

Controles electrónicos en invernaderos



Foto 1. Sistema de registro de labores y producción.

La incorporación de tecnología a los invernaderos ha sufrido un avance espectacular en los últimos años. Se inició mejorando los sistemas de riego, continuando por la incorporación de sistemas activos de control del clima, y actualmente también están disponibles equipos de análisis de la producción y gestión laboral. En todo este proceso, y de manera más lenta, se están realizando mejo-

Sistemas de gestión de mano de obra y controladores climáticos

El primer objetivo de las mejoras tecnológicas en los invernaderos fueron los sistemas de riego y fertirrigación. Tras esto, han ido cobrando importancia los sistemas de control climático adaptados a cada explotación según la gama elegida y, por último, tratando de disminuir el mayor coste al que se enfrentan estos sistemas de producción, la mano de obra, cada vez se extienden más los sistemas de análisis de producción y gestión laboral.

D.L. Valera, A. Madueño¹, F.D. Molina y A.J. Álvarez.
Universidad de Almería y ¹Universidad de Sevilla.

ras en la estructura de los invernaderos. Por ejemplo, en el suroeste peninsular se ha producido una paulatina sustitución de los invernaderos de cubierta plana por otros de mayor volumen interior, más herméticos, con inclinación a dos aguas de la cubierta de cada módulo, ventilación cenital y otras mejoras. En menor medida también ganan terreno los invernaderos multitúnel, menos adaptados a esa zona que el invernadero "Almería" y de un precio superior. A modo anecdótico, también existen algunas explotaciones de invernaderos de cristal, de un precio situado en otro orden de magnitud.

Las mejoras tecnológicas comenzaron, como no podía ser de otra forma, por los sistemas de riego. Hoy día todos los invernaderos disponen de dispositivos de riego localizado con sofisticados equipos de fertirrigación; todo ello provoca un uso muy racional y eficiente del agua de rie-

go. Entre otros aspectos, no debemos olvidar la menor evapotranspiración de los cultivos en invernadero. El agua es un recurso muy escaso en casi la totalidad de las zonas invernadas de España.

Posteriormente han ido cobrando importancia los sistemas de control climático, en todas sus modalidades de gama baja, media y alta. Desde el simple control del grado de apertura de las ventanas en función exclusivamente de la temperatura interior, a potentes equipos de regulación predictiva del clima, que controlan múltiples parámetros climáticos, incidiendo sobre numerosos actuadores distribuidos por los módulos de la explotación; y en algunos casos, gestionando simultáneamente la distribución de agua y nutrientes a las plantas, en función del contenido de agua del sustrato, el peso de la planta o el modelo evaporativo. De esta forma el riego se optimiza en fun-

ción del consumo. La elección de una gama dependerá de los condicionantes de cada explotación en particular; como norma general, los extremos no son recomendables para las explotaciones tipo.

Sistemas de análisis de producción y gestión laboral

Los gastos en mano de obra suponen una partida importante en todas las actividades tanto agrarias como industriales. Por ejemplo, en las explotaciones agrícolas en invernadero de Almería, casi la mitad de los gastos corrientes corresponden a la mano de obra. Esto, unido a la falta de especialización de la misma, suponen uno de los puntos críticos del sistema. Las carencias de formación de los operarios son ajenas a los importantes centros de formación y capacitación de la zona, y dependen casi exclusivamente de la poca permanencia del personal en las explotaciones agrícolas. Los operarios llegan a la finca sin formación, y cuando la adquieren, al cabo de unos meses, marchan a otras zonas y actividades más sugerentes. Por otro lado, sería ocioso incidir en la gran formación de los técnicos de la zona, que han conformado uno de los motores del despegue económico de estas comarcas.

Suponiendo que casi la mitad de los gastos corrientes es la mano de obra, cualquier mejora en su gestión es del todo acertada. Actualmente existen siste-

mas electrónicos de registro de las labores y la producción, algo caros aún, pero rentables y rápidamente amortizables en explotaciones de tamaño medio y grande, que no son la mayoría, pero suponen cada vez mayor porcentaje. Estos equipos empiezan a introducirse en el Levante español, pero son muy conocidos y utilizados en otras zonas agrícolas como las de Holanda, Bélgica o el Reino Unido, donde la gestión agrícola es muy similar a la del sector industrial.

Estos dispositivos permiten registrar la presencia de personal, las labores y tareas realizadas, la producción, así como contingencias especiales como roturas, incidencia de plagas o enfermedades, etc. Constan de un ordenador central conectado en tiempo real con pequeños terminales portátiles (**foto 1**) donde los operarios introducen la información fácilmente mediante códigos numéricos. Cada trabajador tiene asignado un número personal, al igual que cada tarea y pasillo del invernadero.

El flujo de información es biunívoco, es decir, en tiempo real los operarios se comunican con el ordenador central y el responsable de la gestión del personal también puede mandar mensajes a cada operario a través de los terminales.

En los sistemas que no son inalámbricos existen distribuidos por todo el invernadero puntos donde se pueden conectar los terminales. Evidentemente, y por la

En la cresta de la ola de los equipos de control climático se encuentran los modernos y fiables procesadores industriales

diferencia de precio entre estos y los terminales, existe un número de puntos fijos de conexión muy superior al de terminales.

Además, los pequeños terminales pueden conectarse a básculas y máquinas de manipulación. El software de estos equipos permite su adaptación a cada explotación y realiza el registro de tiempos, cálculo de rendimientos, productividades, coste exacto de cada labor; por grupos de trabajo, individuos, módulos, etc.

Estos equipos facilitan el establecimiento de un sistema flexible de incentivos a los trabajadores, así como la organización de los mismos en función de las labores para las que presentan mayores aptitudes. Permiten, por tanto, mejorar la organización de las labores para optimizar la producción y la recolección. El efecto motivador sobre los trabajadores

es importante, ya que cada uno de ellos conoce su propio rendimiento y el de los demás.

Existen en el mercado varios modelos tales como PrivaAssist, P-plus y Nomad, conceptualmente parecidos, pero con algunas diferencias como el sistema de conexión entre los soportes donde pueden acoplarse los terminales o con el ordenador central. Generalmente éste es por cable en serie o paralelo, o bien, inalámbrico.

Controladores climáticos

Como ya se ha citado anteriormente, existen varias gamas para gestionar el control del clima dentro del invernadero. La gama baja gestiona una única actuación en función de una sola consigna, por ejemplo, la apertura y cierre de las ventanas en función de la temperatura del aire interior. A veces poseen exclusivamente un temporizador, que sustituye al sensor de temperatura. También, en determinados casos, condicionan la actuación al análisis de dos señales, generalmente la temperatura y la humedad relativa interiores.

El segundo escalón lo forman los controladores climáticos de gama media, formados generalmente por pequeños autómatas programables o mediante microcontroladores: los cuales, en el segmento superior, disponen de prestaciones realmente elevadas, incluyendo su gestión a través de ordenador personal. Los códigos de los ajustes se almace-

CALIDAD, GARANTIA, SERVICIO



Kit Freno Remolque

Válvula hidráulica que proporciona una nueva línea para el accionamiento del freno del remolque simultáneo con el del tractor.



Direcciones Hidrostáticas

Disponemos de una amplia gama para todos los modelos y marcas de tractores.



Kit Turbocompresores

"Scan Turbo" son turbocompresores completos para tractores y cosechadoras, desarrollados para obtener entre un 18% y un 20% más de potencia y par de torsión, con una relación óptima de potencia y consumo.

Recambios y Accesorios para Tractores y Maquinaria Agrícola

Polígono Industrial Agustines,
Calle A, Nave D - 13
31013 PAMPLONA - Navarra - España
Tels: 902 312318 - 948 312318
Fax: 948 312341
e-mail: agrinava@agrinava.com
www.agrinava.com

nan en memoria Eeprom y no se pierden en caso de fallo del suministro eléctrico. Generalmente se manejan directamente a través de su caja de control, situada en el interior del invernadero, introduciendo los parámetros de consigna y las actuaciones de manera muy sencilla. Disponen de la opción de poder conectar varios de estos controladores en serie, lo que permite conectar varios invernaderos que pueden tener distintos códigos de ajuste. El número de entradas por controlador oscila entre 6 y 128 (sensores de temperatura, humedad, finales de carrera, etc.), y el de salidas entre 12 y 256 (válvulas de apertura y cierre de la calefacción, bombas de riego y fertirrigación, apertura de ventanas automática, sistemas de refrigeración, etc.), permitiendo gestionar de 3 a 14 sectores diferenciados. El operario puede dividir el día en 3 ó 6 periodos, dependiendo del modelo, para de esta manera diferenciar las consignas y actuaciones de un periodo a otro. Como opción presentan sistema de alarma GSM, vía teléfono móvil; muy útil sobre todo en cultivos tan sensibles como los hidropónicos. Pueden controlar cualquier sistema activo de control del clima (ventilación, calefacción, nebuli-



Foto 2. Interior de controlador climático de gama alta.

zación, pantallas, etc.) en función de parámetros climáticos tanto exteriores como del interior del invernadero.

En la cresta de la ola de los equipos de control climático se encuentran los modernos y fiables procesadores industriales (como el MultiMa, al que pueden conectarse multitud de sensores, disponiendo de un número de entradas y salidas prácticamente ilimitado). Disponen de programas informáticos de manejo flexible, con multitud de posibles actuadores; y no existe, por tanto, una limitación en cuanto al número máximo de circuitos de calefacción, pantallas, válvulas o bombas. Mediante sistemas SCADA (Su-

pervisory Control And Data Acquisition) actúan sobre los equipos instalados en los módulos de los invernaderos, proporcionando comunicación entre el ordenador central y los dispositivos de campo: controladores autónomos, autómatas programables, etc. gestionan simultáneamente los equipos de climatización y riego, permitiendo variar a criterio del agricultor gran número de ajustes dentro de un mismo día. Estos equipos se gestionan a través de ordenador personal, y como opción permiten su manejo mediante ordenadores de bolsillo, con sistemas PAD o similares. Pueden gestionar hasta cien sectores, siendo prácticamente ilimitado el número de periodos diarios, circuitos de calefacción, ventanas, pantallas, ventiladores, etc. que pueden gestionar simultáneamente. El ordenador central puede estar a una distancia máxima de 1 km del armario que aloja los componentes electrónicos (foto 2), situado junto a o en el invernadero. No obstante, muchos de estos sistemas permiten gestionarse a través de Internet y el agricultor desde su domicilio puede saber qué está pasando en su explotación y modificar las consignas. Tienen la ventaja de que predicen el comportamiento del sistema, adelantando acontecimientos y preparando las actuaciones para que los parámetros estén entre las consignas establecidas. Desgraciadamente su precio es prohibitivo para la amplia mayoría de las explotaciones; está limita-

do a centros de investigación, públicos o privados, y a grandes explotaciones.

Aunque depende de la configuración para una finca y unos controles particulares, la gama baja ronda los 600 €, la media oscila entre 1.500 y 4.800 €, y la gama alta supera los 12.000 €.

Sensores electrónicos en invernaderos

Los sensores clásicos utilizados en los invernaderos están relacionados fundamentalmente con el control del clima y el riego. Algunos se instalan en el exterior del invernadero (foto 3), para la medida de parámetros del ambiente exterior, como velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, radiación solar y lluvia. Otros detectan la temperatura, humedad y concentración de CO₂ del aire interior. También son de uso generalizado los que miden el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva y la humedad del sustrato. Algunos equipos, como los de calefacción, tienen sensores como los encargados de medir la temperatura de las calderas, de las tuberías de calefacción, etc.

Por lo tanto, existe un amplio abanico de sensores electrónicos que se utilizan en los modernos invernaderos. Incluso los hay que miden: flujo de savia, temperatura del cultivo (por infrarrojos, muy conocidos y antiguos), temperatura de la hoja, diámetro del tallo, diámetro del fruto, velocidad del viento en la hoja... aunque estos últimos sólo se encuentran en centros de investigación y en pocas explotaciones. A continuación haremos un breve repaso de los de uso común por parte de nuestros agricultores para la medida de parámetros climáticos.

Temperatura

Para su medida se utilizan termopares, termorresistencias y termistores. Los primeros se basan en el efecto Seebeck por el que la unión de dos metales distintos genera una fuerza electromotriz proporcional a la tempera-

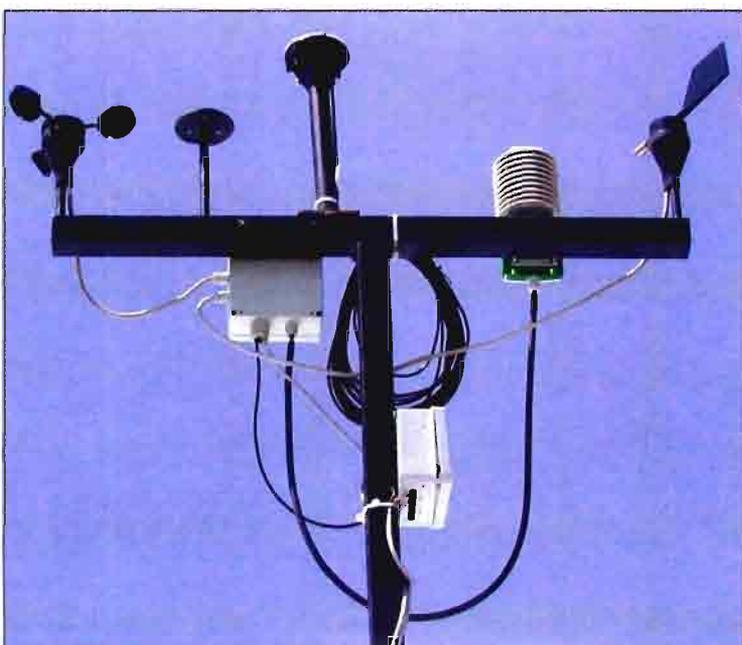


Foto 3. Estación meteorológica completa exterior.

tura que los rodea. Los segundos utilizan el aumento que se produce en la resistencia eléctrica de los metales puros en función de la temperatura. Y los termistores son cristales semiconductores o cerámicos cuya resistencia eléctrica varía con la temperatura ambiente.

Los clásicos en agricultura han sido las termorresistencias, como las Pt-100 y Pt-1000, que utilizan platino debido a la pureza con que se obtiene y a la constancia de sus propiedades físicas y químicas a lo largo del tiempo. La primera tiene una resistencia nominal a 0 °C de 100 Ω y la segunda, de 1.000 Ω. Pero cada vez son más utilizados los termistores y, como veremos más adelante, combinados con sensores capacitivos, para proporcionar una lectura conjunta de temperatura y humedad ambientales.

La gama de precios de los sensores convencionales de temperatura oscila entre los 60 y los 90 €. Existen otros dispositivos utilizados para aplicaciones agrícolas exclusivamente en investigación, como los basados en termografía infrarroja, con un precio muy superior (12.000-48.000 €).

Humedad

Una vez que pasaron a los museos los psicrómetros de cabello, actualmente se utilizan para medir la humedad los aspirópsicrómetros de bulbo seco y bulbo húmedo y los sensores capacitivos.

Los aspirópsicrómetros calculan la humedad en función de dos lecturas de temperatura, una mediante una sonda (Pt-100) que mide directamente la temperatura del aire. Llamada de bulbo seco, y otra idéntica a la anterior, pero embutida en una mecha que está permanentemente humedecida con agua destilada. La temperatura de bulbo húmedo es inferior a la de bulbo seco debido a que el agua en contacto con el termómetro se evapora, consume energía y lo enfría. A partir de estas temperaturas se obtiene fácilmente la presión de vapor, el déficit de presión de vapor, la humedad relativa y la temperatura del

punto de rocío. Evidentemente, estos equipos también proporcionan la temperatura del aire. Los dos termómetros, el depósito de agua y la mecha se encuentran en una caja, en cuyo interior se renueva el aire por medio de un pequeño ventilador. Algunos disponen de sensores de nivel de agua en el depósito, y proporcionan una señal de alarma cuando éste es bajo. Presentan el problema de que requieren un mantenimiento elevado, tanto para rellenar el depósito de agua destilada, como para sustituir la mecha que transporta el agua desde el depósito hasta el termómetro de bulbo húmedo.

Algunas delgadas láminas de polímeros cambian su constante dieléctrica en función de la cantidad de vapor de agua del aire que las rodea; este principio es el que utilizan los sensores capacitivos, de uso cada vez mayor en agricultura. Tradicionalmente presentaban el problema de que se saturaban cuando la humedad relativa era alta, produciendo lecturas erróneas. Teniendo en cuenta que ésta es una situación muy común en los invernaderos, su uso ha sido muy limitado, a favor de los aspirópsicrómetros.

Hoy día han mejorado mucho los sensores capacitivos para la medida de la humedad y ya existen modelos muy fiables dentro del intervalo del 0-100% de humedad relativa. Estos dispositivos presentan precios muy competitivos y no requieren apenas mantenimiento.

El precio de los sensores de humedad oscila entre los 300 y los 1.000 €.

Radiación

Existen diversos sistemas de medida de la radiación solar, que pueden medir varios componentes de ésta: radiación solar global, directa, difusa, neta, ultravioleta, infrarroja, fotosintéticamente activa, etc. Los más utilizados en invernaderos comerciales son los luxómetros, que miden inten-

sidad de iluminación "lux" (lumen/m²), en el intervalo de la radiación visible (380-760 nm de longitud de onda), y normalmente de 0 a 150 kLux.

También se utilizan los piranómetros, que miden radiación solar global, proporcionando una medida de la densidad de flujo, es decir, la cantidad de energía recibida por unidad de superficie y tiempo (W/m²). Miden la radiación (rango espectral) entre 400 y 1.100 nm. En investigación son muy utilizados los sensores de radiación fotosintéticamente activa, sensores PAR, por la medida de la radiación en el intervalo que más incide sobre la fotosíntesis (400-700 nm). Los sensores PAR normalmente proporcionan valores de salida en densidad de flujo



Foto 4. Dispositivo para la medida de la temperatura, humedad y concentración de CO₂.

de fotones (μmol/m²·s). Con frecuencia la radiación PAR se expresa en unidades de Einstein, que equivale a un mol de fotones de radiación PAR.

El precio de estos sensores oscila entre los 250-1.200 €.

Viento

De este fenómeno atmosférico interesa su dirección y velocidad. La primera se mide con simples veletas potenciométricas, que proporcionan una señal electrónica de salida proporcional al ángulo que ésta forma con el Norte. Su precio oscila en torno a los 300 €.

La velocidad del viento se mide normalmente en el exterior del invernadero mediante anemómetros de cazoletas. La velocidad de giro de las mismas es fun-

ción cuadrática de la velocidad media horizontal y de ciertos parámetros geométricos de diseño de las cazoletas. Normalmente estos sensores incorporan una dinamo taquimétrica, cuya salida analógica es proporcional a la velocidad del viento. El intervalo normal de medida es de 0 a 30 m/s, y su precio aproximado es de 260 €. En investigación también se utilizan sensores de velocidad de viento con tecnología de anemometría de hilo caliente y, en menor medida, anemómetros sónicos.

Concentración de CO₂

Se efectúa su medida con sensores IRGA (Infra-Red Gas Analyzer) basados en la diferente absorción que producen los gases al paso de la radiación infrarroja. De esta manera, la absorción de radiación que se produce en una muestra de aire es proporcional a su concentración de CO₂. La precisión de estos sensores es muy sensible a la humedad ambiental, debido a la alta absorción que también realiza el vapor de agua. Tienen un rango de medida de 0-2.000 ppm (partes por millón), con un error inferior a 20 ppm. El sistema convencional consistía en la instalación de un único sensor por finca y se disponía de unos conductos dirigidos cada uno a un sector, por los cuales se succionaba alternativamente aire de cada uno de ellos y se analizaba en el mismo sensor. La medida de cada sector no era en tiempo real y existía un riesgo de condensaciones en los conductos, aunque su precio es muy competitivo. Hoy día también se puede instalar un sensor en cada sector debido a la caída de precios que afortunadamente se ha producido en todos los componentes electrónicos.

Actualmente existen modelos combinados, como el Ektron-II C, que miden temperatura, humedad y concentración de CO₂ (foto 4). El precio de estos modelos ronda los 1.500 €. ■