



Estructuras del nuevo milenio

La evolución de los invernaderos

La rápida expansión de los invernaderos, que comenzó a principios de los 70, ha permitido variar los ciclos de producción y aumentar la calidad de la misma

Por: JUAN JOSE CONESA - Ingeniero Técnico de Explotaciones Agrícolas Durán

Estructura de 3,75 bajo canal de Explotaciones Agrícolas Durán, con calefacción ambiental, pantalla térmica, ventiladores, nebulizadores y carros de gran altura para el trabajo

A principios de los 70 surgió la rápida expansión de los invernaderos, que fue facilitada por el abaratamiento de los costes tanto de estructuras como de materiales. Estos presentaban algunos problemas en su fabricación como puede ser la falta de uniformidad en el espesor de la pelcu-

la, poca resistencia mecánica al viento, rápida degradación, y escasa protección térmica con las bajas temperaturas.

Anteriormente, los invernaderos estaban formados por una estructura de madera o metálica convenientemente anclados al terreno mediante alambres tensados; la sujeción de la lámina de plástico tenía lugar entre dos mallas de

acero galvanizado que constituía la cubierta del invernadero. Estas estructuras poseían o poseen una escasa altura, entre 1,80 y 2,25 m por término medio y una baja relación entre superficie de ventana, superficie cultivada y un manejo tedioso carente de automatismos de apertura y cierre. La reducida ventilación se ve limitada por la vegetación de

los cultivos entutorados, que dificultan la renovación del aire en el interior.

La ventaja del bajo costo de estos invernaderos acarrea el inconveniente de que estos sistemas sencillos no disponen de medios para controlar el microclima y esto implica que el cultivo se desarrolle a merced de las condiciones impuestas por la meteorología exterior.

El clima generado bajo estas estructuras tradicionales está lejos del óptimo biológico de las especies que se cultivan en su interior durante la mayor parte de los ciclos productivos, como pueden ser temperaturas nocturnas exteriores demasiado bajas, radiaciones solares en épocas estivales demasiado altas con aumentos de la temperatura interior elevadas, excesiva humedad relativa pudiendo favorecer el desarrollo de enfermedades cliptogámicas y desórdenes fisiológicos, etc.

Todos estos problemas constituían un freno al desarrollo de los cultivos bajo invernadero plástico, pues a pesar de conseguirse mejoras en precocidad, calidad y cosecha total comparados con el cultivo al aire libre, no podían dar todo su potencial productivo, especialmente en épocas frías por la indefensión contra bajas temperaturas.

Por otra parte, en el Norte de Europa se generalizó el empleo del vidrio, y su adaptación como material de cerramiento en invernaderos permitió su construcción a mayor escala, sobre todo por parte de viveristas y cultivadores de planta ornamental. Sin embargo el coste de estos invernaderos y las diferencias agro-climáticas con el clima mediterráneo no hicieron posible su evolución en esta zona.

El cultivo de hortaliza comestible, fundamentalmente tomate, comenzó en la década de los 50. Este se realizaba al aire libre, sobre suelo enarenado, protegido del viento

Se están desarrollando varios proyectos desde la Administración y la Empresa Privada en los centros experimentales que tienen como objetivo seguir avanzando en el análisis de las estructuras mejor adaptadas al clima local y en la incorporación de métodos y equipos de control climáticos para mejorar la ventilación, temperatura, humedad relativa, composición del aire, etc.

mediante setos de caña. Las fechas de plantación se adaptaban pensando en la producción invernal, debido a los altos precios de dichos productos en esa época.

Con la implantación de los invernaderos se ampliaba el abanico de las especies cultivadas, algunas únicamente dedicadas a la exportación, así como el ciclo de cultivo. Los calendarios de producción se seguían manteniendo debido

a los elevados precios de las cosechas en los meses invernales y a las restricciones impuestas por la CEE a las frutas y hortalizas españolas hasta el 1 de enero de 1993.

A partir de esta fecha se eliminaron las restricciones, y los productos españoles empezaron a gozar de algunas de las ventajas que supone la protección comunitaria. Esta nueva situación se ha traducido en la modificación de

los calendarios de producción, con nuevos ciclos que eran impensables en esos momentos.

Sin embargo el sector está manifestando mayor inquietud y se interesa más por aquellas técnicas e instalaciones que le permiten mejorar el control sobre su producción. Los sistemas hortícolas como cualquier otro sistema «tiende a funcionar a la velocidad del factor limitante»; esto significa que aunque parece muy factible mejorar la productividad de un sistema cuando el rendimiento es bajo, cabe esperar un efecto sinérgico cuando todos los factores que inciden sobre el sistema se mantienen dentro de unos rangos adecuados.

En este sentido se están desarrollando varios proyectos desde la Administración y la Empresa Privada en los centros experimentales que tienen como objetivo seguir avanzando en el análisis de las estructuras mejor adaptadas al clima local y en la incorporación de métodos y equipos de control climáticos para mejorar: ventilación, temperatura, humedad relativa, composición del aire (CO₂), etc.

Los mejores rendimientos económicos marcarán pautas sobre el interés de reconvertir y modernizar las instalaciones de cultivo tradicionales, en un momento en que la mayor superficie invernada está amortizada.

En la actualidad, se intenta adaptar la tecnología y estructura del Norte de Europa a nuestra costa mediterránea, pero con la ventaja de tener unas condiciones exteriores más favorables. Lo que se busca es conseguir un aumento del rendimiento, una mejor calidad y un abaratamiento del producto.

Esta evolución es demandada por un mercado más exigente de un producto más selectivo, más ecológico y menos contaminante.



En la fotografía, trabajos de instalación de un invernadero



Las imágenes muestran el antes y el después de los invernaderos. En la foto superior, estructura antigua recubierta de malla. Abajo, panorámica de las modernas estructuras de Explotaciones Agrícolas Durán

innovaciones tecnológicas que avanzan a pasos agigantados.

El fin es conseguir amortizar la inversión del proyecto a medio plazo, con un producto de una calidad altamente demandada.

Estructuras actuales

Hoy en día las estructuras además de estar constituidas por malla o plástico pueden estarlo por paredes rígidas de policarbonato on-

dulado o de doble capa. Las dimensiones de estos invernaderos pueden ser de 6'40, 7'40, 8 y 9 de ancho en versiones de 2'5, 3, 3'5 y 4 m de altura bajo canalón y en la doble variante de modelo con 4m o 5m de paso entre pilares, aunque se pueden hacer un gran número de combinaciones partiendo de material estándar modificando dimensiones y espesores de los perfiles utilizados.

Los mecanismos de es-

tos invernaderos permiten controlar automáticamente mediante un programa informático todos los parámetros que van a influir directamente sobre el cultivo como pueden ser temperatura, humedad relativa y radiación solar.

Los cerramientos herméticos de estas estructuras hacen posible tener una mayor eficacia en el control de todos los parámetros, aprovechamiento y ahorro de energía así como restringir la entrada de insectos transmisores de enfermedades que mermen nuestra producción.

Sobre la temperatura se actúa mediante la ventilación que proporcionan las ventanas cenitales que pueden estar orientadas según la dominancia de los vientos y nuestras preferencias, ayudada en épocas de mucho calor con la nebulización o fog-system, que consiste en una lluvia de agua a presión que además tiene otras propiedades. También la incorporación de ventiladores facilitan la rápida homogeneización del clima interior.

En épocas de frío es posible incorporar dos tipos de calefacción: ambiental y de sustrato. La primera se consigue mediante una gran caldera donde se calienta agua simplemente abastecida por un combustible que sería el gas licuado pudiendo elevar la temperatura sobre todo en las noches frías de invierno de entre 10° a 12°C. La segunda se puede conseguir aumentar mediante una serie de tubos coarrugados que circulan por el interior de los contenedores de sustrato, favoreciendo el sistema radicular y disminuyendo las diferencias de temperatura con la parte aérea. Este incremento de temperatura puede suponer de 6° a 8°C en el sustrato y la consecuencia de también aumentar la temperatura del ambiente de 2° a 4°C.

Otros sistemas serían la



En la fotografía superior, sala de calderas donde se ubica la calefacción.

Abajo, un ejemplo de invernadero con abertura total de ventana tapada con malla anti-trips

Los mejores rendimientos económicos marcarán pautas sobre el interés de reconvertir y modernizar las instalaciones de cultivo tradicionales, en un momento en que la mayor superficie invernada está amortizada

utilización de pantallas térmicas aluminizadas que actúan de aislante térmico para conseguir dos cosas principalmente:

- retener el calor por la radiación durante el día y el proporcionado por los anteriores sistemas de calefacción antes mencionados, obteniendo mayor ahorro energético por el uso menor de las calderas en torno a un 58%.

- sombrear hasta un 55% o disminuir la radiación solar cuando ésta pueda ser excesiva disminuyendo la temperatura de 3° a 4°C.

Por último, otra incorporación sería un techo doble de plástico con unas características como pueden ser: el plástico interior anti-condensación para evitar la caída de agua en el interior y el exterior especial para repeler el polvo y evitar que se formen capas de suciedad con los problemas que eso origina. A esta doble capa se



Utilizando el agua de riego sobrante por la planta se puede conseguir recuperar de un 40 a un 45 % del agua utilizada, así como de un 50 a un 60% de los fertilizantes aportados y no tomados por la planta evitando al mismo tiempo problemas de contaminación química por percolación

le puede incorporar un motor que introduzca aire a presión de tal manera que se crea una cámara de aire o acolchado plástico que también influye directamente sobre la temperatura amortiguando los golpes de calor y evitando pérdidas del mismo pudiendo ganar hasta 4° o 5° gracias a su uso.

Acerca de la humedad relativa se actúa de dos formas según sea alta o baja y que también afecta directamente a la temperatura.

En el caso de humedad alta, como puede ser en las épocas frías a primeras horas del día con un 80 o 90% se actúa forzando la ventilación para dejarla escapar por su tendencia a subir a la parte superior notándose los efectos rápidamente. Por el contrario en caso de humedad relativa baja se actúa con los ya mencionados nebulizadores o fog-system, que consiste en una serie de tuberías ramificadas por la parte aérea del invernadero y que lanzan agua a presión con un tamaño muy reducido de gota que no moja pero que humidifica el ambiente al absorber la masa de agua el calor.

Otras características serían optimizar la tasa de evapotranspiración y mejorar el rendimiento fotosintético de la planta favoreciendo también los niveles de absorción de CO₂.

Incorporación de CO₂ o fertilización carbónica

Puestos a querer controlarlo todo existe la posibilidad de intentar controlar la atmósfera del microclima mediante aportes de CO₂ a través de un tanque de anhídrido carbónico líquido que mediante un proceso de gasificación se dispersa por el cultivo a través del tendido de riego o por cintas de plástico en una parte más elevada.

Se puede comprobar que el CO₂, al igual que el agua y los fertilizantes es un factor limitante del desarrollo



riego sobrante por la planta se puede conseguir recuperar de un 40 a un 45 % del agua utilizada, así como de un 50 a un 60% de los fertilizantes aportados y no tomados por la planta evitando al mismo tiempo problemas de contaminación química por percolación en el suelo o en los acuíferos subterráneos. También conseguimos un

nes facilita protección fitosanitaria al constituir la estructura de las mismas una barrera difícilmente superable para insectos, parásitos y vectores de enfermedades. Además, se plantea la cuestión de poder tomar medidas de control biológico y de lucha integrada, pudiendo conseguir plantaciones más sanas con un menor uso de lucha química.

de la planta si no existe en los niveles adecuados en el entorno de la plantación. Dicho de otra manera, y tomando como base lo que es práctica habitual desde hace muchos años en las producciones de invernadero de los países más desarrollados, si aumentamos la concentración de ese gas artificialmente obtendremos una mejora en el desarrollo de la planta con todas las consecuencias que ello conlleva.

La consecuencia más visible y económicamente más interesante es el aumento en la productividad de la planta. Al ser el CO₂ un promotor del mecanismo de producción de materia de la planta, es de esperar que el aumento de la disponibilidad del gas provoque un mayor vigor de la planta, un crecimiento más rápido y también un mayor consumo de agua y fertilizantes (todo ello muy dependiente de otros muchos factores).

Sin embargo, está científicamente probado que, en el caso particular del tomate, el uso de CO₂ tiene repercusión nula sobre la calidad final del producto, no habiéndose experimentado aumento alguno en firmeza, brillo, contenidos de azúcares y ácidos orgánicos, etc.

Tampoco se promueve la aparición de flores en mayor número por ramo, ni efecto alguno sobre el cuaje de las mismas, sino que el aumento en productividad queda relegado casi exclusi-



vamente (según las condiciones de cultivo) al aumento de peso por fruto.

Aprovechamiento del agua

Este elemento tan crítico para los cultivos y tan difícil de obtener, a menudo ha llevado a aprovechar al máximo los recursos hídricos de todas las formas posibles como pueden ser mediante la recirculación de drenajes, es decir, utilizando el agua de

mejor control sobre los problemas de hongos que pueden darse en los sistemas radiculares de la planta.

Otras formas de conseguir agua sería mediante canalizaciones para recoger las aguas fluviales de la superficie superior de los invernaderos y el agua formada de la condensación en el interior por humedades altas.

Protección fitosanitaria

Este tipo de instalacio-

En la fotografía superior, una imagen del tanque de anhídrido carbónico.

Abajo, la oficina técnica con dos ordenadores que controlan el clima y el riego

La finalidad principal de la producción en invernadero es eminentemente económica. Cuando se adopta un determinado sistema de cultivo, es porque se espera obtener con él la máxima rentabilidad posible, teniendo en cuenta el conjunto de factores que condicionan el cultivo.

Ahora bien, las características fisiológicas de la planta son determinadas genéticamente y cuanto mejor sean satisfechas más se acercarán los resultados a su máximo potencial productivo.

En la actualidad, se intenta adaptar la tecnología y estructura del Norte de Europa a nuestra costa mediterránea, pero con la ventaja de tener unas condiciones exteriores más favorables.

Lo que se busca es conseguir un aumento del rendimiento, una mejor calidad y un abaratamiento del producto