

COMUNICACIÓN CORTA

EFFECTO DE LA ESTERILIZACIÓN DEL SUELO CON VAPOR DE AGUA SOBRE SEMILLAS DE MALEZAS¹

María del Pilar Castillo-Luna², Robin Gómez-Gómez³

RESUMEN

Efecto de la esterilización del suelo con vapor de agua sobre semillas de malezas. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la esterilización de suelo con vapor de agua sobre la viabilidad de semillas de tres especies de malezas. El estudio se llevó a cabo en el año 2014 en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) de la Universidad de Costa Rica. Se evaluaron semillas de las arvenses *Poa annua*, *Polygonum hydropiperoides* y *Brassica campestris*, comunes en suelos utilizados para preparar almácigos de hortalizas en las zonas altas de la provincia de Cartago. Las semillas se ubicaron a dos profundidades (20 y 40 cm) dentro de un barril con suelo y se determinó la temperatura en ambas profundidades y en diferentes intervalos. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones por especie en cada profundidad. La temperatura se midió una vez que el vapor de agua atravesó la columna de suelo. La esterilización continuó por treinta minutos y a partir de ese momento se tomó nuevamente la temperatura, la cual fue de 99,3 °C en ambas profundidades y en los dos tiempos evaluados. Se determinó la viabilidad de las semillas utilizando cloruro de tetrazolio al 1%. El 100% de las semillas no presentó viabilidad después de finalizada la esterilización del suelo.

Palabras clave: control de malezas, *Poa annua*, malezas en hortalizas, *Brassica campestris*, *Polygonum* spp.

ABSTRACT

Effect of soil steam sterilization on weed seeds. The objective of this study was to evaluate the effect of soil steam sterilization on the viability of seeds of three weed species. The experiment was carried out in 2014 at the Fabio Baudrit Moreno Experiment Station (EEAFBM) of the University of Costa Rica. Weed seeds of *Poa annua*, *Polygonum hydropiperoides*, and *Brassica campestris*, common in soils used to prepare vegetable nurseries in the high lands of Cartago, were evaluated. Weed seeds were placed at two depths (20 and 40 cm) inside a barrel with soil; temperature at both depths and in different intervals was determined. The experimental design was random blocks with three replicates per species per depth. Temperature was measured when steam emerged on top of the soil column. Soil sterilization continued for thirty minutes and then soil temperature was measured again at both depths and intervals, indicating 99.3°C. Seeds viability was determined using tetrazolium chloride (1% v/v). All recovered seeds were non-viable after soil sterilization.

Keywords: weed control, *Poa annua*, weeds in vegetable production, *Brassica campestris*, *Polygonum* spp.

¹ Recibido: 26 de setiembre, 2015. Aceptado: 15 de diciembre, 2015. El estudio formó parte del proyecto de investigación "Detección de resistencia a diferentes familias químicas de herbicidas en poblaciones de malezas y propuestas para su manejo", código 736-B2-069 de la Universidad de Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Agronomía. San José, Costa Rica. pilicluna@hotmail.com

³ Universidad de Costa Rica, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, Costa Rica. gomez.robin@gmail.com



INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrenta la producción agrícola es el control de malezas, pues el manejo de las mismas eleva los costos de producción y en muchas ocasiones genera disminuciones en los rendimientos de los cultivos por competencia de espacio y nutrientes (Martínez y Alfonso, 2003). Se han desarrollado diversas técnicas para el control de malezas, la más común es el uso de herbicidas, los cuales por lo general resultan muy eficientes; sin embargo, el uso continuo y en algunos casos excesivo de estos agroquímicos, ha traído como consecuencia que algunas malezas hayan desarrollado resistencia a algunos de ellos (Powles y Holtum, 1994; Tieska y Nisensoh, 2001; Delgado et al., 2006; Villalba, 2009).

En Costa Rica, específicamente en las zonas altas de la provincia de Cartago, aproximadamente un 95% de pequeños agricultores de hortalizas, principalmente de cebolla, realizan sus propios almácigos utilizando suelo de sus fincas (Hernández, comunicación personal, 2015), por lo que el control de malezas es considerado uno de los factores más relevantes en dicha etapa. Algunas de las malezas más importantes en esta zona son *Poa annua*, *Brassica campestris* y *Polygonum* spp. (Araya, 2000). Debido al abuso de herbicidas en la zona se ha determinado que varias poblaciones de *P. annua* son resistentes al herbicida cletodim, ampliamente utilizado para el control de poáceas o gramíneas en cebolla y otras hortalizas (Rodríguez, 2012).

Es importante ofrecer nuevas alternativas que resulten efectivas y, además de bajo costo, para realizar un eficiente manejo de las malezas en la etapa de almácigo de hortalizas. El uso de calderas se ofrece como una opción, la cual se ha implementado para la esterilización de suelo con vapor de agua, obteniéndose resultados muy eficientes tanto para el control de malezas como de patógenos y nematodos (Hernández, 2011). Debido a que la compra, instalación y uso de estos equipos es poco factible para pequeños productores de hortalizas, surge la necesidad de presentar alternativas para realizar la esterilización de suelo para almácigos utilizando materiales de bajo costo y de fácil acceso.

El objetivo del estudio fue evaluar la eficacia de la esterilización de suelo con vapor de agua sobre la viabilidad de semillas de tres especies de malezas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) de la Universidad de Costa Rica, ubicada en la provincia de Alajuela (10°00'15,8"N, 84°16'04,8"E) en el año 2014. La EEAFBM se localiza a una altitud de 840 msnm, con una precipitación anual promedio de 1940 mm y temperatura promedio de 22 °C.

Recolección de material y dimensiones del barril

Se evaluaron semillas de tres de las arvenses más abundantes en la zona alta de la provincia de Cartago: *Poa annua*, *Polygonum hydropiperoides* y *Brassica campestris*. La recolección de las semillas se realizó en el distrito de Cervantes, cantón de Alvarado, provincia de Cartago, Costa Rica, aproximadamente quince días antes de iniciar el estudio. Las semillas se almacenaron a una temperatura de 4 °C hasta un día antes de realizarse el experimento.

Se utilizó suelo proveniente de la EEAFBM, de una textura franco-arcillosa/arcillosa, densidad aparente de 0,89 g/cm³ y densidad de partículas de 2,48 g/cm³. Se empleó dicho suelo debido a que poseía características físicas similares a las que presentan los suelos en las zonas altas de Cartago (Bertsch, 1998; Alvarado y Forsythe, 2005).

El barril de metal donde se colocó el suelo tenía las siguientes dimensiones (Figura 1): 84 cm de altura y 57 cm de diámetro interno, con un volumen de 1633,125 m³ (163,3 l). El agua requerida para generar el vapor necesario para la esterilización se añadió a los 24 cm inferiores del barril, y se dejó una altura neta de 60 cm para colocar el suelo. Se utilizó una tapa metálica con orificios para lograr la división entre el compartimento donde se colocó el agua y el suelo; además, se colocó un saco de nylon poroso sobre esta tapa inferior para evitar que parte del suelo cayera en el agua. El barril se colocó sobre una rejilla metálica sostenida por un muro de concreto de 30x70x70 cm de alto, largo y profundidad, respectivamente. La madera o leña se colocó debajo de la rejilla metálica.

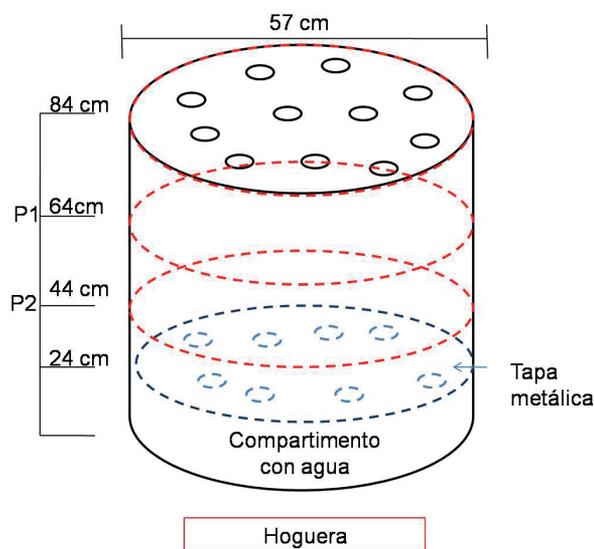


Figura 1. Dimensiones del barril utilizado para realizar la esterilización de suelo empleando vapor de agua. Costa Rica. 2014.

P1: profundidad 1; P2: profundidad

Figure 1. Dimensions of the barrel used for soil steam sterilization. Costa Rica. 2014.

P1: depth 1; P2: depth 2.

Tratamientos y diseño experimental

Se colocaron por separado treinta semillas viables (según prueba de tetrazolio, efectuada en cada una de las especies de malezas) en bolsas de nylon de malla fina de 18 cm x 14 cm, con 900 poros por cm². Posteriormente, tres bolsas con semillas de cada especie fueron colocadas aleatoriamente a dos profundidades dentro del barril lleno con suelo: a los 20 cm (P1) y a los 40 cm (P2) (Figura 1), para un total de seis repeticiones por especie. Una vez que se llenó el barril con suelo, se colocó una tapa de metal con agujeros para permitir la salida del vapor y se encendió una hoguera debajo de este; se procuró mantener la intensidad de la hoguera a lo largo de las evaluaciones para evitar fluctuaciones en la temperatura. Pevio al llenado del barril con el suelo se le realizaron cuatro perforaciones, dos en cada lado del barril, cada una a la altura de cada profundidad donde fueron colocadas las bolsas con las semillas, con el fin de determinar la temperatura en ambos lados del barril al introducir un termómetro de suelo.

Se contabilizó el tiempo requerido para que el vapor de agua atravesara la columna de suelo y

emergiera sobre la superficie del barril, en ese momento se determinó la temperatura alcanzada en las dos profundidades establecidas. Se determinó la temperatura del suelo a ambas profundidades luego de transcurridos treinta minutos desde que el vapor atravesó la columna de suelo, y luego se apagó la hoguera.

Se extrajeron las bolsas, se abrieron con una tijera y se recuperaron las semillas colocadas inicialmente, las cuales fueron sometidas a la prueba de viabilidad utilizando cloruro de tetrazolio según el protocolo de la Asociación Internacional de Evaluación de Semillas (ISTA, 1985). Para esta prueba, las semillas se colocaron en una lámina de agua para su imbibición por un periodo de una hora, y luego fueron seccionadas a la mitad con el fin de dejar expuesto el embrión. Una sección de cada semilla se colocó en un plato Petri con una solución al 1% de cloruro de tetrazolio por cuatro horas, pasado este tiempo se observó si se producía la tinción rosa del embrión, lo cual indica que el embrión se encuentra viable (ISTA, 1985). Esta prueba de viabilidad también se realizó al inicio del experimento con el material recolectado de cada especie, para conocer la viabilidad de los lotes de semillas utilizadas.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, se emplearon tres repeticiones por especie en cada profundidad. El experimento se repitió luego de que se apagó la hoguera añadiendo suelo no esterilizado y colocando nuevas bolsas con semillas.

Análisis estadístico

Se diseñó el estudio para que los datos obtenidos pudieran ser analizados mediante técnicas estadísticas. Sin embargo, ya que la variable de respuesta, número de semillas viables por especie y profundidad, dio como resultado cero en ambos experimentos, no fue necesario hacer análisis estadístico, en esas condiciones cualquier prueba es significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La viabilidad inicial de los lotes de semillas evaluados fue de 57, 83 y 62%, para *P. annua*, *B. campestris* y *P. hydropipedroides*, respectivamente. Debido a que no existen estudios sobre la germinación o viabilidad de estas malezas no fue posible determinar si estos valores eran comunes en estas especies. Sin

embargo, este porcentaje de viabilidad, asegura que un porcentaje adecuado de las semillas estudiadas se encontraba viable al momento del estudio. Se registró una temperatura de 99,3 °C en ambas profundidades y en los dos tiempos evaluados, por lo que no se observaron diferencias en la temperatura del suelo entre profundidades ni entre tiempos de evaluación. El tiempo requerido para que el vapor de agua atravesara la columna de suelo fue de 90 minutos, por lo que al sumar los treinta minutos que se dejó el suelo en la hoguera después de que emergiera el vapor, se requirieron 120 minutos para esterilizar el volumen de suelo señalado anteriormente.

Se recuperó entre un 95% y un 99% de las semillas de malezas colocadas en las bolsas y enterradas en el suelo dentro del barril. El 100% de las semillas no presentaron viabilidad después de finalizada la esterilización del suelo (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con estudios similares donde se ha indicado que la viabilidad de las semillas de malezas se pierde cuando se superan los 60°C (Van Loenen et al., 2003).

Un aspecto importante que se debe considerar al esterilizar suelo empleando vapor de agua, es el efecto sobre los microorganismos benéficos presentes en el suelo. Los niveles de biomasa microbiana se reducen al esterilizar el suelo con vapor de agua, pues estos se ven afectados cuando las temperaturas superan los 60-70 °C (Tanaka et al., 2003). Por lo anterior, se sugiere realizar una aplicación de organismos benéficos

posterior a la esterilización, con el objetivo de evitar que se de la rápida colonización por organismos patógenos que puedan afectar el cultivo.

Algunos microorganismos como *Trichoderma* spp., además de ser antagonista de patógenos, son empleados como promotores del crecimiento y desarrollo de las plantas, pues se ha demostrado que algunos de los metabolitos producidos por este hongo influyen en el crecimiento de estas (Vinale et al., 2008). Por otra parte, la aplicación de microorganismos al suelo favorece la descomposición de la materia orgánica presente, mejora la estructura del suelo, y por ende, la planta alcanza una mayor penetración radical, lo que permite que se de una mayor absorción de agua y de nutrimentos (Berstch, 1998).

La aplicación de vapor de agua al suelo también se usa para el control de patógenos y nematodos, pues estos mueren cuando se exponen a temperaturas superiores a los 60 °C en un periodo de treinta minutos. Lo anterior se evidenció en un estudio realizado por Van Loenen et al. (2003), quienes utilizaron temperaturas de 60 °C sobre los nematodos *Globodera rostochiensis* y *G. pallida* y los patógenos *Verticillium dahliae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium cepivorum*, *Pythium ultimu*, y donde obtuvieron un 100% de efectividad. Estos patógenos y nematodos son comunes en los suelos dedicados a la producción de hortalizas en la zona alta de Cartago (Coto, 2005; Granados, 2005; Granados y Wang, 2005). Los autores han analizado suelo esterilizado con esta metodología en estudios anteriores y determinaron que algunos nematodos de vida libre sobreviven el tratamiento, pero no se encontraron nematodos patógenos en esas muestras de suelo.

La esterilización del suelo con vapor puede provocar que en algunos casos se dé la acumulación de manganeso (Mn) y amonio, lo que puede afectar negativamente la nutrición de las plantas. También se debe considerar una posible toxicidad por Mn en los cultivos que son susceptibles a dicho elemento (Tanaka et al., 2003); además, pero en menor cantidad, se pueden producir liberaciones de nitrito y bromuro (Van Loenen et al., 2003). A pesar de estos posibles efectos secundarios de la esterilización de suelo con vapor, esta práctica ha sido utilizada con regularidad por los autores en diversos estudios en invernadero, sin registrar efectos negativos en el crecimiento de las plantas evaluadas en esos experimentos.

Cuadro 1. Viabilidad de semillas de tres especies de malezas comunes en la zona alta de Cartago, sometidas a esterilización con vapor de agua de un suelo ubicado en un barril, en Alajuela, Costa Rica. 2014.

Table 1. Viability of three species of weed seeds common in the high lands of Cartago under soil steam sterilization in soil placed in a barrel. Alajuela, Costa Rica. 2014.

Especie	Profundidad (cm)	Semillas recuperadas (%)	Semillas no viables (%)
<i>Polygonum hydropiperoides</i>	20	95	100
	40	97	100
<i>Poa annua</i>	20	98	100
	40	98	100
<i>Brassica campestris</i>	20	99	100
	40	98	100

El método de esterilización de suelo evaluado en este trabajo resultó efectivo para eliminar la viabilidad de las tres especies de semillas evaluadas, por lo que podría ser empleado por pequeños productores que realizan sus almácigos con suelo, y que no tienen la posibilidad de comprar una caldera. Además, se evita el uso excesivo de herbicidas que ha causado la selección de algunas poblaciones de malezas resistentes a los agroquímicos utilizados comúnmente por los productores de hortalizas. Sin embargo, esta metodología aún debe ser validada a nivel práctico en el campo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los señores Juan Carlos Alfaro, Gerardo García y al resto personal del Laboratorio de Malezas de la EEAFCM por su colaboración durante el estudio.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, A., y W. Forsythe. 2005. Variación de la densidad aparente de órdenes de suelos de Costa Rica. *Agron. Costarricense* 29(1):85-94.
- Araya, E. 2000. Control químico de *Polygonum aviculare* y otras malezas en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis Lic., Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, CRC.
- Berstch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su fertilidad. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, CRC.
- Coto, A. 2005. El nematodo blanco de la papa (*Globodera pallida* Stone). Ministerio de Agricultura y Ganadería y Servicio Fitosanitario del Estado, Cartago, CRC.
- Delgado, M., A. Domínguez, y C. Zambrano 2006. Resistencia de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) WD Clayton al herbicida nicosulfuron en cultivos de maíz. *Agron. Trop.* 56:171-182.
- Granados, M. 2005. Pudrición blanca de la cebolla: una enfermedad difícil de combatir. *Agron. Costarricense* 29(2):143-156.
- Granados, M., y A. Wang. 2005. Aislamiento e identificación de hongos asociados a esclerocios de *Sclerotium cepivorum*, causante de la pudrición basal de la cebolla, en la zona alta de Cartago. *Agron. Costarricense* 29(1):57-66.
- Hernández, J. 2011. Diseño y evaluación de un generador de vapor de baja potencia. Tesis Lic., Universidad Autónoma de Chapingo, MEX.
- ISTA (International Seed Testing Association). 1985. Handbook on tetrazolium testing. International Seed Testing Association, Zurich, GBR.
- Martínez, M., y P. Alfonso. 2003. Especies de malezas más importantes en siembras hortícolas del Valle de Quíbor, Estado de Lara, Venezuela. *Bioagro* 15:91-96.
- Powles, S., and J. Holtum. 1994. Herbicide resistance in plant: biology and biochemistry. Lewis Publishers, NY, USA.
- Rodríguez, A. 2012. Boletín técnico quincenal de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. Presencia de resistencia en *Poa annua*, una maleza problemática en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.). Universidad de Costa Rica, San José, CRC.
- Tanaka, S., T. Kobayashi, K. Iwasaki, S. Yamane, K. Maeda, and K. Sakura. 2003. Properties and metabolic diversity of microbiological communities in soils treated with steam sterilization compared with methylbromide and chloropicrin fumigations. *Soil Sci. Plant Nutr.* 49: 603-610.
- Tuesca, D., and L. Nisensoh. 2001. Resistance of *Amaranthus quitensis* to imazethapyr and chlormuron-ethyl. *Pesq. Agropec. Bras.* 36:601-606.
- Van Loenen, M., Y. Turbett, C. Mullins, N. Feilden, M. Wilson, C. Leifert, and W. Seel. 2003. Low temperature-short duration steaming of soil kills soil borne, pathogens, nematode pest and weeds. *Eur. J. Plant. Pathol.* 109:993-1002.
- Villalba, A. 2009. Resistencia a herbicidas. Glifosato. *Cienc. Docencia Tecnol.* 39:159-167.
- Vinale, F., K. Sivasithamparam, E. Ghisalberti, R. Marra, S. Woo, and M. Lorito. 2008. Trichoderma - plant - pathogen interaction. *Soil Biol. Biochem.* 40:1-10.