

GROWERTALKS

Features

10/25/2010

Heating Solutions: Ten Ways To Heat Your House

S. Burnett, B. Krug, N. Mattson, R. Lopez & C. Currey

Improving your greenhouse's fuel efficiency is a great way to become more sustainable. It reduces the environmental impact of your business by reducing fuel usage and your carbon footprint. Improving fuel efficiency is also good for your bottom line; many improvements in the sustainability of your greenhouse heating system will save money by lowering fuel costs.

Over the past few years, the creativity of growers and Extension professionals in their approaches to save fuel has inspired us. Here are 10 creative ideas for improving the sustainability of greenhouse heating:

1. Change your fuel source. The cost of traditional fuel has fluctuated, and in some cases, doubled over the past 10 years. Some growers have decided to switch to some very unusual fuel sources rather than wait for the next increase in fuel prices. At Laughing Stock Farm in Freeport, Maine, Ralph and Lisa Turner are refining waste cooking oil from local restaurants to heat their greenhouses. The restaurants provide this oil at no cost since they would normally pay to have it removed and disposed. This creative fuel source saves money for the Turners and the local restaurants. It also reduces the amount of waste oil going to waste facilities. Other alternate fuel sources include wood chips and waste corn.

2. Grow bedding plants in high tunnels. For cool crops or later spring sales, consider growing without heat in a temporary structure. A high tunnel, or unheated polyethylene covered greenhouse, only costs \$1.00 to 2.00 per sq. ft. to build. High tunnels provide shelter from wind and rain and somewhat warmer temperatures than outdoors. However, high tunnels are not a perfect solution; night temperatures are often the same temperature as outdoors and occasionally cooler. High tunnels excel on cool sunny days when they trap heat for much warmer day temperatures than outdoors. The temperature averaged across the day and night is important for driving plant development. Therefore, high tunnels help plants grow faster than outdoors, although, slower than in a heated greenhouse.

In a high tunnel at Cornell University (Ithaca, New York) the average air temperature from April 1 to May 15, 2008, was 58°F (14°C); outdoor average temperature was 53°F (11°C). We looked at the finish time of five bedding plant species transplanted into 4-in. pots on

April 1 (Table 1). Compared to our heated greenhouse (average temperature 65°F [18°C]), there was only a slight delay in flowering in the high tunnel.

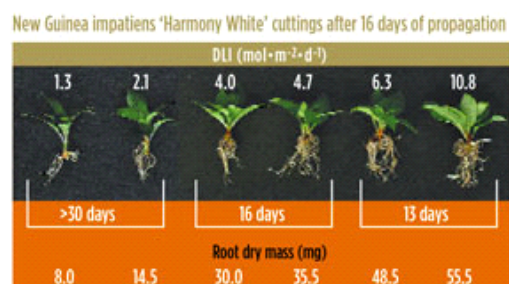
	High Tunnel Flower Date	Greenhouse Flower Date
Marigold Safari Orange	May 1	April 26
Pansy Delta Formula Mix	May 10	May 9
Petunia Dreams Midnight	May 4	April 29
Snapdragon Montego Mix	May 11	May 4
Zinnia Dreamland Mix	May 6	April 30

3. Add root-zone heat. One of the problems in using a high tunnel is the risk involved—one night of hard frost could destroy your crop. The other difficulty is that because you can't control the indoor temperature, your crop may finish later than your market window. If you're using a high tunnel, a low-tech (read: low-cost) heating solution may be right for you. A household gas or electric hot water heater provides root-zone heat. Huguenot Street Farm in New Paltz, New York, successfully uses an electric hot water heater to start vegetable transplants in mid-March in their 1,500 sq. ft. high tunnel (pictured right).

Their heating costs for the spring season are \$125.00. Ron and Kate Khosla offered some tips: place foam insulation board on wooden benches, then place rubber tubing on top. This keeps heat at the root zone. They re-wired their 80-gal. heater so both heat elements operate at the same time, providing more heating power during cold nights. Reemay fabric provides a secondary cover to further trap heat on cool nights. Finally, the Khoslas note that only 500 sq. ft. of their tunnel is heated bench space. The rest of the floor space is used for hardening off transplants before they go outside.

4. Know the photoperiod requirement of your crops. Many bedding plants have a photoperiodic flowering response; long (LD) or short days (SD) promote flowering. When scheduling crops, take the time to identify if the crop has a photoperiod response so you can increase the accuracy of your production schedule and thus reduce timing and increase fuel efficiency.

If you want to sell your plants in color, knowing how to induce flowering will help you get your crop ready for your target sales date. If you're growing plants under a non-inductive photoperiod, you'll increase production time just waiting for them to flower! Let's say you want Crop "B" in flower for Memorial Day Weekend sales, Week 22. It's a SD plant that flowers about five weeks after the start of SD. To get plants flowering by the target sales date, you'd want to start SD around Week 17.



5. Know the power of supplemental lighting. Daily light integral (DLI) is an important environmental variable that should be measured in every greenhouse. It refers to the cumulative number of light particles or photons received each day in a particular area expressed as moles of light (mol) per square meter per day (or mol·m⁻²·d⁻¹).

DLI can influence root and shoot growth of seedlings and cuttings, finished plant quality, and most importantly, timing (energy

savings). Research conducted at Michigan State University and Purdue University has indicated that as DLI during propagation of unrooted cuttings and seedlings increases, rooting, biomass accumulation and quality generally increases, while propagation time and subsequent time to flower generally decreases.

For example, as propagation DLI increased from 1 to 11 mol· (m²· d⁻¹), time to produce a liner of New Guinea impatiens Harmony White decreased from greater than 30 days to approximately 13 days (picture above, left). In this scenario, a grower who uses supplemental lighting during propagation would save on 17-plus days of heating!

6. Virtual Grower. The USDA has developed a program that allows growers to estimate fuel heating and electricity costs for supplemental light, and predict the growth of certain crops. The best part of this powerful software is that it's free! Once you've downloaded and installed the program you can "build" a virtual greenhouse specifying the dimensions, covering type, heat source and fuel source. You can then program the temperatures used on your crops throughout the year. Virtual Grower will then calculate fuel costs.

Virtual Grower is very flexible, so take some time to get to know it and see what you can save by making changes to your greenhouses and production. Download Virtual Grower at <http://www.ars.usda.gov/research/docs.htm?docid=11449>.

7. Grow cold-tolerant crops. Many greenhouse-grown crops are heat-tolerant, like annual vinca (70F/65F [21C/18C] day/night), pentas (72F/62F [22C/16C] day/night), New Guinea impatiens (68F/65F [20C/18C] day/night), and basil (75F/65F [23C/18C] day/night). If you grow in the coldest regions of the country, consider minimizing the number of heat-loving plants you grow, and focus on choosing cold-tolerant crops. For example, broccoli or ornamental cabbage and kale (55F/50F [12C/10C] day/night), pansies (65F/60F [18C/15C] day/night), and osteospermum (55F/45F [12C/7C] day/night) could be grown at much lower temperature set points.

This change may allow you to reduce the greenhouse temperature set point and save fuel. Some growers have started creatively using this concept during the coldest winter months. Everlasting Farms in Bangor, Maine, grew lettuce, kale, bok choy and other cold-loving vegetables for the local food market this winter. During the spring, once the outdoor temperatures begin to warm up, it's cheaper to transition into growing bedding plants, specialty annuals and other perennials that require warmer temperatures.

8. Store excess heat in water tanks. This process can be expensive, complicated and high-tech, but can also be very simple and easy. In sophisticated systems, the primary boiler used for greenhouse heating actively heats water continuously. This type of set-up avoids running a boiler at maximum capacity (low efficiency) when heat is needed the most, but instead requires a boiler to be run at optimum efficiency, 24 hours a day. In this scenario, the boiler is over-producing heat during the day but under-producing heat at night. The excess heat during the day is stored in a large (in the order of tens of thousands of gallons, depending on your greenhouse size) holding tank. Heat is then extracted from the tank during portions of the night when the boiler is under-producing heat. Running a boiler constantly offers fuel efficiency over cycling it on and off over the course of a day.

A low-tech method built on the same principle of storing heat in water can also be utilized. Think about how

areas near large bodies of water have more moderated temperatures than those areas farther inland; the water in the ocean or lake acts as a buffer. Storing large amounts of water in the greenhouse near your crops can do the same thing. In an operation in New Hampshire, the grower has filled all unused space under the benches with 50-gal. drums filled with water. This water heats up due to solar gain during the day and acts as the buffer during cooler nights.

9. Insulate the perimeter of your greenhouse. This has one of the shortest paybacks on investment (potentially less than one year according to John Bartok). If you are constructing a new structure, consider adding a 1- to 2-in. rigid foam insulation below grade, 18 in. to 24 in. deep, around the perimeter. At a depth of 24 in., the costs should be around just over \$1.00 per linear foot. Although more difficult, you could also add this perimeter insulation below grade to existing houses. If you're dealing with existing structures and the thought of digging an 18- to 24-in.

trench around the perimeter of your greenhouse sounds less than exciting, think about other places you can insulate easily. The glazing materials we use are excellent at transmitting light, but also lose heat easily. Often, there is a considerable amount of greenhouse glazing that provides little to no benefit to light transmittance. Think about the 2 ft. to 3 ft. below your benches; adding a layer of insulation in these areas translates into substantial savings.



10. Use a larger plug size. While larger-sized plugs are more expensive per plant, they produce a finished crop more quickly. At Cornell, we transplanted Petunia Wave Purple plants into hanging baskets on April 8. Plants came from 144-, 288-, or 512-cell plug trays. On May 27, containers with 144- or 288-cell plants were considered marketable (having 15 to 20 flowers each), while baskets with 512-cell plants averaged only one flower. In general, consider larger plugs if this allows you to delay heating a greenhouse for two weeks. If a space will already be heated, then you might as well use it and transplant smaller plugs earlier.

Heating sustainably can involve changing a small aspect of your greenhouse or production schedule, or making a larger investment. Hopefully, these ideas will give you some creative heating solutions to integrate into your business in order to reduce heating costs. **GT**



Stephanie Burnett, University of Maine, sburnett@maine.edu; Brian Krug, University of New Hampshire Cooperative Extension, brian.krug@unh.edu; Neil S. Mattson, Cornell University, nsm47@cornell.edu; Roberto G. Lopez and Christopher J. Currey, Purdue University, rglopez@purdue.edu,

ccurrey@purdue.edu are members of the Floriculture Sustainability Research Coalition.

Diez maneras de proveer calefacción en sus invernaderos

POR A. Torres, S. Burnett, B. Krug, N. Mattson, R. Lopez & C. Currey

Ahora que la temporada de invierno y la necesidad de calefacción han comenzado, es el mejor momento

para evaluar sus prácticas de producción y pensar en maneras de proveer calefacción más sostenibles para el próximo invierno.

Mejorar la eficiencia del uso del combustible en sus invernaderos es una gran manera de ser más sostenibles. Esto reduce el impacto medioambiental de su negocio al reducir el consumo de combustible y las emisiones de carbono. Mejorar la eficiencia del uso de combustibles es también saludable para su negocio; muchas mejoras en la sostenibilidad de su sistema de calefacción de invernaderos le ayudarán a ahorrar dinero al reducir los costos de energía.

En los últimos años, los enfoques creativos en ahorro en energía de ciertos productores y los profesionales trabajando en extensión nos han inspirado. Aquí les presentamos 10 ideas creativas para mejorar la sostenibilidad en la calefacción de invernaderos:

1. Cambie su fuente de combustible.

El costo del combustible convencional fluctúa constantemente y en ciertos casos hasta se ha duplicado en los últimos 10 años. Algunos productores han decidido cambiar a algunas fuentes inusuales de combustibles antes que esperar por el próximo incremento en sus precios. En los invernaderos Laughing Stock en Freeport, Maine; Ralph y Lisa Turner están refinando residuos de aceite de cocina de restaurantes locales para calentar sus instalaciones. Esta fuente creativa de combustible le ahorra dinero a los Turner y a los restaurantes locales. También reduce la cantidad de residuos de aceite de cocina que van a las instalaciones de manejo de residuos. Otra fuente alternativa de combustible incluye el uso de astillas de madera y residuos de maíz.

2. Produzca plantas en invernaderos túneles.

Con cultivos de clima templado o para venta al final de la primavera debe considerarse producirlos en estructuras temporales sin calefacción. Invernaderos túneles, o invernaderos cubiertos de polietileno sin calefacción solo cuestan alrededor de \$1.00-2.00 por pie cuadrado de superficie. Los túneles proveen cobertura del viento, la lluvia y de alguna manera temperaturas más cálidas que el exterior. Sin embargo, estos túneles no son la solución perfecta; las temperaturas nocturnas son a menudo similares a las exteriores y ocasionalmente más frías. Sin embargo, los túneles son una ventaja en días frescos y soleados ya que estos atrapan calor y crean temperaturas más cálidas que en el exterior. Por lo tanto, los túneles ayudan al crecer plantas más rápidamente que en el exterior, sin embargo el crecimiento es más lento que en los invernaderos con calefacción.

En un invernadero túnel en la Universidad Cornell (Ithaca, New York), la temperatura promedio desde el 1ero de Abril al 15 de Mayo del 2008 fue de 14C (58F). Al aire libre la temperatura promedio fue de 11C (53F). Nosotros medimos el tiempo de llevar a floración 5 especies de bedding (plantas de jardín) transplantadas en contenedores de 4 pulgadas el 1 de Abril (Tabla 1). Comparado a un invernadero con calefacción (temperatura promedio de 18C (65F), se puede ver un ligero retraso en el tiempo a floración en los cultivos que crecieron en los invernaderos túnel.

Tabla 1 (a la derecha). Promedio de		Fecha de Floración en Invernadero Túnel	Fecha de Floración en Invernadero con Calefacción
-------------------------------------	--	---	---

fecha de floración de plantas transplantadas el 1ero de Abril y creciendo en invernadero túnel o invernadero con calefacción.

Marigold Safari Orange	1 de Mayo	26 de Abril
Pansy Delta Formula Mix	10 de Mayo	9 de Mayo
Petunia Dreams Midnight	4 de Mayo	29 de Abril
Snapdragon Montego Mix	11 de Mayo	4 de Mayo
Zinnia Dreamland Mix	6 de Mayo	30 de Abril

3. Añada calefacción a la zona radicular.

Uno de los problemas de usar invernaderos túnel son los riesgos que estos involucran—una noche de fuerte helada podría destruir sus cultivos. La otra dificultad es que debido a que no se puede controlar la temperatura interior, sus cultivos podrían ser finalizados más tarde que su fecha tope. Si Ud. esta usando un invernadero túnel, una baja tecnología (léase bajo costo) de calefacción podría ser muy útil. Calefactores de agua de hogar a gas o eléctricos pueden proveer calefacción a la zona radicular de sus plantas. Los invernaderos Huguenot Street en New Paltz, New York, exitosamente usan un calefactor eléctrico de agua para los vegetales que son transplantados a mediados de Marzo en sus 1,500 pies cuadrados de invernaderos túnel (Foto 1 arriba).

Sus costos de calefacción en la primavera son únicamente alrededor de \$125.00. Ron y Kate Khosla nos ofrecen algunos tips: colocar espuma de aislamiento en las camas de cultivo de madera así puede mantener cálida la zona radicular. Adicionalmente, ellos cablearon doblemente su calefactor de 80 galones, así ambos elementos de calefacción operan al mismo tiempo proveyendo mayor poder de calefacción durante las noches frías. El tejido Reemay provee una cobertura secundaria para atrapar más el calor durante las noches frías. Finalmente, los Khoslas nos dicen que solo 500 pies cuadrados de sus túneles tiene camas de cultivo con calefacción incorporadas, el resto del espacio es usado para tonificar los transplantes antes de llevarlos al exterior.

4. Conozca los requerimientos de fotoperiodo de sus cultivos.

Muchas plantas ornamentales tienen una respuesta de floración de acuerdo a su requerimiento fotoperiodico: días largos (long day o LD en inglés) o días cortos (short day o SD en inglés) promueven floración en ciertos cultivos. Cuando este creando los calendarios de producción para los cultivos le recomendamos que se tome un tiempo para identificar si cada cultivo tiene una respuesta fotoperiodica; así se puede aumentar la exactitud de su calendario de producción, reducir el tiempo e incrementar la eficiencia del combustible.

Si Ud. desea vender sus plantas en floración, conocer como inducirlas a floración le ayudará a tener sus cultivos listos para fechas específicas. Si Ud. esta produciendo plantas sin inducirlas a sus respectivos fotoperiodos y solo espera a que lleguen a floración, esto solo incrementa el tiempo de producción! Digamos que Ud. desea producir 'Cultivo B' en flor para ventas en el fin de semana de Memorial Day, la

semana 22. Si su cultivo es de día corto y este toma alrededor de 5 semanas para floración después de empezar los días cortos, para tener las plantas en flor para su fecha tentativa Ud. debería empezar a proveer días cortos a su cultivo en la semana 17.

5. Conozca el poder de proveer iluminación suplementaria.

Luz diaria integrada (DLI en inglés) es un importante parámetro ambiental que debe ser medido en cada invernadero. Este parámetro se refiere al número acumulativo de partículas de luz o fotones recibidos cada día en una área definida y se expresa en moles de luz (mol) por metro cuadrado por día ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$).

DLI puede influir en el crecimiento de las raíces y tallos de plántulas y esquejes, la calidad final de plantas, y más importante, el tiempo de producción (lo que afecta su ahorro de energía). Investigaciones conducidas en la Universidad Estatal de Michigan y la Universidad Purdue indican que mientras aumenta la DLI durante la propagación de plántulas y esquejes, el enraizamiento, la acumulación de biomasa, y la calidad de las plantas generalmente aumenta; mientras que el tiempo de propagación y posterior tiempo a floración generalmente se reduce.

Por ejemplo, cuando la DLI durante propagación incrementó de 1 a 11 moles ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$), el tiempo de producir esquejes de New Guinea impatiens 'Harmony White' se redujo de 30 a 13 días, aproximadamente (Foto 2 arriba). En este escenario, un productor que usa iluminación suplementaria durante propagación puede ahorrarse aproximadamente 17 días o más de calefacción!

6. Virtual Grower (Productor virtual)

La USDA ha desarrollado un programa que permite a los productores estimar los costos de calefacción a combustible o electricidad para proveer luz suplementaria, y predice el crecimiento de ciertos cultivos. La mejor parte de este poderoso programa es que es totalmente gratis y en Español! Una vez que haya descargado el programa Ud. puede 'construir' su propio invernadero virtual especificando las dimensiones, el tipo de cobertura, las fuentes de calor y combustibles. También se pueden programar las temperaturas usadas en sus cultivos durante todo el año.

Virtual Grower es un programa muy flexible, por eso le recomendamos tomar su tiempo para que se familiarice y pueda determinar cuánto se ahorraría al hacer cambios en sus invernaderos y sus prácticas de producción. Ud. puede descargar Virtual Grower en: <http://www.ars.usda.gov/research/docs.htm?docid=11449>.

7. Crezca cultivos tolerantes a climas templados.

Muchos cultivos que se producen en invernaderos son tolerantes a climas calidos como vinca 21C/18C (70F/65F) día/noche, pentas 22C/16C (72F/62F) día/noche, New Guinea impatiens 20C/18C (68F/65F) día/noche, y albahaca 23C/18C (75F/65F) día/noche. Si sus instalaciones se encuentran localizadas en las regiones más frías del país, Ud. debe considerar minimizar el número de plantas de clima cálido que produce y enfocarse en escoger plantas tolerantes a climas templados. Por ejemplo, brócoli o col ornamental 12C/10C (55F/50F) día/noche, pensamientos 18C/15C (65F/60F) día/noche, y osteospermum 12C/7C (55F/45F) día/noche pueden ser producidos a temperaturas más bajas.

De esta manera Ud. puede reducir las temperaturas fijadas en su invernadero y ahorrar en combustible. Algunos productores han comenzado creativamente a usar este concepto durante los meses más fríos del

invierno. Everlasting Farms en Bangor, Maine, crecen lechuga, col, bok choy, y otros vegetales de climas templados para los mercados locales durante este invierno. Durante la primavera, una vez que las temperaturas exteriores comienzan a elevarse, es más económico hacer la transición a producir plantas ornamentales, plantas anuales especiales y otras plantas perennes que requieren temperaturas más cálidas.

8. Almacene el exceso de calor en tanques de agua.

Este proceso puede ser costoso, complicado y de alta tecnología; pero también puede ser muy simple y fácil. En los sistemas sofisticados, la caldera principal usada para la calefacción es constantemente activa calentando agua. Este tipo de configuración evita que la caldera esté a su máxima capacidad (baja eficiencia) cuando la demanda de calor es elevada, pero a su vez requiere que la caldera esté trabajando a su máxima eficiencia, 24 horas al día. En este escenario, la caldera esta sobre-produciendo calor durante el día pero sub-produciendo calor durante la noche. El exceso de calor durante el día es almacenado en un gran tanque reservorio (a veces mayor a decenas de miles de galones, dependiendo del tamaño de los invernaderos). Luego, el calor es extraído en proporciones desde el tanque y durante la noche cuando la caldera esta sub-produciendo calor. Mantener la caldera trabajando constantemente puede incrementar la eficiencia en el uso de combustibles que prender y apagarla durante el transcurso del día.

9. Aislar el perímetro de su invernadero.

Esta es una de las actividades que tiene el menor tiempo de retorno de su inversión (potencialmente en menos de un año de acuerdo a John Bartok). Si Ud. esta construyendo nuevos invernaderos, considere la posibilidad de añadir de 1 a 2 pulgadas de espuma rígida de aislamiento de bajo grado y de 18 a 24 pulgadas en profundidad en todo el perímetro. Colocar 24 pulgadas de aislamiento cuesta alrededor de \$100 por pie lineal. A pesar de que es más difícil, Ud. también puede añadir este aislamiento de bajo grado a los invernaderos ya existentes. Si no le parece atractivo cavar 18-24 pulgadas en los invernaderos existentes, Ud. también puede pensar en otros lugares donde el aislamiento puede ser colocado más fácilmente. Las estructuras de cristal de sus invernaderos son una forma excelente de transmitir luz pero también son una manera muy fácil de perder calor. A menudo en los invernaderos existe cierta área de vidrio o plástico que provee poco o ningún beneficio al transmitir iluminación. Piense acerca de los 2 a 3 pies debajo de sus camas de cultivo; añadir una capa de aislamiento en esas áreas puede significarle un ahorro significativo.

10. Use esquejes más grandes.

Mientras que los esquejes más grandes pueden más costosos, estos le ayudan a producir cultivos en un menor tiempo. En Cornell transplantamos esquejes de Petunia Purple Wave en macetas colgantes el 8 de Abril. Los tamaños de las bandejas de esquejes fueron de 144-, 288- y 512- celdas. El 27 de Mayo los contenedores con esquejes de 144- o 288-celdas fueron considerados aceptables para su venta (con 15 o 20 flores cada uno), mientras que las macetas con esquejes de 512-celdas solo tenían una flor. En general, usar esquejes mas grandes le permite demorar el comienzo de la calefacción por 2 semanas. Si el área se encuentra ya con calefacción, entonces le recomendamos usarla y transplantar los esquejes más pequeños con anterioridad.

Proveer calefacción de manera sostenible puede involucrar realizar ciertos cambios en sus invernaderos o sus calendarios de producción, o realizar una gran inversión. Esperamos que estas ideas les den algunas

soluciones de calefacción creativas que pueda integrar en su negocio para reducir sus costos de calefacción. **GT**

Ariana P. Torres, Universidad de Purdue, torres2@purdue.edu, Stephanie Burnett, de la Universidad de Maine, sburnett@maine.edu; Krug Brian, de la Universidad de New Hampshire, Extensión Cooperativa, brian.krug@unh.edu; Neil S. Mattson, de la Universidad de Cornell, nsm47@cornell.edu, Roberto G. López y Christopher J. Currey, Universidad de Purdue, rglopez@purdue.edu, ccurrey@purdue.edu son miembros de la Coalición de Investigación para la Floricultura Sostenible.