

Control climático en invernaderos

G. Gaitán Hernández*

Y. López Molina**

Desde siempre, la agricultura se ha visto afectada por factores externos como la lluvia, el viento, el granizo... que hasta hace no mucho tiempo no se podían controlar sino únicamente empleando diversas técnicas referidas al riego, la fertilización o el cultivo bajo abrigo.

Sin embargo, en el interior de un invernadero debemos tener en cuenta, aparte de la gran variabilidad que se registra a lo largo del día, parámetros tan importantes como la temperatura, la humedad, la radiación y la concentración de CO₂.

Es por ello por lo que hoy día se han desarrollado modernas técnicas para el control de clima que nos permiten depender cada vez menos de los factores climáticos y que favorecen que la rentabilidad de una explotación esté directamente relacionada con nuestro esfuerzo.

Factores climáticos que afectan a la producción

Los factores climáticos que afectan a la producción agrícola son la luz, la temperatura, la humedad, la concentración de CO₂, el viento y la lluvia. Cuanto más control tengamos sobre ellos, el éxito y la seguridad del agricultor en su actividad productiva se verá incrementada.

En el interior de un invernadero los factores climáticos afectan de diferente forma sobre el cultivo de modo que los podemos controlar incidiendo en distintos puntos; La variación de parámetros tales como la luz, la temperatura o la concentración de CO₂ afecta de forma directa sobre la fotosínte-



sis de la planta, de manera que los procesos de respiración y división celular se ven alterados de algún modo. Por otro lado, con la aplicación de agua y de nutrientes podemos influir sobre la temperatura de las raíces y la humedad del aire, lo que implica una variación en la división y en el crecimiento celular.

Con el control de los factores climáticos obtendremos un incremento de la calidad y la producción, aumentando la rentabilidad del cultivo. Además, podremos adelantar la siembra y con ello la recolección, lo que significa que pondremos nuestros productos en el mercado antes que otros productores, es decir, cuando los precios sean más favorables; también podremos producir en épocas extremas de frío y de calor, en las que antaño mermaba la calidad y la producción.

En definitiva, podremos ser más competitivos en el mercado actual con productos de alta calidad demandados en los mercados de destino, pues los productos que no cumplan con estas caracte-

terísticas verán dificultada su comercialización lo que dará lugar, finalmente, a la desaparición de muchos agricultores.

Equipos de control de clima

Para controlar todos esos parámetros climáticos necesitamos una serie de equipos que se utilizarán en diferentes ocasiones en función de la necesidad del momento.

1- La luz

La radiación solar es la fuente de energía para el crecimiento y desarrollo de las plantas y el principal insumo de la bioproduktividad vegetal.

Sin embargo, durante los meses de invierno, la luz constituye generalmente el principal factor limitante de la producción. Por el contrario, en verano supone un incremento de la temperatura en el interior del invernadero y del propio cultivo.

Es por ello por lo que resulta importante tener constancia de la evolución de la radiación solar, midiéndose por diferentes sensores de medida como son los Luxómetros, los Watímetros o los Kipp-solary.

* Ingeniero Técnico Agrícola. Director de E.T.I.F.A.

** Ingeniero Técnico Agrícola. Responsable de Promoción y Marketing de E.T.I.F.A.

2- La temperatura

La temperatura del aire del interior del invernadero y de las propias plantas incide de manera directa sobre el proceso de la fotosíntesis, de modo que el equilibrio respiración-transpiración se ve afectado. Es por ello por lo que las elevadas temperaturas, hecho conocido por todos, provocan pérdidas de producción así como de calidad.

Sin embargo, la variación de la temperatura se encuentra estrechamente relacionada con la humedad; cuando la temperatura sube, el aire es capaz de absorber una mayor cantidad de humedad. Es por ello que un control sobre la temperatura tanto en exceso como en defecto implica un control de la humedad.

2-1 Para regular el exceso de temperatura se pueden emplear varios medios como son la ventilación, las mallas de sombreo o la nebulización.

La ventilación se puede realizar de forma pasiva o natural con la incorporación de ventanas tanto laterales como cenitales en el invernadero, con una distancia entre ellas estudiada para cada caso concreto, así como su orientación respecto a los vientos dominantes.

Las pantallas mixtas combinan propiedades de sombreo y de ahorro energético, ofreciendo una gran ventaja de manejo y de instalación

Otro tipo de solución es la ventilación forzada, mediante la instalación de ventiladores helicoidales de gran caudal. Este sistema sirve para evacuar zonas de acumulación de calor (partes altas de invernaderos con pendiente). También es frecuente el empleo de destratificadores.

El empleo de mallas de sombreo es una alternativa al encalado como método de control de la radiación solar para reducir la temperatura, pero para su manejo se precisa de un controlador climático para

abrirla o cerrarla en función de la humedad relativa interior.

Además, en los últimos tiempos se están empleando pantallas mixtas que combinan propiedades de sombreo y de ahorro energético, ofreciendo una gran ventaja de manejo y de instalación, de modo que por el día se usan para controlar el exceso de temperatura, y durante la noche para mantener una temperatura mínima y ahorrar calefacción (hasta un 30%).

En el caso del empleo de la nebulización para disminuir la temperatura en el interior del invernadero se dispone en la actualidad de varias opciones:

El Fog system o nebulización a alta presión es un sistema que consta de una serie de boquillas colocadas a lo largo de tuberías timbradas para soportar presiones de trabajo de 60-70 bares, siendo el caudal de agua que se vaporiza de unos 5 l/h por boquilla. El chorro de agua choca con un obstáculo en la boquilla de for-



Esquema de un sistema de ventilación pionero de la estación experimental Cajamar desarrollado en Almería

ma que provoca un cono de gotas de las cuales el 95% son menores de 20 micras de diámetro. Actualmente es el mejor sistema para bajar temperatura y aumentar humedad, debido a que la fina gota que provoca se evapora en el ambiente y no llega a mojar la planta.

La nebulización a baja presión es un sistema similar al fog system, pero la baja presión a la que trabaja (4-6 bares) provoca una gota muy gruesa y suele mojar la planta. Es eficiente en algunos cultivos en épocas muy calurosas de máxima evaporación, pero en semilleros y plantas ornamentales es muy perjudicial por las manchas que provoca la gota de agua.

Para reducir la temperatura en el interior de un invernadero mediante el Coolig-system, se coloca un panel poroso saturado de agua (con un sistema de riego) en una banda del invernadero, y en el otro extremo se dispone una serie de ventiladores helicoidales de gran caudal. El aire del exterior pasa por el panel humectante, absorbe la humedad y baja la temperatura del interior del invernadero. Posteriormente, el aire húmedo y caliente es expulsado por los ventiladores. Es bastante eficaz para pequeñas superficies, aunque requiere que los invernaderos se encuentren en estanqueidad para que el aire forzado entre a través del panel.

Mediante la nebulización agua-aire se trabaja a baja presión para producir la rotura de la gota por el impacto del aire a

presión. El sistema es tan eficaz como un fog system, con la ventaja de poder utilizarse para tratamientos fitosanitarios. Sin embargo, requiere una gran potencia eléctrica para comprimir el aire.

2-2 Los motivos por los que en determinadas circunstancias interesa aumentar la temperatura en el interior de un invernadero son las de incrementar la velocidad de crecimiento de las plantas, la de reducir la humedad relativa del ambiente y la de eliminar los riesgos de heladas.

Para regular el defecto de temperatura se pueden emplear las pantallas térmicas, las dobles cubiertas o la calefacción:

Con las pantallas térmicas se aumenta, de forma pasiva, la temperatura en el interior del invernadero. Deben ser móviles y estar completamente automatizadas. Lo ideal es la colocación de pantallas móviles de ahorro energético y sombreado; durante el día protegerán al cultivo de la intensa radiación y de las elevadas temperaturas pero no han de dificultar la ventilación. Por la noche pueden aumentar la humedad relativa (sin llegar a producir condensación) en el caso de no disponer de calefacción y evitará la pérdida del calor acumulado durante el día.

Las pantallas más eficientes son las aluminizadas. En cualquier caso, se colocan de norte a sur y, frecuentemente, en combinación con un sistema de calefacción debido al ahorro energético que supone; este ahorro energético es función de la estanqueidad del invernadero, que según fabricantes puede alcanzar un 30-50%.

También de forma pasiva las dobles cubiertas promueven la ganancia térmica; además, evitan las condensaciones. Mediante este sistema se coloca una capa de plástico, por debajo de la cubierta principal, de unas 50-100 m, separada de la cubierta de 2 a 10 cm. En el interior se aplica aire a presión para formar un colchón de aire. El ahorro de energía que produce está entorno al 30%, además de dotar al invernadero de una mayor resistencia estructural. Sin embargo, reducen la transmisión de la luz alrededor de un diez por ciento al no poder ser retiradas durante el día.

Las pantallas más eficientes son las aluminizadas. Se suelen colocar de norte a sur y en combinación con un sistema de calefacción

En cuanto a los métodos activos de incremento de la temperatura, disponemos de ventilación y calefacción.



En el caso de emplear calefacción, además de evitar la llegada a la temperatura mínima letal del cultivo, se ha de intentar aportar la temperatura óptima de crecimiento, teniendo siempre presente que al no dejar de renovar el aire, habrá una pérdida de calor.

Un invernadero puede llevar calefactor por agua o por aire caliente, existiendo diferencias significativas entre ambos métodos.

El que menor coste de instalación supone es el de calefacción por aire caliente. La corriente de aire que produce elimina la condensación de la cara interna del invernadero y resulta ser un sistema sencillo de regulación de la temperatura, además de ser aprovechable en verano si se emplea como destratificador. Sin embargo, la distribución de calor resulta irregu-

lar, no proporcionando uniformidad en cuanto a la temperatura del interior del invernadero se refiere. Además, la potencia térmica que puede proporcionar es limitada y el consumo de combustible es elevado. Otros puntos en su contra es que sólo calienta la parte aérea de la planta y, en caso de avería, el enfriamiento del aire se produce rápidamente.

Existen dos formas de calentar el aire, bien por combustión directa o indirecta.

Cuando la combustión se produce de forma directa, además de elevar la temperatura se realiza un aporte extra de CO₂ y de humedad al ambiente, pero pueden

darse casos de fitotoxicidad. Los combustibles empleados son limpios (gas natural, propano...). La gran ventaja de este sistema es la extrema sencillez constructiva.

Por otro lado tenemos la calefacción por aire caliente generada por combustión indirecta de gasoil, lo que implica la necesaria evacuación de los gases generados a través de chimeneas.

A través de la calefacción por agua caliente se aplica al suelo, mediante gran cantidad de emisores, un incremento de la temperatura del aire con muy buena uniformidad. Además, este sistema representa un ahorro energético frente a la calefacción por aire caliente de un 10 a un 20%, especialmente cuando son frecuentes los vientos fuertes. El incremento de temperatura conseguido también es superior y, además de la parte aérea, calienta

No todos los habitantes de su finca querrán que compre un ATV Honda.

Citemos algunos de los que se oponen:

Alacranes cebolleros, escarabajos de la patata, orugas de los nabos, chinches en general y algún que otro cercópido.



Solicite información en el 93 574 07 70



Honda ATV,
fumigación eficaz
en todo tipo de terrenos



las raíces, permitiendo una diferencia entre la temperatura de ambas inferior a los 5-7°C.

Los inconvenientes de este sistema respecto al de aire es su elevado coste, suponiendo unas cuatro veces más. Tampoco su respuesta a los cambios de temperatura es rápida. Otro punto en su contra es la necesidad de una sala de calderas y el mantenimiento del sistema es elevado.

En calefacción por agua caliente podemos diferenciar el sistema a baja y alta temperatura, donde la primera tiene un salto térmico de 10°C (el agua de entrada está a 50 °C y la de salida a 40) y el de alta temperatura tiene un salto térmico de 20 °C debido a que el agua a la entrada tiene 80 °C y a la salida 60 °C.

Las ventajas del sistema de calefacción por agua caliente a baja temperatura respecto al sistema por alta temperatura son, por una parte, el ahorro de combustible

ción, circuitos del anillo principal y de ida y retorno al campo, distribución de tuberías en el campo y almacenamiento de combustible.

3- El CO₂

De todos es conocida la importancia que para el correcto desarrollo de los cultivos es el CO₂ además del agua y la luz.

La planta requiere una concentración de 700 a 1000 ppm para producir óptimos de calidad y cantidad. Sin embargo, en el exterior hay entorno a 300 ppm, llegando incluso a niveles inferiores a 100 ppm en el interior del invernadero.

Al amanecer los niveles de CO₂ son más o menos óptimos, pero según lo va consumiendo la planta éste va descendiendo. A partir de ese momento sería beneficioso el aporte de CO₂, distribuyéndolo con una red especial o simple-

mantener unos niveles mínimos óptimos.

El aporte de CO₂ se realizará bien mediante un tanque de CO₂ puro, repartido por canalizaciones, o aprovechando los gases de combustión de una caldera o de generadores de aire de combustión directa.

4- La humedad

Las oscilaciones higrométricas en un invernadero son muy elevadas, produciéndose condiciones de saturación durante la noche (condensación) y bajadas muy bruscas durante el día.

Por un lado, los excesos provocan el desarrollo de enfermedades; por otro, las bajadas prolongadas de humedad pueden producir situaciones de estrés en la planta.

Una buena gestión de la ventilación no es suficiente para obtener niveles de humedad óptimos, pero si la apoyamos con la calefacción (para reducir humedad) podremos conseguirlo.

Igualmente, para conseguir aumentar la humedad no sólo deberemos de mantener bien regado y desarrollado el cultivo, sino que deberemos utilizar los sistemas de nebulización anteriormente mencionados en el control de la temperatura.

Uno de los sistemas que funcionan de forma idónea para incrementar la humedad en el interior de un invernadero es el humidificador Humifito que tiene dos funciones, una como aporte de humedad y otra como sistema de aplicación de fitosanitarios.

Aunque su función principal no es la de aportar humedad, si es cierto que se trata de un sistema de humidificación de baja presión económico que realiza una distribución uniforme del agua y que produce un tamaño de gota que no moja a la planta.

En lo que respecta a su función como aplicación de fitosanitarios, decir a su favor, su alta eficiencia para acceder a todas las partes aéreas de las plantas, abarcar todo el invernadero en un corto espacio de tiempo, la aplicación es controlada y automatizada, empleando dosis menores de fitosanitarios y, lo más importante, disminuyendo las posibilidades de intoxicación de la persona aplicadora.



La ventilación forzada permite evacuar zonas de acumulación de calor como es el caso de las partes altas de invernaderos con pendiente

para calentar el agua, los menores costos de instalación y la economía de los materiales (plásticos frente al los de acero para alta temperatura); sin embargo, presenta el inconveniente del mayor costo de bombeo por necesitar más caudal de agua.

La instalación, en cualquier caso, consta de diversos elementos como caldera, quemador (de una etapa, de dos o modulares), chimenea para la extracción de los gases resultantes de la combustión, circuitos de expansión y de anticóndensa-

mente ventilando para conseguirlo del exterior, lo que resulta insuficiente.

La fertilización carbónica que mantenga unos niveles óptimos de CO₂ en el ambiente conduce a un aumento de producción del orden del 15 al 25 %.

Mediante el aporte de CO₂ y un buen control de la ventilación podemos obtener unos niveles mínimos entre 350 y 400 ppm. Sin embargo, debido al elevado coste del CO₂ junto con las necesidades de ventilar durante el día, nos lleva a