

Para reducir el consumo de energía y el impacto medioambiental, son necesarios nuevos enfoques en la producción de planta en maceta. Desde Dinamarca, el IntelliGrow® es una excelente propuesta.

Un nuevo concepto de control climático

CARL-OTTO OTTOSEN[1], EVA ROSENQVIST[1] Y JESPER MAZANTI AASLYBG[2]

[1]Departamento de Horticultura, Instituto Danés de Ciencias Agrarias Aarslev, Dinamarca

[2]Deptartamento de Ciencias Agrarias, Universidad Real de Veterinaria y Agronomía, Copenhagen, Dinamarca

Para reducir el consumo de energía y también el impacto medioambiental general, ser necesitarán nuevos enfoques en la producción de planta en maceta. Una nueva aproximación se describe aquí, bajo la forma de un sistema de control climático basado en la fotosíntesis de la planta. Experimentos realizados en Dinamarca muestran que es posible ahorrar entre el 25 y el 48% del consumo de energía sin afectar la calidad de la planta ni los calendarios de producción.

El clima desde el punto de vista de la planta

Tradicionalmente se trata de mantener el clima en el invernadero de la forma más constante que se pueda, aunque algunas variaciones entre el día y la noche son posibles.

Pero ocurre que a menudo en la realidad se producen diferencias apreciables entre los parámetros programados y los que se registran en el invernadero. Cuando el nivel natural de luz es bajo,





¿Qué planta preferiría? La diferencia en la cantidad de energía puede ser tanto como un 30%, pero no se registran diferencias en el tiempo de producción.

IntelliGrow® usa las pantallas de sombreo mas durante el invierno que durante el verano.

puede ser difícil de complementar con iluminación artificial – especialmente dado que los costos de la electricidad son altos y los de calefacción se incrementan constantemente. Cuando la temperatura exterior es alta, no es posible enfriar el invernadero, excepto mediante sombreo y ventilación.

Y cuando las ventanas están abiertas, no es posible realizar fertilización carbónica. Así que cuando el nivel de luz es elevado, se pierde producción potencial, y si es bajo, el crecimiento de las plantas resulta costoso en términos de energía.

Durante el invierno, el nivel de luz ambiental – en Dinamarca, *N. del T.* – está lejos de ser adecuado - menos de 500 µmol/m^2 s PPFD (ver paralelo de equivalencias) o aproximadamente 110 W/m^2 PAR – y dado que la luz es la fuente de energía que se aprovecha en la fotosíntesis y el crecimiento de la planta, se deduce que bajo condiciones de iluminación pobres, los otros factores medioambientales no pueden ser aprovechados eficientemente. El nivel de iluminación es entonces el factor limitante del crecimiento durante el invierno. Si la temperatura se reduce debido al bajo nivel de luz, se puede disminuir también el nivel de la calefacción, porque de todas maneras esa temperatura no puede ser usada en el crecimiento y se desperdiciará.

Si el nivel de luz es el adecuado, las plantas son capaces de utilizar tanto la mayor temperatura como una la mayor concentración de CO_2. Además, el ahorro potencial de energía que surge de un manejo dinámico del clima presenta otra ventaja. Si las condiciones en el invernadero se mantienen más o menos constantes, el resultado será un crecimiento vigoroso, pero con el riesgo de producir plantas sin la capacidad de adaptarse.

Estaremos produciendo material que no está acostumbrado a los cambios, y en consecuencia con una capacidad reducida para enfrentar las tensiones poscosecha, y en consecuencia con menor vida útil.

En Dinamarca se ha desarrollado un sistema de control climático, IntelliGrow®, cuyo objetivo es suministrar temperatura y CO_2 en esos períodos en que las plantas puedan hacer uso óptimo de los recursos. De esta forma es posible ahorrar energía con cambios mínimos en el calendario de producción. Este sistema ha estado siendo experimentado y ajustado desde el invierno de 1997/98.

■ Experimentos realizados en Dinamarca muestran que es posible ahorrar entre el 25 y el 48% del consumo de energía sin afectar la calidad de la planta ni los calendarios de producción

¿Cómo trabaja IntelliGrow®?

El sistema incluye un invernadero tradicional pero bien equipado, con un PC estándar de control climático, un controlador con un gran número de sensores y un programa con todos los componentes necesarios. El clima se mide a tres niveles: dentro y fuera del invernadero y sobre la superficie vegetal. Los dos primeros niveles se miden mediante procedimientos convencionales, mientras que para las medidas que se obtienen a nivel del plano vegetal se utiliza una nueva tecnología.

A este nivel de las plantas, la temperatura y la concentración del CO_2 se miden entre las plantas y en el plano inmediatamente por encima de ellas; el nivel de iluminación se mide por debajo y exactamente por encima de las plantas. Los componentes biológicos y físicos necesitan información climática exacta si han de trabajar correctamente y aun pequeñas diferencias pueden ser importantes.

La información obtenida en distintos puntos se transmite al ordenador climático, que es el con-

trola realmente el clima del invernadero. Un valor de regulación de 100% asegura una fotosíntesis máxima, pero el uso de energía y el consumo de CO_2 son altos. Una estrategia más razonable es regular el sistema a un 80 a 90% de la fotosíntesis óptima.

El clima

Este tipo de control climático da por resultado un clima muy dinámico. Durante las pruebas, la temperatura osciló entre los 15° y 30° C. Estos valores deben ser ajustados al cultivo en cuestión, pero los límites siempre serán más bajos o más altos que los estándares actuales.

Durante la noche, la temperatura se mantiene al nivel mínimo de 15° C. Cuando el Sol de un día primaveral comienza a tener un cierto efecto, las pantallas de sombreo se recogen más tarde de lo que suele hacerse normalmente en la actualidad (Fig. 1). Si el tiempo está muy nublado, la temperatura no se eleva por encima de los 15° C, mientras que en un día soleado aquella puede subir hasta 30° C, y solamente entonces se abren las ventanas. Dado que esto ocurre muy rara vez durante el invierno, los invernaderos necesitarán muy poca ventilación. Las pantallas se cierran nuevamente a la puesta de sol. La temperatura descenderá lentamente hasta 15 °C, pero la ventilación no se utiliza para bajar la temperatura.



Compartimentos grandes en los invernaderos utilizan demasiada energía para la calefacción. Por eso, un control climático basado en la respuesta de las plantas a la luz puede suponer un gran ahorro.

El clima obtenido con este manejo es muy diferente del clima que normalmente hay hoy en los invernaderos. El límite superior de temperatura de 30°C es particularmente alto, pero los experimentos no se constataron daños a las plantas.

Además, no se han encontrado tampoco problemas con condensación de vapor de agua sobre las plantas, probablemente debido a que el aire se enfría lentamente y se condensa principalmente en las ventanas y no sobre las plantas, dificultando la acción de los patógenos que atacan las hojas.

Se puede ahorrar mucha energía

Comparado con un sistema de control climático estándar, los ahorros de energía en el período invernal ha sido del orden del 20 al 40%. Estos ahorros de energía



Cuadro 1:

Temperatura y concentración de CO_2 a diferentes niveles de intensidad lumínica y puntos de porcentaje de fotosíntesis (IntelliGrow®).

	Temperatura, °C							
	15	16	19	21	23	25	27	29
350	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9
400	2.1	2.6	2.8	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2
600	2.4	2.9	3.1	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0
800	2.6	3.1	3.3	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5
1000	2.7	3.1	2.5	3.5	3.5	3.7	3.8	3.9
1200	2.7	3.2	3.5	3.7	3.8	4.0	4.1	4.2
1400	2.8	3.2	3.6	3.8	4.0	4.1	4.3	4.4
1600	2.8	3.2	3.6	3.9	4.1	4.3	4.4	4.6

80% fotosintesis

100% fotosintesis

En este experimento se mide la respuesta de la fotosíntesis para poder calibrar los modelos fotosintéticos de distintos cultivos.

se deben a temperaturas nocturnas más bajas, ajuste de la temperatura del día al nivel de luminosidad, un mayor nivel de ventilación y mejor utilización de la energía sin costo.

La respuesta de las plantas a un clima dinámico depende de las especies y de la época del año en que se realiza el cultivo. Durante los meses de otoño, el crecimiento y la floración se retrasaron levemente, mientras que en primavera la tasa de crecimiento se vio incrementada.

Durante los meses de invierno las plantas se volvieron más compactas, mientras que más tarde, en la primavera crecieron en longitud y en peso seco. El número de yemas y flores parece que se incrementa con el control climático dinámico.

IntelliGrow® ha sido probado con numerosas especies de plantas, tales como rosas en maceta, *Hibiscus, Campanula, Asters, Gerbera, Kalnchoë, Chrisantemum, Petunia* y diferentes hierbas, y también, con éxito, en pepino y pimiento.

En los experimentos más recientes se han combinado el uso de clima dinámico y control de temperatura media. El tiempo de producción de las plantas (tiempo

■ IntelliGrow® es un sistema de control climático cuyo objetivo es suministrar temperatura y CO_2 cuando las plantas pueden hacer uso óptimo de los recursos. Así es posible ahorrar energía con cambios mínimos en el calendario de producción



La medición de la luz

La luz puede ser vista por el ojo humano en un rango de longitudes de onda entre aproximadamente 450 – 750 nm, y se mide en lúmenes. La planta utiliza niveles entre 400 – 700 nm para la fotosíntesis. Se mide como la "radiación fotosintéticamente activa" (PAR, en inglés), W/m² o "densidad de flujo de fotones fotosintéticos", PPFD, µmol/m²s. El último es un estándar internacional para la medida del nivel de luz en relación con la fotosíntesis de la plantas.

1 W/m² (PAR) = 4.6 µmol/m² s (PPFD).

Plena luz de Sol en verano a mediodía tiene un PPFD de aproximadamente 2000 µmol/m² s en el Norte de Europa; en el Mediterráneo, este valor asciende hasta alrededor de 2500 µmol/m² s.

hasta la floración) no presentó diferencias entre los distintos tratamientos. Las plantas respondieron positivamente a los cambios climáticos. *Hedera* presentó tallos más largos y las margaritas fueron más cortas con el control dinámico del clima.

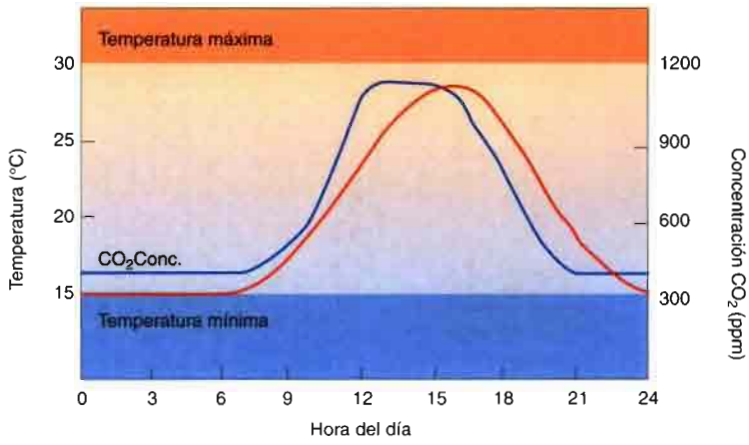
Los resultados indican que usando una combinación de un clima dinámico basado en fotosíntesis y un control de la temperatura promedio se puede obtener no solo un ahorro marcado de energía, sino también una calidad superior para esas plantas.

Cómo aplicar los conocimientos actuales en nuestro propio invernadero

Aun cuando estos sistemas de control climático no están aun disponibles comercialmente, mucha de la experiencia obtenida en los experimentos puede aplicarse para ajustar los controles climáticos en los invernaderos que disponen de algún tipo de control climático.

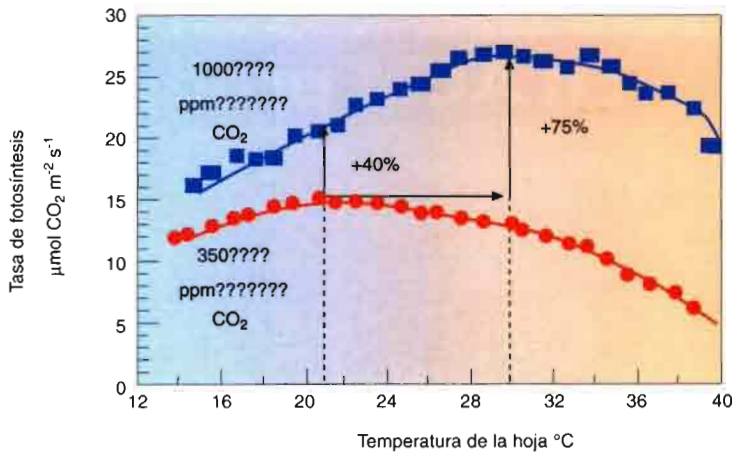
Si la irradiación es baja, el punto de control de temperatura se ajusta en 15°C. No obstante, en la mayoría de los casos, la temperatura subirá de forma pasiva y por encima de 20°C.

Figura 1:
Temperatura y concentración de CO_2 en invernadero en un día soleado.



No sólo aumenta la tasa fotosintética con el incremento de la concentración de CO_2, sino que también lo hace el óptimo de temperatura para la fotosíntesis.

Figura 2:
Respuesta fotosintética de crisantemo medida a un nivel saturado de irradiación y dos concentraciones de CO_2.



El primer paso para imitar los climas dinámicos obtenidos con IntelliGrow® es ampliar el rango de fijación de temperatura entre los puntos mínimos y máximos, de forma que el mínimo nocturno sea más bajo que el actual. Esto puede ir haciéndose por etapas, para ir ganando experiencia, dependiendo de las especies.

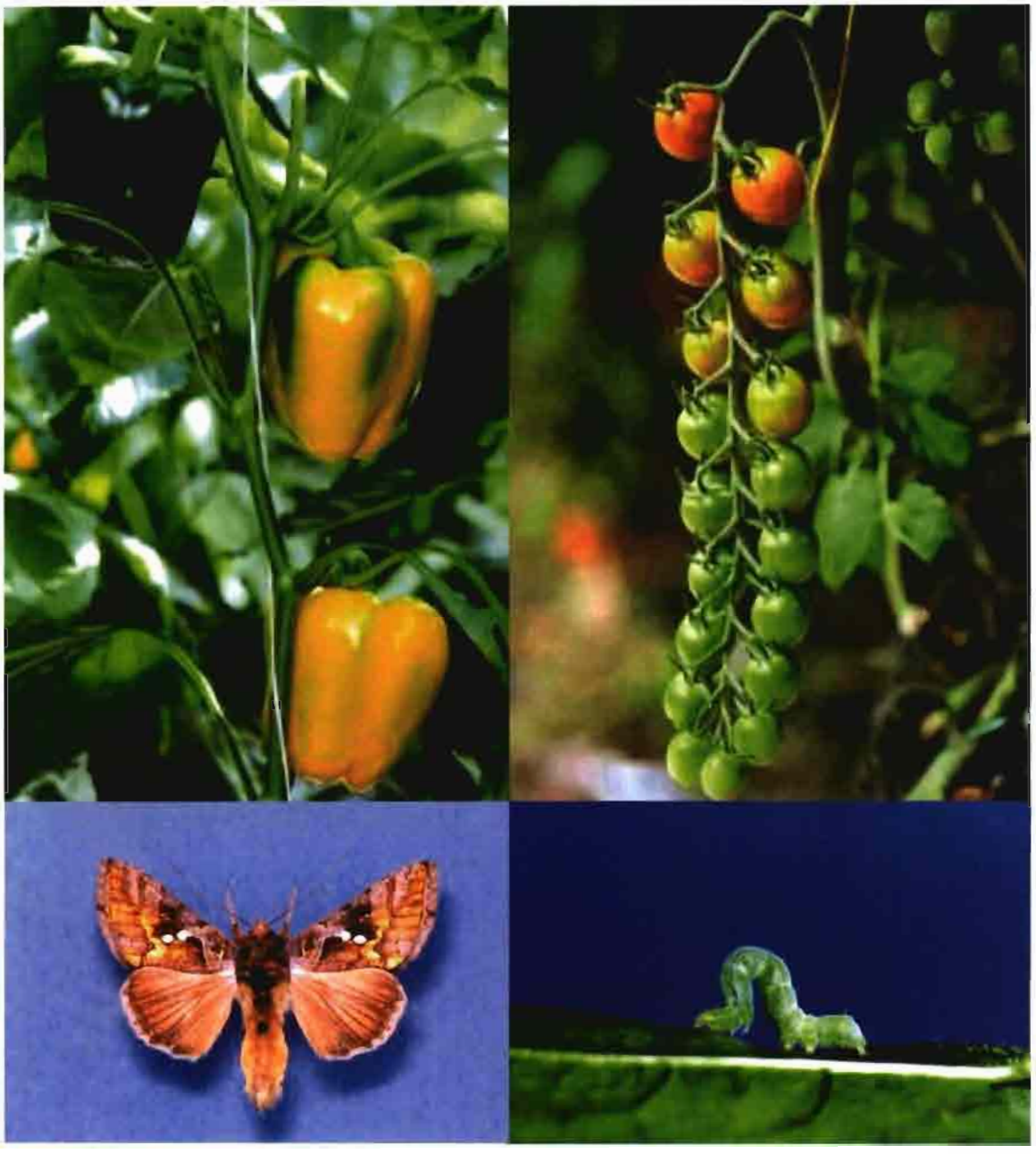
El siguiente paso requiere ordenadores climáticos, con capacidad de incrementar las temperaturas de acuerdo al nivel de intensidad de luz, y controles similares que incrementen el nivel de CO_2, también si hay suficiente nivel de luz disponible. Los productores daneses han comenzado a usar el clima dinámico en diferente grado, y su organización profesional afirma que es la razón principal del descenso general del uso total de energía en la industria del invernadero en los últimos años.

Para saber más...

CO.Ottosen@agrsci.dk

Turex®

Para el control de orugas



Ideal para programas de IPM/ICM

CERTIS

Las mejores soluciones para sus cultivos