

Una medida contra los hongos y nematodos que son motivo de preocupación para los agricultores

La solarización, una posibilidad sanitaria en la zona productora de ajos de La Mancha conquense

La solarización del suelo es un proceso hidrotérmico que tiene lugar en el suelo húmedo que es cubierto por una película plástica y expuesto a la luz solar durante los meses más cálidos. El proceso de calentamiento solar del suelo es conocido como solarización y abarca un complejo de cambios físicos, químicos y biológicos del mismo asociados con el calentamiento solar. Esta técnica se presenta como una alternativa al uso de productos químicos para la agricultura y en el caso concreto de este artículo como una posible solución a la desinfección de suelos contaminados por *Sclerotium cepivorum* y *Ditylenchus dipsaci*.

Varés Megino, L; Iglesias González, C.;
Palmero Llamas, D. y Díaz Alonso, M.

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola (UPM)
Madrid.

Actualmente, en la zona productora de ajos de Castilla-La Mancha, los principales patógenos del suelo que atacan al ajo son el hongo *Sclerotium cepivorum* y el nematodo *Ditylenchus dipsaci*. Ambos son un motivo de preocupación por la larga permanencia del inóculo en el suelo; además, el monocultivo practicado en la zona no ayuda a su erradicación. Año tras año después de cada cosecha, muchos cultivadores de ajos, inician la penosa tarea de buscar tierras libres de dichos patógenos. A veces, esta búsqueda puede sobrepasar los límites regionales, originando un progresivo distanciamiento de los agricultores de sus localidades de origen con el encarecimiento de la cosecha que esto supone.

La rotación de cultivos como solución a este problema sanitario (evitando la repetición del cultivo del ajo durante periodos de tiempo de al menos tres o cuatro años), es una práctica difícilmente viable desde el punto de vista económico por la baja rentabilidad del cultivo que entraría en la alternativa (generalmente la cebada en esta zona).

Por tanto, ante estas circunstancias de desarrollo del cultivo del ajo en esta zona, al conjugar la larga permanencia del inóculo en el suelo con los elevados precios de arrendamiento del terreno y el pequeño tamaño de las explotaciones, hace necesaria otra solución sanitaria que suprima o reduzca el inóculo de los patógenos antes mencionados.

A lo anterior, se suman las dificultades que existen en la actualidad para encontrar productos nematicidas registrados que pue-



Aspecto de una plantación de ajos sin alteraciones patológicas.



Parcela de ensayo para la solarización.

dan ser utilizados en el cultivo del ajo; ello nos ha motivado a estudiar el posible uso de la solarización como técnica de desinfección del suelo para intentar recuperar los suelos infestados. Para estudiar la efectividad de la técnica, ha sido necesaria la toma de temperaturas diarias para poder contrastar si las temperaturas alcanzadas con esta técnica podrían tener un efecto letal o fungiestático para los citados patógenos.

Origen de esta técnica

La solarización del suelo es una técnica descrita por primera vez por Katan *et al.* en 1976. Es un método de control físico de organismos fitopatógenos del suelo. Consiste en una elevación de la temperatura del suelo varios grados, durante un periodo prolongado de tiempo, de un mes como mínimo.

La forma de obtener esta elevación consiste en colocar sobre la superficie del suelo que se quiere tratar, una lámina de plástico transparente, enterrando los bordes, durante los meses de verano. Previamente el suelo ha de regarse a capacidad de campo.

Los primeros experimentos estuvieron diseñados para controlar el patógeno *Verticillium dahliae* en berenjena, tomate y algodón. Bien pronto se observó que el sistema también servía para controlar gran número de hongos, ne-

matodos, complejos de enfermedades, plagas de artrópodos y malas hierbas. Como consecuencia de esta mejora sanitaria al aplicar la solarización se consiguen aumentos de cosecha y mejora de la calidad. Más tarde se encontraron otros efectos beneficiosos de tipo principalmente edáfico que quedan resumidos en el **cuadro I**.

Solarización + biofumigación, una mejora sustancial

La biofumigación consiste en realizar una particular enmienda orgánica al suelo, enmienda que en un principio se especulaba abundante (primeramente se utilizaban 10 kg·m⁻² de materia orgánica) y que, hoy podemos comprobar, no tiene por qué ser superior a los 5-6 kg·m⁻². El fundamento de la biofumigación radica en la emanación de gases y otros productos resultantes de la biodegradación de la materia orgánica aportada en la enmienda, que resultan biocidas y biostáticos para según que patógenos.

Realizar una biofumigación no es difícil. Necesitamos partir de un material orgánico fresco, ya sea estiércol muy poco hecho, ya sean restos de cosecha frescos, verdes, ya sean residuos de la industria agroalimentaria ricos en compuestos orgánicos. Una vez que tenemos el material lo distribuimos por el suelo y procedemos a su mezclado con el suelo con

una labor superficial no más profunda de 30 cm. A continuación regamos hasta saturar el suelo, y después tapamos con plástico del mismo modo que en la solarización, sellando bien los laterales del plástico, y añadiendo peso encima del plástico si las condiciones de viento así lo requiriesen. Este plástico no ha de ser un plástico muy grueso, uno de 100 galgas transparente es el más recomendado. Y ya sólo nos queda esperar. Dejamos que la materia se descomponga a su ritmo, que el suelo se "vaya haciendo", y transcurridos entre 15 y 20 días podemos retirar el plástico. Según las características del suelo será necesario esperar hasta 30 días. En estos casos es conveniente añadir algún activador de la descomposición, como por ejemplo urea.

La biofumigación funciona mejor cuando se aplica junto con la solarización. La diferencia estriba tan sólo en que se realizará en los meses de julio y/o agosto, y en que el plástico permanecerá entre 30 y 45 días, aunque no sea imprescindible alcanzar este periodo. El principal inconveniente a la hora de biofumigar es encontrar el material biofumigante. Es deseable que los restos de cosecha se incorporen al suelo, cerrando así el ciclo dentro del agrosistema, si bien muchas veces la cantidad de restos es insuficiente y hay que añadir aportes de estiércol, sobre todo en los primeros años de biofumigación.

Algunos factores que se deben evitar:

- ▶ Roturas por objetos punzantes, alambres o por animales en general que confundan el plástico con agua y pretendan beber.
- ▶ Sombras provocadas por árboles, tapias, casas, etc.
- ▶ Hoyos y bolsas, ya que éstas provocan pérdidas de eficacia de la solarización. Se pueden apreciar por la aparición de malas hierbas.

Material y métodos

El ensayo y toma de muestras se hizo en el término municipal de Las Pedroñeras (Cuenca).

El terreno se preparó dando una serie de pases de rotavator con objeto de romper los agregados (terrones) para que estuviera bien mullido el suelo y no se crearan bolsas de aire ni hoyos. Posteriormente, se dio un riego por aspersión durante 6 horas hasta capacidad de campo. Concluido el riego, se marcaron dos

CUADRO I.

Otros efectos beneficiosos derivados de la solarización.

Efecto	Autor
> Aumento de la concentración de Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ y PO ₄ ²⁻ ↓ Incremento de rendimiento Ca y Mg ⇒ Aumento de la resistencia a patógenos	Chen y Katan, 1980 Pullman, G.S. et al., 1984 Stapleton, J.J., 1983 Cebolla, V., 1991
> Aumento concentración de NO ₃ y NH ₄ ⁺ (favorece supresión de hongos patógenos)	Chen y Katan, 1980
> Aumento de micronutrientes en la solución del suelo e incremento de compuestos orgánicos solubles	Schnitzer, M., 1978

CUADRO II.

Temperaturas máximas absolutas.

Tª del suelo con plástico sencillo	Tª del suelo con plástico doble	Tª del suelo sin plástico	Tª ambiente
46,2°C	51°C	42°C	44°C

CUADRO III.

Número de horas acumuladas para diferentes tramos de temperaturas máximas.

Plástico sencillo		Doble lámina de plástico		
45 < Tª < 46	40 < Tª < 46,2	50 < Tª < 51	45 < Tª < 51	40 < Tª < 51
2 horas	25 horas	2 horas	23 horas	135 horas



Multiplicación de la colección de ajos con malla de protección.

parcelas contiguas de 9 m² cada una. Una parcela se cubrió con plástico transparente pegado al suelo de 100 galgas y en la otra parcela contigua se hizo lo mismo que en la anterior, pero además se superpuso otro plástico de las mismas características, separado por una distancia de 15 cm. En todos los casos los laterales del plástico se enterraron con tierra para que no hubiera intercambio con el exterior y evitar las pérdidas de calor.

El tiempo de permanencia del plástico cubriendo las parcelas fue desde el 14 de julio hasta el 15 de agosto. Los dos primeros días no se tomaron temperaturas ya que el proceso de calentamiento no había alcanzado un régimen de continuidad. Utilizando termómetros de suelos se anotaron las temperaturas máximas de puntos situados a 15 cm de profundidad, dado que en el caso del ajo es la zona explorada por las raíces. Los estudios estadísticos de esta zona, nos indican que durante el periodo de tiempo estudiado es cuando se alcanzan las mayores temperaturas. Por otra parte, el suelo está libre de cultivo.

Resultados y conclusiones

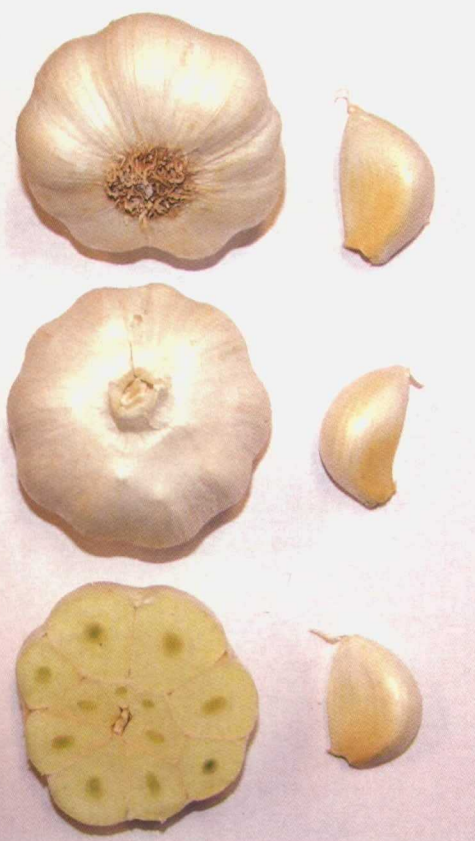
A partir de las temperaturas máximas absolutas de cada día se ha construido la **figura 1**. Se anotaron las temperaturas diarias desde el 14 de julio hasta el 15 de agosto. Las temperaturas registradas corresponden a 15 cm de profundidad para solarización con lámina de plástico sencilla, doble lámina y temperatura del suelo sin plástico (testigo).

El **cuadro II** representa las temperaturas máximas absolutas de todo el conjunto de temperaturas que han sucedido durante el periodo de tiempo analizado.

En el **cuadro III** se indica el número de horas acumuladas según diferentes tramos de temperaturas. Se indican tramos de temperaturas por encima de 40°C, es decir, temperaturas relativamente altas que ya pueden tener un efecto letal o al menos producir un descenso en la población de estos patógenos.

El efecto de la solarización depende de la propia temperatura alcanzada, del tiempo de duración y del tipo de patógeno.

Cuando la solarización se refiere al patógeno *Sclerotium cepivorum*, la bibliografía consultada estima que a partir 40°C y durante 39 horas (Matrod et al. 1990), ya se

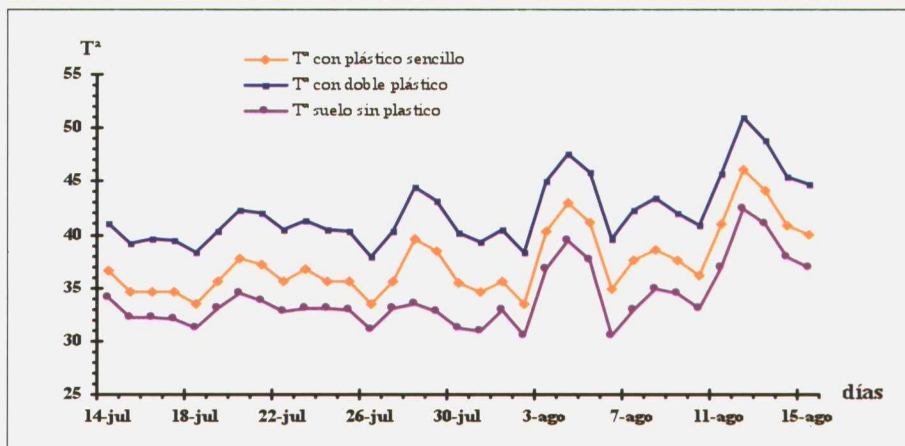


Aspecto de una cabeza de ajos bien formada.

puede conseguir un efecto letal, mientras que otros estudios consideran la temperatura de 50°C durante 5 minutos. En nuestro caso, la parcela que ha sido solarizada con una capa de plástico, el número de horas aculadas en el intervalo de temperaturas 40-46,2°C ha sido de 25 horas, quizás algo bajo.

En el caso de la parcela solarizada con doble lámina de plástico, las temperaturas alcanzadas son mayores y se mantienen durante más tiempo. Lógicamente, del análisis del **cuadro III** se desprende que con doble lámina la efectividad será mayor.

Representación gráfica del valor de las temperaturas diarias máximas absolutas para cada caso estudiado.



En cualquiera de los casos es importante considerar la inactivación de proteínas en la supervivencia de microorganismos durante la solarización y, el debilitamiento de los propágulos fúngicos por temperaturas subletales, que aunque no llegan a destruir totalmente los patógenos, los sensibilizarían al ataque de microorganismos antagonistas propios de los suelos cultivados.

La aplicación de la técnica de la solarización a nivel comercial supondría ampliar la superficie a desinfectar por parcela para que el efecto borde no tenga una influencia relevante.

Este método puede ser muy interesante como método de recuperación de suelos infestados cuando la enfermedad comienza por pequeños rodales. Por ello, es importante estar muy pendiente de los primeros focos de aparición de las enfermedades para la actuación sobre dichos focos al término de cada campaña. ●

Bibliografía ▼

Cebolla, V., Martínez P.F., Del Busto A., Gómez de Barreda D. 1991. La desinfección del suelo por Energía Solar (Solarización). Una técnica no contaminante para la agricultura del Futuro. La horticultura Española en la C.E. Sociedad Española de Ciencias Hortícola. Pp: 446-465. Ed. Luis Rallo y Fernando Nuez.

Chen, Y. y Katan, J. 1980. Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. Soil Sci. 130:271-277

Matrod, L., Faddoul, J., A. Elmeamar, y Al-Chaab-Chaab. 1990. The use of solar energy for controlling white rot disease of garlic. University of Damascus and in Directorate of Agricultural Scientific Research, Syria.

Pull, G.S., DeVay, J.E., Elmoe, C.L., and Hart, W.H. 1984. Soil solarization: nonchemical method for controlling diseases and pest. Leaflet 21377. Div. of Agri. And Natural Resources, Cooperative Extension, Uni. Of California, Berkeley, CA, 8 pp.

Schenitzer, M. 1978. Humic substance: chemistry and reactions. Elsevier, Amsterdam.

Stapleton, J.J., and DeVay, J.E. 1984. Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response. Phytopathology 74 : 255 - 259.

Fercam 2010
 Del 14 al 18 de Julio
 Manzanares
 Feria Regional del campo
 y muestras de Castilla La Mancha

FERCAM 2010

50 AÑOS DE LA FERIA DE MAQUINARIA AGRÍCOLA, RIEGOS, AUTOMOCIÓN, OBRAS PUBLICAS Y MUESTRAS EN GENERAL DE CASTILLA LA MANCHA en Manzanares (Ciudad Real)
 del 14 al 18 de Julio en Horario de 10h. a 14h. y de 19h. a 23h.

[http:// www.fercam.manzanares.es](http://www.fercam.manzanares.es)

e-mail: fercam@manzanares.es