

Equipos y métodos para optimizar las mallas de protección de invernaderos

Obtención de las características geométricas de las mallas y su efecto sobre la ventilación

El Grupo de Investigación Ingeniería Rural (AGR198) de la Universidad de Almería ha desarrollado un procedimiento informatizado de ensayo, denominado Euclides para la obtención de las características geométricas de las mallas.

Por otro lado, también dispone de un túnel de viento para determinar el comportamiento aerodinámico de cada agrotexil. No debemos olvidar que al aumentar la efectividad como barrera física al paso de insectos, disminuye la tasa de ventilación del invernadero, provocando desajustes microclimáticos.

D. L. Valera, A. J. Álvarez y F. D. Molina.

Dpto. Ingeniería Rural.
Universidad de Almería.

La atención dedicada a la protección de cultivos es un aspecto que progresivamente va adquiriendo mayor importancia. El rechazo cada vez mayor que provoca en los mercados el uso de productos fitosanitarios, y los efectos no deseados derivados del empleo de los mismos, ha llevado a la búsqueda de métodos alternativos. Una de estas alternativas consiste en la disposición de mallas en las aberturas de ventilación de los invernaderos, consiguiéndose así, gracias al reducido tamaño de sus poros, evitar o disminuir la entrada de insectos de pequeño tamaño (**foto 1**), reduciendo por tanto el número de tratamientos fitosanitarios.

La efectividad de las mallas anti-insectos se ha estudiado en laboratorio comparando el tamaño y geometría de los poros con respecto a la anchura torácica de los insectos en ausencia de una corriente de aire forzada. También se han realizado ensayos en túnel de viento para determinar la efectividad de varios tipos de mallas, mediante conteo de los insectos atrapados por las mallas cuando se someten a una corriente de aire determinada.

La eficacia de las mallas como barrera física al paso de los insectos depende del tamaño mínimo de los poros o huecos que constituyen la malla. Normalmente las mallas se denomi-



Foto 1. *Bemisia tabaci* sobre la cara exterior de una malla anti-insectos.

nan en función del número de hilos horizontales y verticales que hay en 1 cm². Esta nomenclatura está relacionada directamente con el tamaño de los huecos y la porosidad, aunque la relación no es unívoca; de forma que en función del grosor de los hilos que forman el tejido del material agrotexil, se pueden obtener valores idénticos de porosidad con distintos números de hilos por centímetro y diferentes tamaños de hueco. En el **cuadro I** se reflejan los tamaños de huecos, tanto en superficie como en longitud máxima, que son necesarios según la literatura para evitar el paso de varios tipos de insectos plaga.

La eficacia de las mallas anti-insectos depende tanto del tipo de malla (densidad de hilos) como del grosor del hilo que se utiliza en su confección. En el **cuadro II** podemos observar las recomendaciones que dictan múltiples autores.

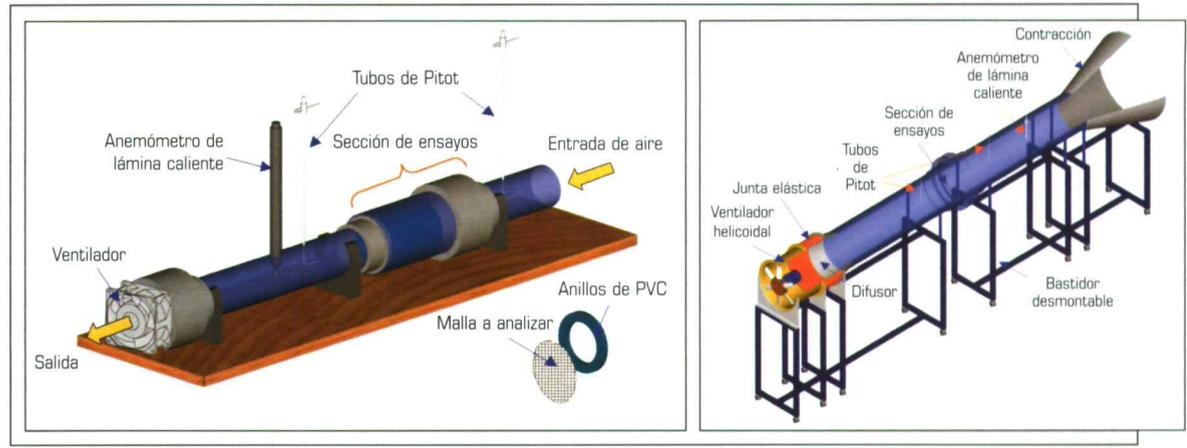
La Orden del 12 de diciembre de 2001 de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía obliga a la colocación de mallas con una densidad mínima de (10 x 20) hilos·cm², salvo en aquellos casos en los que no permitan una adecuada ventilación. Como consecuencia, las mallas instaladas en las ventanas de los invernaderos (**fotos 2, 3 y 4**) presentan valores de porosidad muy

reducidos, lo que deriva en la disminución del número de renovaciones de aire y dificulta la transmisión de luz. Por todo esto, resulta fundamental llegar a determinar las características geométricas de las mallas como medio para conocer la eficacia de las mismas como barrera frente a los insectos y para calcular su porosidad, ya que este parámetro está íntimamente relacionado con la resistencia que ofrecen al flujo de aire. El conocimiento de la caída de presión que provoca la presencia de estos cuerpos porosos facilitaría el desarrollo de modelos más exactos para la predicción y simulación de la ventilación y el microclima en los invernaderos equipados con mallas en las aberturas de ventilación.

Resultados de la caracterización geométrica

El programa (Euclides) desarrollado por el Grupo de Investigación "Ingeniería Rural" permite calcular de manera automática las coordenadas de los vértices de cada poro de la malla. A partir de estos vértices se pue-

FIGURA 1 y 2.
TÚNELES DE VIENTO DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA.



den determinar matemáticamente, de manera exacta, todos los parámetros que definen la malla. Es de gran importancia extraer de los datos que ofrece Euclides, los parámetros que posibiliten realizar comparaciones entre distintos tipos de muestras y que, además, permitan conocer cómo afecta la presencia de la malla a las distintas variables sobre las que ésta puede influir (resistencia al flujo del aire y comportamiento como barrera al paso de

insectos). Asimismo, es fundamental obtener la información que posibilite decidir sobre la calidad de la malla (como por ejemplo la uniformidad en el tamaño de los huecos).

Efecto sobre la ventilación

La resistencia de las mallas al flujo de aire se refleja en la pérdida de presión a través de la malla, que varía con el cuadrado de

CUADRO I.

TAMAÑO MÁXIMO DE LOS POROS DE UNA MALLA NECESARIO PARA LA EXCLUSIÓN DE VARIOS INSECTOS PLAGA

Insecto plaga	Tamaño del torax (µm)	Tamaño del abdomen (µm)	Longitud máxima del poro (µm)	Superficie máxima del poro (mm²)
Mosca blanca	239-288	565-708	462	0,2
Trips	213-215	265	192	0,03
Pulgones	355-434	2.295-2.394	340	0,2-0,9
Minador de la hoja	435-608	810-850	640	0,4

CUADRO II.

EFICACIA DE DIFERENTES TIPOS DE MALLAS ANTI-INSECTOS COMO BARRERAS A LAS PLAGAS

Tipo de malla (hilos-cm ²)	Grosor del hilo (mm)	Tamaño medio de hueco (mm)	Exclusión de mosca blanca (%)	Exclusión de trips (%)
40 x 40	0,10	0,15 x 0,15	89,7 ± 2,1	75,5 ± 11,8
32 x 32	0,17	0,14 x 0,14	86,8 ± 5,0	94,8 ± 3,5
20 x 32	0,16	0,15 x 0,34	92,7 ± 1,5	22,3 ± 14,6
20 x 20	0,16	0,35 x 0,35	93,9 ± 3,5	4,2 ± 15,0
16 x 16	0,20	0,43 x 0,43	71,5 ± 36,1	15,8 ± 13,7
12 x 12	0,22	0,65 x 0,65	12,5 ± 21,9	18,8 ± 13,9
10 x 20	0,26	0,26 x 0,81	73,1 ± 17,6	18,0 ± 14,6
10 x 16	0,27	0,41 x 0,79	14,2 ± 27,0	2,2 ± 12,9



Foto 2. Ventana lateral con malla anti-insectos.



Foto 3. Ventanas cenitales con mallas anti-insectos.

la velocidad de aproximación del aire a la malla. La medida de esta resistencia se realiza mediante ensayos en túneles de viento (**figuras 1 y 2**) en los que se puede obtener la pérdida de presión originada por el material poroso para una determinada velocidad del aire. A partir de medidas de caída de presión que provoca la malla se pueden obtener los valores de permeabilidad y el factor inercial que caracterizan la respuesta aerodinámica de los materiales porosos.

Además de las características de las mallas, la acumulación de suciedad que se produce en los poros, puede dar lugar a aumentos importantísimos de la ca-

ída de presión, lo que provoca graves deficiencias en la ventilación de los invernaderos, dando lugar a excesos tanto de temperatura como de humedad.

El flujo de aire a través de una malla porosa (medio muy poroso) puede describirse esencialmente a través de dos parámetros: “ K_p ” que es un coeficiente independiente de la naturaleza del fluido pero dependiente de la geometría del medio. Tiene dimensiones $(\text{longitud})^2$ y



Foto 4. Malla en invernaderos tipo Almería.

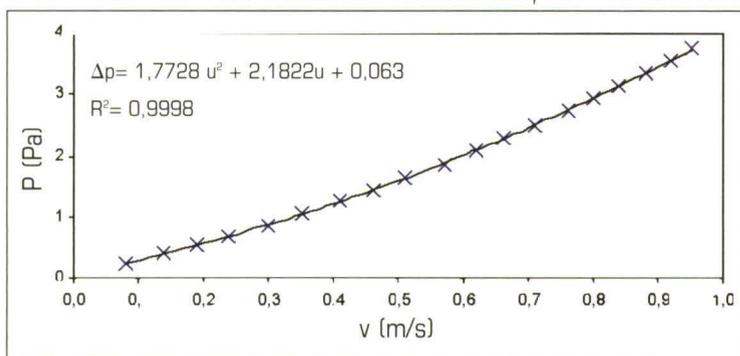
cia, el efecto que esa malla concreta tendrá en el microclima del invernadero.

A modo de ejemplo, se muestra en la **figura 3** la curva de la caída de presión provocada por la malla, en función de la velocidad del viento. También se muestra la curva de ajuste, con los parámetros (a,b,c) necesarios para calcular el factor inercial y la permeabilidad específica del medio. Mediante es-

tos parámetros se puede calcular la tasa de renovación de aire del invernadero. Finalmente se muestran en la **figura 4** las curvas correspondientes a los seis tipos de mallas analizadas.

FIGURA 3.

CAÍDA DE PRESIÓN FRENTE A VELOCIDAD, PARA LA MALLA 1.



es denominada permeabilidad específica del medio; e “ Y ”, que es una constante adimensional de arrastre debido a la forma dependiente de la naturaleza del medio poroso, denominada factor inercial.

Los ensayos de las mallas en los túneles de viento nos proporcionan la caída de presión que provoca la malla en función de la velocidad del viento, con un ajuste muy bueno a un polinomio de segundo orden. A partir de esas curvas, una para cada tipo de malla, matemáticamente se calcula todo lo necesario para obtener el comportamiento aerodinámico del agrotextil, y en última instan-

Conclusiones

Se ha desarrollado un procedimiento de análisis muy exacto y rápido, para la determinación de los parámetros geométricos de las mallas utilizadas como barrera física al paso de insectos. La caracterización de estos agrotexiles es fundamental para conseguir su normalización.

Por otro lado, también se ha desarrollado un método de ensayo del comportamiento aerodinámico de cada malla, basado en el análisis en túnel de viento, para conocer como afecta cada malla a la ventilación del invernadero.

Ambos métodos de ensayo, así como otros que completan los ensayos de agrotexiles (% sombreado, etc.) están disponibles en el Departamento de Ingeniería Rural de la Universidad de Almería.

De los resultados obtenidos se comprueba como el tamaño y geometría de los poros de las muestras analizadas presenta generalmente falta de uniformidad; lo que repercute negativamente en la eficacia como barrera física al paso de insectos, dificultando además el conocimiento de su efecto sobre el clima del invernadero. ■

FIGURA 4.

CAÍDA DE PRESIÓN FRENTE A VELOCIDAD, PARA TODAS LAS MALLAS ANALIZADAS.

