

Balance del año agrícola en Almería

Valoración económica del pimiento en invernadero

Fertirrigación nítrico-amoniacal de cultivos hortícolas intensivos

Aireación radical como mejora de los sistemas de producción

Efectos de los plásticos antiplagas sobre los insectos polinizadores en invernadero

Efectos de las mallas anti-insectos sobre la ventilación en invernaderos

Almería es una de las provincias andaluzas que más aporta a la Producción Final Agraria (PFA) regional. Una buena parte de esa aportación procede del sector hortícola, que este año se ha visto muy afectado por la mala climatología de los primeros meses del año. Sin embargo, los precios percibidos por los productores han permitido al sector cerrar el ejercicio con moderado optimismo.

Ataúlfo Sanz.
Redacción Vida Rural.

La provincia de Almería es una de las que más aporta a la producción final agraria (PFA) andaluza. En el año 2004, la PFA regional alcanzó un valor a precios corrientes de 9.949,53 millones de euros, de los que aproximadamente el 22% correspondieron a la aportación del agro almeriense, según datos de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Este porcentaje es aún mayor (por encima del 50%) cuando sólo se tiene en cuenta la aportación del subsector agrícola.

Para este año 2005, las primeras estimaciones de dicha Consejería apuntan a una PFA superior a los 8.700 millones de euros, según anunció en su día el propio consejero de Agricultura y Pesca, Isaías Pérez Saldaña. De esta cifra total, aproximadamente un 35% corresponde a la aportación del subsector hortícola, que a pesar de la mala climatología que ha imperado en esta campaña ha registrado un crecimiento de un 4,3 % con respecto al año pasado, gracias a los buenos precios pagados a los productores.

El sector hortícola de Almería aporta una parte importante de esta producción agrícola. Según las estimaciones de la Consejería de Agricultura y Pesca, para este año se estima que el valor de la producción hortícola almeriense alcance los 1.500 millones de euros, un 7% más que en la pasada campaña, a pesar de la reducción de las principales cosechas.

SUPERFICIE (ha) DE CULTIVOS PROTEGIDOS.
FUENTE: MAPA

Campaña 2002/2003	Acolchado	Enarenado	Túneles	Instalaciones Fijas
Almería	910	54.200	610	257.900
Andalucía	775.622	63.990	91.853	337.544
ESPAÑA	**1.066.423**	**116.620**	**138.162**	**516.679**

PRINCIPALES CULTIVOS PROTEGIDOS EN ALMERÍA. SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN A SEPTIEMBRE DE 2005. FUENTE: JUNTA ANDALUCÍA (ELABORACIÓN PROPIA).

Cultivo	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Calabacín	4.150	173.309	41,76
Pepino	4.050	287.076	70,88
Berenjena	1.200	63.480	52,90

PRINCIPALES CULTIVOS AL AIRE LIBRE EN ALMERÍA. SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN A SEPTIEMBRE DE 2005.
FUENTE: JUNTA ANDALUCÍA (ELABORACIÓN PROPIA).

Cultivo	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Trigo total	3.829	1.482	0,39
Cebada total	10.685	8.315	0,78
Patata total	534	10.961	20,52
Sandía	5.060	334.965	66,20
Melón	4.950	186.850	37,75
Calabacín	50	2.350	47,00
Espárrago	31	199	6,5
Tomate	11.654	949.094	81,44
Tomate conserva	50	1.750	35,00
Pimiento	8.955	451.189	50,38
Alcachofa	235	1.760	7,50
Coliflor	50	2.170	43,40
Ajo	16	241	15,06
Cebolla	55	876	15,93
Judías verdes	3.200	49.250	15,39
Guisantes verdes	140	1.022	7,30
Habas verdes	484	1.790	3,70

A este respecto, las estimaciones barajadas hasta el mes de octubre por la Consejería de Agricultura y Pesca apuntan a que se han registrado importantes descensos en las cosechas de calabacín (-17%), pepino (-3%), espárrago (-5%), berenjena (-33%), alcachofa (-35%), pimiento (-10%), ajo (-21%), cebolla (-29%), judías verdes (-29%) y habas verdes (-34%), entre otras. Por contra, fue mayor que en el pasado año la producción de guisantes verdes, cebolletas, coliflor y otras producciones de menor importancia.

En el caso de cultivos de invernadero, la evolución de este año ha sido muy diferente. Así, por ejemplo, la berenjena ha experimentado un retroceso debido a la menor superficie plantada, mientras que otros cultivos sí han registrado en esta campaña un crecimiento en su producción debido al aumento de las superficies sembradas.

A este respecto, Andalucía está a la cabeza de España en cultivos en invernadero. Según datos recogidos por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), la superficie de cultivo en instalaciones fijas, enarenado, acolchado o bajo túneles que hay en esta comunidad, representa entre el 65 y el 75% del total.

Por su parte, Almería es la provincia que cuenta con mayor superficie de cultivo en invernadero dentro de Andalucía y representa aproximadamente el 25% de la superficie nacional total de cultivos protegidos, porcentaje que en el caso de las hortalizas se eleva por encima del 50%, según datos del MAPA.

Con respecto al cultivo de la patata, según las estimaciones de la Junta de Andalucía fechadas a primeros de octubre, el año agrícola 2005 se va a cerrar en Almería con un incremento de la superficie sembrada y un descenso de la producción.

Más en concreto, los datos de la Junta apuntan a un incremento de la superficie cultivada del 4% sobre el año anterior, que se ha producido por el aumento de las siembras de variedades de media estación.

Por el contrario, la producción prevista (10.961 t), es inferior en un 4% a la que se consiguió en la campaña precedente, según las mismas fuentes.

Después de las hortalizas, el segundo pilar de la agricultura andaluza es probablemente el olivar. De acuerdo con los datos que manejaba la Consejería de Agricultura y Pesca en el mes de octubre, la producción de esta campaña va a ser menor que la del pasado en torno a un 32%, a pesar de que si tenemos en cuenta las cosechas de las últimas dos décadas, la de 2005 no queda tan mal posicionada (será la tercera en producción, después de las cosechas de los años 2004 y 2002).

Aunque es poco conocido, en Almería también hay olivar. Para la campaña que acaba de comenzar el pasado 1 de noviembre, la Junta de Andalucía estimaba que la producción de aceituna de almazara sería mayor que la del año precedente, a pesar de la reducción de la superficie de este cultivo (-12%).

Por el contrario, la cosecha de aceituna de mesa en esta campaña se ha reducido significativamente, pasando de 152 t en la campaña 2004 a poco más de 87 t en la actual.

Cítricos y otras frutas

El tercer sector agrícola en importancia de Andalucía por su aportación a la Producción Final Agraria es el de las frutas, incluidos los cítricos, que son una parte esencial del mismo.

De acuerdo con las primeras estimaciones de la Consejería de Agricultura y Pesca, para este año se prevé un descenso en la producción final del sector frutícola del orden del 3,5% con respecto a la campaña 2004-2005.

A pesar de que el balance es negativo, los últimos datos que maneja la Junta no son ni de lejos tan malos como los que se barajaban en la pasada primavera, cuando los campos arrasados por las heladas hacían temer un completo desastre para algunas producciones.

Además de la mala climatología, algunas producciones como las frutas de hueso se han visto este año negativamente influidas por la evolución de los precios en el mercado mundial.

Dentro de este subsector de las frutas, Almería destaca por su producción de cítricos, si bien cuenta también con cosechas propias de frutas de hueso, pepita y subtropicales.

De la producción total de cítricos almerienses, el 80% corresponde a la naranja y el resto se lo dividen las mandarinas y los limones. Para el año 2005, la estimación de producción de la Consejería de Agricultura y Pesca apunta a un crecimiento en todos los casos, que es más perceptible en el de la naranja dulce.

En cuanto al resto de las frutas, es de destacar la reducción de la cosecha de manzano, que según estimaciones de la propia Junta de Andalucía este año ha llegado a 1.158 t (un 28% menos que en la campaña 2004).

También en esta provincia se dan otros cultivos frutícolas como el peral, el níspero, el melocotonero, el ciruelo, el nectarino y una pequeña representación de chirimoyo y aguacate.

Ya fuera de las frutas, es representativa la superficie de almendro que hay en la provincia, un cultivo que ocupa casi 72.000 hectáreas. En la campaña actual, las estimaciones de la Junta sobre este cultivo apuntan a un incremento notable de la producción, que podría quedar en torno a 16.750 t.

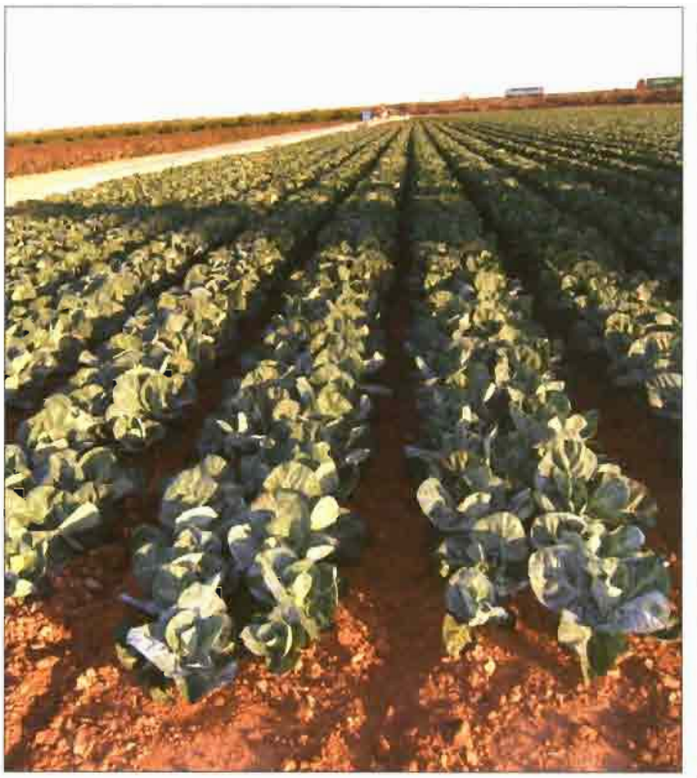
El mapa de cultivos de la provincia de Almería se completa, además de con todos los mencionados, con el cereal, las leguminosas y el viñedo.

En el primer caso, el campo almeriense ha sufrido –como el resto del país– un descenso importante de la producción, a pesar de que se había incrementado la superficie de algunos cultivos como la cebada , el centeno, el maíz o el sorgo.

Con respecto a las leguminosas, en esta campaña las producciones han evolucionado en el mismo sentido que las superficies, destacando el aumento registrado por la producción de guisantes secos, según las previsiones de primeros de octubre realizadas por la Junta de Andalucía.

Finalmente, en el cultivo del viñedo ha habido malos resultados para la uva de vinificación (la producción ha descendido un 33% con respecto al año precedente) pero, sin embargo, la cosecha de uva de mesa ha sido muy buena (se han superado los 4,35 millones de kilos, lo que representa un crecimiento del 48% sobre la producción del año pasado).

Esta provincia cuenta también con una importante producción de flor cortada y de planta ornamental, que al estar prácticamente toda cultivada en invernadero no varía mucho de año en año. Según los datos que maneja la Junta, en este 2005 se han producido en Almería 20,76 millones de unidades de flor cortada y 15,4 millones de unidades de plantas destinadas a la ornamentación.



FRUTALES EN ALMERÍA. SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN A SEPTIEMBRE DE 2005.
FUENTE: JUNTA ANDALUCÍA (ELABORACIÓN PROPIA).

Cultivo	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Naranjo Dulce	7.651	132.833	17,36
Mandarino	3.346	50.463	15,08
Limonero	2.235	48.859	21,86
Níspero	30	165	5,50
Albaricoquero	21	210	10,00
Cerezo y guindo	59	266	4,50
Melocotonero	33	340	10,30
Ciruelo	61	305	5,00
Aguacate	14	56	4,00
Almendro	71.440	16.740	0,23

OLIVAR EN ALMERÍA. SUPERFICIE (ha) Y PRODUCCIÓN (t) A SEPTIEMBRE DE 2005.
FUENTE: JUNTA ANDALUCÍA (ELABORACIÓN PROPIA).

Cultivo	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Aceituna de mesa	75	87	1,16
Aceituna de almazara	15.724	40.428	2,57
Aceite de oliva	—	8.263	—

VIÑEDO EN ALMERÍA. SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN A SEPTIEMBRE DE 2005.
FUENTE: JUNTA ANDALUCÍA (ELABORACIÓN PROPIA).

Cultivo	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Uva de mesa	290	4.350	15,00
Uva de vinificación	893	3.475	3,89
Vino + mosto (en hl)	—	24.072	—

Expo Agro-Almería

Por otra parte, en consonancia con la importancia que el sector agrícola tiene en la provincia de Almería, hace más de dos décadas se puso en marcha la feria de hortifruticultura Expo Agro-Almería.

Se trata de un certamen multisectorial, en el que tienen una importante presencia los cultivos hortofrutícolas (protegidos y al aire libre) y la floricultura. Así, en esta feria están representados, entre otros, los sectores de abonos, herramientas para la agricultura, productos agroquímicos, aplicaciones energéticas para invernaderos, producción de bandejas de plástico, fertilizanes y biofertilizantes, carburos metálicos, climatización, combustión, comercializadoras de frutas, construcción de invernaderos, control biológico de plagas, energía eléctrica, riegos y fitosanitarios.

Asimismo, en Expo Agro-Almería también habrá un espacio específico para la producción de flor cortada, mallas, manipulación de hortalizas, normalización de certificados, planta ornamental, plásticos, plataformas aéreas, polinización, protección laboral, publicidad agraria, química, riego, seguridad laboral, seguros, semillas, semilleros, substratos, suministros agrícolas, suministros de gasóleo, telecomunicaciones, transformación de plástico, transporte marítimo, tratamiento de agua, turbas, vestuario profesional y viveros.

Finalmente, en esta XXI edición de la feria almeriense también habrá un espacio propio para la producción agrícola ecológica, que cada vez se extiende más. ■

COSTES

Valoración económica del pimiento en invernadero

Análisis económico de un invernadero tradicional y otro con un nivel tecnólogico elevado

En el presente trabajo se analizan las repercusiones económicas que se derivan de la adopción de determinadas tecnologías en los invernaderos de pimiento. El estudio se ha centrado en la zona de Pilar de la Horadada (Alicante), que es una comarca muy especializada en este cultivo y donde se dan los rendimientos más altos a nivel nacional, con una media de 12 kg/m2.

Mª. Ángeles Fernández-Zamudio y Pedro Caballero.
Departamento de Economía y Sociología Agrarias.
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).



El pimiento ocupa un lugar destacado en la horticultura española, no tanto por la cantidad total producida, sino por la importancia y evolución seguida de su comercio exterior, el cual se ha triplicado en sólo veinte años. Aunque en las últimas décadas ha sido continua la reducción de superficie plantada en España, la producción ha aumentado, debido sobre todo al incremento tan notable que han tenido los rendimientos. Entre el inicio de los 80 y el año 2002, la media nacional ha pasado de 20 a 45 toneladas por hectárea, lo que ha sido posible gracias a la producción en invernadero, modalidad de cultivo para la que el pimiento es especialmente idóneo.

Los invernaderos han tenido una rápida expansión en las zonas más cálidas y luminosas de nuestro país, desarrollo que se ha visto muy favorecido por los grandes avances en la plasticultura y en el resto de tecnología que se incorpora a los mismos; pero también por las exigencias actuales de los consumidores ya que, con el aumento del nivel de vida, la demanda de productos frescos abarca ahora todo el año y para producir en ciclos continuos y con los estándares de calidad actuales, es necesario modificar las condiciones naturales en las distintas zonas productoras.

Por otra parte, el pimiento es muy susceptible a ciertos patógenos, especialmente a algunas virosis, y las limitaciones que éstas le ocasionan han forzado a crear espacios controlados para reducir su impacto sobre las producciones. En general, se trata de una especie que responde muy bien a todos los detalles tecnológicos que puedan incorporarse en el cultivo protegido, lo que no significa que los productores no deban ajustar la inversión en tecnología al umbral económico correspondiente.

Inversión requerida por los invernaderos de pimiento

La inversión inicial que hay que realizar para poner en marcha un invernadero depende del total de elementos que se incorporen al mismo. No hay que olvidar que hay elementos que exigen el montaje previo de otros componentes, ya que pueden no cumplir correctamente su función de manera independiente, por ejemplo, con la instalación de un sistema de calefacción que permita una regulación constante de la temperatura van a ser también necesarios buenos cerramientos, además de ser muy conveniente el uso de pantallas térmicas que refuercen la acción de la calefacción. Normalmente las casas instaladoras ofrecen la posibilidad de personalizar al máximo la construcción, cumpliendo así cualquier deseo de los agricultores.

En la zona aún continua muy generalizado el invernadero tipo parral, relativamente simple, con cultivo en suelo y en los que las mayores innovaciones han sido el cambio de los pilares de madera por acero galvanizado o algunas mejoras en el sistema de fertirrigación. No obstante, ya es habitual la remodelación de los invernaderos de pimiento hacia tipos muy tecnificados, más parecidos a los típicamente centroeuropeos. Se trata de invernaderos más altos y con un conjunto de elementos que los convierten en verdaderas fábricas de producción, ya que el objetivo es que la planta tenga las condiciones más idóneas en cada momento de su ciclo biológico. Entre un extremo y otro hay muchos modelos de invernaderos, y todos ellos pueden tener sentido. En este trabajo se comparan dos modelos muy distintos con la finalidad de extraer algunas conclusiones sobre la rentabilidad económica que puede tener la adopción de tecnología.

Por un lado, se analiza el tipo más tradicional en la zona (modelo-1):

- Parral básico, con altura de 1,8 m, cubierta de plástico flexible, ventilación cenital manual, sistema sencillo de fertirrigación.
- Cultivo en suelo.
- Sin calefacción.



Por otra parte, un invernadero con un nivel tecnológico elevado (modelo-2):

- Multitúnel con una altura a la canal de 4 m.
- Recubrimiento de plástico flexible y frontales rígidos.
- Ventilación lateral y cenital.
- Pantalla térmica.
- Cultivo en sustrato.
- Calefacción permanente distribuida por tubos corrugados y que mantienen el invernadero a una temperatura de 16,5ºC.

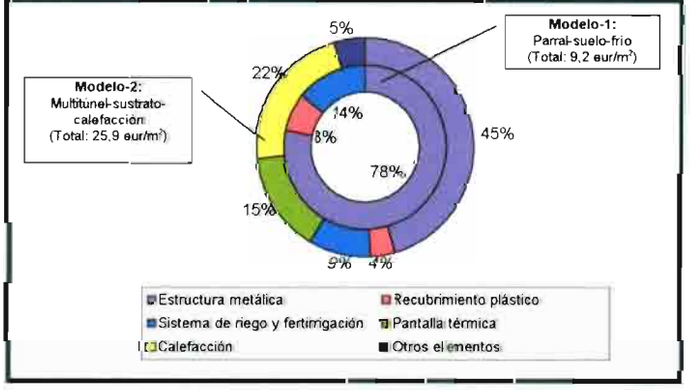
El modelo-2 tiene un grado muy elevado de automatismos, y por lo tanto un sistema informático muy complejo que regula la apertura de ventanas, el despliegue de la pantalla, las distintas electroválvulas, etc.

La inversión requerida lógicamente va elevándose con el nivel tecnológico. Según los cálculos realizados para el pimiento del sur de Alicante, es de 9,2 euros/m² en el nivel más básico, mientras que en el caso del modelo-2, con cultivo en sustrato y un elevado nivel tecnológico, exige cerca de 26 euros/m². Otros niveles más complejos están escasamente representados en la zona, pero corresponderían a invernaderos más altos, con fertilización carbónica y calefacción de 18-19ºC distribuida por raíles y que en general suelen tener mayor regulación de los elementos a través de dispositivos informáticos; en estos casos los costes de inversión pueden superar los 40 euros/m².

En la **figura 1**, además del importe total de la inversión necesaria, se representa el porcentaje que supone cada uno de los elementos principales en los dos modelos de pimiento analizados. En el modelo más tecnificado destaca el sistema de calefacción y la pantalla térmica, con un 22 y un 15% respectivamente sobre el coste total de inversión.

Pero, además del presupuesto total, el empresario debe tener claro el período en el que quiere amortizar la instalación, ya que las amortizaciones se deben incluir en las cuentas anuales de la producción, en este caso dentro de los costes fijos. Los criterios son múltiples, según se adjudique una vida útil más o menos larga a cada uno de los elementos. En el **cuadro I** se puede ver la diferencia de elegir una opción más larga, en la que por ejemplo a la estructura de acero galvanizado se le asigna una vida útil de veinticinco años, que es un período técnicamente muy real, y el elegir una opción más corta, tomando una vida útil en la estructura metálica de diez años e igualmente menor en los otros elementos. Las dos opciones son válidas, pero como es lógico, considerar períodos más cortos repercute en un incremento considerable de los costes de amortización; a cambio se dispone de un amplio período para continuar la actividad con el invernadero ya amortizado. Concretamente, la opción 1 supone un coste de amortización de 2,61 euros/m² y año, mientras que la opción 2 asciende a 3,52 euros/m².

Figura 1. Coste de implantación de los principales elementos en dos modelos de invernadero para pimiento





COSTES

Costes de producción

Se han calculado los costes de producción del pimiento en explotaciones de Alicante representativas de los dos modelos tecnológicos descritos y referidos a un año agronómicamente medio. Los costes totales se componen de costes variables, costes fijos y costes de oportunidad. En el **cuadro II** se detalla el desglose de los mismos para los dos modelos de invernaderos analizados. Como puede observarse, el coste total asciende a 4,6 euros/m² en el invernadero más básico (modelo-1) para alcanzar casi el triple de valor en el más tecnificado. Por conceptos, los costes variables representan la partida más importante, el 71% en el modelo-1 y el 67% en el modelo-2, y dentro de éstos los factores de producción más relevantes son los costes en material vegetal y la mano de obra destinada a recolección. En el modelo-2 también sobresale el coste del sustrato (una fibra de coco útil para tres años puede valorarse en 0,4 euros/m² anuales) y el gasto de calefacción (para mantener una temperatura estable cercana a los 17 ºC puede ascender a 1,9 euros/m² en un año climatológicamente intermedio en la zona).

Dentro de los costes fijos, las amortizaciones son el concepto más importante. Calculadas en este caso bajo la opción primera de las explicadas anteriormente, llegan a representar el 14% de los costes totales para el modelo-1 y el 22% para el modelo-2.

Llegado a este punto, es posible calcular el umbral que debe superar el precio medio por kilogramo para compensar los costes totales, en este caso, para una producción media de 9,5 kg/m² en el parral básico, y de 15,5 kg/m² en el modelo-2, se deberían obtener precios medios del pimiento superiores a 0,49 y 0,76 euros/kg respectivamente.

Rentabilidad de los invernaderos de pimiento

Para finalizar el presente artículo, es posible extraer unas conclusiones sobre la rentabilidad que puede atribuirse a la tecnología en los invernaderos de pimiento en Alicante. Para ello, puede reflexionarse sobre las características técnicas y económicas de los dos tipos de invernadero analizados (**cuadro III**).

Por una parte, destaca la mayor inversión que requiere un invernadero de sustrato, con características técnicas muy avanzadas, tal es el caso del modelo-2. A cambio, y según los datos tomados en la zona y contrastados con los técnicos, cabe esperar una producción mucho mayor (15-16 kg/m²), sobre todo por el efecto de la calefacción. La regulación climatológica hace también que los precios medios percibidos sean mayores, ya que la calidad obtenida es mayoritariamente la *wonder* que es la de máxima excelencia, y también porque se obtiene un calendario de recolección más temprano, lo que suele significar mejor precio. Con todo ello, los ingresos esperados también pueden ser casi el triple de los del modelo-1. Los precios utilizados se han calculado en base a las calidades medias obtenidas en cada modelo y las liquidaciones reales obtenidas en la cooperativa de Pilar de la Horadada en la pasada campaña (2003/2004). El beneficio (calculado de restar a los ingresos los costes totales, incluyendo los de oportunidad) es de 1,36 euros/m² en el parral básico, y el doble, 2,61 euros/m², en el multitúnel con calefacción. Finalmente, para poder comparar los dos modelos, se ha hallado la ratio beneficio/costes totales y se ha obtenido un valor de 0,29 en el modelo-1 y de algo menos, 0,22, en el modelo-2, este último con una carga de costes fijos mucho más elevada que el primero.

Con estos datos queda constancia de la validez de los dos modelos de invernadero descritos, muy distintos tecnológicamente entre sí pero con una rentabilidad aceptable, en base a los resultados económicos que se han dado en las últimas campañas. Esta afirmación no debe frenar la motivación de los empresarios a la hora de elevar el nivel técnico de los invernaderos, puesto que la demanda es cada vez más exigente en calidad y nuevas variedades, algo que se asocia a sistemas de calefacción, regulación climática y un control muy estricto del ciclo productivo. A todo esto se une la prohibición internacional del bromuro de metilo en las desinfecciones y las limitaciones ambientales que impone la Unión Europea, tanto en las prácticas culturales como en el uso de agroquímicos. Al final, las exigencias comerciales y ambientales condicionarán a los empresarios a invertir más en sus invernaderos, aun en las condiciones agroecológicas tan benignas del Mediterráneo, ya que una apuesta firme en adoptar las mejoras tecnológicas, a las que esta especie se muestra muy sensible, puede ser la mejor estrategia para mantener la viabilidad y aumentar la competitividad de los invernaderos de pimiento a medio o largo plazo. ■

Cuadro I.- Inversión necesaria y dos opciones de cálculo de las amortizaciones

Invernadero de pimiento modelo-2: multitúnel, cultivo en sustrato y calefacción permanente 16,5ºC

Principales elementos	Coste Total (euros/ha)	Opción 1 Periodo amortización (años)	Opción 1 Valor anual amortización (euros/año)	Opción 2 Periodo amortización (años)	Opción 2 Valor anual amortización (euros/año)
Estructura metálica (4 m canal)	118.002	25	4.720	10	11.800
Recubrimiento plástico	9.113	3	3.038	3	3.038
Pantalla térmica	39.066	5	7.813	5	7.813
Sistema de riego y fertirrigación	24.191	10	2.419	8	3.024
Calefacción	56.796	10	5.680	8	7.099
Otros elementos	12.020	5	2.404	5	2.404
Total (euros/ha)	**259.187**	**Coste anual opción 1:**	**26.073**	**Coste anual opción 2:**	**35.178**

Elaboración: Dpto. Economía y Sociología Agrarias (IVIA)

Cuadro II.- Costes de producción del pimiento en invernaderos

	Modelo-1 Parral. Cultivo en suelo Sin calefacción Total (Euros/m²)	Modelo-1 %	Modelo-2 Multitúnel. Cultivo en sustrato Calefacción 16,5ºC Total (Euros/m²)	Modelo-2 %
1.- COSTES VARIABLES	**3.290**	**71.1**	**7.911**	**67.0**
Materias Primas	*1.926*	*41.6*	*5.324*	*45.1*
Mano de obra	*1.195*	*25.8*	*2.422*	*20.5*
Costes variables de la maquinaria propia	*0.170*	*3.7*	*0.165*	*1.4*
2.- COSTES FIJOS	**1.087**	**23.6**	**3.203**	**27.1**
Costes fijos de la maquinaria propia	*0.268*	*5.8*	*0.263*	*2.2*
Amortizaciones	*0.649*	*14.0*	*2.607*	*22.1*
Impuestos y Seguros	*0.170*	*3.7*	*0.333*	*2.8*
3.- COSTES OPORTUNIDAD	**0.250**	**5.4**	**0.687**	**5.8**
4.- COSTES TOTALES	**4.627**	**100**	**11.801**	**100**

Elaboración: Dpto. Economía y Sociología Agrarias (IVIA)

Cuadro III.- Rentabilidad del pimiento en dos modelos de invernadero

	modelo-1	modelo-2
Forma de cultivo. Climatización	Suelo. Sin calefacción	Sustrato. Calefacción 16,5ºC
Tipo de pimiento	California. var. Quito	California wonder amarillo
Calendario de cultivo	Diciembre-septiembre	fin Noviembre-Septiembre
Producción media (kg/m2)	9.5	15.5
Precio medio (euros/kg)	0.63	0.93
Ingreso total (euros/m2)	5.99	14.42
Costes Totales con c.oportunidad (euros/m2)	4.63	11.80
Beneficio (Ingreso-C.Total) (euros/m2)	1.36	2.61
Beneficio / C. Totales	0.29	0.22

Elaboración: Dpto. Economía y Sociología Agrarias (IVIA), con información tomada en Pilar de la Horadada

Agradecimientos

El presente artículo se incluye dentro de las investigaciones del Proyecto INIA (referencia RTA 04-072).
Los autores agradecen la estimable colaboración de Alejandro Pérez, así como la información aportada por los productores de Pilar de la Horadada y los técnicos de la cooperativa Surinver.

SPINTOR 480 SC



El Único que
Controla Específicamente trips y orugas

con la mayor

Naturalidad

SPINTOR 480 SC es una marca registrada de Dow AgroSciences

Dow AgroSciences

Dow AgroSciences Ibérica, S.A.
Cerro del Castañar, 72 B, 4ª pl. · 28034 MADRID
Tel.: 91 740 77 00 · Fax: 91 740 78 01
www.dowagrosciences.es

Fertirrigación nítrico-amoniacal de cultivos hortícolas intensivos

Resultados de los ensayos sobre tomate y pimiento aplicando un fertilizante nitrogenado con inhibidor de la nitrificación

Para estudiar la respuesta de la planta y el efecto en el suelo de la relación NO_3^-/ NH_4^+ en cultivos de tomate y pimiento se han realizado unos ensayos aplicando diferentes porcentajes de nitrógeno en forma NO_3^- y NH_4^+ mediante la aportación de nitrato de calcio y sulfato amónico con el inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazol fosfato. En este artículo se muestran los resultados de rendimientos de los cultivos y las concentraciones de NO_3^- y NH_4^+ disponible en el suelo en función de la relación NO_3^-/ NH_4^+ aportada.

Mª Luz Segura[1] e Israel Carrasco[2].

[1] CIFA La Mojonera-La Cañada (IFAPA). Almería.
[2] Compo Agricultura S.L. Barcelona.

En España la contaminación de las aguas de origen subterráneo y superficial por nitratos procedentes de fuentes agrarias es un problema real, y sobre todo en zonas con sistemas de producción intensiva. El Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, establece las medidas necesarias para prevenir y corregir este tipo de contaminación. Entre las actuaciones que establece esta norma cabe destacar las siguientes: determinación de las aguas afectadas por la contaminación de nitratos o en riesgo de estarlo; designación de las zonas vulnerables (aquellas superficies de terreno cuya escorrentía o filtración afecten a las aguas contaminadas); elaboración de un código de buenas prácticas agrarias relacionadas con el manejo y utilización de abonos orgánicos y minerales, riego, etc., con objeto de impedir o minimizar la contaminación y que será de obligado cumplimiento por los agricultores cuyas explotaciones estén localizadas en las zonas vulnerables. En Almería existen una serie de zonas vulnerables en los municipios de mayor concentración de cultivo protegido de la provincia, con lo cual el desarrollo de prácticas de fertilización nitrogenada más racionales encaminadas a reducir las emisiones de nitratos al medio natural debe ser uno de los principales objetivos de técnicos y agricultores.



En cuanto a la nutrición del N, las plantas absorben este elemento principalmente en forma de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), demostrándose en diferentes cultivos que un suministro combinado de ambas formas químicas, NO_3^- y NH_4^+, puede producir un mayor crecimiento y producción de frutos (Marschner, 1995; Goos *et al.*, 1999) comparado con la aplicación sólo de nitratos o amonio. Sin embargo, la relación entre ambos iones es un factor de gran incidencia en el cultivo, puesto que un aumento excesivo de la relación NH_4^+/NO_3^- de la disolución nutritiva puede limitar el crecimiento de la planta (Quasem y Hill, 1993) o producir descenso de los rendimientos debido a un menor número y peso medio de frutos (Feigin et al., 1980).

Por todo ello, la relación NO_3^-/NH_4^+ de la disolución nutritiva es de gran importancia desde el punto de vista nutricional, y además lleva asociado un componente medioambiental, dado que la forma amoniacal, a diferencia de la forma nitrato, es muy poco móvil en el suelo al quedar fijada en el complejo de cambio, siendo por tanto su lixiviación a capas más profundas muy baja. No obstante, el proceso de oxidación al que está sujeto el $N\text{-}NH_4^+$ en el suelo, transformándolo a NO_2^- y NO_3^-, puede reducir su eficiencia.

Los inhibidores de la nitrificación, cuando se añaden a los fertilizantes nitrogenados amoniacales, retrasan la transformación de los iones amonio a nitrito y por consiguiente a nitrato, al reducir la actividad de las bacterias *Nitrosomonas* en el suelo (Zacherl y Amberger, 1990). Los inhibidores de la nitrificación no son fertilizantes de liberación lenta, ya que lo que se pretende es aminorar las pérdidas por lixiviación o volatilización, frenando los procesos de nitrificación y desnitrificación, de manera que el ión amonio se mantenga inmovilizado durante mayor tiempo en el complejo arcillo-húmico.

El inhibidor de la nitrificación ideal debe reunir características tales como:

- Especificidad, actuando selectivamente sobre *Nitrosomonas* o *Nitrobacter* y no sobre otros organismos del suelo.
- Movilidad, para facilitar su actuación conjunta con la solución fertilizante.

· Persistencia, para que su tiempo de acción sea suficiente para alcanzar el objetivo previsto.

· Economía, de modo que el producto químico que se adiciona al fertilizante tenga un bajo coste.

Los compuestos químicos más empleados como inhibidores son la guaniltiourea, los tiazoles y las triazinas sustituidas.

Material y métodos

Con objeto de determinar la respuesta de la planta y el efecto en el suelo de la relación NO_3^-/NH_4^+ de la disolución nutritiva en cultivo de pimiento y tomate, la Unidad de Fertilización y Calidad del Agua del CIFA de Almería (IFAPA) ha realizado varias experiencias de campo.

Los ensayos se desarrollaron en invernadero de polietileno (tipo raspa y amagao), de 1.700 m^2 de superficie, localizado en la finca experimental del CIFA. El cultivo de pimiento variedad Ziggy se transplantó al terreno el 21/08/2002 a una densidad de plantación de 1,48 plantas m^{-2} y finalizó el 09/03/2003. El cultivo de tomate variedad Boludo se transplantó al terreno el 17/09/2003 a una densidad de plantación de 1,48 plantas m^{-2} y tuvo una duración de 210 días.

El sistema de cultivo fue suelo enarenado de textura franca, 0,27% de materia orgánica, 0,04% de N total, 20 mg kg^{-1} de $N(NO_3^-)$, concentración inferior a 0,01 mg kg^{-1} de $N(NH_4^+)$, 18 mg kg^{-1} de P, 190 mg kg^{-1} de K, 891 mg kg^{-1} de Ca y 226 mg kg^{-1} de Mg.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar compuesto por cuatro bloques y tres tratamientos. Los tratamientos consistieron en tres relaciones porcentuales NO_3^-/NH_4^+ en la disolución nutritiva de la siguiente forma:

· Para el cultivo del pimiento:

- Tratamiento A: 95/5
- Tratamiento B: 70/30
- Tratamiento C: 40/60

· Para el cultivo de tomate:

- Tratamiento A: 95/5
- Tratamiento B: 75/25
- Tratamiento C: 50/50

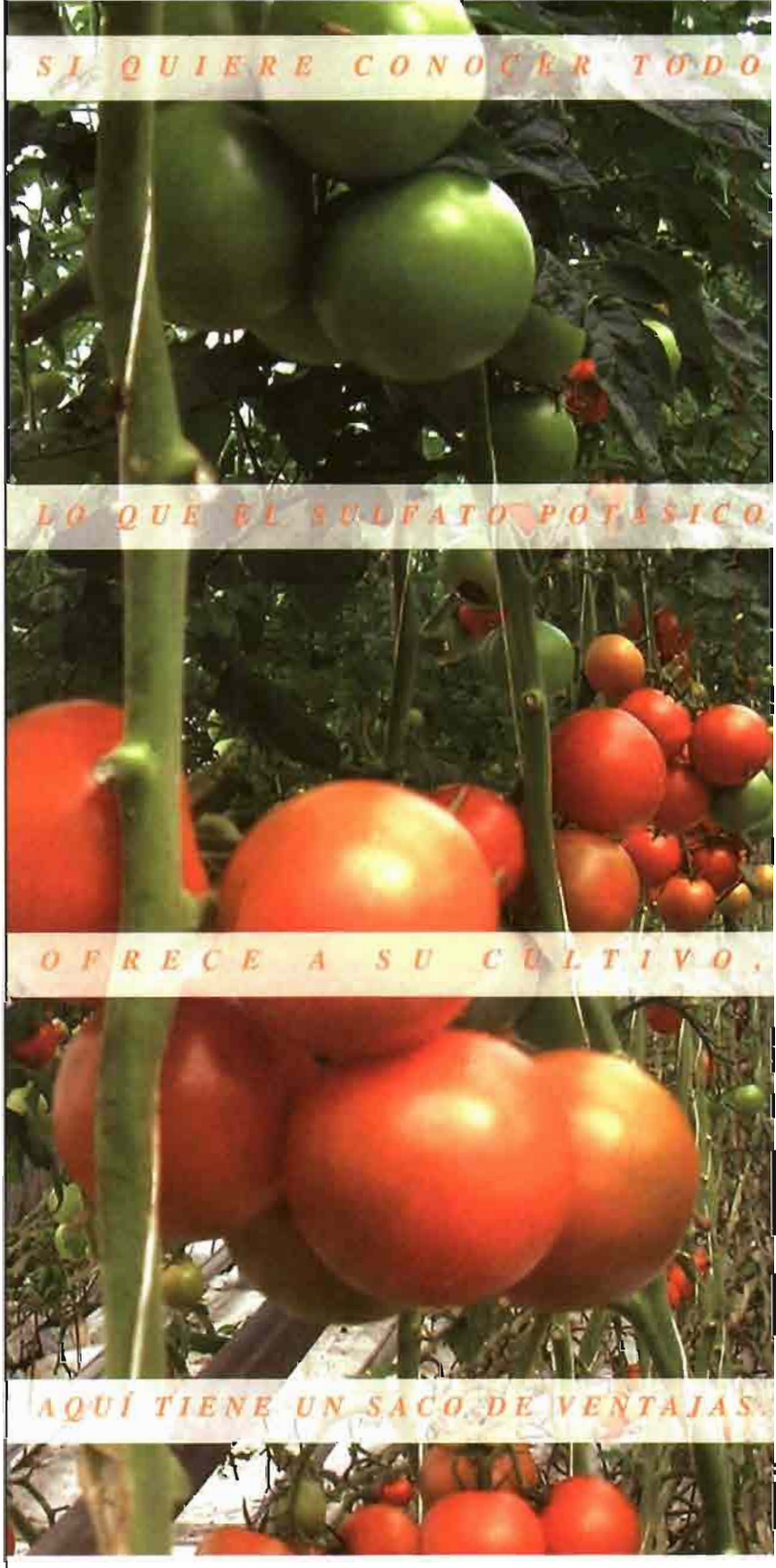
Las principales fuentes fertilizantes de N fueron nitrato de calcio y sulfato amónico estabilizado con el inhibidor de la nitrificación 3,4-dimetilpirazol fosfato.

Para cada uno de los cultivos, la concentración de P y K fue la misma en los tres tratamientos. El **cuadro I** muestra la concentración media de N, P y K de la disolución nutritiva para cada uno de los cultivos.

CUADRO I. CONCENTRACIÓN MEDIA (MEQ L^{-1}) DE N, P Y K DE LA DISOLUCIÓN NUTRITIVA.

Cultivos	N	P	K
Pimiento	10,89	1,47	3,05
Tomate	5,90	0,29	3,02

La gestión de la fertirrigación del cultivo de pimiento se basó en los programas de fertirrigación establecidos para estos cultivos por entidades productoras locales, no así el cultivo de tomate, para el que se tomó como referencia las extracciones del cultivo en condiciones de desarrollo local (adaptado de Castilla, 1986). El agua de riego tenía pH básico y clasificación USDA, C_2S_1 (sali-



- El sulfato potásico mejora la calidad y la conservación de las cosechas
- Aumenta el rendimiento y la resistencia a enfermedades, sequías y heladas.
- Facilita la formación de los órganos de la planta ricos en azúcares y agua.
- Proporciona una mayor firmeza y una mayor coloración.
- Favorece el aumento y la homogeneidad de los calibres.
- Evita riegos para las plantas sensibles o poco tolerantes al cloro.
- **Solucros es un fertilizante ácido cuya pureza y solubridad le hacen especial para la fertirrigación.**



TESSENDERLO GROUP

Solucros
Su cultivo se lo agradecerá

Potasas y Derivados, división de Tessenderlo Chemie España TCE, S.A.

CUADRO II. RENDIMIENTOS DE PIMIENTO. EL 90% DE LA PRODUCCIÓN COMERCIAL FUE FRUTO RECOLECTADO EN ROJO. ANÁLISIS DE VARIANZA (P = 95%).

	Tratamiento A	B	C
Producción total (g m^{-2})	3.250	3.312	3.419
Comercial (g m^{-2})	2.706	2.665	2.756
Nº frutos comerciales (frutos/m^2)	10,5	10,5	11,3

CUADRO III. RENDIMIENTOS DE TOMATE. ANÁLISIS DE VARIANZA (P = 95%).

		Tratamiento A	B	C
Producción total (g m^{-2})		13.194	13.142	13.202
Producción comercial (g m^{-2})	Total	12.895	12.746	12.797
	GG	4.922	4.729	4.838
	(Calibres) G	6.984	6.977	7.001
	M	989	1.040	957
Nº frutos comerciales (frutos/m^2)	Total	70	70	69
	GG	19	18	19
	(Calibres) G	42	42	42
	M	9	10	9

CUADRO IV. CONCENTRACIÓN (mg kg^{-1}) DE $N\text{-}NO_3^-$ Y $N\text{-}NH_4^+$ EN FORMA ASIMILABLE DEL SUELO. CULTIVO DE PIMIENTO. DDT: DÍAS DESDE EL TRANSPLANTE. TEST DE MÍNIMA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA A UNA PROBABILIDAD DEL 95%.

	Tratamiento	34 DDT	70 DDT	111 DDT	171 DDT
$N\text{-}NO_3^-$	A	62,13 b	77,00 a	84,00 a	70,90 a
	B	62,13 b	87,50 a	80,50 a	79,00 a
	C	50,75 a	78,75 a	84,00 a	72,60 a
$N\text{-}NH_4^+$	A	5,72 a	3,70 a	3,42 a	7,59 b
	B	5,86 a	2,79 a	3,46 a	6,47 a
	C	10,41b	10,05 b	4,95 b	9,34 c

CUADRO V. CONCENTRACIÓN (mg kg^{-1}) DE $N\text{-}NO_3^-$ Y $N\text{-}NH_4^+$ EN FORMA ASIMILABLE DEL SUELO. CULTIVO DE TOMATE. DDT: DÍAS DESDE EL TRANSPLANTE. TEST DE MÍNIMA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA A UNA PROBABILIDAD DEL 95%.

	Tratamiento	49 DDT	93 DDT	145 DDT	208 DDT
$N\text{-}NO_3^-$	A	14,76a	45,84c	46,35c	48,68c
	B	15,31b	40,56b	43,83b	44,14b
	C	15,71c	38,98a	37,50a	42,38a
$N\text{-}NH_4^+$	A	10,88a	5,38a	5,78a	5,30a
	B	12,50b	9,75b	9,80b	9,76b
	C	12,75b	14,13c	15,03c	14,73c

nidad media y bajo contenido en sodio). El volumen de riego se estimó en función de las ETc del cultivo y medidas tensiométricas de suelo, y para el cultivo de pimiento fue de 262 l m^{-2} y para el tomate de 292 l m^{-2}.

Resultados y discusión

En los dos cultivos, pimiento y tomate, el aumento de la fracción amoniacal en la disolución nutritiva, hasta el 60 y 50% del N total aplicado, respectivamente, no afectó a los rendimientos (**cuadros II y III**).

Sí aumentaron los niveles de amonio del suelo en diferentes épocas del ciclo de la planta, demostrándose cierta estabilidad del $N\text{-}NH_4^+$ en estas condiciones de cultivo (**cuadros IV y V**). Este efecto se apreció de forma clara en el cultivo de tomate, en el que se determinó una reducción de los niveles de nitratos y un aumento del amonio del suelo de acuerdo a la proporción NO_3^-/NH_4^+ de la disolución nutritiva aplicada (**cuadro V**).

Sin embargo, en el cultivo de pimiento solamente se observó este efecto en el tratamiento de mayor concentración de amonio en la disolución nutritiva (40/60). La concentración de nitratos del suelo en este cultivo fue similar en todos los tratamientos y muy elevada.

Porcentaje de lixiviación de NO_3^-

La concentración de $N\text{-}NO_3^-$ lixiviado (a 50 cm de profundidad) fue diferente en los dos cultivos y parece haber estado más influenciada por la estrategia de fertilización seguida (programa de fertirrigación local en pimiento o basado en las extracciones del cultivo, en tomate) que la proporción NO_3^-/NH_4^+ de la disolución nutritiva. Así, en el cultivo de pimiento el porcentaje de $N\text{-}NO_3^-$ lixiviado respecto a la concentración de N total aplicado (40 g m^{-2}) fue muy elevado, entre el 47% (mayor aporte de nitratos) y 39% (menor aporte de nitratos). Por el contrario, en el cultivo de tomate el porcentaje de nitrato lixiviado fue muy bajo en todos los tratamientos e inferior al 1,5% respecto a la concentración total del N aplicado (23 g m^{-2}). No se detectaron pérdidas de $N\text{-}NH_4^+$ por lixiviación en ninguno de los dos cultivos. ■



Agradecimientos

Este trabajo se incluye en el Proyecto "Evaluación y optimización de nuevos fertilizantes de liberación lenta y solubles con inhibidor DMPP en cultivos hortícolas y ornamentales" (Convenio FIAPA-COMPO Agricultura SL), financiado por la empresa COMPO Agricultura SL (Barcelona) y el IFAPA (Junta de Andalucía).

Bibliografía

BOE, 1996. Real Decreto 261/1996, de 16 de Febrero sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Boletín Oficial del Estado Nº 61 de 11/03/1996:9734-9737.

Castilla, N. 1986. Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almería: necesidades hídricas y extracción de nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Feigin, A.; Zwibel, M.; Rylski, A.; Zamir, N.; Levav, N. 1980. "The effect of ammonium/nitrate ratio in the nutrient solution on tomato yield and quality. Acta Horticulturae, 98: 149-160.

Goos, R. J., Schimelfening, J.A., Bock, B. R., Johnson, B.E. 1999. Response of spring wheat to nitrogen fertilizers of different nitrification rates. Agronomy Journal 91:287-293.

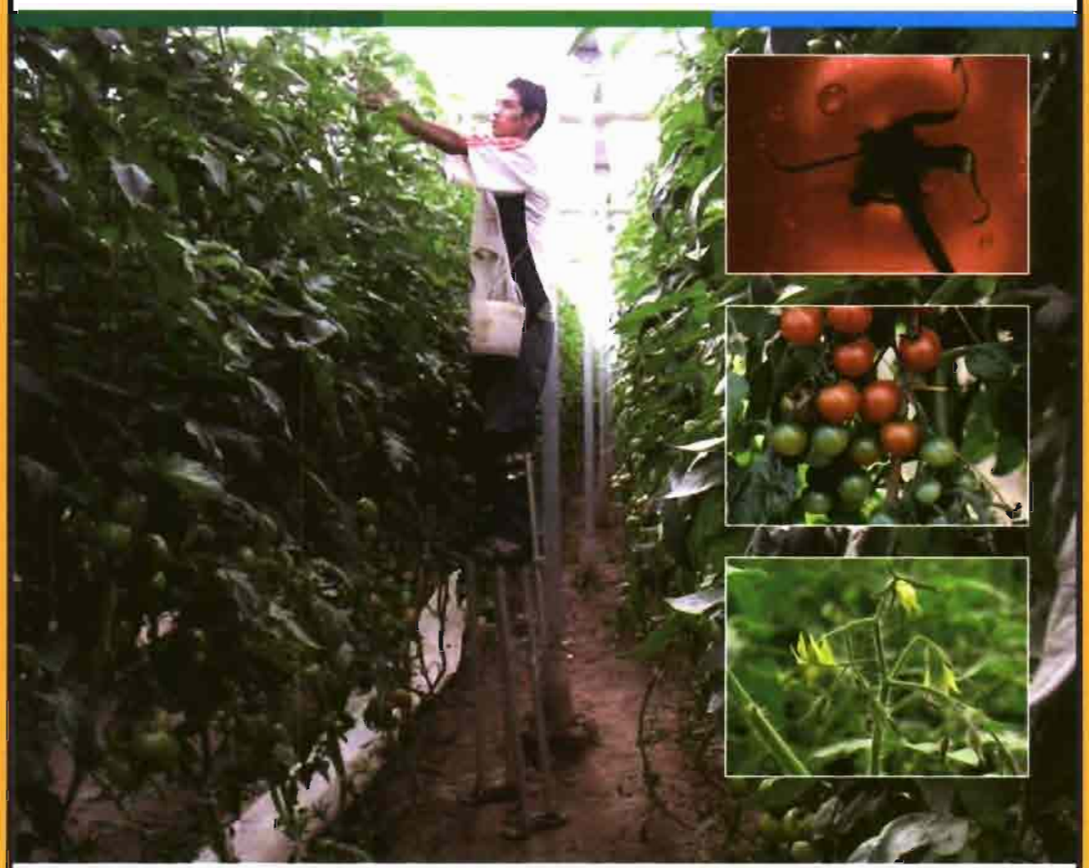
Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Londres.

Quasem, J.R.; Hill; T.A. 1993. "Effects of the form of nitrogen on the growth and nutrient uptake of tomato, groundsel and fat-hen". Journal of Horticultural Science 68(2): 161-170.

100 Years Young

Después de 100 años trabajando en el sector de los fertilizantes,
Yara presenta el Plantmaster™ de Tomate.

Plantmaster™ de Tomate



Yara Especialidades
Desarrollando Tu Potencial

Para conseguir una copia del Plantmaster™ contactar con
Yara Iberian, S.A.
Telf: 91 426 35 00 / info.iberian@yara.com

OXÍGENO

Aireación radical como mejora de los sistemas de producción

Ensayos de aireación mediante el riego y por aireación directa de la rizosfera

El agotamiento del oxígeno disuelto debido a la respiración radical tiene lugar de forma acelerada en las condiciones propias de los cultivos sin suelo, causado en parte por la lenta difusión de oxígeno. En cultivos en lámina de agua, como el NFT, o bien en sustratos con una baja porosidad o con una elevada densidad radical es aconsejable airear la solución nutritiva con objeto de saturarla de oxígeno.

D. Castellanos, M. Urrestarazu, M.C. Salas.
Departamento Producción Vegetal. Universidad de Almería.

En España los cultivos sin suelo que utilizan sustrato como medio de cultivo han experimentado en los últimos años una importante expansión comercial, alcanzando unas 3.500 a 4.000 ha, distribuidas mayoritariamente entre las provincias de Almería, Murcia y Granada. Los sustratos predominantes son arena, perlita, lana de roca y fibra de coco.

En los cultivos sin suelo, el sistema radical está confinado en un contenedor, en donde el volumen de la rizosfera es reducido y existe una elevada densidad radical. Este confinamiento y restricción obliga a usar sustratos, que aseguren la disponibilidad de agua y oxígeno a las raíces.

En condiciones normales, la cantidad máxima de oxígeno disuelto en la disolución del sustrato es de 9 ppm, cantidad que disminuye con la temperatura y con la concentración de sales disueltas, principalmente. Por otra parte, la respiración radical aumenta con la temperatura y con la concentración salina de la solución de la rizosfera. En general, la denominada hipoxia tiene lugar cuando la respiración radical empieza a verse perturbada por deficiencia de oxígeno, no por ausencia total del mismo. Los trabajos de Gislerod y Kempton (1983) establecen 3 mg l^{-1} como límite aconsejable de oxígeno en la disolución nutritiva, por debajo del cual no se recomienda el cultivo; a este respecto, Zeroni *et al.* (1983) concluyeron que tanto en la fase reproductiva como en la vegetativa del tomate el límite del grado de saturación deseable se puede estimar en el 65%.

Espacio poroso, intercambio aire-agua y difusión de oxígeno

Para garantizar contenidos adecuados de aire y agua, los sustratos deben tener una granulometría tal que el espacio poroso total sea superior al 75% en volumen y que el tamaño medio de los poros esté comprendido entre 30 y 300 μm (Orozco *et al.*, 1997). Para cumplir con estas condiciones, el diámetro geométrico medio de las partículas debe estar comprendido entre 5 y 0,25 mm y hay que evitar el empaquetamiento de las partículas que reduzca la porosidad interparticular. El volumen de macroporos debe asegurar que el contenido volumétrico lleno de aire a -1 kPa de potencial matricial sea mayor al 20% en volumen para garantizar la correcta oxigenación de las raíces.

La difusión del oxígeno en el aire es del orden de 10^4 veces la del oxígeno en el agua. Por tanto, la reposición del oxígeno en el sustrato depende en gran medida de la porosidad llena de aire y también de la morfología de la matriz porosa. Cuando el agua ocupa la mayor parte del espacio poroso de un sustrato, el agotamiento del oxígeno en la fase líquida y en la fase gaseosa de los microporos se produce exponencialmente y lleva asociado un aumento de la concentración de CO_2 y de otros gases tales como etileno y metano resultado de las condiciones reductoras del medio, produciéndose también alteraciones del pH (Veen, 1988).

Importancia del contenido en oxígeno en el medio radical

El oxígeno es usado por las raíces para respirar, proceso que aumenta con la temperatura, la salinidad y la presencia de microorganismos en el sustrato, común en sustratos orgánicos con elevada actividad respiratoria microbiana, como por ejemplo los compost inmaduros.

Bajo condiciones de hipoxia, se observan cambios morfológicos y/o estructurales como clorosis, acortamiento de entrenudos, disminución del crecimiento y necrosis radical, descenso de los contenidos minerales, reducción de la cosecha, etc.; también tienen lugar cambios fisiológicos y/o metabólicos, de base hormonal, que conducen al cierre estomático asociado al aumento de ácido abscísico, al descenso del contenido de giberelinas y a la detección de aumentos de la producción de etileno endógeno.

En los cultivos sin suelo mediterráneos, y más concretamente en los del litoral almeriense, se dan las condiciones propicias para que ocurran situaciones de hipoxia, como son la restricción del volumen del medio de cultivo, la elevada densidad radical, los niveles bajos de porosidad llena de aire, la concentración salina elevada, la solución nutritiva con baja concentración de oxígeno disuelto y las elevadas temperaturas.

El agotamiento del oxígeno disuelto debido a la respiración radical tiene lugar de forma acelerada en las condiciones propias de los cultivos sin suelo, causado en parte por la lenta difusión de oxígeno. En cultivos en lámina de agua, como el NFT, o bien en sustratos con una baja porosidad o con una elevada densidad radical es aconsejable airear la solución nutritiva con objeto de saturarla de oxígeno.


FOTO 1


FOTO 2


FOTO 3

Evolución del oxigeno en la rizosfera de diferentes cultivos sin suelo mediterráneos

En los experimentos preliminares llevados a cabo por Marfá y Gurí (1999) se estudió la evolución de la concentración de oxígeno disuelto en distintos sustratos después de aplicar diferentes concentraciones a través del riego por goteo. Los resultados condujeron a la elección de un intervalo óptimo entre 13 y 16 ppm. El oxígeno se aplicó por difusión de gas a presión en el interior de la conducción de riego ajustando el caudal convenientemente (oxifertirrigación).

Las condiciones de oxigenación de la rizosfera en cultivo sin suelo en el litoral mediterráneo y su evolución durante el día fueron estudiadas a través de la concentración de oxígeno disuelto en diferentes situaciones. Experimentalmente, se observaron distintos cultivos como clavel, tomate y melón y diferentes sustratos tales como perlita, lana de roca y fibra de coco, concluyéndose que en sustratos de textura fina el descenso de la concentración de oxígeno al mediodía era más acusado que en sustratos de textura gruesa con mayor porosidad. A su vez, el mayor descenso de la concentración de oxígeno disuelto en la solución del sustrato se producía durante las horas del medio día solar con concentraciones próximas al límite aceptable. Por otra parte, los resultados mostraron una mayor concentración de oxígeno disuelto en sustratos oxifertirrigados respecto de aquellos otros sin aplicación externa de oxígeno, a pesar de que en ambos casos se registraba un descenso de la concentración a medida que avanzaba el día (Marfá y Guri, 1999).

Otro método empleado para mejorar la aireación de la solución nutritiva en el medio de cultivo consiste en la aireación directa de la rizosfera mediante una red de tuberías de poliamida que se distribuye por el cultivo a semejanza de una red de riego (**foto 1**). La tubería con agujeros equidistantes se introduce dentro del saco en su parte inferior (**foto 2**) y es alimentada mediante un compresor de aire de pequeñas dimensiones (**fotos 3** y **4**). La aireación se realiza durante media hora diaria desde el principio del ciclo hasta el final del mismo y siempre a las 12 del mediodía, coincidiendo con el momento de máxima demanda.

Con este método, el efecto sobre la evolución diaria de oxígeno en el fertirriego y drenaje medido durante las horas de luz y durante todo el ciclo de cultivo se puede observar en la **figura 1**. Tan-

FIGURA 1. Evolución diaria de la concentración de oxígeno (mg l^{-1}) en los drenajes en un cultivo de tomate (cv. Daniela) utilizando diferentes sustratos (Castellanos *et al.*, 2005). Sin aireación (T0) y con aireación de la rizosfera (T1); F= Fertirriego.

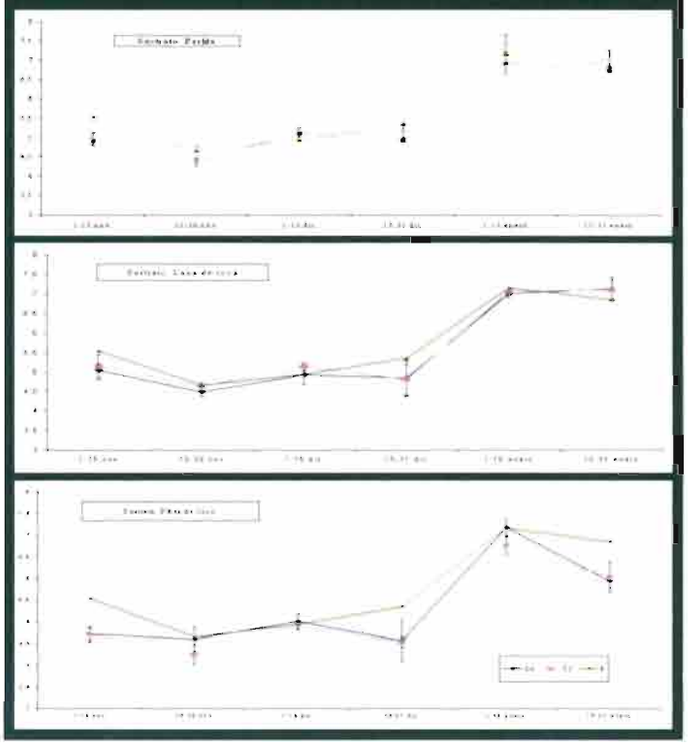


FIGURA 2. Concentración media de oxígeno (mg l^{-1}) en los drenajes en función de la aireación en un cultivo de tomate (cv. Daniela) en diferentes sustratos (Castellanos *et al.*, 2005). Sin aireación (T0) y con aireación de la rizosfera (T1).

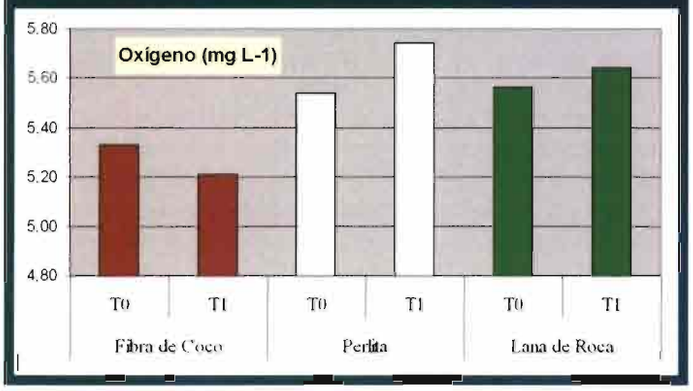


FIGURA 3. Características del drenaje en función de la aireación en un cultivo de tomate (cv. Daniela) con diferentes sustratos (Castellanos *et al.*, 2005). Sin aireación (T0) y con aireación de la rizosfera (T1).

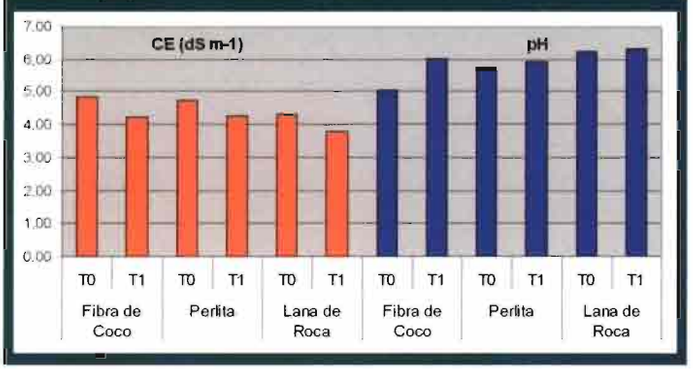
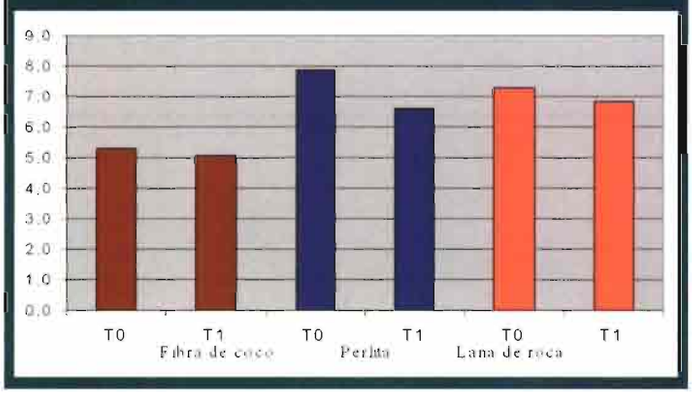


FIGURA 4. Producción (kg m^{-2}) de un cultivo de tomate (cv. Daniela) en función de la aireación y sustratos empleados (Castellanos *et al.*, 2005). Sin aireación (T0) y con aireación (T1) de la rizosfera.



to en la perlita como en la lana de roca, se puede observar una mayor concentración cuando se aplica aire en el interior del medio de cultivo, sin embargo, no ocurre igual en la fibra de coco (**figura 2**). Esta última circunstancia pone de manifiesto que en la efectividad de la aireación existe una influencia del sustrato empleado.

Ventajas del incremento del contenido en oxígeno en el medio radical

En la bibliografía encontramos estudios sobre las ventajas de la aireación de las soluciones nutritivas utilizadas en los cultivos sin suelo (Lésaint *et al.*, 1983; Jackson *et al.*, 1984; Schwarz, 1989; Morard, 1996). Los principales sistemas de aireación consisten en la agitación mecánica de la solución nutritiva o el burbujeo insuflando aire. Estos métodos prácticos pueden ser eficaces cuando se dan condiciones de elevadas tasas de respiración radical, cuando las aguas para el riego contienen poco oxígeno disuelto, por ejemplo cuando su temperatura es elevada (Riviére *et al.*, 1993), en condiciones de baja evapotranspiración en que es más habitual el encharcamiento del sustrato (Ansorena, 1994) o cuando la salinidad del agua de riego es elevada (Schwarz, 1989).

Efecto del uso de soluciones oxigenadas y sistemas de aireación

La aireación de la solución nutritiva puede afectar de forma diferencial a los componentes del cultivo: parámetros de fertirriego (CE, pH, composición iónica y porcentaje de drenaje), consumo hídrico, absorción de nutrientes, cantidad y calidad de la producción, etc.

Al igual que ocurre con el contenido de oxígeno en los drenajes, la aplicación de aire por medio de una red de tuberías no afectó significativamente a la CE y pH de los drenajes considerando el ciclo completo de cultivo (**figura 3**), si bien se observa una clara tendencia a disminuir la CE y una cierta alcalinización del drenaje en los sustratos que son aireados.

En el **cuadro I** se observa el efecto de la aireación sobre las emisiones de los distintos iones, especialmente importante en nitratos y fosfatos. En el caso de los nitratos se observa una disminución en las emisiones en dos de los tres sustratos empleados. Para los fosfatos no se muestra una clara diferencia entre los tres sustratos considerados. Las emisiones de los restantes iones cuantificados, en general y sin ser estadísticamente significativas, sí disminuyen cuando el sustrato es aireado.

De cualquier manera, el rendimiento en el cultivo de tomate no



CUADRO I. EMISION TOTALES DE IONES AL MEDIO (g m^{-2}) EN UN CULTIVO DE TOMATE (cv. DANIELA) EN FUNCIÓN DE LA AIREACIÓN Y TIPO DE SUSTRATO EMPLEADO. SIN AIREACIÓN (T0) Y CON AIREACIÓN (T1) (CASTELLANOS *ET AL.*, 2005).

Sustrato	Tratamiento	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	Cl^-	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
Fibra de coco	T0	77,97	31,06	14,54	7,67	7,77	18,35	54,56	2,91
	T1	84,59	32,45	14,49	9,21	11,01	19,67	48,59	3
Perlita	T0	108,62	36,77	18,98	10,08	9,90	26,49	59,28	3,04
	T1	95,71	29,55	16,44	7,73	9,16	21,67	53,58	2,73
Lana de roca	T0	99,46	28	19,36	9,40	12,67	22,2	61,29	2,91
	T1	71,53	28,16	18,67	7,71	10,01	17,18	50,98	2,36


FOTO 5

presentó diferencias estadísticas por efecto de la aireación del sistema radical en ninguno de los tres sustratos estudiados, como se puede apreciar en la **figura 4**. El efecto no es suficiente para reflejarse en la producción, lo que denota la necesidad de mejorar la eficacia del sistema de aireación (**foto 5**). Respecto a la calidad de la producción, tampoco se aprecian mejoras significativas, aunque en general todos los parámetros medidos mejoran con la aireación del medio de cultivo.

Sin embargo, en un conjunto de ensayos-demostración realizados en invernaderos comerciales mediante el uso de oxifertirrigación en diferentes cultivos el resultado parece prometedor. El primero de ellos se realizó en pepino sobre lana de roca, obteniéndose un 9% más de producción y mayor número de frutos de primera categoría a favor del tratamiento con oxigenación de la solución (Marfá y Guri, 1999). A su vez, en un cultivo de melón sobre lana de roca se obtuvo un 11% más de producción. Y en rosal y sobre sustrato de fibra de coco, se obtuvo un incremento del 1-9% en la producción. ■

Bibliografía

Ansorena, J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 172.

Castellanos, D., Ventura F., Mazuela P, Salas, M.C., Urrestarazu, M. 2005. Effect of the aereation on fertigation parameters and oxygen concentration of tomato grown by different substrates. Acta Hort. (en prensa).

Gislerod, E., Kempton, R.J. 1983. The oxygen content of flowing nutriente solurtions used for Cucumber and Tomato Culture. Scientia Hort.20, 23-33.

Jackson, M.B., Blackwell, PS., Chrimes, J.R., Simes, T.V. 1984. Poor aeration in NFT and a means for its improvement. Journal of Hort. Sci. 59: 439-448.

Lésaint, C., Grandjean, M., Gambier, J. 1983. Influence de l'aération du milieu nutritif sur l'absorption d i'eau et des ions, la nuit et le jour. Comparación du mais et de la tomate. Comptes Rendus des Seances de l'Academie d'Agriculture de France. 69(6): 399-406.

Marfá, O., Guri, S. 1999. Física de los sustratos y oxigenación del medio radicular. En "Cultivos sin Suelo II". Fernández, M.; Cuadrado, I.M. (eds.). DGIFA, FIAPA y Caja Rural de Almería. Almería: 93-106.

Morard, P. 1996. Le calcium et les végétaúx cultivés. PHM Rev. Hort. 371: 10-13.

Orozco, R., Gschwander, S., Marfá, O. 1997. Substrate classification from particle size analysis. Acta Hort. 450: 397-404.

Riviére, L.M., Charpentier, S., Jeannin, B., Kafka, B. 1993. Oxygen concentration of nutrient solution in mineral wools. Acta Hort. 342: 93-101.

Schwarz, M. 1989. Oxygenating of nutrient solution in normal and stress conditions Soiless Culture 5(1): 45-53.

Veen, B.W. 1988. Influence of oxygen defficiency on growth and function of plant roots. Plants and Soil. 111: 259-266.

Zeroni, M.; Gale, J.; Ben-Asher, J. 1983. Root aireation in a Deep Hidroponic System and its effects on Growth and Yield of tomato. Scientia Hort. 19, 213-220.



Efectos de los plásticos antiplagas sobre los insectos polinizadores en invernadero



La utilización de plásticos absorbentes-UV, también denominados "antiplagas", en cultivos en invernadero de nuestro país para la regulación de poblaciones de especies consideradas como plagas parece un método que ayuda a su control, así como al de las virosis por ellos transmitidas. El objetivo de este trabajo es explicar los efectos no deseados que provoca sobre los insectos polinizadores, también empleados en dichos cultivos.

T. Cabello [1], J. van der Blom [2] y A. Soler [2].
[1] Departamento de Biología Aplicada. Universidad de Almería.
[2] Departamento de Control de Plagas. COEXPHAL. Almería.

Estos plásticos absorven la luz UV dificultando la visión de las flores por los polinizadores

Los ojos compuestos de los insectos son normalmente tricromáticos, de forma que perciben el color mediante receptores que captan la luz en tres regiones: ultravioleta, azul y verde, respectivamente, lo que se ha conservado bastante constante en su evolución, a pesar de sus actuales diferentes modos de vida (Briscoe y Chittka, 2001). De dichas regiones, para muchas especies, el rango de luz por debajo de los 400 nm (luz UV) parece desempeñar una función muy importante en la visión de los insectos (Bertholf, 1931; Weiss *et al.*, 1943; Varela, 1974), lo que juega un papel fundamental en la actividad y dispersión de los adultos.

En cultivos hortícolas protegidos se ha extendido la utilización de plásticos y mallas absorbentes-UV como método de control de plagas, debido al efecto originado por la eliminación de la longitud de onda correspondiente al color más visible para dichas especies (Antignus *et al.*, 1996, 2001; Lapidot *et al.*, 2002). Sin embargo, ello también representa un inconveniente para insectos beneficiosos: polinizadores y agentes de control biológico, que se encuentran necesitados del mismo espectro.

Material y métodos

Para estudiar los modelos florales bajo luz UV (10-400 nm), se utilizó una cámara digital, realizándose las fotografías bajo luz UV. La comprobación de las longitudes de onda de los dos métodos anteriores se realizó mediante espectrorradiómetro. Dichos modelos florales fueron realizados en los principales cultivos hortícolas en invernadero (berenjena, calabacín, fresón, judía, melón, pepino, pimiento, sandía y tomate); igualmente, para hacer comparaciones, también se llevaron a cabo en frutales (albaricoquero, ciruelo y melocotonero), ornamentales y flora espontánea.

Además, para establecer el efecto de plásticos y mallas absorbentes-UV, se tomaron en dichas condiciones imágenes de flores, que fueron comparadas con las registradas bajo plásticos y mallas sin esa característica.

Resultados y discusión

Modelo floral bajo luz UV en cultivos hortícolas en invernadero

Hay que señalar que los primeros autores que encontraron un modelo en flores bajo luz UV pero mediante cámara analógica, fueron Eisner *et al.* (1969). El color, forma y estructura floral tiene un papel importante en la atracción de insectos polinizadores, especialmente abejas y abejorros (Waser, 1983).

Para cultivos hortícolas en invernadero, se han encontrado efectos marcados en flores de sandía, pepino, melón y tomate; como se puede observar, para el primer cultivo (**fotos 1 y 2** bajo

luz visible y UV, respectivamente) los pétalos quedan oscuros, poco distinguibles del resto de la hoja, de manera que las anteras y granos de polen presentan un marcado efecto amarillo.

Más llamativo es el efecto en pepino, que también se presenta pero con menor intensidad en melón y calabacín; los pétalos quedan en tonalidad más clara que el resto de la masa foliar de la planta, destacando en blanco pistilo y estambre (**fotos 3 y 4**); además aparecen en tonalidades más claras, rojizas, los nervios de los pétalos, así como el fondo de los mismos hacia el cáliz. Modelos menos marcados, bajo luz UV, se han encontrado en berenjena y pimiento; en éstos los pétalos quedan de tonalidades más claras, destacando sobre la masa foliar oscura las anteras, que aparecen de colores naranja o amarillo, sin que en este caso exista un marcado efecto del polen. A su vez, en fresón y judías sólo quedan en color blanco los pétalos, no destacando ninguna otra estructura floral, bajo luz UV.

En cultivos frutales no se ha encontrado un efecto de la luz UV, probablemente debido, por su porte, a la no necesidad de este tipo de atracción para insectos polinizadores; sin embargo, existen excepciones, así en *Lagunaria* se ha encontrado un modelo similar al anteriormente señalado en sandía.

En flora espontánea, especialmente en compuestas, se han encontrado efectos de la luz UV especialmente en las flores del capítulo, que están en el momento adecuado para polinización, apareciendo los pétalos de color amarillo (**foto 5**). Las demás flores y el resto de la estructuras florales aparecen negras o más oscurecidas; en otras especies en tonalidades claras. Este efecto es distinto al señalado por Carrasco y Galán (2005), ya que es-





Foto 1. Flor de sandía bajo el espectro de luz visible.
Foto 2. Flor de sandía bajo luz UV.





Foto 3. Flor de pepino bajo el espectro de luz visible.
Foto 4. Flor de pepino bajo luz UV.

INVERNADEROS





BANQUETAS DE CULTIVO







GARDEN CENTER

PANTALLAS TÉRMICAS Y COMPLEMENTOS



ININSA

D> Camino Xamussa, s/n . Aptdo. 145
12530 Burriana (Castellón) España
T > (+34) 964 514 651 F > (+34) 964 515 068
M> ininsa@ininsa.es
W> www.ininsa.es



Foto 5. Flor de planta compuesta bajo luz UV.

tos autores utilizaron filtro que deja pasar la luz UV, pero también la infrarroja, rango este último en el que no ven la mayoría de los insectos, pero que cambia de forma totalmente diferente el modelo floral bajo luz UV.

Efectos de plásticos y mallas absorbentes-UV sobre insectos polinizadores

La utilización de plástico antiplagas, absorbente de la luz UV, provoca drásticos cambios en la visión en el rango de luz UV, como se puede observar en la **foto 6**, respecto a la realizada bajo plástico normal (**foto 7**). Ello puede explicar la falta de polinización en cultivos hortícolas en invernaderos, ya que las obreras adultas no pueden distinguir las flores cuando se utiliza dicho tipo de plástico.

Los cultivos bajo malla, aunque sea absorbente-UV, no suelen perjudicar el trabajo de los insectos polinizadores (abejas y abejorros); ello es debido a la fracción de luz que no es filtrada por el material de la malla, que parece suficiente para la actividad de abejas y abejorros.





Foto 6. Flor de *Sonchus tenerrimus* bajo luz UV y con plástico antiplagas.

Foto 7. Flor de *Sonchus tenerrimus* bajo luz UV y con plástico normal.

Conclusiones

El color de las flores desempeña un papel muy importante en la detección, especialmente a distancia, de las mismas por los insectos polinizadores (Chittka y Thomson, 2001). Como se ha señalado anteriormente, la percepción de las flores bajo luz UV dentro de los cultivos en invernadero se puede ver drásticamente alterada por la utilización de plásticos antiplaga; lo que debe ser la principal causa de los fallos de polinización y, por tanto, de producción en aquellos cultivos necesitados de la actuación de insectos polinizadores (abejas y abejorros).

Sin embargo, otros factores también pueden jugar un papel importante en dicho efecto, incrementándolo en algunas situaciones; es el caso de la posible polarización de la luz por los plásticos antiplaga, demostrándose que este tipo de luz juega un papel importante en la comunicación visual y orientación de la abeja melifera (Horváth y Varjú, 2004). Por otra parte, los efectos perjudiciales de estos plásticos pueden ser atenuados por la capacidad de respuesta de los insectos polinizadores; así Dyer y Chittka (2004) han encontrado que los abejorros tienen una excelente y rápida capacidad de aprendizaje y pueden llegar a adaptarse a la ausencia de luz UV. En este caso lo que no ha llegado a evaluarse es la diferencia de eficiencia entre ambas situaciones. ■

Bibliografía

Antignus, Y.; Mor, N.; Joseph, R.B.; Lapidot, M.; Cohen, S., 1996. Ultraviolet-absorbin plastic sheets protect crops from insect pests and from virus diseases vectored by insects. Environ. Entom., 25: 919-924.

Antignus, Y.; Nestel, D.; Cohen, S.; Lapidot, M., 2001. Ultravioleta-deficient greenhouse environment affects whitefly attraction and flight-behavior. Environ. Entom., 30: 394-399.

Bertholf, L.M., 1931. The distribution of stimulative efficiency in the ultra-violet spectrum for the honeybee. J. Agr.Res., 43: 703-713.

Briscoe, A.; Chittka, L., 2001. The evolution of color vision in insects. Ann. Rev. Entomol., 46: 471-510.

Chittka, L.; Thomson, J. (Eds.), 2001. Cognitive ecology of pollination: animal behaviour and floral evolution. Cambridge University Press. Cambridge: 337 pp.

Carrasco, J.P; Galán, L., 2005. Pautas de reflexión untravioleta en capítulos de Asteraceae (Compuestas). Vida apícola, 132: 43-51.

Dyer, G.; Chittka, L., 2004. Bumblebee search time without ultraviolet light. J. Exp. Biol., 207: 1683-1699.

Eisner, T.; Sielberglied, R.E.; Aneshansley, D.; Carrell, J.E.; Howland, H.C., 1969. Ultraviolet video-viewing: the television camera as an insect eyes. Science, 166: 1172.

Horváth, G.; Varjú, D., 2004. Polarized light in animal vision: polarization patterns in nature. Springer. Berlin: 447 pp.

Lapidot, M.; Cohen, S.; Antignus, Y., 2002. Interferencia con la visión UV de los insectos: una herramienta IPM para impedir las epidemias de las plagas de insectos y enfermedades virales asociadas con los insectos. Phytoma, 135: 212-214.

Varela, F., 1974. Los ojos de los insectos. Editorial Alhambra. Bilbao: 108 pp.

Waser, N.M., 1983. The adaptive nature of floral traits: ideas and evidence. En: Real, L. (Ed.). Pollination biology. Academic Press. Orlando: 241-285.

Weiss, H.B.; Soraci, F.A.; McCoy, E.E., 1943. Insect behavior to various wave lengths of Light. J. New York ent. Soc., 51: 117-131.



TRADECORP

DIVISION ESPAÑA

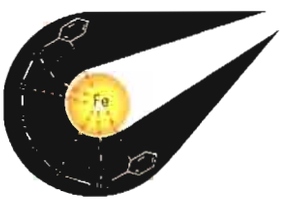
Fabricante de Agentes Quelatantes
E.D.D.H.A. , E.D.T.A y D.T.P.A.






Amplia gama de quelatos de gran pureza, calidad y eficacia

Formulación en microgránulos dispersables, 100% solubles y quelatados





QUELATOS
ÁCIDOS HÚMICOS
CORRECTORES ESPECÍFICOS
BIOESTIMULANTES
ENRAIZANTES



Especialistas en formulaciones químicas de microelementos para hidroponía y fertirrigación.

C/ Alcalá, 498
2º Planta
28027 Madrid
Tel.: 91 327 29 30
Fax.:91 304 42 00

MAXFERRO®

QUELATEC®

Tradecorp hidroponia AZ

MIOBROT®

Efectos de las mallas anti-insectos sobre la ventilación en invernaderos

Es fundamental el estudio de la geometría de la malla y el análisis de su comportamiento aerodinámico

La principal ventaja de las mallas de protección en los invernaderos es la disminución de la población de insectos, aunque tiene la limitación de la reducción que provocan en la superficie destinada a la ventilación. Lo normal es que los fabricantes faciliten el dato de la densidad de los hilos que forman la malla, pero no el grosor de éstos, variable tan importante como la anterior. En este artículo se presentan los estudios realizados sobre mallas anti-insectos para la caracterización geométrica de la malla y los resultados de las pruebas en túneles de viento.

A.J. Álvarez, D.L. Valera y F.D. Molina.
Departamento de Ingeniería Rural. Universidad de Almería.



Foto 1. Túnel de viento (Universidad de Almería).

La instalación de mallas plásticas en las aberturas de ventilación de los invernaderos es la técnica de exclusión de insectos que más se ha extendido en los últimos años. Las mallas plásticas comenzaron a utilizarse para disminuir los daños provocados sobre el cultivo por los fuertes vientos en las zonas anexas a las bandas y para impedir la entrada de pájaros al interior del invernadero. En aquellos momentos estos textiles contaban con una densidad de hilos muy baja (6 x 6 hilos/cm^2 ó 6 x 9 hilos/cm^2). Pronto se descubrió su gran potencial como método físico de protección de cultivos y aparecieron textiles con mayor densidad de hilos, capaces de impedir o disminuir la entrada al interior del invernadero de determinadas especies de insectos plaga. Hoy en día, en aquellas zonas con elevado hacinamiento de explotaciones donde las pérdidas debidas a la actividad de los insectos son muy cuantiosas el empleo de estas mallas anti-insectos es obligado.

Ventajas e incovenientes de las mallas anti-insectos

La principal ventaja que se obtiene gracias al empleo de mallas de protección es la disminución de las poblaciones de insectos en el interior del invernadero y, por lo tanto, la menor incidencia de enfermedades y la posibilidad de reducir el número de tratamientos fitosanitarios. Cualquier método de protección físico que permita disminuir la necesidad de realizar aplicaciones de productos fitosanitarios tiene repercusiones económicas y medioambientales favorables, disminuye el riesgo para los operarios encargados de realizar las aplicaciones y provoca un aumento de confianza en los mercados. También, las mallas anti-insectos evitan la salida al exterior de los insectos polinizadores y de los insectos empleados en los programas de control biológico.

La gran limitación de las mallas de protección está relacionada con la reducción que provocan en la superficie destinada a ventilación en el invernadero. Esta reducción tiene una relación inversa con la porosidad del tejido. La malla ofrece una resistencia al paso de aire que tiene como consecuencia una pérdida de energía en la corriente fluida. El resultado es la disminución del número de renovaciones del aire interior del invernadero debido a la presencia de la malla.

Desde el punto de vista de su fabricación y puesta en el mercado, la evolución de las mallas anti-insectos no ha ido acompañada, en la mayor parte de los casos, del rigor técnico mínimo exigible a este tipo de productos. Es frecuente encontrar cómo los fabricantes nombran a sus mallas según la densidad de hilos que presentan y cómo asocian capacidades excluyentes en función únicamente del número de fibras, lo cual lleva a incurrir en graves errores. Lo deseable sería que cada lote incluyera una ficha técnica donde se reflejaran las características del producto que se está comercializando. Con esa información, el agricultor o el técnico especializado podría decidir si un determinado producto se adapta a sus necesidades particulares, tanto en lo relativo a la exclusión de insectos como en lo concerniente a la resistencia que las mallas ofrecen al paso de aire, por la relación que ésta guarda en la ventilación del invernadero.

El estudio de la geometría de la malla y el análisis de su comportamiento aerodinámico son los dos puntos esenciales para determinar el potencial excluyente y la resistencia que ofrecen estos textiles al flujo de aire. Para conocer la eficacia de una malla como barrera física al paso de insectos se precisa realizar un detallado análisis geométrico de la misma; de esta forma, comparando las medidas del textil con los tamaños característicos de los insectos plaga más peligrosos, se puede determinar qué especies pueden ser excluidas o, al menos, frenadas. Para de-

Continúa en pág. 46 ▶

ESPECIALIDADES PARA HORTÍCOLAS MASSÓ

MONCUT® 50 WP

FUNGICIDA SISTÉMICO

ESPECÍFICO CONTRA RHIZOCTONIA EN JUDÍA Y OTRAS HORTÍCOLAS



ATOMINAL® 10 EC

INSECTICIDA REGULADOR DEL CRECIMIENTO DE LOS INSECTOS

Una nueva arma potente y segura contra la MOSCA BLANCA de las HORTALIZAS

LA MEJOR ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE LA BOTRYTIS

SUMISCLEX®

SUMILAN®



TACHIGAREN®

FUNGICIDA SISTÉMICO PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES DE SUELO Y PROMOTOR DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS



SANKYO CO., LTD.

WELGRO®

THE MIRACLE FERTILIZER



Abonos
Correctores
Hidroponía

AKZO NOBEL

Hampiron 4.8

MICROGRANULOS

QUELATO DE HIERRO CORRECTOR DE LA CLOROSIS FÉRRICA



MASSO DIVISIÓN AGRO

COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ, S.A. Viladomat, 321, 5º - 08029 Barcelona - Tel. 934 952 500 - Fax 934 952 502 - E-mail: agro@cqm.es **www.massoagro.com**

terminar el comportamiento aerodinámico de la malla se realizan ensayos en túnel de viento. Con este dispositivo es posible determinar la caída de presión que la presencia de la malla provoca en el flujo de aire en función de su velocidad.

Estudios de caracterización geomátrica de la malla

En el departamento de Ingeniería Rural de la Universidad de Almería se ha desarrollado una herramienta informática para los estudios de caracterización geométrica (Euclides v1.4). Este programa permite calcular las dimensiones de los poros, el diámetro de la circunferencia que se inscribe en los mismos, el grosor de los hilos, la densidad de hilos, la porosidad de la muestra, etc. Aunque lo ideal es realizar una caracterización geométrica exhaustiva de las mallas, también es importante destacar que con un mínimo de datos se puede obtener información de gran interés.

Las dimensiones de los huecos de una malla se pueden calcular a partir de las siguientes expresiones:

$$L_{px} = \frac{1}{\rho_y} - D_h \;\; ; \;\; L_{py} = \frac{1}{\rho_x} - D_h$$

donde L_{px} y L_{py} son las luces de los poros en las dos direcciones principales; D_h es el diámetro de los hilos que componen el tejido; ρ_y y ρ_x representan la cantidad de hilos por unidad de longitud en cada una de las direcciones principales.

Por otro lado, el valor de la porosidad de las mallas α, que está íntimamente relacionado con la resistencia que éstas ofrecen al paso de aire, se puede obtener con la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{L_{px}\, L_{py}}{(L_{px} + D_h)(L_{py} + D_h)}$$

De esta forma, si los fabricantes (además de la densidad de hilos del tejido) ofrecieran el dato del diámetro de las fibras, se podría tener una referencia de las propiedades de la malla como barrera física al paso de insectos y, además, obtener su porosidad, lo cual orientaría acerca de su comportamiento aerodinámico. Para que sirva de ejemplo, podría suponerse que un fabricante comercializa un producto con una densidad de 10x20 hilos/cm² y que las fibras del tejido presentan un diámetro de 0,25 mm. Según estos datos, las dimensiones de los poros tendrían los siguientes valores si consideramos la malla perfectamente regular:

$$L_{px} = \frac{1 \text{ hilo}}{2 \frac{\text{hilos}}{\text{mm}}} - 0{,}25 \text{ mm} = 0{,}25 \text{ mm} \; ; \; L_{py} = \frac{1 \text{ hilo}}{1 \frac{\text{hilos}}{\text{mm}}} - 0{,}25 \text{ mm} = 0{,}75 \text{ mm}$$

y la porosidad de esa malla tendría el siguiente valor:

$$\alpha = \frac{0{,}25 \text{ mm} \;\; 0{,}75 \text{ mm}}{(0{,}25 \text{ mm} + 0{,}25 \text{ mm})(0{,}75 \text{ mm} + 0{,}25 \text{ mm})} \; 100 = 37{,}5\%$$

Si se consulta la bibliografía, se puede obtener que la medida media abdominal de un trip *(Frankliniella occidentalis* Pergande) es de aproximadamente 0,265 mm. Comparando ese valor con el obtenido para las luces de los poros del ejemplo anterior, se podría llegar a pensar que los trips no pueden atravesar una malla 10 x 20 hilos/cm² tejida con fibras de 0,25 mm de grosor. Sin embargo, eso no es así, ya que de forma práctica se observa como un trip puede atravesar este tipo de malla. El motivo de esta aparente contradicción se explica considerando la escala microscópica de las dimensiones de estos insectos. En esa escala hay que tener en cuenta el carácter tridimensional del tejido de la malla. Eso implica que las dimensiones de los poros deberían ser mayoradas. También hay que considerar que el cuerpo de los insectos no es rígido y por lo tanto pueden adaptarlo, dentro de ciertos límites, a orificios de dimensiones semejantes a las de su cuerpo. Por tanto, para poder dar una respuesta definitiva al problema planteado, hay que considerar la tridimensionalidad de los poros y realizar ensayos con insectos para tener en cuenta su capacidad de adaptación a la hora de atravesar los poros de una malla.

Homogeneidad del tejido

El otro aspecto fundamental relacionado con la geometría de las mallas hace referencia a la homogeneidad del tejido en toda su superficie. En ello influyen tanto la uniformidad del hilo plástico empleado en el tejido como la calidad con la que se haya elaborado el producto durante el proceso de confección. Para poner de manifiesto la importancia de este último aspecto, obsérvese la **figura 1.**

La imagen microscópica de la **figura 1** se corresponde con una malla de 14 x 27 hilos/cm², confeccionada con un hilo de aproximadamente 0,22 mm (malla C, **cuadro I**). Debido a un defecto en el proceso de fabricación, se puede observar (gracias a la intervención del microscopio) cómo en la dirección de las filas aparecen poros con dos dimensiones diferentes de forma alternativa (**figura 1**).

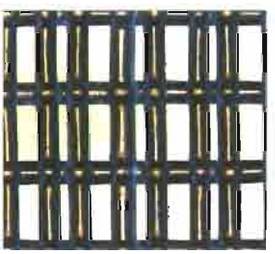


Figura 1. Malla de 14x27 hilos/cm².

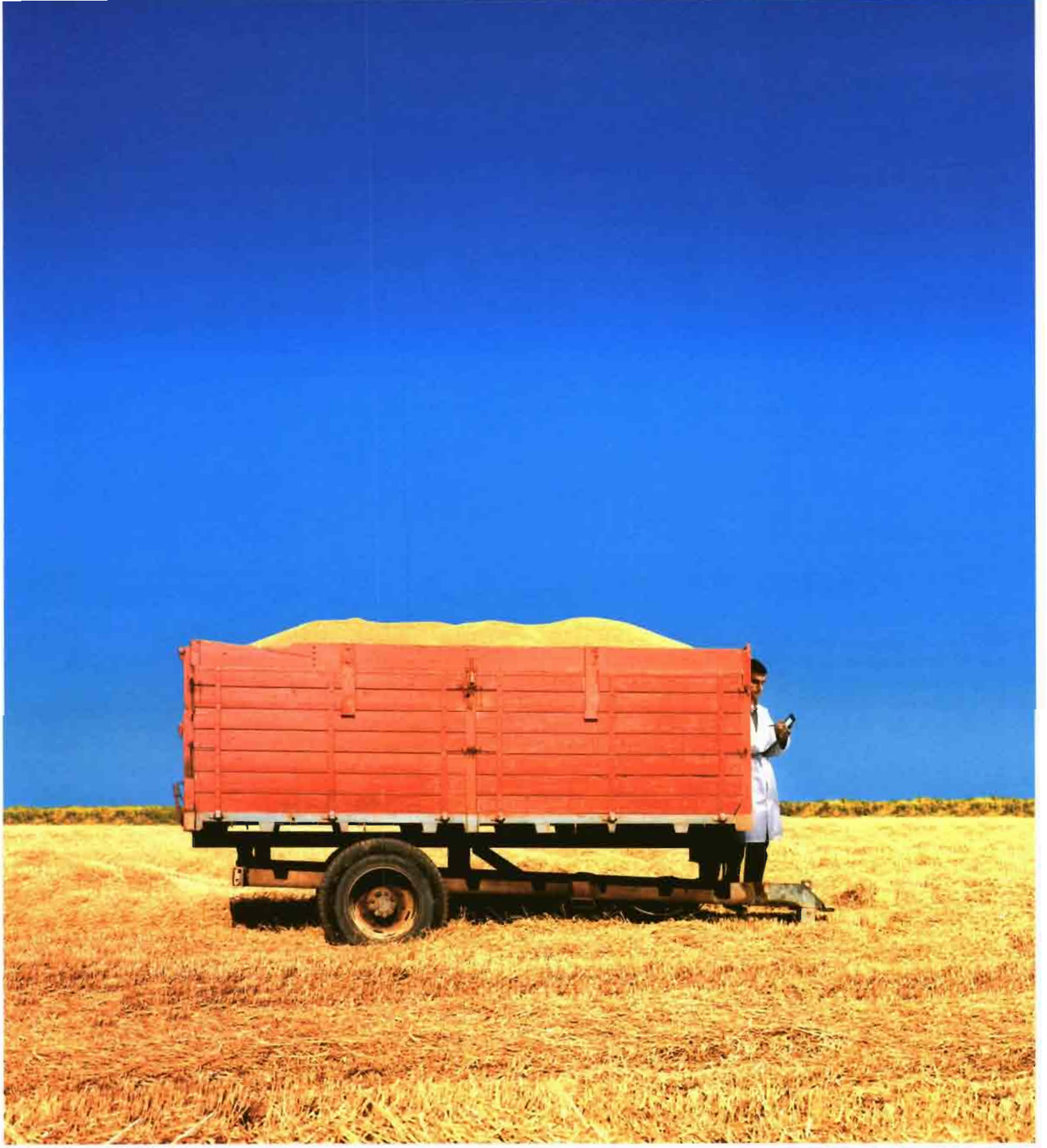
Haciendo una simplificación podemos asemejar la sección transversal de un insecto a un círculo. Por este motivo, la dimensión limitante de los huecos de la malla es la mayor dentro de la dirección más restrictiva (la horizontal en la **figura 1**) que, como puede observarse en el **cuadro I** tiene un valor de 222,8 µm. En el caso de la malla de 10 x 20 hilos/cm², la longitud limitante presenta un valor de 239,2 µm. Teniendo en cuenta que ambas medidas son muy próximas, se puede decir que las dos mallas tienen un comportamiento semejante como barrera anti-insectos. Si se observan ahora los valores de porosidad, puede verse cómo entre la malla B y C hay una diferencia de casi un 7%. Es decir, ambas mallas tienen un comportamiento similar frente al paso de insectos y sin embargo la malla C, más cara, ofrece una mayor resistencia al paso del aire, lo que implicaría una menor tasa de renovación si se instalara en algún invernadero. Por lo tanto, este modelo concreto de malla de 14 x 27 hilos/cm² es un producto de muy baja calidad cuya presencia en el mercado es totalmente indeseable, ya que su fabricación ha sido deficiente y, además, se ha tejido con fibras de un grosor excesivo teniendo en cuenta la densidad de hilos del textil. La detección de este problema y la obtención de estas conclusiones sólo son posibles

CUADRO I. VALORES MEDIOS DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS MEDIDOS POR EL PROGRAMA EUCLIDES v1.4.

Código	Densidad (fabricante)	Densidad (hilos/cm²)	α (%)	L_{px} (µm)	L_{py} (µm)	D_h (µm)	D_i^* (µm)	S_p^* (mm²)
Malla A	10 x 16	9,8 x 15,5	47,9	404,7	777,3	240,1	406,8	0,314
Malla B	10 x 20	9,4 x 19,8	35,5	239,2	803,7	265,0	243,2	0,192
Malla C	14 x 27	13,0 x 27,6	28,7	222,8 79,5	531,0	218,7	225,2 81,4	0,119 0,042

*Di: diámetro de la circunferencia inscrita; Sp: superficie del hueco.

Continúa en pág. 48 ▶



¿Quién hay detrás de una gran cosecha?

En IQV llevamos más de 70 años desarrollando soluciones innovadoras y de alta calidad para la protección de tus cultivos. Por eso hoy podemos ofrecerte un catálogo de futuro con más de 200 referencias. Este empeño por encontrar respuestas cada día más eficaces y rentables, unido al dinamismo y a la experiencia de nuestro equipo es lo que nos ha permitido consolidar una gran empresa: IQV está presente en más de 20 países. Y nos hemos ganado la confianza de más de 35.000 agricultores en todo el mundo. Nuestro objetivo es la satisfacción de todos y cada uno de nuestros clientes. Tu satisfacción.

Por eso, la próxima vez que veas una cosecha sana y abundante piensa que, probablemente, el trabajo del equipo IQV está detrás.

iqv

www.iqv.com

CUADRO II. COMPARACIÓN DE LA POROSIDAD EN TRES MALLAS CON DIFERENTE DENSIDAD DE HILOS.

Código	Densidad (fabricante)	Densidad (hilos/cm²)	α (%)	L_{px} (µm)	L_{py} (µm)	D_h (µm)	D_i* (µm)	S_p* (mm²)
Malla D	10 x 16	10,3 x 17,0	36,6	309,9	685,7	281,1	311,0	0,212
Malla E	10 x 20	9,7 x 19,7	37,9	253,9	784,3	252,0	255,8	0,199
Malla F	14 x 27	13,7 x 27,0	37,4	187,7	542,9	184,5	192,5	0,102

*Di: diámetro de la circunferencia inscrita; Sp: superficie del hueco.

gracias a los análisis de caracterización geométrica.

Por otro lado, en la confección de la malla A (10 x 16 hilos/cm²) se ha utilizado un hilo de aproximadamente 0,24 mm y en la confección de la malla B (10 x 20 hilos/cm²) se ha empleado un hilo de aproximadamente 0,27 mm (**cuadro I**). Este tipo de estrategia en la fabricación no es muy lógica teniendo en cuenta que ambas mallas están dirigidas al mismo tipo de mercado, con los mismos problemas de insectos y exigencias de ventilación semejantes. Lo más lógico habría sido utilizar para la malla más tupida el hilo más delgado y para la malla menos densa el hilo de mayor diámetro.

Una actuación mucho más lógica en la confección de mallas anti-insectos es la que se muestra en el **cuadro II**. Como puede verse, se trata de tres mallas con distintas densidades de hilos, pero que, a pesar de ello, presentan valores prácticamente constantes de porosidad. El fabricante ha conseguido mantener constante la relación entre la superficie de poros y la superficie total utilizando fibras de menor diámetro en la confección de los tejidos más tupidos. Por tanto, se puede decir que, a la vista de estos resultados, se trata de mallas con capacidades excluyentes mayores según aumenta su densidad de hilos, pero que van a presentar un comportamiento aerodinámico semejante, como más tarde confirmarán o desmentirán los ensayos en túnel de viento.

Pruebas en el túnel de viento

En el Departamento de Ingeniería Rural de la Universidad de Almería se ha diseñado y construido un túnel de viento de baja velocidad y ciclo abierto para aplicaciones agrícolas (**foto 1**). Este dispositivo, de sección circular, permite producir un flujo de aire constante y paralelo con velocidad uniforme en su sección de ensayos. Las aplicaciones de los túneles de viento abarcan un gran número de campos de la ciencia y la tecnología. En este caso, el objetivo que se persigue es la medida de la resistencia que encuentra el aire al atravesar las mallas de protección.

Las partes más importantes de un túnel de viento son la contracción, la sección de ensayos, el difusor y la propulsión. La contracción tiene forma acampanada y cumple el objetivo de acelerar el flujo de aire a su entrada al túnel para conseguir un perfil uniforme de velocidades en la sección de ensayos; es en esta otra división del dispositivo donde se colocan las muestras a ensayar de forma que queden perpendiculares a la dirección de avance de la corriente fluida. Para que las medidas tengan validez, la uniformidad del flujo ha debido alcanzarse en la sección de ensayos. La siguiente división es el difusor que supone un aumento en la sección del túnel para decelerar el flujo de aire, lo cual supone un ahorro energético. Finalmente, la propulsión está compuesta por un ventilador cuya hélice consigue empujar el aire para que éste circule por el túnel de viento.

Las medidas que se realizan en la determinación del comportamiento aerodinámico de las mallas anti-insectos son la presión estática del flujo de aire antes y después del textil. Ello se consigue mediante dos tubos de Pitot conectados a un transductor de presión. La diferencia de ambos valores, que es el dato que ofrece el transductor de presión, representa la pérdida de carga que se ha producido en el flujo como consecuencia de la presencia de la malla. Utilizando un anemómetro de hilo caliente se mide la velocidad y la temperatura del aire a su paso a través de la sección. De esta forma se puede relacionar la pérdida de energía que experimenta el flujo al atravesar la malla de protección con la velocidad del mismo. El valor de la temperatura es importante tenerlo en cuenta ya que la densidad y la viscosidad del aire varían con la misma.

Resultados de los ensayos en el túnel

Los resultados de los ensayos realizados en el túnel de viento los podemos observar de forma gráfica en la **figura 2**. Se trata de curvas en las que se representan los valores de la caída de presión experimentada por el flujo de aire al atravesar la malla para distintas velocidades, es decir, la pérdida de energía provocada por la malla a medida que aumenta la velocidad de la corriente fluida. La representación de estas parejas de datos describe curvas que se ajustan perfectamente a un polinomio de segundo grado. Por tanto, se puede decir que la pérdida de energía no se produce de forma lineal, sino que varía con el cuadrado de la velocidad del aire. Estas curvas quedan ordenadas en función de la porosidad de la muestra.

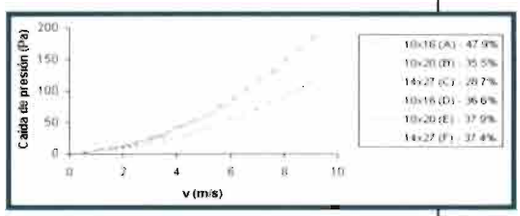


Figura 2. Representación gráfica de la caída de presión frente a la velocidad del aire para seis mallas anti-insectos.

Como puede observarse en la **figura 2**, hay un conjunto de mallas que tienen valores semejantes de porosidad, en torno al 36% (mallas B, D, E y F). En este caso las curvas no están ordenadas de menor a mayor porosidad. Estas cuatro mallas con valores similares de porosidad se diferencian entre sí en la densidad de hilos y en el diámetro de las fibras que las componen. Ambas variables están ligadas, ya que si los valores de porosidad no varían de unas mallas a otras, es porque a medida que aumenta la densidad de hilos el diámetro de éstos disminuye. Por tanto, puede decirse que para valores semejantes de porosidad el factor que determina la resistencia que ofrecen las mallas al paso de aire es la densidad de hilos.

A la vista de los resultados obtenidos, parece claro que se pueden representar curvas características de caída de presión frente a la velocidad para distintos valores de porosidad que ofrezcan una referencia del comportamiento aerodinámico de la malla. Además, si estas curvas se representan para las densidades de hilos más frecuentemente comercializadas, la referencia será más exacta. Por ello, con un mínimo de datos, densidad de hilos y diámetro de las fibras, y con la ayuda de estas curvas características, se puede tener una idea tanto de la capacidad excluyente de las mallas como de la resistencia que ofrecen al paso de aire, lo cual representa una información muy valiosa. Sin embargo, no se puede renunciar a los ensayos de caracterización geométrica ya que es la única forma de conocer la uniformidad de las mallas y de extraer conclusiones acerca de su proceso de fabricación para evitar errores y para proponer mejoras. ■