

USO DE LA SOLARIZACION COMO TRATAMIENTO DE DESINFECCION DE SUELO PARA SEMILLEROS DE FRUTALES Y HORTALIZAS EN CLIMA FRIO MODERADO

¹Leticia Gómez
Dora Guerra
²Jorge E. Jaramillo Novena
Jorge A. Bernal Estrada

INTRODUCCION

En el semillero, tanto la semilla como las plántulas de hortalizas y frutales pueden ser atacadas por una serie de enemigos naturales tales como insectos, hongos, nemátodos, bacterias y malezas, pudiendo afectar los procesos de germinación, crecimiento, desarrollo o en el peor de los casos causar la muerte o la diseminación al campo de esos enemigos.

Para evitar lo anterior, se recomienda la desinfección del suelo, generalmente con productos químicos, los cuales son en su mayoría altamente tóxicos tanto para la salud humana como para los animales ; además, son contaminantes del agua y del suelo y destruyen la flora microbiana benéfica del mismo.

Sin embargo, existe una alternativa como la del tratamiento físico, entre los cuales está la solarización, que consiste en la acción benéfica del calor solar en la desinfección del suelo.

Este método tiene ventajas sobre el tratamiento químico ya que no produce contaminación, es económico, fácil de establecer y no representa ningún riesgo para la salud humana. La solarización es un método de control físico de organismos fitopatógenos del suelo, que consiste en un aumento de la temperatura mediante la utilización de una lámina de plástico que transmite al suelo las calorías recibidas del sol durante el día, haciendo que la temperatura del suelo aumente a niveles mucho más altos que la temperatura exterior y durante la noche deteniendo en cierto grado el paso de las radiaciones calóricas del suelo hacia la atmósfera.

Este es un proceso hidrotérmico, es decir, que requiere de agua para transferir el máximo de calor a los organismos del suelo ; por lo tanto, se debe regar a capacidad de campo para posteriormente cubrir el suelo con plástico.

Entre las ventajas de la solarización, están :

- Controlar algunos microorganismos patógenos como nemátodos, hongos y malezas.
- Suprimir la presencia de residuos tóxicos en el terreno y las plantas.
- Mantener los organismos benéficos del suelo.
- Mejorar las condiciones físicas y de fertilidad y el movimiento del aire y el agua dentro del suelo, reduciendo así las necesidades de riego.

En general, esta técnica se ha recomendado sólo para zonas cálidas y secas ; sin embargo, CORPOICA, en su afán de brindar nuevas alternativas tecnológicas al agricultor y teniendo en cuenta los principios de equidad, competitividad y sostenibilidad, adelantó el presente trabajo donde se evaluó el efecto de la solarización, bajo condiciones de clima frío moderado (2.100 m.s.n.m), sobre la germinación y desarrollo de plántulas de hortalizas y frutales sembradas en suelos solarizados a diferentes profundidades y tiempos de exposición solar ; igualmente, se comparó la solarización del suelo con el método de desinfección química mediante la aplicación del producto químico Dazomet. Los resultados obtenidos fueron positivos.

¹ Adaptación de trabajo de tesis para optar al título de Ingenieros Agrónomos de los dos primeros autores. Universidad Nacional. Seccional Medellín.

² Ingenieros Agrónomos MS. Grupo Regional de Investigación Agrícola. CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva". A.A. 100. Rionegro (Antioquia).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo durante el segundo semestre de 1994, en el Centro de Investigación "La Selva" de CORPOICA, situado en Rionegro, Antioquia, a 2.100 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 17°C, precipitación anual de 1.800 mm., humedad relativa de 75% y brillo solar de 5,19 horas/día; la zona pertenece a la formación ecológica bosque húmedo montano bajo (bh -MB).

El trabajo consistió en la solarización del suelo a tres profundidades 8, 16 y 24 cm y a tres diferentes tiempos de exposición solar, 15, 30 y 45 días, para un total de 9 tratamientos comparados con un tratamiento testigo sin desinfección y un tratamiento de desinfección con químico (Dazomet).

El suelo utilizado en todos los tratamientos consistió en una mezcla de suelo negro con gallinaza, el cual fue llevado a cajones de madera de 1 metro cuadrado. Una vez depositado el suelo en cada cajón, los tratamientos a ser solarizados en las diferentes profundidades en evaluación (8, 16 y 24 cm), fueron humedecidos a capacidad de campo y luego cubiertos con polietileno transparente (calibre 6).

El tratamiento químico consistió en la aplicación del producto Dazomet (desinfectante de suelos contra nemátodos, hongos, insectos y malezas), en dosis de 40 g/m².

El tratamiento testigo, sin solarización y sin tratamiento químico, consistió en dejar el suelo a la intemperie.

El ensayo se inició con los tratamientos expuestos a 45 días, luego con los de 30 días y finalmente con los de 15 días, con el fin de terminar todos los tratamientos en la misma fecha. A los tratamientos solarizados se les tomó la temperatura a dos profundidades : 10 y 20 cm, diariamente, tanto en la mañana como en la tarde (8 a.m. y 2 p.m.)

Una vez terminada la solarización, el suelo de cada uno de los tratamientos se mezcló y se homogenizó ; luego se llevó a bandejas germinadoras para realizar pruebas de germinación con semillas de hortalizas (repollo, brócoli, tomate y lechuga) y frutales (curuba, tomate de árbol, uchuva y lulo). Para la evaluación de la efectividad de la solarización se sembraron 25 semillas por repetición, con tres repeticiones por tratamiento y se estimaron los siguientes parámetros :

- Porcentaje de germinación : Se obtuvo realizando conteos día de por medio a las diferentes plantas emergidas.
- Altura y peso seco de las plántulas : Tomados 30 días después de la germinación, se escogieron 15 plantas por tratamiento y luego de tomar los datos respectivos se sometieron a secado en estufa, a 80°C durante 24 horas.
- Incidencia de patógenos sobre las plántulas
- Número y tipo de malezas.
- Población de nemátodos : Antes y después de la solarización, tomada en 1 kg de suelo de cada tratamiento.

Tanto para el ensayo de solarización en campo, como para las pruebas de germinación de semillas, se usó un diseño completamente al azar con tres repeticiones y 11 tratamientos.

La información obtenida se sometió a un análisis de varianza (ANAVA) para todas las variables estudiadas; aquellos datos expresados en porcentaje se transformaron en funciones angulares o arcoseno. Para cada uno de los análisis estadísticos, que presentaron diferencias significativas, se hizo la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

TEMPERATURA

Durante el experimento, los tratamientos solarizados a profundidades de 8, 16 y 24 cm tuvieron un rango de temperatura desde 14,5 hasta 31,9°C, mientras que los testigos oscilaron entre 9,9 y 18,8 °C, comparados con el medio ambiente donde su máxima temperatura alcanzó 25, 6 °C.

Tanto en la mañana como en la tarde, se observó una marcada diferencia entre los tratamientos solarizados, testigo y medio ambiente, lo cual confirma una vez más los resultados de Alcázar y colaboradores (1991), Devay (1991) y Cenis (1978), los cuales anotan que la solarización aumenta significativamente la temperatura del suelo, debido a que la cobertura del plástico impide la evaporación y se da a la vez el efecto invernadero.

En la mañana, los tratamientos de mayor temperatura correspondieron a los tratamientos de mayor profundidad y en la tarde a los tratamientos de menor profundidad; lo anterior se debe en opinión de Hanks y Ashcroft, citados por Osorio (1989), a que las oscilaciones de temperatura son menores a mayor profundidad ya que allí se conserva calor, mientras que en la superficie se pierde fácilmente. Así mismo, anotan que en el día la temperatura de la superficie del suelo es mayor que en la parte más profunda, pero en la noche, al amanecer, la temperatura es más alta a más profundidad que en la superficie del suelo.

GERMINACIÓN

En este trabajo no se puede aseverar que la solarización aceleró y mejoró la germinación, ya que la semillas fueron sembradas después de descubrir el suelo y éste volvió a disminuir la temperatura.

Los resultados de la germinación muestran que sólo se presentan diferencias estadísticas entre testigo y tratamientos en las especies lechuga, brócoli y curuba (Tablas 1 y 2).

Según Besnier (1989), el hecho de que, incluso a una temperatura óptima, no todas las semillas de una muestra germinen simultáneamente, indica una heterogeneidad que no es debida necesariamente al sustrato, lo que es frecuente en la germinación en el suelo, indicando más bien una heterogeneidad fisiológica, causada generalmente por los cambios en las condiciones y el momento de la maduración, y es posible que esa heterogeneidad sea la causa de que tanto a altas como a bajas temperaturas dejen de germinar semillas que lo hubieren hecho a temperaturas óptimas.

TABLA 1. Efecto de la solarización del suelo sobre el porcentaje de germinación en cuatro hortalizas sembradas bajo invernadero en el C.I. "La Selva", 1993.

Tto	(cm)	(Días)	Germinación			
			Lechuga (%)	Tomate (%)	Brócoli (%)	Repoll o (%)
1	8	15	72,0	66,7	88,0	89,3
2	8	30	58,7	36,0	66,7	85,3
3	8	45	54,7	45,3	58,7	90,7
4	16	15	57,3	56,0	80,7	93,3
5	16	30	82,7	50,7	69,3	84,0
6	16	45	40,0	49,3	81,3	93,3
7	24	15	64,0	45,3	86,7	74,7
8	24	30	56,0	56,0	74,7	88,0
9	24	45	58,7	60,0	68,0	88,0
10	Dazomet	15	69,3	60,0	81,3	88,0
11	Testigo		41,3	42,7	86,7	86,7

NEMÁTODOS

En cuanto al control de nemátodos, de acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 3, se pudo concluir que la solarización del suelo controló la densidad poblacional de nemátodos comparado con el testigo.

Con la aplicación de Dazomet, se obtuvo un control igual para nemátodos que en los tratamientos solarizados 1 (15 días y 8 cm) y 3 (45 días y 8 cm), por lo tanto, la desinfección del suelo con solarización resultó tan efectiva como la desinfección con Dazomet. Estos resultados confirman lo reportado por Volcy (1990), quien afirma que la solarización controla patógenos como *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* Fukui, Kodama y Nakanishi (1981) Stapleton y Devay (1983) y Porter Merriman (1983), observan que la solarización del suelo reduce significativamente las poblaciones de nemátodos del género *Meloidogyn incognita*, *M. hapla* y *M. javanica*.

Es importante tener en cuenta que en los tratamientos 1 (15 días y 8 cm) y 4 (15 días y 16 cm), se encontraron saprófitos (benéficos), de donde se deduce que un tiempo de exposición de 15 días, fue suficiente para reducir significativamente las poblaciones de fitoparásitos, pero fue de mayor efectividad el tratamiento 1, debido a que se logró el control total de fitoparásitos y no se afectó la nematofauna benéfica (Tabla 3).

TABLA 2. Efecto de la solarización del suelo sobre la germinación de tres especies frutícolas sembradas bajo invernadero, en el C.I. "La Selva", 1993.

Tratamiento	(cm)	(Días)	Germinación		
			Lulo (%)	Curuba (%)	Uchuva (%)
1	8	15	66,7	64,0	77,3
2	8	30	41,3	56,0	58,7
3	8	45	45,3	70,7	86,7
4	16	15	58,7	65,3	84,0
5	16	30	58,7	40,0	80,0
6	16	45	48,0	16,0	81,3
7	24	15	48,0	65,3	72,0
8	24	30	53,3	53,3	81,3
9	24	45	58,7	81,3	85,3
10	Dazomet	15	44,0	50,7	74,7
11	Testigo		52,0	18,7	66,7

Los resultados muestran además, que mayor profundidad menor control de fitoparásitos, como se puede observar en la Tabla 3, lo cual lo confirman Stapleton Devay (1983), y Alcázar y colaboradores (1991), en los cuales los autores reportan que la solarización es más eficiente cerca a la superficie y menos eficiente a mayor profundidad.

Los tratamientos 1 y 3 alcanzaron uno de los promedios más altos de temperaturas coincidiendo con los tratamientos de mejor control de nemátodos.

MALEZAS

En cuanto al control de malezas, en los tratamientos solarizados 15 días (T₇, T₄ y T₁) donde el mayor control se obtuvo fue en el T₇ (8 cm de profundidad), seguido por el T₇ (2 cm de profundidad) (Tabla 4); en los tratamientos solarizados durante 30 días (T₂, T₅ y T₈), el más representativo en el control de malezas fue el T₂ (8 cm de profundidad) seguido del T₈ (24 cm de profundidad); e cuanto a los tratamientos solarizados durante 45 días (T₃, T₆ y T₉), el mejor control se obtuvo

en el T₃ (8 cm de profundidad), seguido del T₆ (16 cm de profundidad). Las malezas que estuvieron presentes y predominaron en orden de importancia fueron: macequia (*Paspalum virgatum*), nudillo (*Panicum zizanioides*), yerbamora (*Lantana camara* L.) y barbasco (*Polygonum segetum*).

Otras especies de malezas presentes en los diferentes tratamientos fueron: verdolaga (*Portulaca oleracea*), falso piretro (*Artemisa* sp.), llantén (*Plantago major*), batatilla (*Ipomoea* sp.), lengua de vaca (*Rumex crispus*), trébol (*Oxalis latifolia*), coquito (*Cyperus rotundus* L.) y malvavisco (*Sida rhombifolia* L.).

Es de anotar que el tratamiento a 8 cm de profundidad y 15 días de exposición, fue tan efectivo como el tratamiento a 8 cm de profundidad y 45 días de exposición y el tratamiento con (Dazomet); sin embargo, al hacer la observación de especies de malezas y predominancia de las mismas, se pudo ver que el T₃ (8 cm y 45 días) fue siempre el mejor; de 12 especies presentes sólo tres se encontraron en este tratamiento (Tabla 4).

Es importante mencionar que las malezas más representativas en los tratamientos se reproducen por medio de bulbillos, cepas, semillas, estolones o rizomas; algunas de estas estructuras poseen cierta resistencia a condiciones adversas. Al respecto Horowitz y Herlinger (1983), Standifer, Wilson y Porche (1984), afirman que las semillas de malezas en los estratos en los que la temperatura no se eleva a niveles letales, no se afectan adversamente o pueden ser estimuladas para germinar; la emergencia de malezas después de la solarización, es una función de la tolerancia de la maleza al calentamiento solar, de la profundidad a la cual las semillas están localizadas, y de la habilidad de las semillas germinadas para emerger desde dicha profundidad.

TABLA 3. Número de nemátodos presentes en suelo solarizado durante tres diferentes tiempos de exposición a tres profundidades. C.I. "La Selva". 1993.

Tto (Nº)	Tiempo de solarización (días)	Profundidad del suelo (cm)	No. de Nemátodos					
			Saprófitos	Parásitos				
				1	2	3	4	5
1	15	8	+++	-	-	-	-	-
2	30	8	++	2	-	-	-	-
3	45	8	--	-	-	-	-	-
4	15	16	++	-	3	-	-	-
5	30	16	--	-	-	2	-	-
6	45	16	--	-	-	-	-	-
7	15	24	--	-	-	2	4	-
8	30	24	--	-	-	6	2	-
9	45	24	--	6	-	25	2	-
10	Dazomet		--	-	-	-	-	-
11	Testigo		+++	16	12	40	-	2

+++ = Abundantes ++ = Escasos -- = Ausencia
 1 = *Pratylenchus* 2 = *Meloidogyne* 3 = *Helicotylenchus* 4 = *Xiphinema*
 5 = *Longidorus*

PLAGAS Y ENFERMEDADES

En la Tabla 5, se puede observar cómo la incidencia de plagas y enfermedades no fue significativa, ya que sólo se presentaron problemas de damping-off (*Alternaria sp.*, *Sclerotinia sp.*, *Rhizoctonia solani*). En algunos testigos y en una de las repeticiones del T₈ (brócoli), sólo unas pocas plantas fueron afectadas, las cuales se erradicaron inmediatamente; mientras que el tratamiento con Dazomet no presentó incidencia de plaga ni enfermedad.

Volcy (1990), anota que el suelo solarizado tiene una temperatura que excede el punto máximo requerido por el patógeno para el crecimiento, frente a la temperatura de un suelo desnudo, que aún suponiendo una temperatura subletal e inhibitoria, el calor sigue siendo importante porque debilita o lesiona a los patógenos.

Es de anotar que los tres tratamientos donde se presentó damping-off, fueron el testigo y T₈ de 24 cm de profundidad, lo cual podría indicar que la temperatura a esta profundidad no fue suficiente para controlar dichos patógenos.

Es importante mencionar que en casi todos los tratamientos solarizados hubo presencia del hongo *Trichoderma*. Según Volcy (1990) y Cardona (1993), el control biológico actúa bien en suelos solarizados porque se vuelven dominantes algunos antagonistas como *Trichoderma*; los efectos del control biológico son duraderos y contribuyen a crear suelos supresivos, en los cuales ciertas enfermedades están ausentes u ocurren en baja intensidad, a pesar de que está presente el patógeno. Lo anterior puede explicar en parte la baja intensidad de damping-off presente en el T₈, ya que en este hubo presencia de *Trichoderma*.

TABLA 4. Efecto de la solarización del suelo sobre el número de malezas encontradas a 3 profundidades y 3 tiempos de exposición. C.I. "La Selva", 1993.

Solarización 15 Días										
Tto	(cm)	(Día)	Nudillo	Yerbabuena	Macequía	Piretro	Barbasco	Trébol	Coquito	Malva
7	24	15	32	4	232	14	7	6	5	2
4	16	15	57	16	287	22	10	23	1	4
1	8	15	13	1	78	7	1	6		5
DAZOMET		15			1	1	2	3		
Solarización 30 días										
Tto	(cm)	(Día)	Nudillo	Yerbabuena	Macequía	Piretro	Barbasco	Trébol	Coquito	Malva
8	24	30	28	13	165	24	5	9	5	4
5	16	30	48	14	323	3	12	12	4	4
2	8	30	10	8	95	35	1	15	3	5
DAZOMET		15								
Solarización 45 días										
Tto	(cm)	(Día)	Nudillo	Yerbabuena	Macequía	Piretro	Barbasco	Trébol	Coquito	Malva
9	24	45	43	7	257	7	3	2	2	
6	16	45	28	7	119		4		2	
3	8	45	9	1	23					

TABLA 5. Incidencia de plagas y enfermedades en los tratamientos solarizados y no solarizados. C.I. "La Selva", 1993.

Tto	(cm)	(Día)	Especie	Plaga	Enfermedad
8	24	30	Tomate	<i>Epirix cucumeris</i>	-
8	24	30	Brócoli	-	Damping off
9	24	45	Curuba	-	-
Testigo			Repollo	<i>Agrotis ipsilon</i>	Damping off
Testigo			Brócoli	-	Damping off

En tomate (*Lycopersicum esculentum*) y repollo (*Brassica oleracea var capitata*), se encontraron comedores de follaje (*Epirix cucumeris*) y trozadores de tallo (*Agrotis ipsilon*), los cuales no lograron hacer daño de gran importancia a las plántulas.

ALTURA Y PESO

Los tratamientos solarizados no mostraron mucha diferencia con el tratamiento químico, pero por lo general superan al testigo. Aunque en muchos casos, los tratamientos solarizados resultaron mejores que los demás, no se

aseverar que la solarización haya mejorado en este trabajo el peso seco, desarrollo y producción de las plantas. Sin embargo, autores como Volcy (1990) y Devay (1991), afirman que la solarización, además de desinfectar el suelo de plantas y organismos que causan enfermedades en las plantas, tiene efectos benéficos colaterales, pues altera algunas de las propiedades químicas y físicas del suelo y eleva el rendimiento de los cultivos.

Es de anotar que las especies de frutales empleadas en este trabajo, excepto el lulo, son más lentas para germinar que las hortalizas, lo que no da pie a argüir que las malezas tuvieron más oportunidad para germinar y estuvieron en mayor densidad de población en los tratamientos que contenían los frutales, ya que en los primeros 15 días, éstas no tuvieron ninguna clase de competencia.

CONCLUSIONES

- La solarización resultó tan efectiva para el control de fitoparásitos como la aplicación con químico (Dazomet), siendo la solarización más efectiva a profundidades de 8 cm en sus diferentes tiempos de exposición (15, 30 y 45 días), en los cuales se lograron temperaturas de 31,7°C; 31,9 °C y 31.7 °C, respectivamente.
- La solarización no afectó la velocidad de germinación ; sin embargo, la altura y el peso seco se vieron favorecidos, ya que estas variables en los tratamientos solarizados superaron el testigo y en la mayoría de los casos al tratamiento con Dazomet.
- Respecto a la incidencia de malezas, se obtuvieron mejores resultados en los tratamientos solarizados a 45 días y a 8 cm de profundidad que en los tratamientos con Dazomet.
- Es importante tener en cuenta que uno de los mayores limitantes de la solarización reportados en la literatura, son las condiciones climáticas de la zona, recomendando ésta sólo para climas cálidos; sin embargo, en el presente trabajo se pudo comprobar que este método es adecuado aún en zonas de clima frío, como una técnica importante para el control de malezas y patógenos del suelo.

También se pudo comprobar que el uso de la solarización como método de desinfección del suelo, favorece el desarrollo de organismos antagonistas, particularmente el hongo *Trichoderma*, el cual se encontró en la mayoría de los tratamientos. Este método de desinfección del suelo es no contaminante, pues evita el uso de agroquímicos; además, permite a los incluso evitando el uso de mano de obra calificada en el mismo. Lo anterior hace que sea un método que contribuye a la sostenibilidad y a pesar de que se usa una alternativa como el plástico (que podría parecer contaminante), éste puede ser reciclado y además puede ser usado varias veces.

BIBLIOGRAFIA

- ALCAZAR, J. RAYMUNDO, S.A. ; SALAS, R. 1991.** Influencia del tiempo de exposición, grosor del plástico, plástico usado o nuevo y profundidad del suelo en la eficiencia de la solarización en el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood. Fitopatología. vol 26 (2). pp 92 - 99. Noviembre 1991.
- BESNIER, R.F. 1989.** Semillas. Biología y Tecnología. Madrid. 637 p.
- CARDONA, W. 1993.** Solarización y hongos antagonistas. En: Primer seminario de terapias y controles alternativos en Sanidad Animal y Vegetal. Secretaría de Agricultura de Antioquia. Medellín.
- CENIS, J.L. 1987.** La Solarización: Nueva tendencia en el control de patógenos del suelo. En: Agricultura. Revista Agropecuaria. Vol 56. No. 664. pp 808 - 809. Noviembre 1987.
- DEVAY, J.E. 1991.** Nuestro aliado el sol. En: Revista Ceres No. 132. pp 39 - 42, Nov. - Dic. 1991.
- FUKUI T. KODAMA T. and NAKANISKI Y. 1981.** Solar heating sterilization by polyethylene mulching in the open field. Bulletin Nara Prefecture Agric. Exp. ST 12: pp 109 - 119.
- HOROWITZ, R.Y. and HERLINGER, G. 1983.** Solarization for weed control. In: Weed Science. Vol 31, pp 170 - 179.
- OSORIO, V. N. 1989.** La temperatura del suelo. Seminario Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Medellín. 109 p.
- PORTER, I.J. and MERRIMAN, P.R. 1983.** Effects on solanzation of soil on nematodes and fungal pathogens at two sites in Victoria. En: Soil. Biol. Biochem. Vol 15. pp 39 - 44.
- STANDIFER, L.C., WILSON, P.W. and PORCHE, S. 1984.** Effects of solarization on soil on weed populations. En: Weed Science. Vol 32. pp 509-573.
- STAPLETON, J.J. and DEVAY, J.E. 1983.** Response of phytoparasitic and freelifing nematodes to soil solarization and 1 - 3 dichloropropene in California. En: Phytopathology. Vo. 73 pp 1.429 - 1.436.
- VOLCY, C. 1990.** Principios de control de enfermedades de las plantas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. 147. p