Capítulo XV

Cálculo y diseño

Los métodos de cálculo y diseño empleados en la irradiación de plantas son, en general, los mismos que los utilizados en otros campos de la tecnología de iluminación artificial. Sin embargo, como se ha comentado en el Capítulo VI, en lugar de realizar los cálculos en lux, hay que realizarlos utilizando la cantidad de energía radiante recibida por las plantas, en el intervalo del espectro electromagnético comprendido entre los 400 y 700 nm. Esto es, calculando la irradiancia en $mW.m^{-2}$.

Para cada tipo de lámpara existe un factor de conversión que permite pasar de la iluminancia a la irradiancia. Estos factores están dados en la columna 4 de la Tabla IV, en la que se incluyen los tipos de lámparas que se utilizan en horticultura. Por ejemplo, el factor de conversión de una lámpara de sodio a alta presión es 2,3. Esto quiere decir que, para poder obtener una irradiancia de 9000 $mW.m^{-2}$, es necesario que la iluminancia horizontal sea:

9000/2,3 = 3900 lux

En contra de lo que se utiliza en la iluminación normal, donde un grado de uniformidad no es de gran importancia, en la irradiación de plantas la uniformidad no debe rebasar ciertos límites. Se recomienda que el ratio de uniformidad E_{min}/E_{max} (irradiancia) no debe sobrepasar 0,7. La mayor uniformidad en la irradiancia y en la homogeneidad es imprescindible si queremos que lo sea el crecimiento y la producción.

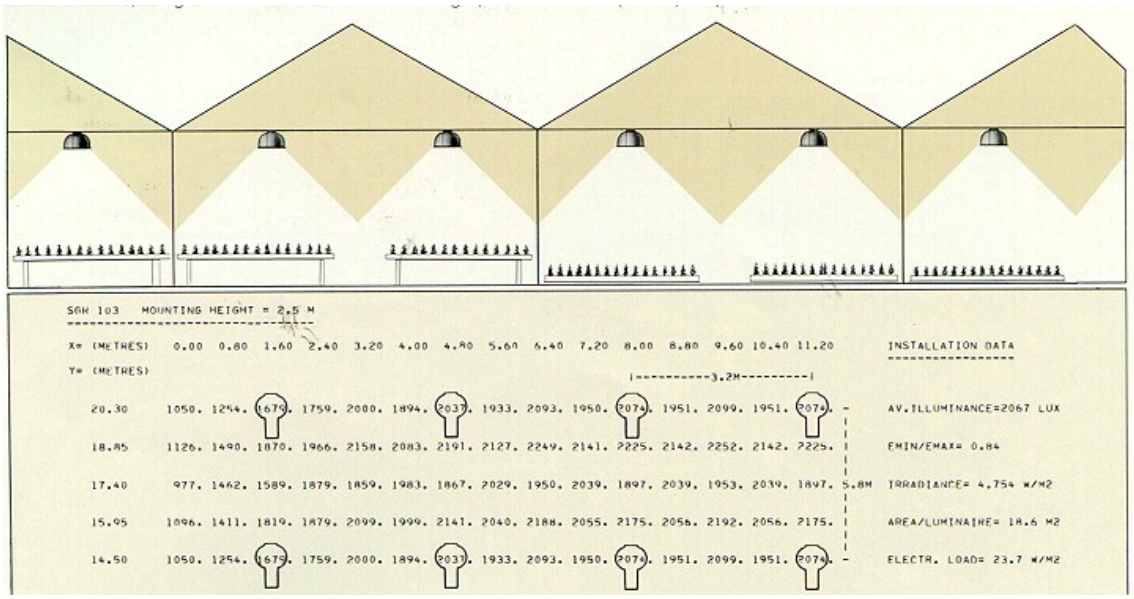


Figura 71. Ejemplo de un esquema de iluminación estándar. Irradiancia 4,75 $mW.m^{-2}$, altura de montaje 2,5 m, y espaciamiento 3,2 x 5,8 m, utilizando 103 luminarias SGR dotadas de lámparas de vapor de sodio a alta presión (SON-T) de 400 W.

Como se ha visto anteriormente, los espejos ópticos de las luminarias MGR/SGR están especialmente recomendadas para lograr altos niveles de homogeneidad. La instalación

de una iluminación debe responder a dos criterios; tecnológico y económico. Las instalaciones deben hacerse de acuerdo con programas de simulación diseñados al efecto. En la Fig. 71 se indica como se ha resuelto el problema de distribución de irradiación de plantas mediante un programa de ordenador.

Las luminarias en los invernaderos se instalan normalmente en puntos determinados aprovechando las barras de la estructura metálica y otros soportes como pueden ser tuberías, conductos, etc. En algunos países europeos el espacio entre los soportes longitudinales del techo del invernadero está normalizado en 3,2 metros o múltiplos de este valor.

Las luminarias están generalmente suspendidas, a alturas convenientes, mediante cadenas, alambres o abrazaderas.

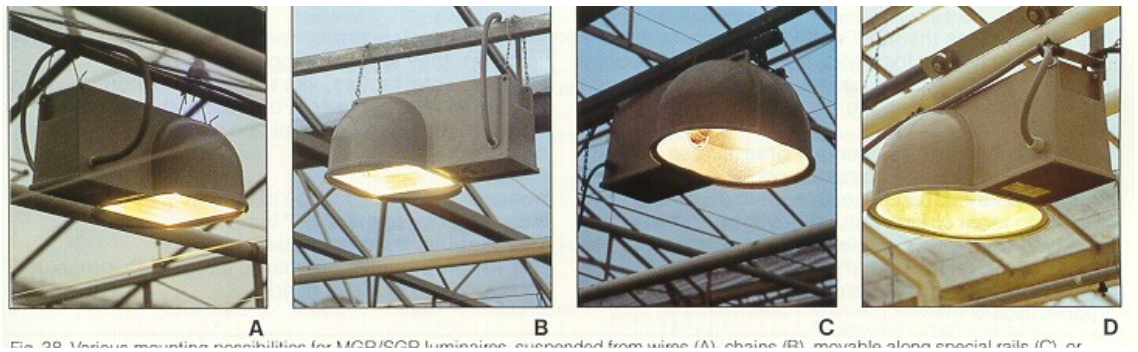


Figura 72 Distintas posibilidades de montajes de luminarias MGR/SGR, suspendidas por alambres (A), cadenas (B), deslizables mediante raíles especiales (C), o mediante ruedas (D).

Algunos cultivos necesitan iluminación artificial solamente durante una fase de su crecimiento. En estos casos la eficacia de la instalación puede mejorarse sensiblemente si se suspenden las luminarias por raíles especiales o ruedas, lo que permite desplazarlas de un cultivo a otro según las necesidades (Ver Fig. 72 C y D). Hay que tener especial cuidado para que las luminarias MGR o SGR se instalen perfectamente horizontales, ya que de otra forma la distribución de la iluminación diseñada podría verse alterada de forma negativa.

En definitiva, una buena utilización de la iluminación artificial de plantas pasa por unos buenos equipos de profesionales que tengan conocimientos, tanto en los cultivos que se van a irradiar, como en la tecnología que se vaya a utilizar.



Ejemplos de cálculos de instalaciones para irradiar plantas.

Los siguientes capítulos están dedicados a calcular instalaciones de irradiación de plantas. Los cálculos están hechos con arreglo a varios niveles de irradiancia y usando diferentes tipos de plantas y luminarias.

La Tabla VI está dedicada a las lámparas HPI/T y SON/T de 400 W, la Tabla VII para las lámparas HLRG de 400 W, la Tabla VIII para las lámparas de incandescencia desde 40 a 500 W y la Tabla IX es para las lámparas fluorescentes TL 40 W, color 33. La Tabla X es especial para bateas de gran longitud, situadas sobre plataformas iluminadas por filas de lámparas TL.

Las tablas están basadas en los siguientes supuestos:

- La uniformidad en el plano horizontal al nivel de las plantas es aproximadamente 0,9.
- Una distancia máxima entre las plantas y las lámparas de 5 metros, ya que las alturas de los invernaderos rara vez superan esta medida.
- La reflectancia de las paredes, etc. Se ha supuesto nula.
- Los cálculos están basados en mantener el factor m = 0,85. Esto quiere decir que las irradiancias en la nueva condición deberán ser 100:85 veces mayores que las calculadas con arreglo a lo establecido en la tabla.
- Los cálculos están basados en el flujo radiante de la lámpara (El flujo radiante se puede obtener a partir del flujo luminoso multiplicado por un factor de conversión que depende del tipo de lámpara, véase Tabla IV, columna 4).

Las primeras cinco columnas de las Tablas VI a IX dan el promedio de irradiancia ($mW.m^{-2}$) obtenida sobre el plano de crecimiento, bajo condiciones de buena limpieza, con un factor de mantenimiento, m = 0,85, para cinco valores diferentes de índices de local.

La proporción de irradiancias requeridas para las plantas, en particular, se puede tomar de la Tabla XI. Si el valor calculado no coincide con la que figura en la Tabla, se puede obtener el correspondiente por interpolación. El índice de local (K) es un número clave, representativo de la geometría del interior que puede calcularse, para un invernadero determinado por medio de la siguiente fórmula:

$$K = \frac{l.b}{h(l+b)}$$

donde:

l = Longitud de la superficie que va a ser irradiada.

b = Anchura " " " " " " "

h = Altura de las lámparas sobre las plantas (medida desde la cima de las plantas al centro de la fuente).

Cuando se calcula **K**, el máximo de la distancia variable entre las lámparas y las plantas es la que se suele tomar para **h.**

Las tablas dan cinco valores diferentes de **K, 5, 4, 3, 2 y 1**, respectivamente. Si **K > 5**, la columna **K = 5** de la tabla es la que deberá usarse.

En este caso, las luminarias deben ser instaladas directamente en el techo en vez de montarse en la altura dada en las tablas. La uniformidad mejorará a menos que el nivel de irradiancia se vea afectado.

Si **K** no es un número entero, no se redondeará al entero más próximo, sino que deberá interpolarse entre los más próximos de los que se dan en la tabla.

La superficie irradiada por luminaria (en m^2), para cada combinación de índice de local y nivel de irradiancia se da en la columna **A**.

Bajo $\mathbf{S_a}$ y $\mathbf{S_b}$ se dan los espaciamientos entre luminarias. $\mathbf{S_a}$ es el espaciamiento (en metros) en la dirección longitudinal, y $\mathbf{S_b}$ es el espaciamiento (en metros) en la dirección transversal (véase Fig. 73).

Finalmente bajo **h**, se establecen las alturas correspondientes de montaje (en metros), de las lámparas sobre las plantas (véase Fig. 74).

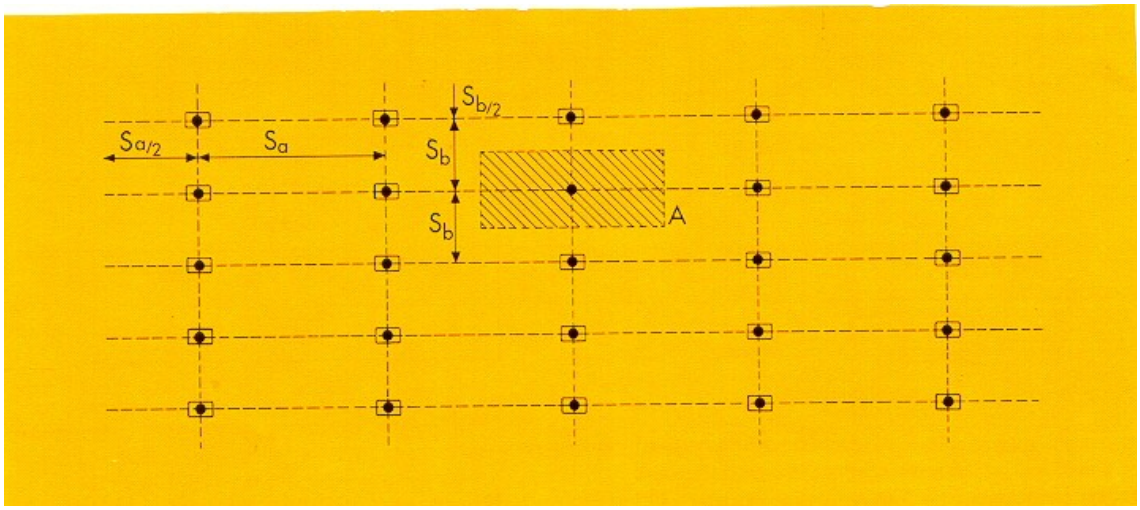


Figura 73. Espaciamiento de las luminarias, S_a en sentido longitudinal y S_b en sentido transversal.

El número de luminarias necesarias para obtener la irradiancia requerida se establece dividiendo el total del área que debe ser irradiada por el área cubierta por cada luminaria.

$$n = \frac{\{\text{área total en metros cuadrados que debe ser irradiad}\}}{\text{área por luminaria, en metros cuadrados}} = \frac{I.b}{A}$$

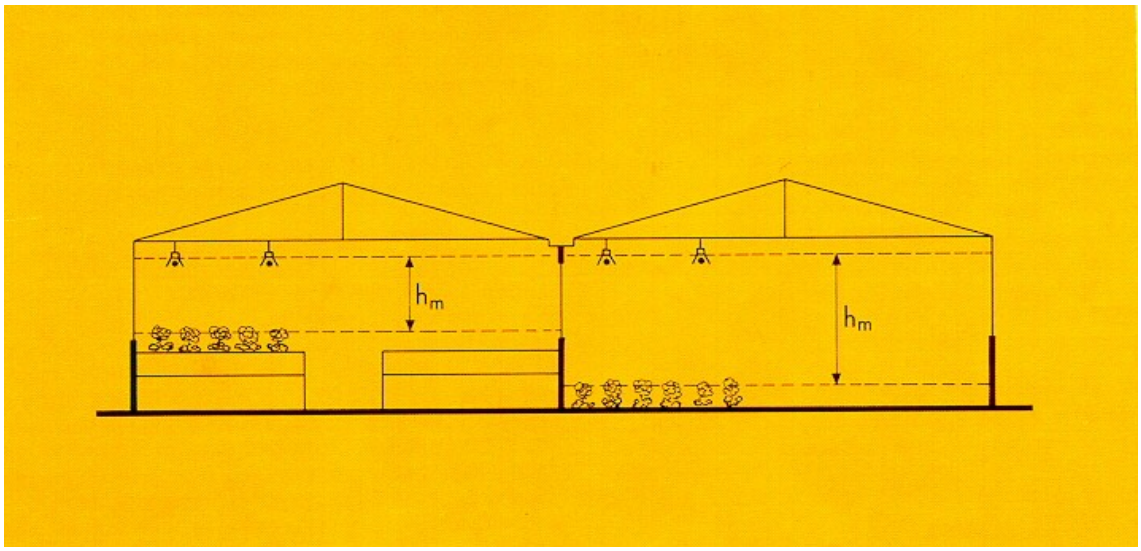


Figura 74. Ejemplos de alturas de montajes (distancia entre las plantas y las lámparas)

Como número de luminarias se deberá tomar el entero más próximo al calculado anteriormente. El espaciamiento, y por tanto, el número de luminarias en cada una de las dos direcciones está físicamente restringido, por ejemplo, por la distancia entre las vigas de la estructura del techo.

La máxima altura de montaje deberá estar de acuerdo con la solución planteada. Si por ejemplo, la altura de montaje resultara, de acuerdo con la tabla, más alta que el máximo posible en el invernadero, la solución sería imposible. Si por otro lado, se estableciese que la altura de montaje máxima posible de la tabla es menor que la altura de montaje máxima posible en el invernadero, el índice de local sería más alto que el valor **K** calculado.

Esto quiere decir que, se necesitan menos luminarias instaladas que las calculadas, para conseguir el nivel de irradiancia requerida.

Si una solución está basa en que el número total de luminarias a instalar, sea diferente a las calculadas, es útil comprobar la diferencia entre el nivel de irradiancia obtenido mediante los cálculos y el dado en la solución final.

Es posible que se deseen conocer los valores correspondientes de iluminacias (lux), si las medidas fuesen hechas con luxómetro, en este caso, los valores se pueden obtener a partir de las irradiancias que se dan en las tablas, dividiendo por el factor de conversión apropiado.