y una marchitez repentina en hojas más jóvenes durante las horas más calurosas del día. Por la noche, con las temperaturas frescas las plantas enfermas recuperan su turgencia, hasta que llegan a la etapa de marchitez permanente, debido al

17 En botánica, se denominan estomas a los pequeños orificios o poros de las plantas localizados en la superficie de sus hojas.

18 Los tricomas son excrecencias de origen epidérmico y de formas muy variables, pudiendo ser glandulares o no.

19 Las bacterias lofótricas tienen múltiples flagelos situados en el mismo punto (o en dos puntos opuestos) que actúan en concierto para conducir a la bacteria en una sola dirección.

20 En microbiología, se denominan bacterias Gram negativas a aquellas bacterias que no se tiñen de azul oscuro o violeta por la tinción de Gram, y lo hacen de un color rosado tenue: de ahí el nombre de Gram negativas o también gramnegativas.

21 Biotipo: grupo natural de individuos con la misma composición genética.

taponamiento de los vasos conductores (xilema²² y floema²³) de nutrientes y agua. Bajo condiciones favorables para la enfermedad, las plantas se marchitan y mueren rápidamente.

EPIDEMIOLOGÍA Y CICLO DE LA ENFERMEDAD

La bacteria sobrevive en el suelo e infecta a las plantas a través de la raíz, en donde penetra por heridas naturales formadas por la emergencia de raíces secundarias o por heridas realizadas por microorganismos como nematodos (gusanos redondos).

También puede entrar a la planta por lesiones en el tallo realizadas por insectos o por herramientas durante las labores de cultivo (podas) y una vez localizada en el sistema vascular de la raíz o en el tallo, la bacteria coloniza los vasos del xilema, donde se multiplica rápidamente y alcanza poblaciones muy altas.

Esta bacteria presenta una amplia diversidad que es considerada en variabilidad en rango de hospedantes, agresividad y adaptación a diferentes climas que es influenciado por el genotipo del hospedante. Esta puede sobrevivir por días o incluso años en el agua, tierras húmedas o en capas de tierras profundas.

Mancha bacteriana

La mancha bacteriana es una de las enfermedades que se encuentra en todas las plantaciones de tomate y chile. La enfermedad causa daños considerables en el follaje de plántulas, plantas y frutos.

Es particularmente severa en días cálidos con lluvias o nublados frecuentes. Se estima que los daños causados por esta bacteriosis oscilan entre 3 y 18 %, y en algunos casos excepcionales ocasionan pérdidas totales.

La enfermedad se encuentra distribuida en muchas regiones del mundo que presentan veranos calurosos. En México, la mancha bacteriana ha sido reportada afectando tomate y chile en Sinaloa, Sonora y Puebla; sin embargo, también se ha reportado en el estado de Morelos (Zacatepec) y en la región de El Bajío.

AGENTE CAUSAL

El agente causal de esta enfermedad es la bacteria conocida como *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Dodge) Dye, la cual es un bacilo móvil, Gram negativo con un solo flagelo polar. En agar nutritivo desarrolla colonias circulares y de color amarillo que generalmente se desarrollan tres días después de su aislamiento.

22 Xilema: tejido leñoso de las plantas vasculares, que transporta principalmente agua y minerales de una parte a otra de estos organismos.

23 Floema: tejido de la planta que conduce sustancias nutritivas desde las hojas, donde se realiza la fotosíntesis, hasta las partes basales subterráneas de la planta.

SINTOMATOLOGÍA

La bacteria puede dañar hojas, tallos y frutos; sobre hojas y tallos los primeros síntomas son manchas de color café a negro, generalmente circulares de aproximadamente 1 milímetro de diámetro, y rodeadas por un halo amarillento. En esta etapa las lesiones de mancha bacteriana se confunden con aquellas causadas por la peca bacteriana.

Esas lesiones presentan una apariencia acuosa cuando ocurren durante un temporal lluvioso o cuando la formación de rocío es abundante. Bajo esas condiciones las lesiones se desarrollan y unen formando áreas necróticas en hojas y pecíolos. Al presentarse numerosas lesiones sobre una hoja, esta se seca recordando el ataque de tizón temprano.

En el fruto los primeros síntomas son pequeñas manchas prominentes y de color café oscuro. Algunas veces estas lesiones son rodeadas por un halo blanco de aspecto grasiento que puede ser confundido con las lesiones causadas por cáncer bacteriano. El tamaño de las lesiones en el fruto puede incrementarse hasta cuatro a 5 milímetros de diámetro, el cual es de dos a tres veces mayor que el de las lesiones causadas por peca bacteriana.

Las lesiones desarrollan una apariencia corchosa y el centro toma una coloración café o gris. Al unirse varias de estas lesiones le dan al fruto una apariencia roñosa, totalmente inaceptable en el mercado.

CICLO DE LA ENFERMEDAD

La semilla sirve como medio de diseminación y sobrevivencia; sin embargo, existen otros medios de diseminación como la salpicadura de gotas de lluvia, equipo mecánico empleado en las labores culturales (riego por aspersión) y, sobre todo, el empleo de plántulas de tomate infectadas en el almácigo²⁴ o invernadero. La bacteria que causa la mancha bacteriana del tomate requiere temperaturas más elevadas (24 a 30 °C) que las requeridas por la bacteria causante de la peca bacteriana; el desarrollo de la epidemia de mancha bacteriana se ve favorecido por altas precipitaciones y/o días nublados. El patógeno es capaz de sobrevivir en plantas voluntarias de jitomate y en restos no descompuestos de plantas afectadas por la enfermedad.

Nematodo agallador de las hortalizas

Dentro del grupo de los nematodos fitoparásitos que reducen significativamente la producción agrícola, se encuentran los nematodos formadores de agallas del género *Meloidogyne* spp. En el ámbito mundial ocupa el primer lugar en importancia, por la severidad de los daños y la reducción considerable en la producción, dado que se trata de una especie polífaga (que come una gran variedad de cosas) con amplia distribución

²⁴ Almácigo: lugar donde se siembran y crían los vegetales que luego han de trasplantarse.

y frecuencia. Las especies más comunes a nivel mundial y en México son: *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla*.

SINTOMATOLOGÍA

Los síntomas del ataque de *Meloidogyne* spp. son enanismos de la planta y amarillamiento de las hojas. Las plantas manifiestan síntomas de deficiencia de agua en las horas de mayor calor, aun en presencia de riego adecuado, lo cual se debe a la poca capacidad de la planta atacada para aprovechar el agua disponible.

Los síntomas típicos se presentan en el sistema radical, donde las plantas son en general más cortas y sin ramificaciones laterales; el síntoma más característico es la formación de agallas o tumores. El sistema radical así deteriorado, no es capaz de absorber el agua y los nutrientes disponibles en el suelo y, en consecuencia, las plantas sufren retardo en el crecimiento.

Las agallas son la manifestación externa del ataque de *Meloidogyne* en el sistema radical; sin embargo, internamente sufre daños que se inician desde el momento de penetrar los juveniles del segundo instar (J2), cerca de las puntas de las raíces o en las zonas de elongación; al hacerse sedentario el patógeno, induce mediante secreciones, a través del estilete²⁵, una serie de cambios en los tejidos radicales, como un aumento en el tamaño de las células (hipertrofia) que se encuentran cerca de la cabeza del nematodo, y la multiplicación celular (hiperplasia) que da origen a las agallas. Las células hipertrofiadas son conocidas como "células gigantes", y son las que proporcionan al nematodo la fuente de alimentación necesaria para su completo desarrollo y reproducción.

CICLO DE LA ENFERMEDAD

El ciclo biológico de los nematodos de género *Meloidogyne*, se inicia con un huevo, dentro del cual ocurre una primera muda, formándose un juvenil de segundo estadio (J2), que es el estadio infectivo; posteriormente, los J2 penetran por la caliptra²⁶ de la raíz y se mueven intercelularmente y se ubican muy cerca de los haces vasculares estableciendo un sitio especializado de alimentación.

Al cabo de cierto tiempo ocurre una segunda, tercera y cuarta muda, originándose los juveniles de tercero, cuarto estadio y adultos (hembras y machos), respectivamente. Estas etapas se diferencian por los cambios de la cutícula y por la madurez sexual.

Los machos mantienen su forma vermiforme (de gusano), mientras que las hembras adquieren una forma globosa semejante a una pera y son consideradas endoparásitas²⁷ sedentarias. La acción de las hembras

²⁵ Estilete: pieza bucal delgada, larga y puntiaguda en insectos utilizada para penetrar y succionar.

²⁶ En botánica, la cofia, pilorriza o caliptra es una cobertura cónica que rodea al ápice de la raíz.

²⁷ Un endoparásito es un parásito que vive en el interior de su huésped.

durante el establecimiento del sitio de alimentación, origina cambios a nivel celular de la planta producto de la secreción de enzimas proveniente de la glándula esofágica dorsal del nematodo causando un crecimiento anormal de las células circundantes que luego se transforman en células gigantes multinucleadas.

Actualmente existen más de 80 especies de *Meloidogyne*. En Sinaloa se han identificado tres especies: *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria*. Siendo *M. incognita*, la especie de mayor importancia en los cultivos hortícolas de Sinaloa y se ha encontrado atacando tanto a plantas cultivadas como no cultivadas.

BIBLIOGRAFÍA

American Phytopathological Society, 1993. Compendium of tomato diseases. Ed. by J. B. Jones, J. P. Jones, R. E. Stall and T. A. Zitter. APS Press. St. Paul, MN, USA. 73 pp.

Apodaca, S. M. A., Fucikovsky, Z. L. y Carrillo, F. J. A. 1991. Etiología de la peca bacteriana del tomate en Puebla y Morelos. Memorias XVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Soc. Mex. de Fitopatología.

Bigger-Stuff, M. C., Gleason, L. M., and Braun, J. E. 1998. Non destructive assay for *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on tomato seeds: modifications to increase sensitivity. *Phytopathology* 88(9)(Supplement):S8.

Canadian Phytopathological Society and the Entomological Society of Canada, 1994. Diseases and pests of vegetable crops in Canada. Ed. by R. J. Howard, J. A. Garland and W. L. Seaman. M. O. M. Printing Ltd. Ottawa, Canada. 554 p.

Carrillo, F. A., García, E. R. y Allende, M. R. 1998. Detección de *Pseudomonas corrugata* Robert & Scarlet en semilla de tomate. *Revista Mexicana de Fitopatología* 16:(Suplemento):64.

Fatmi, M. and Schaad, N. W. 2002. Survival of *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis* in infected tomato stems under natural field conditions in California, Ohio and Morocco. *Plant Pathology* 51:149-154.

Flores-Carnalla, E. 2001. Actigard 50 WG (Acibenzolar-S-methyl) nueva alternativa para el manejo de la mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) en el cultivo del tomate. Memorias XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Soc. Mex. de Fitopatología. F-81.

García-Estrada, S. R., Carrillo-Facio, A. J., Allende-Molar, R., Márquez-Zequera, I. y Cruz-Ortega, J. 2000. Síntomas e identificación de bacterias en plantas de tomate cultivadas con alta tecnología en Sinaloa. Resúmenes del XXVII Congreso Nacional de Fitopatología. Soc. Mex. de Fitopatología. L-32.

Gleason, M. L., Braun, E. J., Carlton, W. M., and Peterson, R. H. 1991. Survival and dissemination of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in tomatoes. *Phytopathology* 81:1519-1523.

Hawar, A.C., Waterson, M. 1964. *Corynebacterium michiganense*. C. M. I. Description of pathogenic fungi and bacteria. Num. 19. Kew. Commonwealth Mycological Institute.

León, G. H. 1982. Enfermedades de los cultivos en el estado de Sinaloa. INIA-SARH, México, D. F. 134-137 p.

Núñez, C. R. D. 1991. Enfermedades de las hortalizas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. P. 27 - 29.

Rodríguez, H. 1972. Enfermedades parasitarias de los cultivos agrícolas en México. INIA. Folleto Misceláneo Núm. 23.

Sánchez-Bautista, L., Carrillo-Facio, A. J., García-Estrada, S. R., Allende-Molar, R. y García-Quintero, R. 2001. Distribución de razas patogénicas de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye, causante de la mancha bacteriana del chile en el estado de Sinaloa. Memorias XXVIII

Congreso Nacional de Fitopatología. Soc. Mex. de Fitopatología. F - 75.

Sánchez, C. M. A. y Rodríguez, B. E. 1982. Caracterización e identificación del cáncer bacteriano del tomate en el valle de Culiacán, Sinaloa. Memorias X Congreso Nacional de Fitopatología. Resumen. P. 107.

University of California, 1985. Integrated pest management for tomatoes. 2nd Edition. Statewide Integrated Pest Management Project. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3274. 104 pp.

Verdugo, G. F. 1976. *Corynebacterium michiganense*, Seminario de Fitopatología 123. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. Inédito.

Watterson, C. J. 1988. Enfermedades del tomate. Guía práctica para agrónomos y agricultores. Petoseed Co. Inc. CalGraphics. Saticoy, CA, USA. 47 pp.

¿Qué se necesita para llevar a la horticultura protegida al siguiente nivel? Otra manera de ver la competitividad

Eric Viramontes Serralde*

EL MÉXICO QUE PARA MUCHOS ES DESCONOCIDO

¿Han notado cómo en nuestra sociedad hay una clara tendencia a desacreditar todo lo que sea o tenga tintes mexicanos? ¿Cómo que hoy en día es reacción natural buscar el lado negativo a todo lo que sea nuestro?

Por ejemplo, si en un segmento de la sociedad identificamos a algún individuo que destaca sobre los demás, ya sea por alguna virtud o logro (un deportista, un pensador o simplemente un líder de opinión), si es mexicano nos parece difícil aceptar sus virtudes, por lo que buscamos fallas, empezamos a encontrarle algún defecto que minimice sus logros y seguramente será acreedor a críticas.

Por otro lado, somos fáciles de impresionar por logros, modelos o acciones que se dan fuera de nuestro país: esto una forma de manifestar el malinchismo que por generaciones nos han heredado.

Recientemente hemos sido expuestos a comentarios positivos sobre nuestra economía, muy probablemente han leído o escuchado reportajes que explican, que ante la situación difícil de la económica mundial, analistas concluyen que la situación de México es —dentro de todo— favorable.

Algunos de estos análisis se basan en las tasas de desempleo, que se mantiene a la baja; otros en las reservas nacionales, que actualmente son históricamente favorables. Otro ángulo que concluye en un escenario positivo, es la comparación del Producto Interno Bruto (PIB) de varios países, contra el valor de sus deudas públicas.

Para el caso de México corresponde el 33% del valor de la deuda pública, esto con respecto a nuestro PIB nacional, situándonos en mejores condiciones que países como España, Estados Unidos o Alemania (que actualmente sostiene el sistema del Euro).

* Asociación Mexicana de Horticultura Protegida, A.C.

No importa el análisis, gráfico o estadística que se nos presente, a los mexicanos nos parece muy difícil creer que las cosas van mejorando.

Claro, muchos de nosotros hemos crecido con la imagen de un México que ha ido de mal en peor, por lo menos eso es lo que nos han hecho creer, somos de las generaciones que no hemos atestiguado la mejora, pero lo que es aun más determinante, es que no lo vemos reflejado en nuestros bolsillos.

Lo cierto es que aunque todos estemos conscientes del difícil panorama, es necesario que empecemos a creer en la mejora, anticipar escenarios optimistas y trabajar para que estos se materialicen, si es que realmente queremos salir y vernos fuera del hoyo.

¿Acaso el primer paso para salir de la enfermedad no es el sentirse sano? ¿Será que muchas veces utilizamos como pretexto la situación general para no esforzarnos en lo que emprendemos diariamente?

Esta actitud que nos han pasado de generación a generación, dio inicio a un círculo vicioso crónico, que podría estar afectándonos más de lo que pensamos.

Nuestro país requiere hoy de ideas frescas, proyectos ambiciosos, empresarios optimistas e intrépidos. Y que de alguna manera la bola empiece a rodar, detonando una inversión que genere empleos y desarrolle comunidades, motivando al consumo interno y forjando mayor riqueza y bienestar en nuestro país.

El 24 de agosto del 2011, en Guadalajara tuvo lugar el IV Congreso Técnico Empresarial de la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (AMHPAC), que logró ser un evento sin precedente, y no ha dejado de llamar la atención debido a la abundancia de optimismo y empuje entre los empresarios asistentes. Ha sido un lugar de encuentro de varios sujetos que destacan por sus logros, donde nadie busca defectos ni fallas; al contrario, se enfocan en los retos y amenazas, para trabajar conjuntamente en hacer de esta una industria más fuerte.

La Asociación Mexicana de Horticultura Protegida representa un segmento del sector primario que podría ser ejemplo para muchos otros. Quizás este sea parte de lo que para muchos es el México desconocido. Siendo un sector emergente y pujante, que precisamente lo integran empresarios de visión emprendedora, ambiciosa y positiva. Estos se distinguen por ser la herencia de generaciones de hombres valientes e intrépidos, ejemplo de paciencia, perseverancia y sobretodo una actitud mental positiva.

Mexicanos que, por más de una década, han generando proyectos novedosos, apostando año con año su capital en contra de los elementos de la naturaleza, intentado orientar el balance ecológico para que favorezca a la nutrición de naciones, reconociendo que las leyes de la naturaleza prevalecen sobre las del hombre, jugando con la ley de la oferta y la demanda, las regulaciones oficiales y del mercado, ganando la percepción del consumidor, lidiando con situaciones financieras y políticas

del mercado destino, entre muchos otros factores.

Aun así, su infraestructura productiva sigue creciendo a un ritmo de 12% anual, empleando a más de 240 mil trabajadores de forma directa, y más de 300 mil de manera indirecta, generando más de 8 mil empleos nuevos cada año.

Hoy, la horticultura protegida mexicana es un sector que poco a poco ha cobrado su lugar de importancia, contando con más de 20 mil hectáreas en producción, ubicadas en todo el territorio nacional, exportando cerca de 1 millón de toneladas de hortalizas frescas, y generando más de 1500 millones de dólares en divisas.

Esta es la industria de las estructuras de fierro, cubiertas de plástico o malla que comúnmente vemos a la orilla de todas las carreteras de nuestro país, y que muchos les llamamos invernaderos.

Hoy en México existe una inversión superior a los 7 mil millones de dólares en este tipo de infraestructura.

Son estructuras de tecnología avanzada que permiten el manejo óptimo de los elementos, para una mayor productividad. Que a lo largo de los años han llegado de muchas partes del mundo, siendo perfeccionadas en nuestro país, adaptándolas a nuestras condiciones climáticas y geográficas, para cumplir con lo que demanda el consumidor final.

Las empresas agrícolas que mediante avanzadas y eficientes tecnologías producen los tomates, pepinos, pimientos, berenjenas, entre otros productos que hoy se consumen en nuestro país y que proveen al mercado más grande del mundo, de manera sustentable y responsable, contribuyendo al abasteciendo de cerca de 500 millones de consumidores de Norteamérica.

Tal vez les sorprendería saber que la horticultura protegida mexicana es de vanguardia mundial en inocuidad y seguridad, es decir no hay tomate más limpio y seguro en el mundo, que el que se produce en alguno de los invernaderos del territorio de nuestro país.

LA AGRICULTURA ES UN ESTILO DE VIDA

Hoy es una actividad de gran importancia estratégica como base fundamental para el desarrollo autosuficiente y riqueza de nuestra nación, donde sus beneficios nunca han sido solamente de naturaleza económica.

Sin lugar a dudas, es un sector con retos y amenazas, pero claramente es una actividad que marca un inicio de mejoras para nuestro país y son este tipo de mejoras las que como mexicanos podemos creer y sentirnos orgullosos de que sean parte de nosotros, es el tipo de industria que debe contagiar del optimismo que tanto necesitamos para promover una verdadera productividad.

La palabra *productividad* es un término común que la escuchamos en cualquier taller empresarial, discursos y está en boca de todos, pero realmente la entendemos muy poco.

Es una palabra que describe la enorme necesidad de nuestros negocios y cuya aplicación aparentemente hemos perdido.

La hemos adoptado como el objetivo de la cruzada que este gremio productor de hortalizas bajo esquemas de protección, inició en el 2010, y que nos puso *en la búsqueda de la productividad perdida*, y queda claro que hemos llegado a tal punto que se debe encontrar en cada uno de nuestros negocios o MORIR.

Su significado en el diccionario es el siguiente:

“La productividad es la razón entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción: en realidad la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida”.

La productividad entonces es la habilidad de recuperar los recursos invertidos en una explotación.

¿CÓMO LO PODEMOS REFLEJAR EN NUESTRA INDUSTRIA?

La agricultura protegida en nuestro país, data sus inicios en los años 70, cuando los antecesores de esta tecnología la utilizaron para la producción de flores; posteriormente, en los 80, se usó para la producción de plántula y trasplantar a campo abierto; pero no fue hasta 1985, cuando se empezaron a utilizar invernaderos para producir y cosechar hortalizas. Durante los siguientes 15 años hubo un desarrollo y crecimiento lento.

Su expansión se dio principalmente en el noroeste y occidente del país, donde la aplicación de las cubiertas era poco experimentada y surgieron invernaderos replicando instalaciones de países con condiciones climatológicas quizá distintas a las nuestras.

Para finales de década de los 90, se genera la etapa del *boom* de los invernaderos, donde empresas extranjeras encuentran una gran oportunidad en vender tecnología, acero, plástico, financiamiento y asesoría técnica a nuestro país.

Existen muchas teorías, en las que se habla de que esto surge paralelamente a políticas de países europeos por impulsar sus industrias metalúrgicas y petroquímicas, mediante la transformación a invernaderos, generando la estrategia óptima para dicho fin.

Recuerden que regiones como los Países Bajos dependen más de la transformación de materias primas a productos terminados, contrario a nuestro país, que parece que solo queremos vender materias primas.

Lo cierto es que por cinco años, México se pobló de tecnologías con diversos diseños procedentes de Holanda, Francia, España, Israel, Canadá y desde luego, Estados Unidos.

Para mediados de la primera década del 2000, los agricultores mexicanos aprendieron mucho y se dieron cuenta de que había muchas maneras de adaptar esta tecnología a sus condiciones climatológicas, requerimientos comerciales y geografía.

Entonces surgieron los constructores de invernaderos mexicanos, quienes empezaron a desarrollar diseños nacionales, con conceptos mixtos y/o híbridos.

De ahí en adelante el crecimiento en hectáreas de casa sombra sería más significativo, incrementándose exponencialmente: hoy estimamos un crecimiento a más de 20 mil hectáreas en producción.

Lo que no podemos contabilizar aún, es realmente cuántas hectáreas fueron construidas en total y cuántas han sido abandonadas, destruidas o están inoperantes.

Sonora es un estado que adoptó esa tecnología rápidamente; en los últimos 10 años en ese estado se construyeron 2 mil 621 hectáreas de invernaderos, pero, aparentemente, en 2009 solo 1200 estaban operando.

Muchas de estas hectáreas fueron destruidas por huracanes, pero la gran mayoría han sido abandonadas; de estas, muchas son infraestructuras que surgen de apoyos gubernamentales, donde extensiones de menos de 1.5 hectáreas fueron construidas, producto de estrategias de desarrollo rural. Desgraciadamente la falta de planeación, integración y la mortal curva de aprendizaje los llevó a su extinción.

La situación de Sonora es una historia común que se escucha en todo el país, y la pregunta es: ¿dónde está la aplicación de productividad en estos proyectos o en estas políticas?

En el Plan Nacional de Agricultura Protegida que impulsó la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en el 2009 contó con un presupuesto federal y estatal, cercano a 800 millones de pesos. Esto, desde mi punto de vista, se reflejó en 400 hectáreas más de invernaderos pulverizados en —quizás— 12 de los 28 estados que utilizan esta tecnología. Justo lo que necesitamos: más invernaderos improductivos.

¿Dónde quedó el concepto de bien común para la industria? Además de 800 millones de pesos hubieran significado un impacto para el desarrollo de capacidades humanas, programas de aseguramiento de calidad e inocuidad, además de infraestructura para la comercialización.

Ahora, qué pasó en 2011, cuando Sinaloa fue afectado por las heladas, el mercado no fue nada bueno y, pese a ello, el estado creció 18%.

Este relato, quizás con una perspectiva apasionada, demuestra cómo en este sector hemos estado traicionado el concepto de productividad: con un crecimiento desordenado, poca planeación, falta de organización e integración, con una vergonzosa carencia de información, y aplicando estrategias que ya sabemos que son en perjuicio propio del gremio.

Lamentamos encontrarle un lado malo a una de las mejores temporadas de la década. Sinceramente que es buen momento para analizar mejor las prácticas actuales de la industria.

Hay que recordar que el modelo de negocio exitoso en la agricultura protegida es no perder de vista que esta actividad es de escala, y para que este sea positivo, nuestra capacidad productiva debe ser de la misma

escala que nuestra capacidad logística y de distribución. Es decir, se debe producir lo que puede distribuirse y comercializarse.

GOBIERNO Y SOCIEDAD

El Gobierno y la sociedad han querido ver al sector primario desde un ángulo muy destructivo, el cual, durante 200 años de existir como mexicanos, realmente no ha sido benéfico. Se han creado diferencias, tales como *agricultores pequeños y grandes o productores pobres y ricos* para medir sus capacidades.

Se ha etiquetado al campo como sinónimo de pobreza y carga a la economía del país, y no como un sector productivo, generador de empleos y detonador de riqueza, aun en virtud de que en los peores momentos de crisis mundial, ha sido el único sector con crecimiento y de los pocos que siguen generando nuevos empleos.

Al hablar del campo, usamos frases como *el rancho o el ranchito, la parcela, mis tierras*, y aunque son todas muy bellas palabras, para los objetivos que hoy perseguimos será mejor si las dejamos a un lado: los agricultores hoy son *empresarios*, y el sustantivo *productor* se convierte en un adjetivo que describe a quienes han recuperado la productividad en sus negocios.

Cuando la población mundial rebasa los 7 mil millones de habitantes, los retos van más allá de solo técnicas y metodologías para abastecer las necesidades de alimentación de las personas.

Nos tocó vivir en un mundo donde la producción de alimentos debe hacerse a gran escala, sin que esto signifique la devastación de ecosistemas, ni el agotamiento de los recursos naturales. En un esquema globalizado, ante las exigencias de un mercado cada vez más difícil de satisfacer, esta actividad además debe ser rentable, competitiva y sustentable, promoviendo empleo, desarrollo y crecimiento económico.

Pero hoy los espacios agrícolas son más limitados, el cambio climático hace cada vez más riesgosa la actividad agrícola, y la carencia de recursos en nuestro país, como el agua, afectan al sector agropecuario.

La historia del hombre ha estado fuertemente marcada por el surgimiento de técnicas y metodologías para la producción de alimentos. A lo largo de su historia, desde que el hombre pisó por primera vez este mundo, civilizaciones han surgido con la capacidad de alimentar a su gente, influyendo fuertemente el destino de los pueblos.

UNA NUEVA HISTORIA SE EMPIEZA A ESCRIBIR EN MÉXICO

Una historia donde, en tan solo una docena de años, las tecnologías han marcado un nuevo destino para la agricultura y, consecuentemente, para el sector. La agricultura protegida mexicana ha evolucionado, y esto es un nuevo capítulo en los libros de Historia.

Surge en nuestro país una industria pionera que en una década se posiciona como uno de los cinco líderes mundiales en producción de

alimentos bajo cubierta. Es una industria que desde el 2000 ha crecido en 2 mil 500 % y, que sigue creciendo a un ritmo de 12% anual.

Sin duda es una historia que surge entre complicaciones políticas y sociales, en medio de una crisis económica mundial que ha debilitado el poder adquisitivo de la población, en un mundo globalizado que no solamente es influenciado por la ley de la oferta y la demanda, sino que también están en juego muchos otros factores.

Sin embargo, los agricultores deben seguir sembrando, produciendo alimentos de calidad, cumpliendo con los requerimientos y demandas del mercado, promoviendo la inocuidad y seguridad en cada embarque.

ESTA NUEVA HISTORIA SE DEBE REDACTAR CON ORDEN, EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD

Las decisiones que hoy tomemos como empresarios, como industria y como país, determinarán si este nuevo capítulo será una historia de éxito.

En los siguientes 10 años no habrá lugar para la improductividad, serán tiempos de crecimiento ordenado, de incremento en la participación y conquista de nuevos mercados, es decir, será de generación de riqueza para nuestro sector, esta será: *la década de los empresarios*.

El 2012, será un año determinante para definir el rumbo de la historia, por lo que nuevamente estás invitado a ser parte de su desarrollo.

Hoy debemos ser vistos como empresarios, debemos asumir el liderazgo que nos corresponde, es el momento de definir el camino, estás hoy citado para seguir redactando la historia de nuestra industria: dependerá de ti que esta sea una historia feliz, una historia de éxito.

Uso de abonos orgánicos para mejorar la eficiencia de la nutrición vegetal en hortalizas

Marino Valenzuela López*
Tomás Díaz Valdés*
José Manuel Osuna Rodríguez*

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos en un mundo globalizado requiere que se lleve a cabo con la mayor eficacia, además de ajustarse a las leyes de inocuidad para lograr que los productos logren la aceptación de los mercados nacionales y mundiales.

La horticultura protegida puede definirse como el sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y un alto rendimiento. Este sistema permite ofrecer productos de alta calidad, con mejores precios de venta y mayores niveles de inocuidad.

FERTILIDAD DEL SUELO Y NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS EN AGRICULTURA SOSTENIBLE

Los sistemas de agricultura convencional están basados en la aplicación de abonos minerales solubles, pero en muchos casos no se tienen en cuenta los mecanismos de absorción de la planta, los equilibrios existentes entre esta y el suelo, ni los bloqueos o sinergias¹ entre los nutrientes.

Estas estrategias de fertilización se basan en la aportación de nutrientes en exceso para obtener los máximos rendimientos, aun a costa de generar consumos de lujo y favorecer la aparición de plagas, debido a cambios en la composición nutritiva de los tejidos vegetales; con esta práctica también se promueve la degradación ambiental por lixiviación² de nutrientes, la pérdida de materia orgánica del suelo, erosión, y se genera la necesidad de emplear grandes cantidades de herbicidas, fungicidas y plaguicidas.

*Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).

1 Sinergia: acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales.

2 Lixiviación: proceso mediante el que las sustancias disueltas son arrastradas por el agua a través de las diversas capas de suelo.

Materia orgánica: regulación y estímulo de la nutrición mineral

Los efectos de la materia orgánica humificada³ sobre las propiedades químicas del suelo se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

AUMENTA LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IÓNICO⁴ DEL SUELO

Las sustancias húmicas y las arcillas constituyen la parte fundamental del complejo de cambio, y gracias a sus grupos funcionales aumentan el poder de adsorción (atraer y retener en la superficie de un cuerpo de moléculas o iones de otro cuerpo) de la mayoría de elementos nutritivos, contribuyendo así a la fertilidad global de los suelos agrícolas.

ES FUENTE Y RESERVA DE NUTRIENTES PARA LA PLANTA

Bajo la acción de los microorganismos del suelo, el humus se mineraliza lentamente liberando su contenido en elementos fertilizantes.

FAVORECE LA ACCIÓN DE LOS ABONOS MINERALES

Algunas sustancias húmicas incrementan la permeabilidad de las membranas celulares de las raíces absorbentes, facilitando la absorción de elementos minerales. El uso del humus de lombriz, o vermicomposta⁵, como alternativa de fertilización, es una de las posibilidades con que se cuenta para el manejo agroecológico de la nutrición vegetal. El humus es de color oscuro, inodoro, de granulometría⁶ tipo polvo, suelto, ligero; también es soluble, lo que permite preparar un abono líquido para mezclarlo con el agua de riego.

El término *manejo de suelos* implica conocer el suelo

El manejo de la nutrición vegetal abarca conocer el suelo y su relación con la demanda de calidad y cantidad de elementos nutritivos de la planta, y su disponibilidad. Es decir, saber qué práctica agronómica permitirá que la planta tenga disponibles los nutrientes necesarios para desarrollar su potencial de rendimiento en el momento oportuno.

El uso de enmiendas puede verse como una oportunidad para aportar al suelo, cuando se ha alterado su equilibrio natural o que naturalmente presenta una condición desfavorable para la explotación agrícola. Esta acción puede servir para mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

3 La humificación es el proceso de formación del humus (es decir, conjunto de procesos responsables de la transformación de la materia orgánica).

4 Ion: átomo o grupo de átomos que por pérdida o ganancia de uno o más electrones adquiere carga eléctrica.

5 Vermicomposta: humus que se produce de la digestión de materiales orgánicos por parte de las lombrices y posee altas propiedades para mejorar las propiedades físicas del suelo.

6 Granulometría: es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

En el caso de un modelo alternativo de agricultura, los fertilizantes químicos se consideran un complemento para el mantenimiento de la fertilidad del suelo y de los equilibrios entre los nutrientes que presentan relaciones antagónicas, y para intensificar las interrelaciones suelo-planta-microorganismos.

Se puede definir la fertilización como el aporte de los nutrientes, en cantidad y calidad, adecuados a las necesidades de las cosechas, para ayudar a que alcancen su máximo rendimiento y calidad.

Los sistemas de fertilización se fundamentan en el monitoreo de los elementos minerales del suelo, y su extracción y aprovechamiento por las plantas, con la finalidad de aportarles las dosis de los elementos necesarios, en el momento apropiado, y con el método más conveniente para el cultivo.

Uso de sustratos orgánicos como medio de crecimiento y reducción de aplicación de fertilizantes inorgánicos

La caracterización de las propiedades físico-químicas de los sustratos (medios de crecimiento) es crucial para su uso efectivo y condiciona en gran medida el potencial productivo de las plantas, pues constituye el medio en que se desarrollan las raíces, las cuales tienen gran influencia sobre su crecimiento y desarrollo.

Entre los sistemas de producción orgánica bajo condiciones controladas, la producción de hortalizas con aplicación de enmiendas es una práctica que se ha extendido a escala mundial. Esto se debe a la mínima contaminación del ambiente que conlleva y a los resultados satisfactorios; además, ha revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la actividad agropecuaria y el uso de los abonos orgánicos, buscando reducir al mínimo el uso de los fertilizantes sintéticos como vía de nutrición de las plantas.

Existe una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección dependerá de la especie vegetal a propagar, la época, los sistemas de propagación, el precio, la disponibilidad y las características propias del sustrato.

El productor que ha decidido utilizar como medio de cultivo un sustrato agrícola, debe decidir si lo compra listo para ser usado o si adquiere los materiales en forma separada para preparar la mezcla más adecuada a sus necesidades. Muchas veces el desconocimiento de los pasos y materiales involucrados en la preparación de las mezclas de sustratos conducen al agricultor a tomar decisiones equivocadas.

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas. Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen la composta⁷ y la

7 Composta es la mezcla de materiales orgánicos, de tal manera que fomenten su degradación y descomposición.

vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable.

La tendencia actual es la investigación de sustratos para el crecimiento de plantas, y consiste en buscar nuevos materiales o mezclas que —además de proporcionar mejores condiciones de crecimiento— disminuyan el impacto ambiental (en aspectos como el uso de fertilizantes y pesticidas) y reduzcan los costos.

Debido al incremento del precio de los fertilizantes sintéticos y a los efectos de su utilización excesiva sobre la contaminación del ambiente, y por consecuencia en la salud humana, se ha tornado necesario aplicar los elementos nutritivos en forma racional.

El uso excesivo de productos químicos en la agricultura preocupa a los consumidores por el nivel de contaminación que los frutos pudieran tener, así como por los problemas ambientales y la presencia de compuestos residuales en los suelos agrícolas.

Para reducir el impacto de los agroquímicos sobre el ambiente y la calidad de los productos, se recomiendan sistemas de producción orgánica que reduzcan o supriman el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas y reguladores de crecimiento inorgánicos.

La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos, puesto que es un sistema de producción en el cual no se utilizan insumos contaminantes, nocivos para las plantas, para el ser humano, el agua, el suelo y el medio ambiente.

Al respecto, la vermicomposta es un material que se ha convertido en una opción de sustrato para los cultivos, gracias a las características que confiere al medio de crecimiento y por el aporte de nutrimentos, además de que su utilización favorece la disminución del deterioro del medio ambiente, al aprovechar los diversos desechos agropecuarios.

Sin embargo, un material por sí solo es poco probable que cubra todas las necesidades para el desarrollo de las plantas, por lo que es preciso hacer mezclas de materiales con diferentes propiedades físico-químicas, lo cual se subsana con la elaboración de un nuevo sustrato para obtener mejores condiciones de crecimiento. Los materiales inertes utilizados en conjunto con materiales orgánicos son importantes para la obtención de buenos resultados, dado que la materia orgánica es un componente activo, y su incorporación en el sustrato inorgánico mejora el espacio poroso, incrementa la retención de humedad y la capacidad de intercambio catiónico⁸.

Por ejemplo, las compostas y vermicompostas han favorecido el desarrollo de tomate en invernadero, lo que se atribuye al contenido de elementos nutritivos, pudiendo inferir que las necesidades nutritivas del

8 Un catión es un ion (sea átomo o molécula) con carga eléctrica positiva, es decir, que ha perdido electrones. Los cationes se describen con un estado de oxidación positivo.

cultivo fueron satisfechas al mezclar estos dos materiales como medio de crecimiento. Con esta alternativa para sustituir la fertilización inorgánica, se encontraron efectos significativos del sustrato orgánico en los días a floración, contenido de sólidos solubles y tamaño de fruto.

Hay que señalar que se detectó mayor rendimiento en el sistema de fertilización inorgánica que en el sistema orgánico. Sin embargo, la disminución en la producción en las mezclas con sustratos orgánicos, podría ser compensada con el valor del producto orgánico.

EFFECTO EN EL USO DE FERTILIZANTES INORGÁNICOS

Degradación física del suelo

El uso de una fertilización casi exclusivamente química, ha provocado un enorme empobrecimiento de la materia orgánica en los suelos de cultivo, quedando afectada la fertilidad del suelo, lo que se manifiesta en desequilibrios minerales, con un enriquecimiento de potasio y fósforo y un empobrecimiento de magnesio y micronutrientes⁹.

Además, la materia orgánica contribuye a minimizar las pérdidas de suelo fértil debido a la erosión, de manera que al verse aquella tan mermada se producen pérdidas que en ocasiones pueden afectar seriamente a la capacidad productiva del suelo.

Otro problema que está sufriendo el suelo como consecuencia de las inadecuadas prácticas de cultivo, es el aumento de sales solubles a concentraciones que pueden resultar tóxicas para las plantas o que pueden deteriorar la estructura del suelo. Esto es consecuencia, sobre todo, de los riegos con aguas muy salinas, el abuso de fertilizantes minerales y las altas dosis de enmiendas orgánicas.

Uno de los problemas más generalizados en las zonas agrícolas es la lixiviación de los nitratos, ya que al ser un anión¹⁰ muy soluble y de alta movilidad puede afectar a la calidad de las aguas freáticas¹¹. Los cultivos no suelen aprovechar más de 50% del nitrógeno de los fertilizantes inorgánicos, por lo que gran parte del mismo se pierde por lixiviación.

Degradación biológica

Como consecuencia de la reducción de la materia orgánica y de la intensificación del laboreo con maquinaria pesada, puede quedar seriamente afectada la actividad microbiana y la estabilidad de la estructura del suelo. Además, la fertilización mineral a dosis mayores de las necesarias puede inhibir la capacidad fijadora de nitrógeno atmosférico de algunos microorganismos del suelo, así como la formación de micorrizas¹².

9 Micronutrientes: aquellas sustancias que el organismo de los seres vivos necesita en pequeñas dosis, como el boro (B), el hierro (Fe), el zinc (Zn) y el cloro (Cl).

10 Anión: ion con carga eléctrica negativa.

11 Freático: dicho del agua que está acumulada en el subsuelo y puede aprovecharse por medio de pozos. Capa del subsuelo que contiene estas aguas.

12 La palabra micorriza define la simbiosis entre un hongo y las raíces de una planta.

Sistemas de automatización en agricultura protegida: control climático, riegos y sensores

Marcos Lim Vega*

INTRODUCCIÓN

El uso del controlador climático en los cultivos ayuda a manipular los diferentes factores climáticos (ventilación, calefacción, pantallas térmicas o de sombreo, humidificación, recirculadores), las alarmas y los diferentes programas estándar.

Con este sistema se asegura el control de estos parámetros, de forma que se podrá adelantar la siembra y la recolección, saliendo al mercado cuando los precios son más favorables, y también se mejora la calidad de los productos para que sean considerados la mejor opción en el mercado.

En la actualidad no solo se utiliza como una herramienta para hacer más eficiente el manejo climatológico de los cultivos, sino también para obtener parámetros de medición que ayudan a la nueva generación de productores a tomar decisiones precisas para un mejor manejo de las plantas. Esto propicia que los distintos sistemas de producción sean cada vez más independientes de los factores climáticos externos y de los errores humanos.

RIEGO

Los sistemas de riego por goteo están formados por un conjunto de mecanismos y tuberías interconectadas entre sí, para llevar el agua enriquecida de nutrientes con la presión y limpieza necesaria para que los goteros o emisores realicen la descarga con arreglo a su curva óptima de trabajo.

* Euronovedades.

Los sistemas de riego tienen como objetivo la obtención del máximo rendimiento, lo que incluye la búsqueda de sistemas de cultivo más racionales y eficaces que los tradicionales.

Las principales ventajas de la fertirrigación localizada son: ahorro de agua, ahorro de fertilizantes, de mano de obra y labores culturales. Además, se consigue una aplicación racional de fertilizantes, preservando el medio de contaminaciones.

Ventajas de la fertirrigación:

- Se localiza el agua y el fertilizante donde la planta lo necesita.
- Se dosifican los elementos nutritivos de manera equilibrada.
- Se puede fertilizar con pocas dosis de agua.
- Ahorro de fertilizantes.
- La asimilación de nutrientes es máxima, por localizarse en la zona de mayor desarrollo y absorción radicular.
 - Permite utilizar aguas ligeramente salinas.
 - En climas áridos permite un mejor manejo de la plantación, de la producción y de la calidad final.
 - Optimiza el rendimiento de la explotación, lo que se traduce en una mayor producción.
 - Mejora la calidad del cultivo.

Hay que aprender a obtener una respuesta confiable sobre las cantidades de agua necesarias, así como a conocer la mejor estrategia (cantidad y frecuencia) para cada variedad, región y clima; esto es fundamental para saber si es posible ampliar la cantidad de hectáreas en producción, o si no es suficiente el agua disponible actualmente y cuál es el costo de no poder regar según las reales necesidades.

Regar con toda el agua disponible puede ser tan perjudicial como no regar lo suficiente en el momento oportuno.

SENSORES

El uso de sensores para determinar las condiciones en las que la planta se encuentra ha venido incrementando en los últimos años, debido a la necesidad de los productores de monitorear el estado en que se desarrollan los cultivos, con la finalidad de determinar y proporcionar a las plantas las condiciones óptimas para su crecimiento.

Existe una gran diversidad de sensores en el mercado, por lo que es necesario que el productor determine cuál es el más adecuado a sus necesidades específicas. Para saberlo, deben tomarse en cuenta el tipo de cultivo y la aplicación que se les desee dar, y analizar las variables que afectan directamente a la producción.

El uso de sensores está relacionado con la automatización, ya que con base en la información que estos recogen, un sistema de control se regula para proporcionar a la planta las condiciones óptimas para su desarrollo.

Las variables más importantes son: humedad del suelo (se mide con

tensiómetros y sensores de humedad relativa), temperatura y humedad del aire, radiación solar, velocidad y dirección del viento, conductividad y pH (acidez) del suelo. Todas estas variables están directamente relacionadas con el nivel de estrés de la planta y con las condiciones meteorológicas.

Existen otros sensores más avanzados, capaces de medir el crecimiento diario del fruto, las contracciones diarias del tallo, la velocidad de la savia y la temperatura de la hoja, variables relacionadas directamente con el desarrollo del cultivo.

Si se correlacionan estas variables con las de humedad y temperatura, se puede realizar un análisis que destaque el desarrollo de la planta en tales condiciones, y se puede apreciar bajo qué contexto la planta se desarrolla más rápido, así como qué factores la ponen en estado de estrés.

Lo más notable de este tipo de sensores es que presentan información en tiempo real para monitorear el crecimiento del fruto, lo cual permite detectar oportunamente cualquier problema o recesión en su desarrollo, y así realizar acciones correctivas que mejoren el estado del cultivo.

Estas acciones podrían ser: incrementar la tasa de riego, aumentar la ventilación dentro del invernadero, humidificar para reducir la temperatura, o regar en intervalos más cortos, entre muchas otras posibilidades.



OFICINAS CENTRALES

Gral. Juan Carrasco Núm. 787 norte
 Culiacán, Sinaloa, México
 Tels./Fax (667) 712-02-16 y 46
 Correos electrónicos:
 direcciongeneral@fps.org.mx
 divulgacion@fps.org.mx

**FUNDACIÓN
 PRODUCE**
Sinaloa A.C.
 ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

www.fps.org.mx

caades  **EXP AGRO SINALOA**
 2012

