Capítulo IV

Luz día *versus* luz artificial

En el Capítulo III se han descrito varias formas en las que la luz influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Una de estas formas es la fotosíntesis. Este proceso, que normalmente se refiere a la asimilación, consume grandes cantidades de energía luminosa. Por esta razón en este capítulo vamos a estudiar la relación que existe entre la cantidad disponible de luz natural y la cantidad adicional de luz artificial que se necesita para que la asimilación se realice de una forma eficaz. Vaya por delante que la cantidad disponible de luz no es el único factor que determina el proceso de asimilación. El tipo de planta (particularmente vista desde la concentración en clorofila), temperatura y el contenido en anhídrido carbónico en el aire, son también factores limitantes.

Pero hay un factor que, particularmente en las zonas comprendidas entre los paralelos 40 y 80, influye en la duración de la luz natural. Durante los meses de invierno la duración del día es muy corta (aproximadamente 1/10 de la luz en verano) también existe una baja intensidad luminosa (el Sol está bajo en el horizonte) combinado con la abundante nubosidad en esta época del año. En estas circunstancias, la luz es definitivamente un factor limitante, y si se quiere equilibrar el crecimiento, es necesario aportar una cantidad extra de energía luminosa.

La cuestión que se plantea es: ¿Qué cantidad de luz hay que añadir a la luz natural para lograr la cantidad óptima de energía luminosa que necesita la planta? Para ser capaces de calcular esta cantidad es necesario conocer las necesidades de la planta, así como la cantidad de luz natural de que se dispone en cada momento.

La cantidad total de radiación que recibe la Tierra procedente del Sol, puede ser expresada como intensidad (energía por superficie) multiplicada por el tiempo. Estas cantidades se pueden referir de distintas formas[1]:

- Cantidad de radiación.
- Cantidad de luz.
- Cantidad de luz natural.

En algunos países, los centros meteorológicos miden estas cantidades de luz natural cada día[2]. La Tabla II es un ejemplo de las medidas diarias y la cantidad total de radiación (directa y difusa) en $J.cm^{-2}$, que han sido medidas en Holanda entre 1980 y 1990. El dato *luz natural* es añadido siempre, y la fila inferior de la Tabla II muestra el total del valor medio de las cantidades de luz natural para cada mes del año.

Si las cantidades de luz natural, publicada por los centros meteorológicos, son comparadas con las cantidades medias, se verá que son menores. Esta información debe ser usada como punto de partida para comenzar a elevar la luz natural.

[1] En general se expresan en julios por centímetro cuadrado ($J.cm^{-2}$).

[2] En Madrid la radiación anual media es del orden de $1{,}47.10^{10}$ $kcal.ha^{-1}$

El clima en un invernadero debe estar compensado de forma precisa de acuerdo con las fluctuaciones del exterior. Pero también debe medirse en todo tiempo la radiación total del lugar donde se encuentre el invernadero (normalmente mediante medidas proporcionadas por un solarímetro situado en el exterior del invernadero).

Horas	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3-4					0	1	0					
4-5				0	5	12	7	1				
5-6			0	8	26	38	27	12	2			
6-7		0	6	32	58	69	57	40	19	3	0	
7-8	0	5	26	65	94	105	88	74	49	20	3	0
8-9	6	23	55	96	127	138	117	106	84	46	17	6
9-10	21	47	80	122	155	163	144	132	110	70	34	21
10-11	37	67	101	137	172	184	159	149	129	86	47	33
11-12	46	78	110	150	180	195	172	162	138	91	51	40
12-13	48	80	110	147	177	197	169	164	135	90	49	39
13-14	41	71	101	140	165	185	163	155	122	80	38	30
14-15	26	56	85	121	147	165	147	139	104	60	23	16
15-16	10	32	62	95	122	142	125	115	75	34	8	4
16-17	1	11	35	63	91	107	99	83	43	10	1	0
17-18		1	10	33	57	74	66	47	15	1		
18-19			0	8	25	40	34	16	1			
19-20				0	4	13	9	2				
20-21					0	1	0	0				
días	236	471	780	1215	1605	1828	1584	1396	1025	590	270	189

Tabla II. Medias horarias y cantidades totales de radiación de luz natural ($J.m^{-2}$), en Holanda entre 1980 y 1990.

Para empezar, la lectura que hemos obtenido en el exterior del invernadero, expresada en $J.cm^{-2}$ hay que convertirla en radiación neta expresada en $mW.m^{-2}$ (comprendida entre 400 y 700 nm) que es la radiación que utilizan las plantas dentro del invernadero. También debemos comenzar los cálculos empezando por consultar las unidades que figuran en el Capítulo VI, de este texto.

Supongamos que utilizamos el valor medio de radiación total correspondiente al mes de enero, que según la Tabla II es: **236 J.cm $^{-2}$** (que supone toda la radiación que ha recibido del exterior el invernadero). Lo primero que hay que tener en cuenta es que la medida de luz natural realizada por el solarímetro corresponde a longitudes de onda comprendidas entre 300 y 3000 nm (que es el rango en que trabaja el aparato). Sin embargo, sólo la radiación comprendida entre 400 y 700 nm es efectiva en el proceso fotosintético. Para calcular la cantidad total de luz natural útil con fines fotosintéticos, hay que multiplicar la cantidad total de radiación por 0,45:[3]

0,45 x 236 = 106 J.cm^{-2}

[3] Que se corresponde con la radiación fotosintéticamente activa que recibe el invernadero.

Sin embargo, este valor hay que reducirlo todavía más ya que la cantidad de radiación ha sido medida a la intemperie, pero las plantas están dentro del invernadero. Para calcular la cantidad de luz natural que reciben las plantas en el invernadero, hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Diseño del invernadero.
- Localización geográfica.
- Estación del año.
- Estado del material que forma la cubierta del invernadero (viejo o nuevo).
- Período diario.

Para un invernadero nuevo, el factor de transmisión puede tomarse 0,7.

Por tanto, la radiación total dentro del invernadero es:

$$\mathbf{0,7 \times 106 = 74\ J.cm^{-2}}$$

Para finalizar hay que hacer alguna operación más si queremos obtener una cifra que pueda ser utilizada por los horticultores. Es conveniente trabajar en los invernaderos con m^2. Luego la radiación será:

$$\mathbf{74\ J.cm^{-2} = 74.10^{4}\ J.m^{-2}}$$

El dato que se ha tomado de la Tabla II, corresponde a un período de radiación diaria de 8 horas. En consecuencia, la radiación horaria recibida dentro del invernadero será:

$$\mathbf{740000\ Jm^{-2}/8h = 92500\ J.h^{-1}m^{-2}}$$

A continuación vamos a obtener una unidad que refiera la cantidad de energía por unidad de tiempo: esto es, expresada como intensidad. Como 1 vatio es igual a 1 julio por segundo, tenemos:

$$\mathbf{1\ W = 3600\ J.h^{-1}}$$

$$\mathbf{1\ J.h^{-1} = 1/3600\ W}$$

Sustituyendo en la expresión anterior, tenemos[4]:

$$\mathbf{92500\ J.h^{-1}.m^{-2} = 92500/3600\ W.m^{-2} = 25,70\ W.m^{-2}}$$

Si se quiere expresar la cantidad en $mW.m^{-2}$, vemos que para el mes de enero, la cifra de **236 J.cm^{-2}** de radiación total en el exterior del invernadero, se corresponde con[5]:

$$\mathbf{25700\ mW.m^{-2}}$$

[4] Radiación neta fotosintéticamente activa, 400 y 700 nm.

[5] Radiación fotosintéticamente activa, 400-700 nm en el interior del invernadero.

En el interior del invernadero.
Ahora podemos trabajar con esta cifra, que es la que normalmente se usa en iluminación artificial de plantas.

En la Tabla del Capítulo XV (recomendaciones para irradiación de plantas) se indican las cantidades extras de radiación luminosa que se requieren para obtener un incremento en el crecimiento de las plantas, así como para lograr una elevada calidad.

También podemos aplicar el cálculo sobre la cifra total en junio. La cantidad de luz natural en junio es **1828 J.cm^{-2}** (ver Tabla II) que mediante cálculo similar a los realizados anteriormente para el mes de enero, daría una radiación fotosintéticamente activa en el interior de aproximadamente **20.10 ^{4} mW.m^{-2}**.

La fórmula directa para convertir la cantidad de *J.cm^{-2}* medidos fuera, en *mW.m^{-2}* medidos dentro, es:

1 J.cm^{-2} (fuera) = [875/n] mW.m^{-2} (dentro)

Donde **n** es el número de horas en que se produce la radiación con luz natural (en los cálculos anteriores habíamos tomado 8).

El factor anterior se obtiene dividiendo:

[200000 mW.m^{-2} x 8 h]: [1828 J.cm^{-2}] = 875

Suponiendo que se trate de un invernadero deteriorado, la equivalencia anterior será:

1 J.cm^{-2} (fuera) = [580/n] mW.m^{-2} (dentro)

En conclusión, hay que estudiar que tipo de lámparas, de las que se dispone en el mercado, es la más apropiada para la iluminación artificial de plantas. Por razones prácticas algunas veces se utilizan luxómetros, lo que no deberá sorprendernos. En este caso la unidad que se utiliza es el **lux** (= lumen.m^{-2}). Para la conversión de *lux* en *mW.m^{-2}* hay que utilizar unos factores según los diferentes tipos de lámparas, en ese caso habrá que consultar la Tabla III del Capítulo VI.