

La nebulización correctamente aplicada disminuye la temperatura e incrementa la humedad en el invernadero, factores de éxito del cultivo

Control climático mediante nebulización

■ **MANUEL GÓMEZ CARMONA**
Ingeniero Agrónomo. PB-Systems, S.L.

Nebulización de alta presión funcionando. El pequeño tamaño de la gota provoca una neblina que no moja la planta.

La nebulización es un sistema de regulación climática que se usa en los invernaderos para evitar, en la medida de lo posible, la elevada temperatura y la escasa humedad que, a veces, se produce en los invernáculos. Es por ello que este sistema de regulación climática resulta muy interesante para resolver los problemas de alta temperatura y/o baja humedad que nos encontramos durante determinadas épocas en los invernaderos. El manejo de la nebulización debe ser cuidadoso, puesto que su uso incorrecto puede causar más problemas que beneficios. Si el manejo de la nebulización provoca mojado de la planta, hecho que ocurre en muchas ocasiones, los problemas pueden ser muy graves, ya sea desde el punto de vista de aumento de patologías, como de deterioro físico de la planta.

■ Cuando se nebuliza y el agua se evapora disminuye la temperatura y aumenta la humedad del medio

El principio físico en que se basa la nebulización es muy simple (Fig.1):

El aire húmedo es una mezcla de aire seco y vapor de agua. Veamos los siguientes conceptos:

- HA (humedad absoluta). Es la masa de vapor de agua por



unidad de masa de aire. Depende de muchos factores (por ejemplo, cuanto mayor sea la densidad de cultivo y el estado de éste, más transpiración se producirá y, con ello, más alta será la HA). Se mide g/kg.

- HS (humedad de saturación). Es la máxima masa de va-

Tuberías metálicas y boquillas de nebulización (detalle).
Es necesario utilizar este tipo de tuberías para soportar las altas presiones.



por de agua que cabe en la unidad de masa de aire. Depende exclusivamente de la temperatura (a mayor temperatura mayor HS). Se mide en g/kg.

- HR (humedad relativa). Es la relación que existe entre la cantidad de vapor de agua que hay en el aire y la cantidad de vapor de agua que cabe en el aire. Depende de la HA y HS. Se mide en %.

$$HR = (HA/HS) \times 100$$

- DH (déficit hídrico). Es la cantidad de vapor de agua que admite la unidad de masa de aire sin que se produzca saturación, es decir, la masa de vapor que aún cabe en el aire. Depende de HA y HS. Se mide en g/kg o g/m³.

$$DPV = HS - HA$$

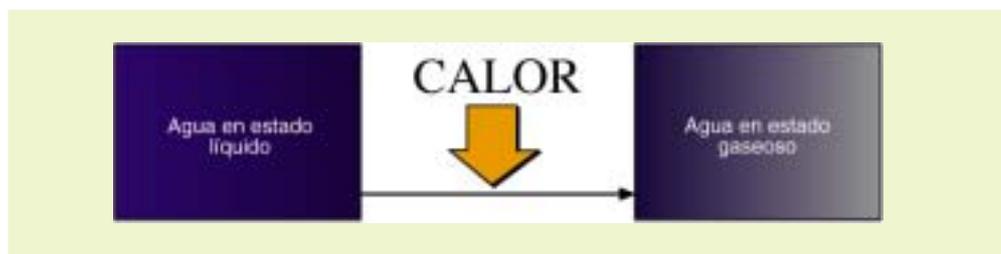
Cuando se nebuliza y el agua se evapora se producen dos efectos:

- Por un lado, disminuye la temperatura, ya que para que se haya evaporado el agua necesita energía (en este caso, energía calorífica).

- En cuanto a la humedad, el aumento de esta se produce a causa de:

Figura 1:

Principio físico en que se basa la nebulización



- Una disminución de la HS, ello es debido a la disminución de temperatura que antes hemos señalado.

- Un incremento de la HA, el agua que se evapora provoca que aumente la cantidad de vapor de agua en el aire.

Debido a estos dos efectos, se eleva la HR o disminuye el DH, es decir, aumenta la humedad del aire.

Podemos hacer una clasificación de las nebulizaciones:

- Nebulización de alta presión. A causa de las altas presiones con las que trabajamos (superiores a las 60 atmósferas), en el pequeño tamaño del orificio del nebulizador se crea una gota con un diámetro muy reducido. Este tamaño reducido hace que la gota pese poco y es por ello que se mantiene más tiempo flotando en la atmósfera del invernadero arrastrada por las corrientes de

Bomba de nebulización de alta presión



Una selección muy especial.

BULBOS

de máxima calidad tratados y seleccionados

Gladiolos, Tulipanes, Iris, Liatris, Freesias, ... - LASTO-F-STOOP

Lilium asiáticos, orientales, longiflorum e híbridos I/A

MONDIAL LEUES

Nardos y Callas- Nacionales

BULBOS EN BOLSAS Y COFRES

con fotografía

SEMILLAS

hortícolas y material vegetal para jardinería

ESQUEJES Y PLANTAS

Crisantemos, Aster, Alstroemeria- VAN DER KAMP, VALLEFLOR

Clavel- Nacional y Holandés

Rosales - PLANTAS CONTINENTAL

Gerbera - F. LII GALLO

Gysophila paniculata

VAN DEN BOS

Esparraguera - FLORPLANT

limonium, Statice, Lisianthus, Alheli,

Dragonaria, Girasol, Minutisa,

Campanula, ...

VEGMO PLANT



BULBOS ESPAÑA

Mariano Piñero e Hijos, S.L.

C/Carballino 7 Bajo D 28024 MADRID

Tels. 91 7110100/91 7116950 Fax 91 7118744

e-mail: bulbosesp@eurociber.es

AGENTES

GALICIA: Viveros La Gardenia -Tel. 986 83 31 31

CATALUÑA: Suministros Agrícolas Riosan -Tel. 93 750 15 15

BALEARES: Comercial Agroquímica Balear -Tel. 971 54 02 77

Sistemas de depuración y desalinización de agua necesario para nebulizaciones de baja presión.



aire que existen siempre dentro de éste. Aparte de que la gota está más tiempo flotando, necesita menos energía calorífica para evaporarse, por lo que con este tipo de nebulización es difícil que se precipite agua en estado líquido sobre el cultivo. El único inconveniente que tienen estas nebulizaciones es que no trabajan bien con aguas duras (con altos contenidos de sal), especialmente si dichas aguas contienen sales

■ **La nebulización es un sistema de regulación climática que se usa en los invernaderos para resolver los problemas de alta temperatura y baja humedad**

Hablemos de semillas

TOMATES
VARIETADES CON ALTA TOLERANCIA A TYLCV

Elige el camino más seguro contra el...
VIRUS DE LA CUCHARA

FORTEZA: Vigor y producción
NEW: Ideal exportación
GARDEL: Tipo Beef
SODERCO: El pintón de invernadero
MILARCO: Calidad en rojo
ULIOES: El pintón de aire libre

ROYAL SLUIS

OFICINA CENTRAL:
 Tel.: 935 723 344 - Fax: 935 723 355

cálcicas, debido a que se obturan los nebulizadores. En caso de que este problema exista, es necesario poner algún sistema de desalinización que elimine las sales del agua.

- Nebulización de baja presión. La baja presión que recibe el nebulizador (entre 5 y 10 atmósferas) provoca un tamaño de gota mayor que, en el caso de la nebulización de alta presión, debido al tamaño superior de la gota, esta pesa más y se precipita rápidamente sobre el cultivo.

Las nebulizaciones se clasifican en: nebulización de alta presión y nebulización de baja presión

Además de que la gota está menos tiempo flotando, necesita más energía calorífica para evaporarse, por lo que con este tipo de nebulización es fácil que se precipite agua sobre el cultivo. El manejo de este sistema de nebulización es complejo para evitar mojar las plantas.

Variables climáticas manejadas en la nebulización

Las variables climáticas que

tenemos que tener en cuenta para manejar la ventilación las dividimos en:

- Variables interiores:
- Temperatura del aire.
- Humedad del aire.

El funcionamiento de una nebulización con un controlador climático se basa en unos parámetros que nosotros deberemos fijar dependiendo de las circunstancias y del tipo de nebulización que tengamos.

Dichos parámetros son los siguientes:

- Hora de inicio del periodo de posible nebulización. Establecemos la hora en la que queremos que empiecen a comprobarse las condiciones de la nebulización.
- Hora de finalización del periodo de posible nebulización. Establecemos la hora hasta la que queremos que se comprueben las condiciones de la nebulización.
- Duración mínima del humedecimiento. En este parámetro se establece la duración mínima de la nebulización. El circuito de la nebulización necesita un tiempo mínimo de funcionamiento para conseguir la suficiente presión para que empiece a salir agua de los nebulizadores. Este ajuste nos evita que el controlador calcule duraciones demasiado pequeñas. Esta duración siempre tiene que ser superior al tiempo que tarde la bomba en conseguir la presión necesaria para que se produzca la nebulización.
- Duración máxima del hu-

medecimiento. En este parámetro se establece la duración máxima de la nebulización. En nebulizaciones de baja presión hemos de tener cuidado con éste parámetro, ya que si lo ponemos elevado podremos mojar la planta, normalmente en este tipo de nebulizaciones la duración máxima estará entre los 30 segundos y el minuto. En nebulizaciones de alta presión podremos irnos a duraciones de varios minutos.

El tiempo de nebulización se encontrará siempre entre la Duración mínima de humedecimiento y Duración máxima de humedecimiento.

· Pausa mínima entre dos turnos de humedecimiento. En este parámetro se establece el tiempo que, como mínimo, debe transcurrir entre dos nebulizaciones. En nebulizaciones de baja presión, la pausa tiene que ser superior a las nebulizaciones de alta presión. En la primera, la pausa debe ser como mínimo de 2 minutos.

Vemos los dos motivos que pueden provocar el uso de la nebulización:

Nebulización por un defecto de humedad

Los parámetros que manejaremos serán:

- HR deseada (%). Será la humedad relativa a partir de la cual se activará la nebulización.
- DH deseado (g/kg). Si trabajamos con déficit hídrico será

Suscripción **90 €**

Libro **36 €**

oferta 100 €

Ahorro **26 €** Oferta válida hasta el 30 de octubre de 2001

Ediciones de Horticultura - Tel.: +34-977 75 04 02 - Fax: +34-977 75 30 56 - e-mail: pedidos@edih.es

el déficit hídrico a partir del cual se activará la nebulización.

Si la humedad relativa baja del valor HR deseada (%) o el déficit hídrico sube del valor DH deseado (g/kg) se activará la nebulización, siempre que se cumpla la siguiente condición:

- Temperatura mínima para nebulizar (°C). Hasta que no se supere en la sección la temperatura que introducimos, en este parámetro no funcionará la nebulización. Si no hay una temperatura suficiente en la sección, no habrá energía calorífica suficiente para que se evapore el agua y, por ello, se acabará mojando la planta.

· Duración humedecimiento por humedad (s / %) o (s / g / kg). Con este ajuste podemos establecer la duración de la nebulización. Esta duración siempre se encontrará entre los valores antes establecidos de duración mínima del

El funcionamiento de una nebulización con un controlador climático se basa en unos parámetros que se deben fijar dependiendo de las circunstancias y del tipo de nebulización del que se disponga

humedecimiento y duración máxima de humedecimiento. Es decir, que cuando la duración calculada de nebulización sea menor que la duración mínima de humedecimiento, se aplicará ésta última; mientras que cuando la duración calculada de nebulización sea mayor que la duración máxima de humedecimiento, se aplicará di-

cho valor máximo.

Para calcular el tiempo de humedecimiento se multiplica el valor introducido en este ajuste por el defecto de HR, dónde:

$$\begin{aligned} (\text{Defecto} &= (\text{HR}_{\text{deseada}} - (\text{HR}_{\text{medida}}) \\ &\text{o el exceso de DH} \\ (\text{Exceso} &= \text{DH}_{\text{medido}} - \text{DH}_{\text{deseado}}). \end{aligned}$$

Ejemplo:

La HR deseada en las secciones de un invernadero es del 80%.

En las secciones 1 y 2 queremos que funcione la nebulización a partir de un 60%

de HR y una temperatura mínima de 20°C. La nebulización debe durar no más de 2 minutos y no menos de 40 segundos. Por cada % de exceso durará 10 segundos la nebulización. Entre dos nebulizaciones ha de transcurrir un mínimo de 5 minutos.

La mejor fórmula

- Asimilación rápida por la planta.
- Aportador de NPK y microelementos.
- Complejante de micronutrientes.
- Reactivador de la planta en situaciones de stress.
- Aportador de materia orgánica.
- Mejorador de las cualidades organolépticas.



- Rapid plant intake.
- NPK and micro element provider.
- Complexing Micronutrient.
- Restores plant activity in stress situations.
- Organic matter provider.
- Improves organoleptic qualities.



JISA ALOCA INDUSTRIAL S.A. Agronutrientes

FABRICA: Antigua Reucarera, s/n.
Tel: +34 978 86 00 11 • Fax: +34 978 86 96 91 • E-mail: jisa.lab@redif.es
40300 SANTA EULALIA DEL CAMPO (Teruel) España

OFICINA COMERCIAL: Cronista Lameris, 3, 0º 1ª
Tel: +34 96 251 79 01 • Fax: +34 96 251 79 01 • E-mail: jisa@redif.es
Web: http://www.jisa.es • 46003 VALENCIA - España

Estamos por la labor.

REUCARERA obro agrícola



Si la HR medida es del 50 % y la temperatura de 30 °C.

Duración = $10 \text{ s} / \% \times 30\% = 300 \text{ s}$. Pero como la duración máxima es de 120 segundos será ésta la que se aplique. A los 5 minutos se volverán a comprobar las condiciones y se nebulizará si es necesario.

Nebulización por un exceso de temperatura

Temperatura deseada (°C).

Sistema de nebulización en funcionamiento en un invernadero.

Será la temperatura por encima de la cual se activará la nebulización.

Si la temperatura de la sección se eleva por encima del valor antes indicado, se activará la nebulización siempre que se cumpla la siguiente condición:

- HR máxima para nebulizar (%). Cuando se supere en la sección la humedad que introducimos, en este parámetro no funcionará la nebulización. Si hay de-

masiada humedad en el aire, es más difícil que se dé la evaporación del agua y, por ello, se acabará mojando la planta.

- DH mínimo para nebulizar (g/kg). Si trabajamos con déficit hídrico, cuando el DH de la sección sea inferior a este valor, no funcionará la nebulización.

· Duración humedecimiento por temperatura (s/°C). Con este ajuste podemos establecer la duración de la nebulización. Esta duración siempre se encontrará entre los valores antes establecidos de Duración mínima del humedecimiento y Duración máxima de humedecimiento. Es decir, que cuando la duración calculada de nebulización sea menor que la Duración mínima de humedecimiento, se aplicará ésta última, mientras que cuando la duración calculada de nebulización sea mayor que la Duración máxima de humedecimiento, se aplicará dicho valor máximo. Para calcular el tiempo de humedecimiento, se multiplica el valor introducido en este ajuste por el exceso de temperatura.

Ejemplo:

Temperatura deseada = 25 °C.

HR máxima 80 %.

Por cada grado centígrado de exceso se realizará una nebulización de 15 segundos. La nebulización debe durar no más de 3 minutos y no menos de 30 segundos. La pausa mínima será de 2 minutos.

Si la Temperatura de la sección es de 32 °C y HR = 70 %.

Duración = $15 \text{ s}/^{\circ}\text{C} \times 7^{\circ}\text{C} = 105 \text{ s}$, que será la duración de la nebulización, ya que se encuentra entre las duraciones mínimas y máximas. A los dos minutos de pausa se comprobarán las condiciones y se nebulizará si es necesario.

Para saber más...

- Invernaderos. Diseño, construcción y ambientación. Matallana, A. y Montero, J.I. Segunda Edición, Mundi Prensa, 2001