



Para manejar el clima dentro de un invernadero debemos tener en cuenta parámetros tan importantes como temperatura, humedad, radiación y concentración de CO₂.

Agricultura y sistemas de control climático

DAVID ROBLEÑO JARA
GABRIEL GAITÁN HERNÁNDEZ
ETIFA, S.L.

La agricultura siempre se ha visto afectada por factores externos como lluvia, viento, granizo... que hasta hace no mucho tiempo no se podían controlar sino empleando técnicas referidas al riego, fertilización o cultivo bajo abrigo. Para manejar el clima dentro de un invernadero ha de tenerse 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.

Las modernas técnicas para el control de clima que permiten depender cada vez menos de los factores climáticos y que favorecen que la rentabilidad de una explotación esté directamente relacionada con nuestro esfuerzo.

1.- Sistema humifito. Uno de los sistemas que funcionan de forma idónea para incrementar la humedad en el interior del invernadero es el humidificador Humifito, que tiene dos funciones: aporte de humedad y sistema de aplicación de fitosanitarios.
2.- Sistema de recirculación de drenajes en cultivo abrigo.

Factores a controlar y su importancia en la producción

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

En el interior de un invernadero, los factores climáticos afectan de diferente forma al cultivo, de modo que los podemos controlar incidiendo en distintos puntos. La variación de estos parámetros afecta de forma directa sobre la fotosíntesis de la planta, de modo que los procesos de respiración y división celular se ven alterados. Por otro lado, con la aplicación de

agua y 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 se obtiene un incremento de calidad y producción, aumentando la rentabilidad del cultivo. Además permite adelantar la siembra y la recolección, lo que significa colocar los productos en el mercado antes que otros productores, cuando los precios son más favorables; también permite producir en épocas extremas de frío o calor.

En definitiva, permite 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 características



verán dificultada su comercialización dando lugar a la desaparición de muchos agricultores.

Equipos de control

Para controlar estos parámetros necesitamos una serie de equipos que se utilizarán en diferentes ocasiones en función de la necesidad del momento. A continuación desarrollamos brevemente los más importantes atendiendo al parámetro que controlan.

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 el principal factor limitante de la producción. Por el contrario, en verano supone un incremento de la temperatura en el invernadero y el propio cultivo. Por eso es importante tener constancia de la evolución de la radiación solar mediante diferentes sensores de medida:

- **Luxómetro (Klux):** mide la intensidad luminosa entre las longitudes de onda de radiación visible pero sin diferenciarlas. Ejemplo: Invierno: 10 Klux; Verano: 100 Klux

- **Watímetro (W/m^2):** mide la

intensidad visible a la que la planta es más sensible (Medidor de PAR). Ejemplo: Invierno: 50 W/m^2 ; Verano: 450 W/m^2

- **Kipp-solary (W/m^2):** mide la radiación global (300-3.000 nm) y puede dividirla en radiación visible y PAR. Ejemplo: Invierno: 100 W/m^2 ; Verano: 1.000 W/m^2

Temperatura

La temperatura del aire en el invernadero y de las propias plantas incide de manera directa sobre el proceso de fotosíntesis, de modo que el equilibrio respiración-transpiración se ve afectado. Por eso, las altas temperaturas provocan pérdidas de producción y calidad. Pero la variación de la temperatura se encuentra estrechamente relacionada con la humedad. Cuando la temperatura sube, el aire es capaz de absorber mayor cantidad de humedad, por lo que un control sobre la temperatura tanto en exceso como en defecto implica un control de la humedad. Para regular el exceso de temperatura se pueden emplear varios medios:

Ventilación

- **Ventilación pasiva o natural:** mediante la incorporación al invernadero de ventanas laterales y cenitales, debiendo llegar a un



- 3.- Cooling System.
- 4.- Fog System.
- 5.- Ventilación lateral.



óptimo de ventilación del 30%. Es importante la distancia entre ventanas cenitales, laterales y la altura del cultivo (limitante cuando el viento es suave). También es muy importante la forma y orientación de las ventanas en función de los vientos dominantes. En la actualidad, se instalan ventanas abatibles de tubo cremallera y bandas enrollables desde arriba.

- **Ventilación forzada:** Otra solución es la instalación de ventiladores helicoidales de gran cau-

dal entorno a los 40.000 m³/h. Este sistema sirve para evacuar zonas de acumulación de calor (partes altas de invernaderos con pendiente). También es frecuente el empleo de destratificadores.

- **Pantallas de sombreo y mixtas:** Hasta hace poco se utilizaba el encalado como único método para el control de la radiación solar que daba como resultado una importante reducción de la temperatura. Hoy día se utilizan las mallas de sombreo, pero su manejo requiere 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 ahorro energético, ofreciendo ventajas de manejo e instalación, de modo que por el día se usan para controlar el exceso de T, y durante la noche para mantener una T mínima y ahorrar calefacción (hasta un 30%).



Nebulización

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

- **Nebulización a alta presión (Fog system):** una serie de boquillas colocadas a lo largo de tuberías timbradas para soportar presiones de trabajo de 60-70 bares (se necesita mínimo 40 bares de presión). Se suele colocar una cada 8-10 m², y el caudal de agua que se vaporiza por boquilla está en torno a los 5 l/h (60-70 bares).

El diseño de la boquilla es muy importante. El chorro de agua choca con un obstáculo en la boquilla de forma que provoca un cono de gotas de las cuales el 95% son menores de 20 micras de diámetro. La calidad de agua también es vital para evitar obturaciones. Si el agua es superficial requiere una dosificación de 0.5 ppm de Cl. Cuando las aguas empleadas contienen gran cantidad de cal ha de instalarse, además, un descalcificador o planta de ósmosis. Actualmente es el mejor sistema para bajar la temperatura y aumentar la humedad, debido a que

6.- Sistema de calefacción. Una buena gestión de la ventilación no es suficiente para obtener niveles de humedad óptimos. Por eso es necesario apoyar esta gestión con un sistema de calefacción que puede ser por aire caliente o por agua caliente a alta presión.

la fina gota que provoca se evapora en el ambiente y no llega a mojar la planta.

- **Nebulización a baja presión:** similar al fog system, 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.

- **Cooling system:** Consiste en colocar en un extremo un panel poroso saturado de agua (con un sistema de riego), y en el otro extremo 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 eficaz para pequeñas superficies. Su recorrido está limitado a 30 m, aunque en invernaderos largos se pueden colocar los ventiladores en el techo. Además, su eficacia

depende en gran medida de la estanqueidad del invernadero, para que el aire forzado entre a través del panel, que se suele colocar a barlovento.

- **Nebulización agua-aire:** sistema de trabajo a baja presión, en el que la rotura de la gota se hace por aire a presión. Es tan eficaz como un fog system, con la ventaja de que puede utilizarse para tratamientos fitosanitarios. El mayor handicap es la potencia eléctrica consumida para comprimir el aire. Para regular el defecto de temperatura se pueden emplear varios medios:

- **Pantallas térmicas:** método pasivo de aumentar la temperatura en el interior del invernadero. Las pantallas deben ser móviles y completamente automatizadas. Lo ideal es colocar pantallas móviles de ahorro energético y sombreo. Durante el día protegerán al cultivo de la intensa radiación y las altas temperaturas pero no han de dificultar la ventilación. Por la noche pueden aumentar la HR (sin llegar a producir condensación) en caso de no disponer de



7.- Las pantallas deben ser móviles y completamente automatizadas. Lo ideal es colocar pantallas móviles de ahorro energético y sombreo. Las pantallas más eficientes son las aluminizadas.

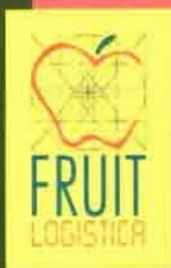
calefacción y evitará la pérdida del calor acumulado durante el día.

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 es función de la estanqueidad del invernadero que según fabricantes puede alcanzar un 30-50%.

- **Dobles cubiertas:** otro método pasivo cuya función es promover una ganancia térmica y evitar condensaciones. Consiste en la colocación de 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 mayor resistencia estructural. Sin embargo, reducen la transmisión de

FRUIT LOGISTICA
Berlín, 2 – 4 de febrero de 2006



Feria internacional para el marketing de frutas y hortalizas
www.fruitlogistica.com



The world of fresh produce

FRUCHT-ANDEL
MAGAZINE

 **Messe Berlin**

Brifer Services, S.L. · Arturo Soria, 3116 · 28033 Madrid
Tel. +34 - 91 - 7 67 27 67 · Fax +34 - 91 - 7 66 99 32
www.fruitlogistica.com · bseligmann-brifer@telefonica.net

8



- 8.- Extractor de aire.
- 9.- Pantallas de sombreo. Hasta hace poco se utilizaba el encalado como único método para el control de la radiación solar. Hoy día se utilizan las mallas de sombreo, pero su manejo requiere un controlador climático para abrirla o cerrarla en función de la humedad relativa interior.
- 10.- Invernadero multitúnel de policarbonato.

luz alrededor de un 10 % al no poder ser retiradas durante el día.

En cuanto a métodos activos de aumento de temperatura, disponemos de ventilación y calefacción.

Calefacción

En determinadas circunstancias interesa aumentar la temperatura en el interior de un invernadero a fin de acelerar la velocidad de crecimiento de las plantas, reducir la HR del ambiente y eliminar riesgos de heladas.

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

- Calefacción por aire caliente: Entre los sistemas de calefacción es el que menor coste de instalación supone. La corriente de aire que produce elimina la condensación de la cara interna del invernadero y resulta ser un sistema sencillo de regulación de temperatura, además de ser aprovechable en verano si reemplaza como destratificación.

Sin embargo, la distribución de calor resulta irregular, no pro-

9



10

porcionando uniformidad en cuanto a la temperatura del interior del invernadero se refiere. La potencia térmica que puede proporcionar es limitada y su consumo de combustible es alto. 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: 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 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 está la calefacción por aire caliente generada por combustión indirecta de gasoil, lo que implica la necesaria evacuación de gases generados a través de chimeneas.

- Calefacción por agua caliente: sistema que se aplica al suelo mediante gran cantidad de emisores, proporcionando una buena uniformidad en la temperatura del aire. Además supone un ahorro energético frente a la calefacción por agua caliente del 10-20%, especialmente cuando son frecuentes los vientos fuertes. El incremento de temperatura también es superior y, además de la parte aérea, calienta 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 alto 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; el mantenimiento del sistema es elevado. En calefacción por agua caliente podemos diferenciar el sistema a baja y alta temperatura; la primera tiene un salto térmico de 10°C (el agua de entrada está a 50°C y la de salida a 40°C) y el de alta presión 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 para calentar el agua, menores costos de instalación y economía de los materiales, sin embargo, presenta el inconveniente del mayor costo de bombeo por necesitar más caudal de agua.

La instalación, en cualquier caso, consta de elementos como caldera, quemador, chimenea para extracción de gases, circuitos de expansión y anticondensación, circuitos del anillo principal y de ida y retorno al campo, distribución de tuberías en campo y almacenamiento de combustible.

ppm en el interior del invernadero.

Al amanecer, los niveles de CO₂ son más o menos óptimos, pero según la planta consume va descendiendo. A partir de ese momento sería beneficioso el aporte de CO₂, distribuyéndolo con una red especial o simplemente ventilando para conseguirlo del exterior, lo que resulta insuficiente. La fertilización carbónica que mantenga unos niveles óptimos de

CO₂ en el ambiente produce aumentos de producción del orden del 15 - 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, el alto coste del CO₂, junto a las necesidades de ventilar durante el día, nos lleva a mantener niveles mínimos óptimos. El aporte de CO₂ se realizara bien mediante un tanque de CO₂ puro, repartido por canalizaciones, o aprovechando los gases de combustión de una caldera o generadores de aire de combustión directa.

CO₂ El CO₂ es fundamental para el correcto desarrollo de los cultivos, además del agua y la luz. La planta requiere una concentración de 700 a 1000 ppm para producir niveles óptimos de calidad y cantidad. Sin embargo, en el exterior hay en torno a 300 ppm, llegando incluso a niveles inferiores a 100

El control de los factores climáticos produce un incremento de calidad y producción, aumentando la rentabilidad del cultivo. Además permite adelantar la siembra y la recolección, lo que significa colocar los productos en el mercado antes que otros productores

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

Plántate y descubre la herramienta más destacable de la red...
www.tradecorp.com.es

TRADECORP
 Nutri-Performance

SOLUCIONES INTEGRALES EN NUTRICIÓN VEGETAL
 TRADE CORPORATION INTERNATIONAL S.A. Alcalá, 498, 2nd Fl. 28027 MADRID, SPAIN
 T +34 9 1327 3200 F +34 9 1304 7172 E global@tradecorp.sapec.pt W www.tradecorp.com.es