

EFICACIA DE LA SOLARIZACIÓN Y CONTAMINACIÓN POR NITRATOS TRAS LA APORTACIÓN DE ESTIÉRCOL

CEBOLLA, V.⁽¹⁾; GÓMEZ, M.⁽²⁾; ROSELLÓ OLTRA, JOSEP.⁽²⁾; POMARES, F.⁽¹⁾ Y RAMOS, C.⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada (Valencia)

⁽²⁾ Estació Experimental Agrária de Carcaixent (Valencia)

RESUMEN

La solarización reforzada con la aportación de materia orgánica mejora su eficacia en el control de patógenos de las plantas de cultivo. Elevadas aportaciones de materia orgánica pueden provocar contaminación de aguas subterráneas por lixiviación de nitratos, hay que considerar que la legislación sobre contaminación de aguas marca la cantidad de 170 kg N/ha como aportación máxima anual, esta cantidad suele ser sobrepasada con frecuencia en las prácticas habituales de algunas zonas de cultivo. El objetivo del ensayo ha sido valorar las dosis para las que la solarización mantenga su eficacia y no provoque contaminación.

En dos invernaderos de la Estació Experimental Agrària de Carcaixent, cada uno con textura de suelo distinta, uno franco arenoso y otro franco arcilloso, se solarizaron diversas parcelas, en los meses de julio y agosto de 2003, con dosis distintas de estiércol de ovino correspondientes a 0, 170 y 340 kg N/ha, y después se plantó escarola.

Se evaluó la eficacia biocida mediante sondas biológicas con preparados de *Fusarium* spp. todos los tratamientos, incluido el testigo fueron efectivos. También se evaluó la producción comercial de escarola y el control de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, siendo mejor el tratamiento con dosis alta de materia orgánica. Los elevados contenidos en NO_3^- en el suelo al inicio del ensayo dificultan la interpretación de los resultados de lixiviación de nitratos. La investigación continuará durante varios años para confirmar los resultados.

1 ► INTRODUCCIÓN

Cuando un agrosistema se desequilibra debido a una actuación desfavorable en el medio, a un mal manejo en las actividades culturales o incluso a variaciones en el clima, el sistema se hace vulnerable a especies oportunistas, que incrementan rápidamente sus poblaciones y se convierten en plagas o enfermedades impidiendo el establecimiento adecuado de un cultivo.

Cuando surge un problema fitosanitario en el suelo, lo primero que hay que hacer es analizar las causas que han producido ese desequilibrio e intentar restablecerlo. Pero en el caso que no se restablezcan, se puede utilizar un método de desinfección del suelo mediante calor, la solarización. Resulta más eficaz mediante la incorporación de materia orgánica que fermenta bajo plástico eliminando los patógenos de las plantas de cultivo. Este método funciona como una pasteurización del suelo, aumenta la temperatura de la capa superficial bajo plástico, elimina de manera más o menos selectiva los patógenos, y al alcanzar temperaturas subletales reducen la capacidad parasitaria hasta eliminar la manifestación de la enfermedad; la solarización acelera la mineralización de la materia orgánica, ofreciendo al cultivo siguiente un nivel más elevado de nutrientes, a costa de las reservas orgánicas del suelo.

Las elevadas aportaciones de materia orgánica pueden provocar contaminación de aguas subterráneas por lixiviación de nitratos. Ya que el ión nitrato es muy móvil y no es adsorbido por la matriz del suelo. El riego incrementa el riesgo potencial de la contaminación de capas freáticas por nitratos y la textura del suelo también influirá en la capacidad de retención.

Hay que tener en cuenta la legislación relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura (Directiva 91/676/CEE), que marca la cantidad de 170 kg N/ha como aportación máxima anual. Cantidad que normalmente se sobrepasa en las zonas de cultivo. El objetivo del trabajo es valorar las dosis para que la solarización sea efectiva, y la lixiviación de nitratos sea mínima.

2 ► MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en dos invernaderos de la Estació Experimental Agraria de Carcaixent (Valencia), durante 2003-2004, cada uno de los invernaderos tiene una textura de suelo distinta, uno franco arenoso y el otro franco arcilloso.

Se solarizaron las parcelas en los meses de julio y agosto de 2003, con distintas dosis de estiércol de ovino: 170 y 340 unidades fertilizantes (UF) de nitrógeno, y parcelas testigo que se solarizaron sin ningún tipo de aporte de estiércol.

El diseño de los tres tratamientos fue de bloques al azar con tres repeticiones en cada invernadero, donde cada parcela elemental tiene una superficie de 21 m². Después de la distribución de parcelas y el aporte correspondiente de estiércol de oveja a cada parcela sobre el terreno labrado y desmenuzado, se regaron con ramales de riego por goteo cubriéndose con plástico transparente de polietileno, cerrando bien los bordes y evitando las cámaras de aire. Los plásticos permanecieron durante 7 semanas, alcanzándose un máximo de temperatura durante la solarización de 58.5 °C y 52.53 °C a 10 cm y 20 cm de profundidad respectivamente.

Antes de cubrir con los plásticos, se enterraron en las diferentes parcelas, a una profundidad de 10 y 20 cm, unas sondas biológicas con preparados de *Fusarium* spp. Que se mantuvieron enterradas durante toda la solarización, y que se extrajeron cuando finalizó. Se llevaron al laboratorio y mediante el medio de cultivo selectivo Komada se comprobó si había crecimiento de *Fusarium* spp.

Después se plantó escarola con un ciclo de cultivo de 90 días y se recolectó a mediados de enero.

Para evaluar la eficacia de la solarización se recogieron 20 plantas de cada parcela, eliminando las líneas externas de la parcela, para evitar el efecto borde de la solarización, líneas que no se tuvieron en cuenta a efectos estadísticos. Se pesaron tanto el peso total como el comercial, es decir, quitando las hojas externas más viejas y hojas en mal estado. De las muestras recogidas se realizó una observación visual del estado en que se encuentran, puntuándolas del 0 al 5, siendo el 0 las que se encuentran en peor estado y no comercializables, 1 y 2 las no comercializables, y del 3 al 5 comercializables, puntuando con 5 las escarolas que se encuentren en mejor estado, tanto de tamaño como sanitario. También se realizó un conteo de las plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* para cada tratamiento.

Al mismo tiempo se observó la cantidad de nitratos en suelo durante el ciclo de cultivo de la escarola en los diferentes tratamientos, y con las diferentes texturas de suelo en los dos invernaderos y a diferentes profundidades para obtener la dosis de materia orgánica para la que la solarización fuese efectiva y no provocase contaminación de nitratos por lixiviación.

Para medir el contenido de nitratos en suelo se realizó un muestreo con unas barrenas de tipo helicoidal y cilíndrico a dos horizontes (0-30 cm y 30-60 cm), tomándolas en cuatro puntos de cada parcela en la zona del bulbo del gotero para cada tratamiento y repetición. Se realiza el muestreo en diferentes momentos del cultivo: antes de plantarlo (septiembre), a mitad del cultivo (octubre), al final (diciembre) y después de la recolección (febrero).

La determinación de nitratos fue mediante la extracción con la solución saturada de sulfato cálcico.

Para conocer la cantidad de agua aportada al cultivo se instaló un sistema de riego por goteo en todas las parcelas, con un controlador de agua a la entrada de cada uno de los sectores de riego.

La cantidad de agua aportada durante todo el ciclo de cultivo y la cantidad de nitratos que lleva esta agua se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de agua (L/m²) y kg N/ha aportados por el agua de riego en los dos invernaderos

	INVERNADERO DE TEXTURA FRANCO ARENOSA		INVERNADERO DE TEXTURA FRANCO ARCILLOSA		AGUA NO3- (mg/L)
	(L/m ²)	kg N/ha	(L/m ²)	kg N/ha	
Del 30-9 al 20-10	119.65	51.85	119.97	54.23	223
Del 21-10 al 9-12	83.18	30.68	72.35	28.83	196.63
Del 10-12 al 3-2	27.35	10.58	30.95	12.96	209.18
TOTAL	230.18	93.11	223.27	96.02	

3 ▶ RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de las sondas biológicas de *Fusarium* spp, enterradas a 10 y 20 cm, fueron en todos los tratamientos positivos, eso significa que la solarización ha sido eficaz respecto a *Fusarium* ssp, en cuanto a la cantidad de materia orgánica utilizada y respecto al tipo de textura de suelo (Tabla 2).

Tabla 2. Supervivencia de *Fusarium* ssp. (%) de las sondas biológicas a dos profundidades

TRATAMIENTOS	INVERNADERO DE TEXTURA FRANCO ARCILLOSA		INVERNADERO DE TEXTURA FRANCO ARENOSA	
	10 cm	20 cm	10 cm	20 cm
Sin solarizar	100	100	100	100
Solarizado sin materia orgánica	0	0	0	0
170 UF de N	0	0	0	0
340 UF de N	0	0	0	0

Se observa que las sondas dejadas en el suelo a las mismas profundidades pero sin solarizar y sin ningún tipo de aporte de materia orgánica la supervivencia de *Fusarium ssp* fue del 100%.

En cuanto a la producción obtenida (kg/pieza), si se relaciona el peso comercial respecto al peso total, se observa en la Tabla 3, que tanto para el invernadero de textura franco arcillosa como para el de textura franco arenosa, en el tratamiento de 340 UF de nitrógeno, la producción es significativamente mayor al 0.05% con intervalos LSD. No hay diferencias significativas entre las parcelas de diferentes texturas.

La producción se relaciona con el estado sanitario en que se encuentran las muestras, medidos con una observación visual con una puntuación del 1 (menor) al 5 (mayor), demostrando que la solarización con mayor cantidad de materia orgánica, es más efectiva contra *Sclerotinia sclerotiorum*, con diferencias significativas al 0.05% entre tratamientos.

Tabla 3. Niveles de significación al 0.05% de la producción en escarola frente a los tratamientos con diferentes dosis de materia orgánica

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN (kg/PIEZA)			ESTADO SANITARIO (1-5)
	PESO TOTAL	PESO COMERCIAL	PESO COMERCIAL/ PESO TOTAL	
Testigo	0.72	0.52	0.68 b	3.01 b
170 UF N	0.71	0.52	0.68 b	2.95 b
340 UF N	0.72	0.55	0.73 a	3.37 a
ANOVA Tratamientos	N-S	N-S	*	*
ANOVA Texturas	N-S	N-S	N-S	N-S

N - S: No significativo al 0.05% con intervalos LSD. * : Diferencias significativas con $p < 0.05$

Respecto al contenido de nitratos en el suelo, tomadas las muestras a diferentes profundidades (0 a 30 cm y de 30 a 60 cm), en los diferentes momentos del ciclo de cultivo, se observa que en el invernadero de textura franco arenosa (Figura 1), la cantidad de nitratos (kg N-NO₃⁻/ha) en el suelo en la capa superficial siempre es mayor que en la capa más profunda, eso puede ser debido a la gran cantidad de nitratos que se aporta mediante el agua de riego.

En lo que respecta a los diferentes tratamientos, debido a los elevados contenidos de NO₃⁻ en el suelo al inicio de cultivo, dificultan la interpretación de los resultados en la lixiviación de nitratos.

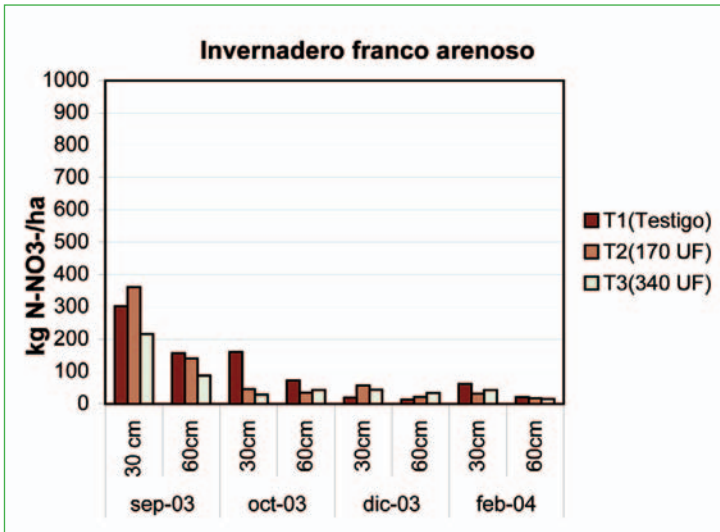


Figura 1. Nitratos en suelo, durante todo el ciclo de cultivo a dos profundidades, con diferentes tratamientos, en el invernadero de textura franco arenosa.

En cuanto a la cantidad de nitratos en el suelo en el invernadero de textura franco arcillosa (Figura 2), en los primeros 30 cm hay mayor acumulación de nitratos que en la capa más profunda, debido principalmente a un mayor contenido en materia orgánica y a la cantidad de nitratos aportados por el agua de riego. Existe un mayor contenido en nitratos en el invernadero de textura franco arcillosa, que en el de textura franco arenosa, debido principalmente a una mayor lixiviación en éste último.

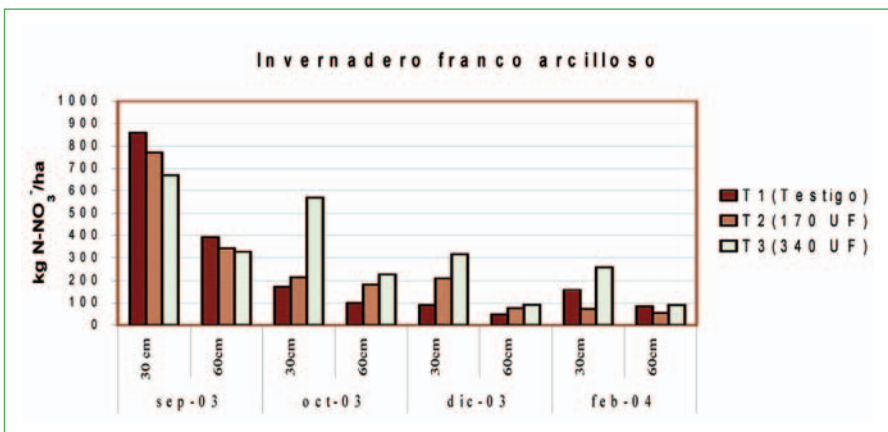


Figura 2. Nitratos en suelo, durante todo el ciclo de cultivo, a dos profundidades, con diferentes tratamientos en el invernadero de textura franco arcillosa.

4 ► CONCLUSIONES

La solarización ha resultado eficaz respecto a *Fusarium* ssp, tanto con aporte de materia orgánica, como sin aporte de ésta a dos profundidades 10 y 20 cm, en parcelas con diferentes texturas. Se ha obtenido un 100% de supervivencia de *Fusarium* ssp en parcelas sin solarizar.

La producción obtenida en escarola se relaciona con el estado sanitario en que se encuentran, demostrando que la solarización ha sido más efectiva contra *Sclerotinia sclerotiorum* cuando se le añaden 340 UF de N, que con 170 UF de N o con solarización sola.

Los contenidos de nitratos en suelo son mayores en capas superficiales que en capas profundas, a las diferentes dosis de materia orgánica utilizada en la solarización.

Los elevados contenidos en nitratos en el suelo al inicio del ensayo dificultan la interpretación de los resultados de lixiviación de nitratos. La investigación continuará durante varios años para confirmar los resultados.