

## EFFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN SOBRE LA ACTIVIDAD DESHIDROGENÁSICA Y LAS POBLACIONES DEL NEMATODO FITOPARÁSITO *GLOBODERA*. SU REPERCUSIÓN EN LA MEJORA DEL SUELO

J. LÓPEZ ROBLES, B. DE AYMERICH VADILLO, S. GONZÁLEZ CARCEDO

Universidad de Burgos, Cátedra de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Plaza Misael Bañuelos s/n 09001 Burgos. [djlopez@ubu.es](mailto:djlopez@ubu.es)

**Abstract.** In the present work we fall into the importance of soil management systems that improve its health and quality. Two kind of biofumigant amendments, cruciferous plants (*Raphanus sativus* cv. Concerta and *Sinapis alba* cv. Melox) and a agar – agar production waste from algae *Gelidium* spp., were applied to naturally infested soil by plant-parasitic nematode *Globodera* spp. We have studied its implication in changes in soil dehydrogenase activity, strongly correlated with edafon activity, and in nematode population. The improvement of soil microbiota and the reduction of *Globodera* spp. populations at the end of the experience.

**Key words:** enzymes, biofumigation, amendments, nematodes.

**Resumen.** En el presente trabajo se analiza el interés del manejo del suelo que repercute en una mejora de sus condiciones. Para ello se aplicaron dos tipos de enmiendas biofumigantes a un suelo infestado de modo natural por el nematodo fitoparásito *Globodera* spp.: la primera con las especies de crucíferas *Raphanus sativus* cv. Concerta y *Sinapis alba* cv. Melox y la segunda con un residuo resultante de la producción del polímero agar-agar a partir de algas del género *Gelidium*. Se estudia su implicación en la variación de la actividad deshidrogenásica del suelo, que está fuertemente correlacionada con la actividad del edafón, y en la población del nematodo, obteniéndose resultados positivos tanto en el incremento de la microbiota edáfica como en la reducción de las poblaciones de *Globodera* spp.

**Palabras clave:** enzimas, biofumigación, enmiendas, nematodos.

### INTRODUCCIÓN

Los nematodos formadores de quistes pertenecientes al género *Globodera*, constituyen en los cultivos de patata españoles uno de los factores limitantes para la producción, llegando a ser excluyentes, por su carácter de

patógenos de cuarentena, en zonas donde los suelos se destinan a la producción de patata (Martínez-Beringola *et al.*, 1987).

La biofumigación consiste en la práctica agronómica que emplea los compuestos químicos volátiles (isotiocianatos) en la supresión de los patógenos del suelo que se liberan en la

rotura y descomposición de los tejidos de vegetales ricos en glucosinolatos de la familia de las crucíferas (*Brassicas*) (Matthiesen, 1994).

Estos compuestos sulfurados son liberados como metabolitos secundarios cuando las plantas se ven sometidas a algún tipo de estrés o daño físico, confiriendo resistencia contra organismos patógenos o durante su descomposición en el suelo, donde las enzimas miosinas hidrolizan los glucosinolatos hasta isotiocianatos (Brown y Morra, 1997). En este tipo de sustancias se basan fumigantes comerciales como metham sodio y dazomet (Matthiesen, 1994).

Actualmente este concepto se emplea mas ampliamente para referirse a la aplicación de enmiendas orgánicas con el mismo propósito. La biofumigación constituye otra opción para reducir la población de nematodos fitoparásitos, dentro de un sistema de producción integrada (Bello 1998).

La adición de enmiendas orgánicas a suelos infestados con *Globodera* spp. Puede acarrear efectos beneficiosos a corto plazo, ya que: i) permite una importante reducción en la población del patógeno; ii) aumenta la actividad supresiva de los suelos mediante la mejora de su actividad biológica y iii) mejora la productividad de los suelos agrícolas, favoreciendo la formación y estabilización de agregados y aumentando la capacidad de retención de agua y de nutrientes (López y De Aymerich, 2002)

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el ensayo se utilizó una parcela situada en el termino municipal de Quintanilla de las Torres (Palencia) destinada habitualmente al cultivo de patata de siembra, contaminada naturalmente con los nematodos *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), y *G. pallida* (Stone). El suelo estudiado fue un Xerofluvent (Soil Survey Staff, 1999) de textura franco arcillosa (arena: 25.5%; lodo: 35.2%; arcilla: 39.3%) pH 6.1 y < 1% de materia orgánica.

La experiencia de biofumigación se dividió en dos partes: i) siembra (20 kg/ha, semillas), crecimiento e incorporación como abono verde, de las *Brassicas* *Raphanus sativus* cv. Concerta y *Sinapis alba* cv. Melox, en el momento de la floración; y ii) adición del residuo resultante de la producción del polímero agar-agar a partir de algas del genero *Gelidium* (2.5 kg/ha). Para que el efecto biofumigante sea el adecuado, se procedió al segado, en el caso de las *Brassicas*, enterramiento, riego y sellado del suelo, utilizando una desbrozadora, una grada y un rodillo, consiguiendo así que la materia orgánica quede perfectamente desmenuzada y enterrada.

Se realizaron distintos muestreos: dos en el caso del residuo de algas, antes de su incorporación y transcurridos 65 días de esta y, tres para las *Brassicas*, antes de la siembra, antes de su siega e incorporación al suelo en el momento de la floración (50 días después) y transcurridos 65 días de la ultima. Se utilizó como testigo una parcela sin enmendar.

Se determinaron las poblaciones de *Globodera* spp. para cada uno de los muestreos en las parcelas tratadas estudiándose la dinámica de la población y la relación población inicial/ población final (Pi/Pf), extrayendo los quistes por el método de Fenwick (1940) y cuantificándose las poblaciones de huevos y juveniles de segundo estadio según Seinhorst y Den Ouden (1966). Para la caracterización de las enmiendas se determino su pH, % Carbono Orgánico Total (COT), % Nitrógeno total Khenjdhal (NTK), relación Carbono / Nitrógeno y su humedad según los métodos oficiales de análisis (Page *et al.*, 1982).

La actividad deshidrogenásica de los suelos se midió mediante el método de Casida *et al.* (1964). Los datos se analizaron usando los tratamientos estadísticos apropiados (análisis de varianza) y cálculo de diferencias significativas mediante el Test de rango múltiple de Duncan ( $\alpha < 0.05$ ).

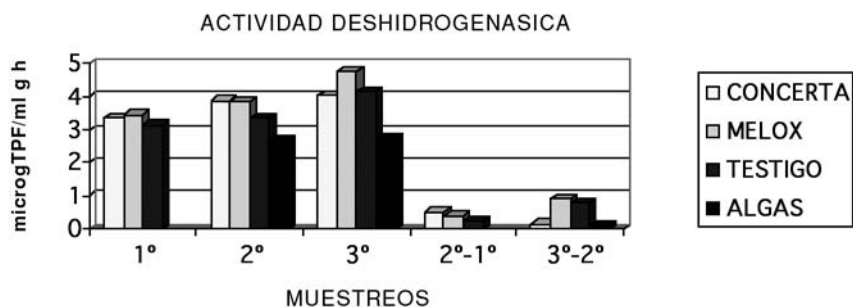


FIGURA 1. Actividad deshidrogenásica (mg TPF/ml g h) para cada uno de los tratamientos y de los muestreos. Se muestran también las diferencias entre los muestreos (i-j)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Actividad deshidrogenásica (Fig. 1)

**Primer muestreo.** Según lo esperado, la actividad deshidrogenásica no presenta diferencias significativas entre las parcelas sin enmendar. No obstante, el valor inicial para las parcelas situadas en el extremo norte de la finca es mayor, dada la proximidad de estas al río y la mayor abundancia de plantas adventicias a su alrededor lo que supone un incremento en su COT, directamente relacionado con la actividad microbiana y con la acción de la deshidrogenasa (Masciandaro *et al.*, 2000).

**Segundo muestreo.** Se observa un incremento significativo en la actividad deshidrogenásica del suelo en las parcelas sembradas con las crucíferas, pero no existe diferencia entre ambos cultivares. Esta variación se debe a la excreción por parte de las plantas de exudados radiculares que aumentan la actividad microbiana edáfica (Pascual, 1999). En la parcela testigo no se produjo ninguna modificación apreciable.

**Tercer muestreo.** La incorporación de las enmiendas biofumigantes al suelo produce efectos diferentes en la evolución de la enzima deshidrogenasa. Mientras que se observa un aumento sustancial de esta actividad en la parcela adicionada de la crucífera Melox, esto no sucede con el otro cultivar de

*Brassicas*, Concerta, donde la actividad se mantiene respecto del muestreo anterior. Esto puede ser debido a su menor contenido en masa vegetal (hojas más estrechas, menor número de folíolos...) o a su baja degradabilidad dado su elevado contenido en ligninas. En la parcela testigo, el incremento es debido a la aparición de flora adventicia (*Chenopodium* spp., *Convolvus* spp.) que aporta exudados radiculares y materia orgánica, factores positivos en el ascenso de la actividad deshidrogenásica.

En cuanto a las parcelas enmendadas con restos de *Gelidium* spp. en las cuales no se observa ningún efecto significativo sobre la acción de la deshidrogenasa, podemos hipotetizar que, dado que el carbono que aporta este residuo es muy fácilmente degradable ya que procede de hidratos de carbono sencillos, produciría un incremento en la actividad microbiana del suelo a corto plazo (<30 días) reflejándose en la actividad deshidrogenásica. Una vez asimilada esta materia orgánica, la población microbiana sufriría un receso al prescindir de esta fuente de carbono, volviendo a los valores iniciales (Pascual *et al.*, 1997).

### Población de *Globodera* spp. (Fig. 2)

El tratamiento más efectivo resultó ser el residuo de la producción del agar, con una ratio Pf/Pi de 0.667, lo que supone una reducción del 33.4% frente al 3% del testigo.

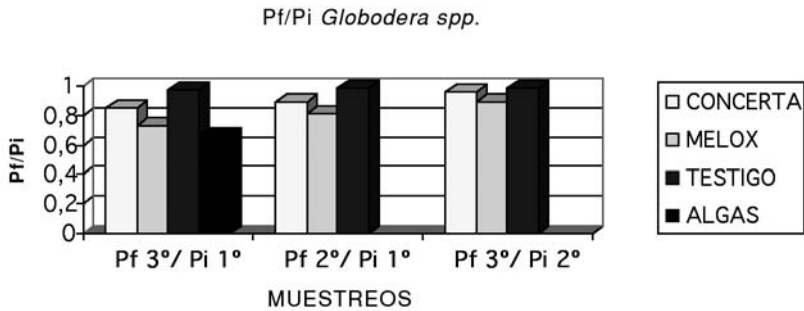


FIGURA 2. Relación entre la población final y la población inicial de *Globodera spp.* (H+J2/100cc) para los distintos tratamientos y en los distintos muestreos.

En el periodo de crecimiento de las crucíferas, la reducción de la población es mayor que en el transcurso del tiempo en que estuvieron enterradas en el suelo. Esto concuerda con los trabajos de Gardiner (1995) en los que queda patente la mayor liberación de glucosinolatos en el suelo mediante la excreción radicular que durante la incorporación de las plantas como abono verde, lo que lleva a una mayor limitación del crecimiento de la población del patógeno.

El descenso de la población es mayor en las parcelas sembradas con Melox que con Concerta, motivado por la mayor concentración y efectividad de los glucosinolatos específicos de *Sinapis alba cv.* Melox frente a los de *Raphanus sativus cv.* Concerta (Sarwar, 1997).

#### Relación nematodos vs deshidrogenasa (Tabla 1)

Se ha estudiado la posible relación entre la actividad microbiana del suelo parametrizada por la acción catalítica de la deshidrogenasa (enzima exclusivamente intracelular, presente únicamente en células viables, responsable de reacciones de transferencia electrónica) y la evolución de la población del nematodo con la adición de enmiendas.

Así se obtiene que, para aquellos tratamientos en los que tiene sentido realizar una correlación lineal (más de dos muestreos), estos dos índices presentan una linealidad inversa total ( $R^2 > 0.99$ ), es decir, la recensión de la población de *Globodera spp.* en el suelo es inversamente proporcional a la actividad deshidrogenásica para las parcelas tratadas con *Brassicas* y en la testigo.

TABLA 1. Parámetros de correlación lineal entre la Población de *Globodera spp.* (H+J2/ 100 cc) y la actividad deshidrogenásica (mg TPF/ ml g h) para una ecuación del tipo: Población = A\* deshidrogenasa + B

TRATAMIENTOS	A	B	R <sup>2</sup>
CONCERTA	- 71.709	569.43	0.999
MELOX	- 19.455	812.91	0.999
TESTIGO	- 60.880	523.20	0.826

En el tratamiento con residuo de algas únicamente evaluaremos la tendencia, que como puede constatarse en las gráficas, es la misma: a más actividad microbiana en el suelo, más actividad enzimática y menos población de *Globodera* spp.

Estos resultados ponen de manifiesto la posibilidad de utilizar como índice de salud del suelo a la actividad deshidrogenásica en aquellos agrosistemas en que existen problemas de presencia de este nematodo.

## CONCLUSIONES

1.- La biofumigación tanto con *Brassicac* como con residuos agroindustriales (*Gelidium* spp.) es un método eficiente de control de la población de *Globodera* spp. dentro de un programa de Manejo Integrado de Plagas.

2.- El tratamiento más efectivo ha resultado ser la adición de residuos de algas del genero *Gelidium* spp.

3.- El manejo del suelo mediante la adición de *Brassicac* al suelo, ejerce un efecto biofumigante mayor en el periodo de crecimiento de la planta que una vez enterrado su residuo como abono verde, siendo el cultivar Melox el que genera mejores resultados provocado por su mayor concentración y efectividad de sus glucosinolatos frente al patógeno.

5.- La actividad deshidrogenásica edáfica presenta una relación lineal e inversamente proporcional a la población del nematodo con correlaciones realmente elevadas ( $R^2 > 0.99$ ), pudiendo ser empleada en la mejora de los suelos afectados por *Globodera* spp.

## REFERENCIAS

Bello, A. (1998) Biofumigation and integrated crop management. En: *Alternatives to methyl bromide for the southern European countries*. Phytoma España, DG XI EU CSIC, Valencia, Spain. A.

- Bello, J.A. González, M. Arias, R. Rodríguez-Kábana (Ed.) pp: 99–126.
- Brown, P.D., Morra, M.J. (1997) Control of soil-borne plant pests using glucosinolates – containing plants. *Advances in Agronomy*, 61, 167 – 231.
- Cassida, L.E., Klein, D.A, Santero, T. (1964) Soil dehydrogenase activity. *Soil Science*, 98, 371 – 376.
- Fenwick, D.W. (1940) Methods for the recovery and counting of cyst of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Nematology* 18, 155 – 172.
- Gardiner, J. (1995) Horticulture Biofumigation Update 3 : Diciembre.
- López Robles, D.J., De Aymerich Vadillo B. (2002) Evaluación en la mejora en la calidad de un suelo afectado por *Globodera* spp. mediante comparación de distintas practicas agrícolas. *Phytoma España* 143, 40-43.
- Martinez-Beringola, M. L., Franco, M. P., Gutiérrez, M. P. (1987) Distribución de *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*. *Nematologia Mediterránea*, 15, 183-191.
- Masciandaro, G., Ceccanti, B., Ronchi, V., Bauer, C. (2000) Kinetic parameters of dehydrogenase in the assessment of the response of soil to vermicompost and inorganic fertilisers. *Biology and Fertility of Soils*, 32, 479 – 483.
- Matthiessen, J. (1994) Horticulture Biofumigation Update, 1: Septiembre.
- Page, A.L. , Miller, R.H., Keeney, D.R. (1982) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological Properties. Second Edition. Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin USA, 1159 p.
- Pascual, J. A., Hernandez, M.T., Ayuso, M., Garcia, C. (1997) Changes in the microbiological activity of arid soils amended

- with urban organic wastes. *Biology and Fertility of soils*, 24, 429 – 434.
- Pascual, J. A. (1999) Lasting microbiological and biochemical effects of the addition of municipal solid waste to and arid soil. *Biology and Fertility of Soils*, 30, 1- 6.
- Sarwar, M.(1997) Horticulture Biofumigation Update 6: Diciembre.
- Seinhorst, J.W. and Den Houden, H. (1966) An improvement of Bijloo`s method for determining the eggs content of Heterodera cysts. *Nematologica* , 12, 170 – 171.
- Soil Survey Staff (1999) Keys to Soil Taxonomy. 8<sup>a</sup> Edit. Agriculture Soil Management Support Services. Pocahontas Press Inc. Blacksburg, Virginia, USA, 599 p.