

Climatización de Invernaderos

- Ings. Agrs. Jorge A. Ferratto, Marta S. Pabelo (ex-aequo)
Consejo de Investigaciones
Facultad de Ciencias Agrarias
UNR

Los valores de las variables que mayor incidencia tienen en la producción vegetal pueden ser mantenidos, aumentados o reducidos dentro de las instalaciones para la protección de los cultivos, permitiendo que las plantas se desarrollen en un medio más favorable que si se cultivasen al aire libre

- El desarrollo equilibrado de las plantas depende de que variables como luminosidad, temperatura, humedad, concentración de dióxido de carbono (CO_2) y de oxígeno (O_2), incidan favorablemente sobre los procesos fisiológicos. A su vez, estos factores están íntimamente relacionados entre sí y actúan sobre el crecimiento vegetativo posibilitando la absorción por raíces de las soluciones del suelo, en condiciones de humedad óptima y temperatura controlada; favoreciendo la producción de elementos orgánicos por medio de la fotosíntesis; permitiendo la transpiración del vapor de agua excedente en la planta, cuando la humedad no es excesiva y la temperatura es la apropiada; facilitando la respiración óptima del vegetal en un medio provisto de oxígeno y valores normales de CO_2 , temperatura y humedad.

CONTROL DE LA TEMPERATURA

Cada especie vegetal, en las etapas de su ciclo biológico, necesita para su desarrollo normal un rango de temperaturas óptimas. El balance de energía de un invernadero pasivo depende de los aportes o ganancias y de las pérdidas de calor que tenga el sistema.

Radiación. Durante el día, una parte de la radiación total que incide sobre la cubierta del invernadero se pierde por reflexión y otra es absorbida por el material de cubierta. El resto pasa al interior del abrigo, donde una fracción de la misma es absorbida por la vegetación, por el suelo y por los componentes estructurales del invernadero, y otra es reflejada por los mismos elementos; de esta última una parte se pierde saliendo a la atmósfera exterior y una parte queda retenida en el invernadero. La energía total ganada se destina al calentamiento de los elementos estructurales y de cubierta, de la

vegetación y del suelo, y además al sostenimiento de los procesos de evaporación y fotosíntesis.

Las pérdidas de radiación por reflexión dependen de: el ángulo de incidencia de los rayos solares en relación a la cubierta, el índice de refracción del material de cubierta y la longitud de onda de las radiaciones.

Las pérdidas de radiación por absorción varían con cada material de cubierta en función del espesor y de los componentes de su formulación.

Durante el día, también importa el poder de dispersión (difusión) de la luz del material de cubierta. Durante la noche, desde el invernadero se emite radiación infrarroja de onda larga. Cuanto más opaco a la radiación de onda larga sea el material de cubierta, menor será la pérdida por radiación emitida a la atmósfera exterior.

El diseño de la estructura y la orientación del abrigo, junto con el material de cubierta, son los factores que más influyen en el microclima que se genera. Así, en los meses de invierno y primavera, en las estructuras con techos asimétricos a dos aguas, orientadas este-oeste y con la mayor asimetría al norte, la radiación incidente sobre las plantas es mayor. La vertiente que mira a la dirección del sol, a mediodía, debe ofrecer la mayor perpendicularidad a los rayos solares.

La cubierta debe transmitir la máxima radiación solar durante el día y durante la noche debe presentar opacidad máxima a la radiación infrarroja de onda larga procedente del suelo, de la vegetación y de la estructura del invernadero. Para seleccionar adecuadamente un material de cubierta, es preciso conocer sus propiedades físicas, químicas y ópticas.

Conducción/convección.

a) A lo largo del día, el suelo acumula energía, por conducción, que restituye en gran parte durante la noche.

b) En la estructura y las cubiertas exteriores los intercambios con el ambiente exterior son principalmente por convección. La transferencia de calor por conducción es escasa vía material de cubierta y puede ser importante vía elementos metálicos. Las pérdidas por convección aumentan con la velocidad del aire exterior y la consiguiente turbulencia del aire exterior e interior.

c) Las roturas de la cubierta facilitan fugas por convección del aire cálido y húmedo del invernadero.

Las pérdidas por conducción/convección y fugas se pueden reducir notablemente con la utilización de cortinas forestales.

Condensación/evaporación. Si el contenido de vapor de agua en el invernadero es constante, entonces la humedad relativa aumenta al bajar la temperatura y disminuye al subir la temperatura del aire. Un aspecto positivo a destacar es que durante la noche el vapor de agua que se condensa sobre la superficie interna fría de la cubierta cede calor sensible al invernadero. Un aspecto negativo es que en condiciones de humedad relativa elevada, se favorece la condensación en el interior del invernadero, lo que facilita el desarrollo de enfermedades criptogámicas.

Evapotranspiración. La evaporación del agua desde el suelo más la transpiración de las plantas se realiza tomando energía del medio; la disminución de la radiación puede reducir la transpiración de las plantas. Durante el día, la elevación de la temperatura puede disminuir la humedad interior provocando estrés hídrico en el cultivo. Cuando la transpiración es intensa, puede haber una concentración de sales en los puntos donde se realiza la fotosíntesis y quedar disminuida esta función.

CONTROL DE BAJAS TEMPERATURAS

Cuando se utilizan métodos antiheladas, para evitar que la temperatura interior descienda a niveles que puedan dañar a las plantas o por debajo de 0° C, estos abrigos se denominan "invernaderos fríos". Cuando se equipan con aparatos que permiten lograr una temperatura

mínima biológica para la planta, se denominan "invernaderos calientes o calefaccionados".

Sistemas Activos. Utilizan alguna fuente de energía para lograr elevar la temperatura.

Sistemas que requieren bajos niveles de inversiones:

- Recipientes con carbón: se utilizan tambores de chapa metálica de 200 litros de capacidad, sin tapa y sin base, colgados de las cumbres de los invernaderos, en forma horizontal. En su interior se coloca carbón que se enciende cuando la temperatura desciende a valores peligrosos para la especie en cultivo.

- Recipientes con aserrín: consiste en recipientes con una chimenea central; se compacta el aserrín en el interior de los mismos, dejando un orificio en el medio para permitir la combustión por entrada de aire.

- Hornos: son construcciones con chimeneas de gran recorrido dentro de los invernaderos, para lograr una mejor distribución del calor. Se utilizan maderas, cartones, etc. como fuente de combustión.

- Otros sistemas precarios: son todos aquellos que se puedan armar con los materiales más económicos de las distintas regiones.

Sistemas que requieren mayores niveles de inversión:

- Calefactor con aire caliente propulsado: utilizan el aire caliente como medio de transmisión del calor. Se distinguen aquellos que poseen un intercambiador y que envían aire caliente al interior del invernadero, y los que envían el aire caliente mezclado con los gases de combustión.

- Calefactor con tuberías radiantes: consta de tuberías por las que circula agua caliente, a una temperatura variable entre 40-100° C. El agua se calienta en calderas y la circulación se hace a través de un termosifón o se fuerza con una bomba. Los tubos se pueden ubicar en distintos sectores del invernadero.

Sistemas Pasivos. Se utilizan para reducir las pérdidas de energía, sin la ayuda de combustibles. En general se emplean combinados con algún sistema activo.

- Doble techo: consiste en instalar otra cubierta flexible, generalmente polietileno de menor espesor, por debajo del techo, dejando una cámara de aire de 2 a 15 cm. Cuando menor es la distancia entre ambas mayor es la efectividad

del sistema. El inconveniente es que también produce una reducción de la luminosidad.

- Pantallas térmicas: es un material que se usa en forma no permanente, que divide al invernadero horizontalmente en dos; se extiende durante la noche reduciendo el volumen a calefaccionar y los intercambios de energía entre el ambiente exterior y el interior; se repliega durante el día. Las pantallas pueden ser de plástico o de telas aluminizadas.

- Acolchados radiantes: son mangas de polietileno por las que circula agua caliente proveniente de napas subterráneas o de centrales nucleares; en algunas regiones con alta luminosidad el agua se calienta directamente con la energía del sol que penetra en el abrigo durante el día.

- Asperjado de agua sobre el techo: por medio de microaspersores se genera una capa de hielo que aísla el invernadero del medio exterior.

- Utilización de cortinas rompevientos: estas permiten ahorrar del 5 al 10% de la energía, al reducir las pérdidas por conducción/convección y por fugas.

CONTROL DE ALTAS TEMPERATURAS

Existe la tendencia al calentamiento espontáneo de la atmósfera confinada en el invernadero debido principalmente a dos causas: un balance positivo de radiación y una reducción del intercambio de aire con la atmósfera exterior. La presencia de la cubierta provoca una reducción de la corriente de aire y por consiguiente una disminución del transporte convectivo de calor. Durante el día las entradas de energía por radiación al invernadero son superiores a las salidas, mientras que durante la noche ambas se igualan.

El control de altas temperaturas es más difícil que el de bajas temperaturas. Los esfuerzos están centrados en lograr que la temperatura interior sea sólo 2 o 3° C superior a la del exterior. Sin embargo, se pueden obtener, dentro del invernadero, temperaturas por debajo de la exterior.

Ventilación. El intercambio de aire entre el interior y el exterior del abrigo tiene un importante efecto sobre la temperatura, humedad relativa, concentración de CO₂ y evaporación. La baja renovación del aire es responsable de que la temperatura del aire dentro del invernadero sea superior a la exterior durante el día.

Es necesario contar con una superficie de ventilación importante, aunque la renovación de aire dependerá también de la forma del invernadero, velocidad de los vientos, etc.

Durante el período nocturno, la ausencia de turbulencia dentro del invernadero puede hacer que la temperatura interior sea inferior a la exterior, provocando inversión térmica. Si bien las plantas para su desarrollo normal necesitan que se produzcan diferencias de temperatura entre el día y la noche, las amplias oscilaciones térmicas resultan perjudiciales.

En la "ventilación pasiva" no se utilizan sistemas que fuerzan la ventilación. Es importante determinar una superficie de ventilación para cada región, diseñar y disponer correctamente las aberturas y tener en cuenta la necesidad de combinar las aberturas cenitales y laterales. Cuando se recurre a ventiladores se llama "ventilación activa". Mediante estos equipos se asegura una renovación de aire, aún en ausencia de viento.

Reducción de la radiación incidente (sombreado). Consiste en reducir la entrada de luz para evitar ascensos de temperatura; puede ser "estática" cuando se sombrea en forma constante y "dinámica" cuando permiten un control del ingreso de la radiación solar en función de las necesidades.

Métodos estáticos

- Blanqueado o encalado del techo: se puede realizar con cal, carbonato de calcio, pinturas especiales, etc. Es uno de los métodos más utilizados y los resultados dependen del grado de sombreado. El efecto es mayor cuando más alta es la temperatura y menor es la ventilación.

- Medias sombras: deben ubicarse en la parte exterior, apoyadas sobre la cubierta o preferentemente suspendidas. Es necesario tener cuidado con el grado de sombreado, ya que en muchos casos, una disminución de la luminosidad significa una pérdida de rendimientos.

Métodos dinámicos. Consisten en sistemas que desplazan pantallas en función de los niveles de luz; en general están mecanizados o automatizados.

- Pantallas aluminizadas: son los mismos materiales que los utilizados para pantallas térmicas, y se colocan en los invernaderos con el doble propósito.

Refrigeración por evaporación de agua. El agua, al pasar del estado líquido al de vapor, absorbe calor. Si se dispone de algún equipo capaz de vaporizar agua, la vaporización absorberá calor del aire del invernadero y por lo tanto bajará la temperatura ambiente, este proceso se produce hasta que la humedad relativa del aire sea del 100%.

- Producción de niebla a través de boquillas de nebulización: consiste en distribuir en el ambiente del invernadero gran cantidad de partículas de agua en forma líquida, las que permanecen en suspensión el tiempo suficiente para permitir su evaporación.

- Cortinas húmedas o pantallas evaporadoras: es un material poroso por donde circula agua ubicado en un extremo del invernadero, y en el extremo opuesto se instalan ventiladores / extractores que fuerza a pasar el aire por dichas pantallas húmedas y circular en el interior del abrigo.

DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Este gas de la atmósfera también se puede controlar en el ambiente de los invernaderos. La

disminución de la concentración de CO₂ depende del número de renovaciones que se haga de la atmósfera confinada y de la actividad fotosintética.

El contenido de CO₂ por la noche es alto debido a la respiración de las plantas, pero no causa preocupación; en las primeras horas de luz solar es cuando la concentración es mayor. En las horas del mediodía y posteriores la concentración de CO₂ pasa por mínimos que puede disminuir la fotosíntesis. Es importante dotar al invernadero de un buen sistema de ventilación con el fin de alcanzar concentraciones de CO₂ próximas a las del exterior.

Si se desea el aprovechamiento máximo de la actividad fotosintética de las plantas, la concentración de CO₂ puede elevarse a 0,1-0,2% con aporte artificial de gas, siempre y cuando los demás factores climáticos sean óptimos.

OXÍGENO (O₂)

El oxígeno atmosférico no preocupa en los ambientes controlados, ya que por una parte el aire atmosférico contiene un porcentaje elevado (21%), y además durante el día las plantas eliminan gran cantidad de oxígeno en el proceso de la fotosíntesis. ●

Bibliografía

- Bartosik, R.E. y Rodríguez J.C. 1999. Evaluación de una técnica de almacenaje de granos a 12,5% de humedad en bolsas plásticas - Sistema silobag. Informe INTA-IPESA.
- Bogliaccini, A. 2001. Almacenamiento hermético. Revista Granos, Año VI-NºXXVII - junio 2001.
- Brooker, D.B, Bakker-Arkema, F.W, y Hall, C.W. 1992. Drying and Storage of Grains and Oilseeds. Van Nostrand Reinhold, 115 Fifth Avenue, New York.
- Casini, C. 1996. Ensayo de simulación almacenamiento de trigo en silo-"bag". Hoja de divulgación INTA Manfredi.