

Estudio de lixiviación de nitratos en suelos de invernaderos de pimiento biosolarizados

P. Fernández⁽¹⁾, J.A. Pascual⁽²⁾, A. Lacasa⁽³⁾

⁽¹⁾ Oficina Comarcal Agraria Vega Alta (OCA). Consejería de Agricultura y Agua. Ctra de Murcia s/n. 30.530 Cieza (Murcia). pedro.fernandez5@car.m.es

⁽²⁾ Departamento de Suelo, Agua y Manejo de Residuos orgánicos. CEBAS-CSIC. Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia.

⁽³⁾ Departamento de Biotecnología y Protección de Cultivos. IMIDA. C/ Mayor s/n 30150 La Alberca (Murcia).

RESUMEN

La biosolarización del suelo en invernaderos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) supone una estrategia de control de enfermedades telúricas (*Phytophthora capsici* y/o *parasítica* y *Meloidogyne incognita*), de vegetación adventicia y de fenómenos de fatiga muy adecuada para mantener buenos niveles productivos en sistemas de monocultivo prolongado. Este trabajo pretende evaluar las repercusiones de la aplicación de cantidades importantes de materia orgánica, hasta 100 t/ha, en estos agrosistemas sobre la calidad del suelo y en el medio ambiente. El ensayo de lixiviación de nitratos en condiciones controladas se realizó sobre columnas de suelo inalterado los cuales habían sido sometidos a biosolarización de primer año (100 t/ha de enmiendas) comparándose con el efecto sobre un suelo de referencia tratado con bromuro de metilo (BM) en la dosis de 30 g/m² + plástico VIF, sin la aplicación de enmiendas orgánicas. El contenido en agua lixiviada en las muestras biosolarizadas fue de 5,3 L/columna, mientras que la columna desinfectada con bromuro de metilo lixivió 9,9 litros, de un total de 29,7 litros aplicados en ambos casos. El total de nitrato lixiviado para cada uno de los tratamientos fue de 10,0 g NO₃⁻/columna para el tratamiento con la enmienda y 25,7 g NO₃⁻/columna para el tratamiento con ausencia de enmiendas orgánicas. La actividad biológica medida en el suelo biosolarizado fue superior a la del suelo tratado con BM, sobre todo en los dos primeros perfiles de la columna (hasta 20 cm de profundidad).

Palabras clave: *Capsicum annuum*; materia orgánica; bromuro de metilo; actividad biológica; actividades enzimáticas.

INTRODUCCIÓN

El pimiento es un monocultivo en más del 90% de los invernaderos del Campo de Cartagena (Murcia) y del sur de la provincia de Alicante [6], siendo *Phytophthora* spp. (*capsici* y *parasítica*) el principal patógeno fúngico del cultivo [10,18]. La presencia de estos hongos, la de *Meloidogyne incognita* y el efecto de la fatiga del suelo, generada por la reiteración del cultivo en el mismo suelo, había motivado que todos los invernaderos se desinfecten anualmente con bromuro de metilo (98:2 a 60 g/m² sellado con plástico de polietileno de 0,05mm) desde 1985 [7] hasta 2005 [4], en que el bromuro de metilo quedó autorizado en forma de usos críticos para una parte de la superficie, dejándose de utilizar en 2007.

La biosolarización se ha propuesto como una técnica eficaz de desinfección de suelos frente a

patógenos telúricos, siendo utilizable en agricultura ecológica. Sin embargo, la aplicación de importantes cantidades de materia orgánica y su reiteración en el tiempo plantea la necesidad de abordar el estudio de aspectos fundamentales sobre el suelo y su impacto sobre el medioambiente. Entre ellos, una de las serias dudas existentes ante la bondad de la biosolarización en cuanto a desinfección de suelos, es el potencial riesgo de lixiviación de nitratos y el posible aporte de metales pesados [11].

La lixiviación de nutrientes en sistemas de fertirrigación localizada está directamente relacionada con el movimiento de cada nutriente en el volumen de suelo humedecido por los goteros, donde se desarrollan las raíces de las plantas. Los nutrientes presentan una distribución tridimensional, dependiendo del movimiento de cada nutriente dentro del bulbo,

de diversos factores entre los que cobran especial interés las propiedades físicas y físico-químicas del suelo, dosis y fórmula del fertilizante, volumen de riego y caudal de descarga del gotero, influyendo directamente el desarrollo y distribución de raíces en el suelo según régimen de riego y posición de goteros.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo de lixiviación de nitratos en condiciones controladas se realizó sobre columnas de suelo inalterado sometido a biosolarización de primer año con una dosis de enmienda de 100 t/ha (70 t/ha estiércol de ovino y 30 t/ha de gallinaza), siempre comparándose con el efecto sobre un suelo control tratado con bromuro de metilo en la dosis de 30 g/m² + plástico VIF (filmes virtualmente impermeables), sin la aplicación de enmiendas, que era el método habitual de desinfección de los suelos. El suelo del invernadero experimental es representativo de los suelos medios de cultivo de pimiento en el Campo de Cartagena de textura fina y niveles medios de materia orgánica (Tabla 1). Se procedió a la toma de tres replicas de cada tratamiento, mediante sondeo de suelo inalterado en cilindros de 80 cm de largo y 30 cm de ancho. En el perfil de la columna se procedió a la colocación de diferentes sondas de succión a distintas profundidades, una superficial y otras 3 cada 10 cm de profundidad, tipificadas como

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución del volumen de lixiviados a lo largo del ensayo fue variable, presentando valores superiores en el tratamiento con bromuro de metilo en comparación con el biosolarizado (Fig. 1). La dinámica del agua en las diferentes columnas fue distinta, presentando las biosolarizadas una tasa de infiltración superior, al menos en los perfiles superiores, en la línea de lo obtenido por [2, 10] en lisímetros con cultivo de pimiento bajo invernadero, donde los primeros 25 cm de profundidad la densidad aparente disminuye frente al mismo suelo sin biosolarizar. El hecho de que los suelos con BM lixiviaran más cantidad puede deberse a la mayor capacidad de retención hídrica que presentan los suelos estercolados, lo que se manifiesta en una mayor retención de agua, disminuyendo la lixiviación de ésta [5]. El nitrato lixiviado a lo largo del ensayo también fue superior en los suelos no enmendados, tal y

El objetivo del trabajo fue medir, en condiciones controladas, a partir de columnas de suelo inalterado, la lixiviación de nitratos y los principales parámetros biológicos en suelos biosolarizados en comparación con suelos desinfectados con bromuro de metilo (BM), que no incluían la aportación de enmiendas.

perfiles S, V, Y y Z. Durante el cultivo, se evaluó el volumen de drenaje y de nitrato.

En cada una de las columnas se plantó una planta de pimiento cv. 'Requena' la cual fue fertirrigada con la misma disolución con la que se riega el cultivo en los invernaderos de la comarca del Campo de Cartagena, de modo que en todo momento los resultados obtenidos a escala de laboratorio pudiesen ser extrapolables a suelos naturales. En cada riego se midió la cantidad de disolución suministrada y la concentración de lixiviado obtenido en un periodo de tiempo determinado, a través de un ICP (Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo). Para determinar posibles variaciones en la producción de biomasa se pesaron todas las recolecciones de frutos y al final del ensayo se pesó la planta entera. En cada uno de los muestreos se midió peso fresco, peso seco (medido en estufa a 65°C hasta peso constante) y nitrógeno. Al finalizar el ensayo se analizó el suelo en cada uno de los perfiles de la columna [9].

como muestran [1] en columnas de suelo esterilizado frente a suelos naturales (Fig. 1). El volumen total lixiviado en las muestras de suelo biosolarizado fue de $5,3 \pm 0,5$ L, mientras que el suelo bromurado lixivió $9,9 \pm 0,7$ L, de un total de 29,7 litros aplicados en ambos casos. Las cantidades totales lixiviadas fue de $10,0 \pm 1,2$ g NO₃⁻/columna para el tratamiento con estiércol y $25,7 \pm 3,0$ g NO₃⁻/columna para el tratamiento con enmiendas orgánicas, resultados similares a los obtenidos por [10] en lisímetros con cultivos de pimiento bajo invernadero, donde después de la aplicación de hasta 100 t/ha de estiércoles y año presentaron tasas de lixiviación inferiores a los suelos que no recibieron cantidad alguna. La concentración de nitratos también fue muy variable a lo largo del periodo de muestreo presentando unos valores máximos de 5,8 y 10,6 g NO₃⁻/L, para columnas biosolarizadas y no biosolarizadas,

respectivamente, lo que quiere decirse que durante el transcurso de la disolución por la columna ocurren fenómenos de adsorción/desorción en *feedback*, condicionada por la elevada actividad biológica y enzimática, sobre todo ureasa [3]. [1] justifica la menor lixiviación de formas recalcitrantes del nitrógeno, especialmente de elevado peso molecular, en columnas a la inmovilización microbiana. Esta mayor retención del nitrógeno en la columna podría permitir a la planta un mayor aprovechamiento del mismo, pudiendo permitir el reducir las aplicaciones nitrogenadas y, además, en caso de realizarse, el riesgo de lixiviación es significativamente menor en cuanto a concentración de nitratos [8].

La producción de frutos, en peso fresco, fue de $219,1 \pm 21,8$ y $188,0 \pm 45,6$ g/planta para los suelos biosolarizados y bromurados, respectivamente. El peso fresco del total de biomasa desechada, incluyendo frutos, hojas y resto de planta, no presentó diferencias significativas entre tratamientos con valores de producción de $625,7 \pm 38,2$ en las columnas con enmiendas y de $572,1 \pm 55,5$ g/total biomasa, para el tratamiento con bromuro de metilo sin adición de materia orgánica. En cada uno de los órganos vegetativos muestreados se analizó el nitrógeno, no encontrando diferencias significativas entre tratamientos, tanto en hojas como frutos (Fig. 2). El análisis de la planta, a partir de tallo y ramas, presentó, para la tesis biosolarizada, un valor de nitrógeno de $2,89 \pm 0,12\%$, y $2,63 \pm 0,12\%$, para la bromurada.

REFERENCIAS

- [1] Abaas, E.; Hill, P.W.; Roberts, P.; Murphy, D.V.; Jones, D.L. 2012. Microbial activity differentially regulates the vertical mobility of nitrogen compounds in soil. *Soil Biology & Biochemistry*. Volumen: 53, pp: 120-123.
- [2] Fernández P.; Guirao P.; Ros, C.; Guerrero, M.M.; Quinto V.; Lacasa, A. 2004. Efecto de la biofumigación con solarización sobre las características físicas y químicas del suelo. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia, 259-277.
- [3] Fernández, P.; Pascual, J.A. y Lacasa, A. 2014. Potencial de lixiviación de nitratos de la técnica de biosolarización en suelos de invernaderos de pimiento. En prensa.
- [4] Guerrero, M.M., Lacasa, C.M., Ros, C., Martínez, V., Fenoll, J., Torres, J., Beltrán, C., Fernández, P., Bello, A., Lacasa, A. 2009. Pellets de brasicas como enmiendas para biosolarización de invernaderos de pimiento. *Actas de Horticultura*, 54, 424:429.
- [5] Herai Y, Kouno K, Hashimoto M, Nagaoka T. 2006: Relationships between microbial biomass nitrogen, nitrate leaching and nitrogen uptake by corn in a compost and chemical fertilizer-amended regosol. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 52, 186–194.
- [6] Lacasa, A.; Guirao, P. 1997. Investigaciones actuales sobre alternativas al uso del bromuro de metilo en pimiento en invernaderos del Campo de Cartagena. En “Posibilidad de alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento en invernadero”. Publicación de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Región de Murcia. Jornadas 11: 21-36.
- [7] Lacasa, A.; Guirao, P.; Guerrero, M.M., Ros, C., López, J.A., Bello, A., Bielza, P. 1999. Alternatives to methyl bromide for sweet pepper cultivation in plastic green houses in South-east Spain. In “Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. Heraklion. Creta. Grecia 7-10 december. Proceedings: 133-135.
- [8] Ma, L.R., Malone W, Jaynes D. B., Thorp, K. R., Ahuja K. R. 2008. Simulated Effects of Nitrogen Management and Soil Microbes on Soil Nitrogen Balance and Crop Production *Soil Sci. Soc. Am. J.*, September 30, 2008; 72(6): 1594 - 1603.
- [9] MAPA, 1994. Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas para riego. In Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Ed). *Métodos Oficiales de Análisis*. Vol. III.
- [10] Rincón, L.; Pérez, A.; Abadía, A.; Sáez, J.; Pellicer, C. 2005. Fertirrigación localizada en un cultivo de pimiento grueso de invernadero en producción integrada. II Lixiviación de nutrientes. *Agrícola Vergel*, 75-79 pp.
- [11] Ros, M., García, C., Hernandez, M.T., Lacasa, A., Fernández, P., Pascual, J.A. 2008. Effects of biosolarization as methyl bromide alternative for *Meloidogyne incognita* control on quality of soil under pepper. *Biol Fertil Soils*.

Tablas y Figuras

Tabla 1. Características del suelo al final del ensayo en cada uno de los perfiles de la columna. Media±error estándar

Parámetro	Bio S ⁽¹⁾	Bio V	Bio Y	Bio Z	BM S ⁽²⁾	BM V	BM Y	BM Z
pH	8,00±0,02	8,24±0,07	8,29±0,10	8,47±0,20	8,18±0,25	8,22±0,07	8,08±0,06	8,05±0,05
C.E. (dS/m)	0,81±0,29	0,57±0,27	0,86±0,14	0,74±0,33	0,58±0,25	0,69±0,26	0,855±0,12	0,93±0,16
N (Kjeldahl) (%)	0,26±0,08	0,27±0,02	0,19±0,05	0,19±0,07	0,25±0,05	0,23±0,04	0,21±0,06	0,17±0,08
Nitratos (mg/Kg)	251,6±18,9	188,4±80,2	152,3±39,3	106,27±66,0	220,7±51,7	154,7±96,2	145,9±70,0	122,7±9,9
Amonio (mg/Kg)	4,40±1,90	3,60±0,40	3,60±0,29	4,47±1,95	3,50±0,33	4,87±0,55	5,10±2,12	3,80±1,13
C orgánico (%)	3,35±0,40	2,95±0,49	2,09±0,52	1,72±0,04	2,51±0,12	2,52±0,36	2,34±0,64	1,54±0,26

⁽¹⁾ Bio S= Perfil S de la columna biosolarizada

⁽²⁾ BM S= Perfil S de la columna tratada con bromuro de metilo

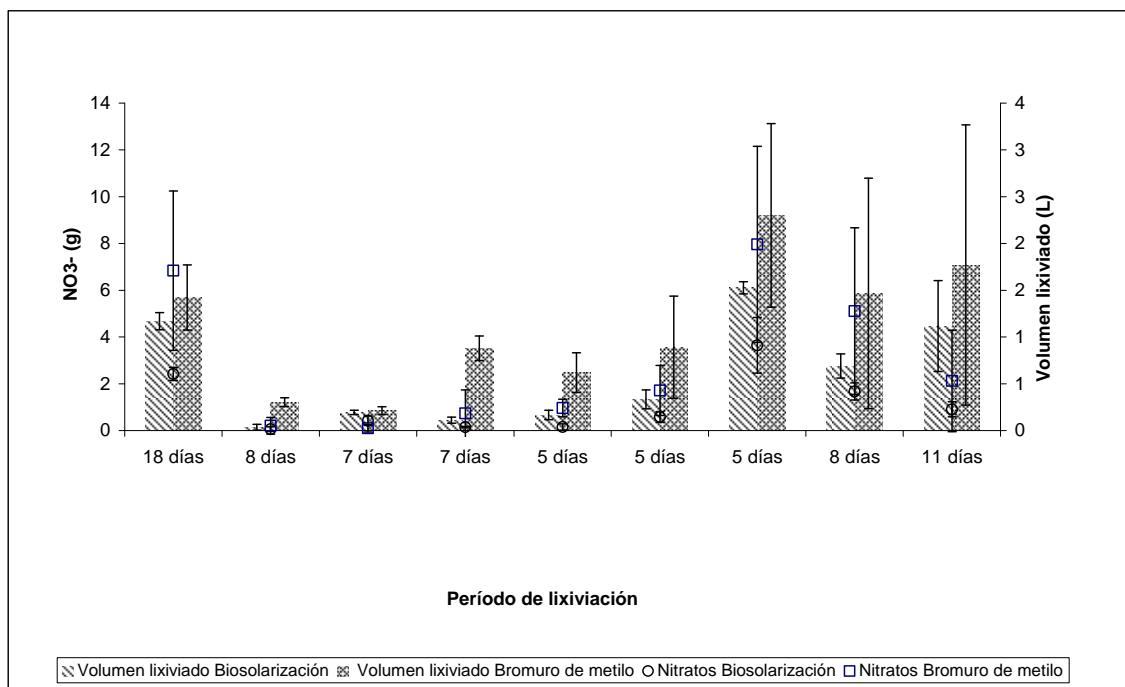
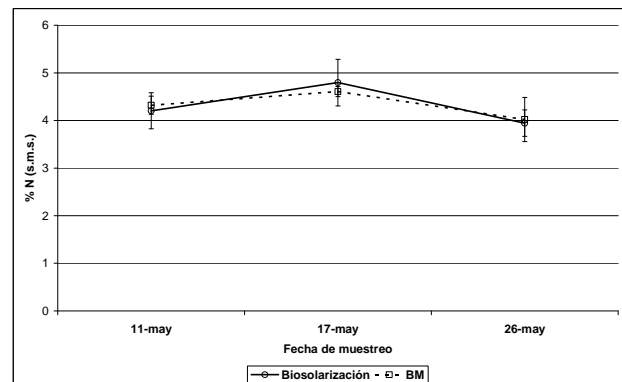
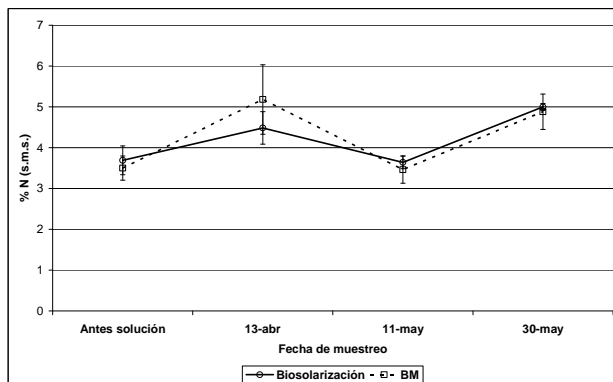


Figura 1. Medida del volumen medio de lixiviación y de nitratos por periodo de toma de muestra en la columna de suelo inalterada. Media ± error estándar



(a)

(b)

Figura 2. Evolución de la concentración de nitrógeno en hoja (a) y frutos (b). Media ± error estándar