

# EFECTO DE LA SOLARIZACIÓN Y DEL BASAMID SOBRE SEMILLAS DE SEIS ESPECIES DE MALEZAS Y EL CHILE DULCE (*Capsicum annuum*)<sup>1</sup>

José Guillermo Morales, Franklin Herrera<sup>2</sup>

## RESUMEN

**Efecto de la solarización y del basamid sobre semillas de seis especies de malezas y el chile dulce (*Capsicum annuum*).** En la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica, se evaluó el efecto de la solarización (periodos de 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 semanas) sobre semillas de seis especies de malezas ubicadas a tres profundidades en el perfil del suelo y sobre el chile dulce sembrado después de retirar las coberturas plásticas. Además se comparó agrónomicamente el método de la solarización con el uso del basamid. Las semillas de las malezas fueron extraídas y colocadas en condiciones adecuadas para germinación. En esta condición, la mayor reducción en la germinación de tubérculos de *Cyperus rotundus* (90% de tubérculos muertos) se encontró cuando estuvieron distribuidos de 0 a 20 cm de profundidad y recibieron nueve semanas de solarización. Esta última resultó poco efectiva para eliminar semillas sexuales de *Rottboellia cochinchinensis*, *Amaranthus spinosus*, *Digitaria* sp., *Portulaca oleracea* y *Bidens pilosa*, ya que aún, con nueve semanas de solarización se detectaron porcentajes de germinación entre 10 y 48 %. El basamid no fue efectivo para controlar *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Amaranthus spinosus*, y tuvo un efecto intermedio sobre *Portulaca oleracea* y *Digitaria* sp. En las camas solarizadas se observó buen control de malezas con periodos de solarización mayores a cuatro semanas, reduciéndose el efecto cuando el suelo fue disturbado. Periodos de solarización entre dos y ocho semanas estimularon una mayor, altura y biomasa (raíces, tallos y hojas) de las plantas de chile dulce.

## ABSTRACT

**Effect of solarization and of basamid on the seeds of six weed species and on pepper (*Capsicum annuum*).** The solarization effects (periods of 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 9 weeks) on the seeds of six weed species, located at three depths in the soil profile, and on the pepper after removing the plastic mulches, was evaluated at the Fabio Baudrit Experiment Station, in Alajuela, Costa Rica. Besides, the solarization method was agronomically compared to the use of basamid. The weed seeds were extracted and placed under adequate germinating conditions. Reduction of *Cyperus rotundus* tubers (90% of dead tubers) was found when they were distributed from 0 to 20 cm deep and received nine weeks of solarization. The latter solarization was little effective to eliminate sexual seeds of *Rottboellia cochinchinensis*, *Amaranthus spinosus*, *Digitaria* sp., *Portulaca oleracea* and *Bidens pilosa*, because germination percentages from 10 to 48% were detected even with nine weeks of solarization. The basamid was not effective for controlling *C. rotundus*, *R. cochinchinensis* and *A. spinosus*, but showed an intermediate effect on *P. oleracea* and *Digitaria* sp. A good weed control was observed in beds with solarization periods of over four weeks, reducing its effect when the soil was disturbed. Solarization periods from two to eight weeks stimulated a larger population, height and biomass (roots, stems and leaves) of the pepper plants.

**Keywords:** solar energy, environmental control, soil heating, pepper, weeds, herbicides, *Rottboellia*

<sup>1</sup> Parte de la tesis de Licenciatura presentada por el primer autor al Instituto Tecnológico de Costa Rica.

<sup>2</sup> Programa de Malezas, Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica.

**Palabras clave:** energía solar, control ambiental, calentamiento del suelo, malezas, herbicidas, *Rottboellia cochinchinensis*, *Amaranthus espinosus*, *Bidens pilosa*, *Portulaca oleracea*, *Digitaria* sp., *Cyperus rotundus*, *Capsicum annuum*, Costa Rica.

*cochinchinensis*, *Amaranthus espinosus*, *Bidens pilosa*, *Portulaca oleracea*, *Digitaria* sp., *Cyperus rotundus*, *Capsicum annuum*, Costa Rica.

---

## INTRODUCCIÓN

La solarización constituye una alternativa no química que permite desinfectar los sustratos sin dejar residuos químicos. Consiste en cubrir suelos mullidos y húmedos con una delgada lámina de plástico transparente, en los cuales al ser expuestos al sol ocurre un aumento en la temperatura del suelo, al grado de ser letal para muchos patógenos, insectos y semillas de malezas (De Vay 1991). Se ha utilizado con éxito para desinfectar suelos destinados a almacigos, viveros, llenado de bolsas y para la siembra de cultivos como tomate, chile, berengena, melón, pepino, garbanzo, ajo, papa, culantro, vainica y otros, (De Vay *et al.* 1991; Herrera 1995a; Herrera y Ramírez 1996). Se informa también de un efecto estimulante de la solarización en el crecimiento de las plantas cultivadas, atribuido a una mayor disponibilidad de nitrógeno, mayor sanidad del cultivo y menor competencia (De Vay 1991; Herrera 1995a). En algunos países como, Israel, Siria, Estados Unidos, Egipto, Japón y Grecia se le usa frecuentemente.

En condiciones de alta radiación solar, en los primeros centímetros del suelo, se ha logrado alcanzar temperaturas de 50°C, con un buen control de nemátodos, hongos fitopatógenos y varias especies de malezas (Katan *et al.* 1976; De Vay 1991; Munro *et al.* 1993). Sin embargo, se ha demostrado que factores como, la intensidad de la radiación, preparación del terreno, humedad y tipo de suelo, tipo y grosor de las láminas plásticas, y

características propias del organismo a controlar, pueden afectar la eficacia de la solarización (De Vay 1991; Standifer *et al.* 1984; Egley 1983; Katan 1981).

Uno de los usos de la solarización ha sido el control de malezas. La literatura indica diferencias apreciables en la reacción a la solarización entre especies de malezas. Algunos autores informan que las especies parásitas y anuales son más sensibles que las especies perennes con rizomas o bulbos (Egley 1983; Rubin y Benjamin 1984). Se menciona un efecto positivo de la solarización en la disminución de la población subsiguiente de malezas en las camas de siembra (Navarro *et al.* 1991; Rojas 1994; Herrera 1995a), así como altas tasas de mortalidad de tubérculos de *Cyperus rotundus* en los primeros 20 cm de suelo, con periodos de solarización entre 12 y 14 semanas; mientras que el efecto sobre semillas sexuales de otras especies ha sido pobre (Herrera 1995a; Herrera 1995b; Herrera y Ramírez 1996). Sin embargo, pocos trabajos se han realizado para conocer el efecto de la solarización sobre especies de malezas en particular y su comportamiento a través del perfil de suelo solarizado. Conocer cuáles especies son sensibles a la solarización y cuáles no, así como el tiempo que se deben mantener las láminas plásticas para controlar las especies de malezas, constituye información valiosa que permitiría mejorar la eficacia de la solarización. Por estas razones, el presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el efecto de la solarización sobre

---

semillas de las malezas, *Amaranthus spinosus*, *Bidens pilosa*, *Portulaca oleracea*, *Digitaria* spp., *Rottboellia cochinchinensis* y *Cyperus rotundus* ubicadas en los primeros 30 cm de profundidad, así como, el efecto sobre plantas de chile dulce (*C. annuum*) sembradas después de retirar las láminas plásticas. Debido a que la solarización puede constituir una alternativa al uso de desinfectantes químicos del suelo, se comparó también la eficacia de la solarización con el basamid en el control de estas especies de malezas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y características del suelo

El experimento se realizó en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, ubicada en la provincia de Alajuela, distrito San José, a una altitud de 840 m, con una temperatura promedio de 22°C y precipitación promedio de 2001 mm distribuidos de mayo a diciembre.

Para la preparación del terreno, siete días antes de la colocación del plástico, se cortó y retiró la maleza presente; se construyeron eras de 2,5 m de largo por 1,05 m de ancho y 0,15 m de alto. El suelo fue de textura franca (arena 36 %, limo 38% y arcilla 26 %) y fertilidad media (solamente bajo en Mn).

### Población de malezas en el lote al inicio del experimento

En el Cuadro 1 se indican las especies presentes en el lote experimental. *P. oleracea* y *Euphorbia heterophylla* fueron las malezas dominantes entre un total de 20 especies. Ambas especies mostraron un 70 % de cobertura del terreno (según muestreo realizado mediante marcos cuadrícula-dos). El resto de especies ocuparon muy bajos porcentajes de cobertura.

### Manejo del experimento

Quince días antes de iniciar el experimento, en una serie de lotes contiguos, se recolectaron semillas de las especies *R. cochinchinensis* (zacate indio), *Bidens pilosa* (moriseco), *A. spinosus* (Bledo espinoso), *P. oleracea* (verdolaga), *Digitaria* sp (arrocillo); estas semillas se mantuvieron almacenadas en una cámara a temperatura ambiente. Antes de colocar la cobertura plástica respectiva, en un punto central y a 0,75 m del extremo sur de cada era, con ayuda de un cilindro metálico se extrajeron muestras de 1 410 cm<sup>3</sup> de suelo; en cuyo volumen se distribuyeron uniformemente una cantidad conocida de semillas de las especies antes indicadas (Cuadro 2).

Las muestras de suelo con las semillas de las malezas se depositaron en el hoyo, manteniendo la posición original. Esta área de siembra se identificó con un pequeño alambre de colores colocado en el centro.

En el caso de *C. rotundus* (Coyolillo), se usaron tubérculos sanos y uniformes, extraídos de un lote vecino, el mismo día de la colocación de la lámina plástica. Setenta y cinco tubérculos fueron colocados dentro de una malla sintética de nylon color negro, de 0,30 m de longitud y 0,07 m de ancho; los bordes se fijaron con grapas. Las mallas con los tubérculos fueron enterradas en posición vertical en la parte central de cada era a 0,50 m del borde sur, de manera que 25 tubérculos quedaron en cada una de las profundidades bajo estudio. Para identificar las mallas y su posición en el perfil del suelo, se colocó un pequeño alambre de colores en el extremo superior de cada una.

Antes de colocar el plástico transparente, se regó la era hasta saturación y se dejó drenar durante 15 minutos. El espesor del plástico utilizado fue de 1,5 milésima de pulgada (0,038 mm), el cual se colocó en forma ajustada a la era para evitar bolsas de aire que disminuyeran la transmisibilidad del calor; luego se selló con tierra en los bordes.

**Cuadro 1.** Malezas presentes en el lote al inicio del experimento de solarización. Alajuela, Costa Rica, 1995.

Especie	Dominancia			Distribución
	Alta	Mediana	Baja	
<i>Asparagus officinalis</i>			X	Irregular
<i>Bidens pilosa</i>			X	Irregular
<i>Borreria</i> sp.			X	Irregular
<i>Brachiaria</i> sp.			X	Irregular
<i>Commelina diffusa</i>		X		Intermedia
<i>Conyza</i> sp.			X	Irregular
<i>Cynodon dactylon</i>			X	Irregular
<i>Cyperus rotundus</i>			X	Irregular
<i>Chamaesyce hirta</i>			X	Irregular
<i>Digitaria</i> sp.		X		Intermedia
<i>Drymaria cordata</i>			X	Irregular
<i>Echinochloa colonum</i>			X	Irregular
<i>Eleusine indica</i>		X		Intermedia
<i>Euphorbia heterophylla</i>	X			Homogénea
<i>Gnaphalium</i> sp.			X	Irregular
<i>Ixophorus unisetus</i>			X	Irregular
<i>Ludwigia</i> sp.			X	Irregular
<i>Melampodium perfoliatum</i>	X			Intermedia
<i>Oxalis</i> sp.			X	Irregular
<i>Portulaca oleracea</i>	X			Homogénea

**Cuadro 2.** Especies de malezas evaluadas y cantidad aproximada de semillas distribuidas en el suelo. Alajuela, Costa Rica, 1995.

Especie	Cantidad aproximada de semillas
<i>Amaranthus espinosus</i>	163
<i>Bidens pilosa</i>	94
<i>Portulaca oleracea</i>	300
<i>Digitaria</i> sp.	560
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	89
<i>Cyperus rotundus</i>	75

Para el tratamiento con Basamid, una vez enterradas las semillas, se procedió a aplicar el producto e inmediatamente después, se incorporó con un riego.

Para registrar datos de temperatura, se instalaron dos geotermógrafos con celdas a los 5, 15 y 25 cm de profundidad; uno de ellos fue instalado en la parcela testigo sin solarizar y otro en aquella correspondiente al tratamiento con el período de solarización más prolongado (9 semanas).

Al finalizar el período de solarización, se sembró chile dulce para almácigo, variedad MM-589 como cultivo indicador. Las distancias de siembra

fueron 15 cm entre hileras y 2 cm entre plantas. Se fertilizó con 15 g de fórmula comercial 10-30-10 por metro lineal de surco.

### Tratamientos y diseño experimental

En el caso de las especies de malezas, los tratamientos evaluados fueron: 0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 semanas de solarización en combinación con tres profundidades de ubicación de las malezas en el suelo (0-10; 10-20 y 20-30 cm) y un tratamiento con Basamid a 60 g / metro cuadrado como comparador químico, lo que generó un total de 30 tratamientos. Se usó un diseño de bloque completos al azar con arreglo de parcelas divididas, en el que los periodos de solarización fueron las parcelas grandes y las profundidades de las subparcelas. Se usaron cuatro repeticiones. Cada parcela útil estuvo formada por un área de 2,04 m<sup>2</sup>.

El período de solarización más prolongado se inició el 16 de marzo y los restantes en forma sucesiva cada semana; en todos los casos las coberturas plásticas se retiraron el 11 de mayo de 1995, de manera que la solarización se realizó durante la última parte de la estación seca.

Una vez concluidos los períodos de solarización y con ayuda de los mismos cilindros metálicos, se procedió a extraer de cada profundidad en estudio, el suelo solarizado que contenía las semillas de malezas que fueron previamente colocadas, según se indicó anteriormente. Cada muestra se homogenizó y se tomó una submuestra de 530 cm<sup>3</sup> de suelo, la cual se colocó en un recipiente plástico a la intemperie para propiciar la germinación de semillas de las malezas y proceder a los recuentos respectivos que mostraran cuántas habían sobrevivido. En el caso del coyolillo, una vez extraídas las mallas, fueron enterradas en posición horizontal a tres cm de profundidad en una era previamente solarizada.

En lo que respecta al chile dulce, el diseño experimental fue de bloques completos al azar con

10 tratamientos correspondientes a los periodos de solarización y el basamid y cuatro repeticiones.

### VARIABLES EVALUADAS

- Número de plantas de chile a los 21 días después de la siembra (dds), en una muestra de cinco hileras, equivalente a 1 m<sup>2</sup>.
- Altura de la planta a los 45 dds, en una muestra de 15 plantas.
- Peso de la parte aérea y las raíces de la planta (materia seca) de 15 plantas a los 45 dds.
- Número de malezas por especie en 0,5 m<sup>2</sup> presentes en las eras, a los 15 y 30 días después de retirado el plástico.
- Porcentaje de germinación de tubérculos de *C. rotundus* extraídos de 0 a 10; 10,1 a 20 y de 20,1 a 30 cm de profundidad del suelo. Evaluación hecha a los 15 días después de colocar los tubérculos en condiciones de germinación en el campo.
- Porcentaje de germinación de semillas de *A. espinosus*, *B. pilosa*, *P. oleracea*, *Digitaria* sp. y *R. cochinchinensis*, extraídas de 0 a 10; 10,1 a 20 y de 20,1 a 30 cm de profundidad del suelo. Estos recuentos se hicieron en los recipientes plásticos conteniendo los 530 cm<sup>3</sup> de suelo. Los recuentos se suspendieron cuando ya no germinaron más malezas. Se llevó un registro continuo de temperatura del suelo a los 5, 15 y 25 cm de profundidad, en los tratamientos con la solarización más prolongada y en el testigo sin solarizar.

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó análisis de variancia y comparación de medias mediante la prueba de Tukey para aquellas variables con diferencias significativas. Para

realizar el análisis estadístico se utilizó el programa MSTAT de la Universidad de Michigan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de la solarización sobre la temperatura del suelo

La mayor temperatura del suelo (47 °C) se registró entre las 12 y 14 horas en el suelo solarizado y en los primeros 5 cm de profundidad. En este estrato la temperatura en el suelo con cobertura plástica fue en promedio 10 °C superior que en el suelo sin solarizar. Esta diferencia decreció con la profundidad, de manera que a los 25 cm, las diferencias en temperatura, entre ambos suelos, fueron insignificantes. Estos datos coinciden con los de Herrera y Ramírez (1996) quienes informaron temperaturas mayores a 45°C a 5 cm de profundidad en suelos solarizados y en condiciones similares.

### Efecto de la solarización sobre el cultivo indicador (Chile dulce)

#### *Población de plantas de chile dulce:*

A los 21 días después de la siembra, se observó una menor población de plantas de chile en el testigo sin solarizar (27 plantas/m<sup>2</sup>); mientras que la mayor población se observó cuando se usó basamid o siete semanas de solarización (35 y 36 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente). Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas en la población de chile entre los tratamientos solarizados y, entre estos y el uso de basamid, exceptuando el tratamiento con cuatro semanas de solarización, en el cual la población de chile fue similar al testigo sin solarizar, por razones no explicadas (Cuadro 3). La mayor población de chile en estos tratamientos, pudo estar influida por la menor presencia de algunos patógenos y otros organismos que afectan las semillas.

#### *Altura de las plantas de chile a los 45 dds:*

Las plantas de chile que crecieron en las parcelas solarizadas por períodos de 2 a 8 semanas

**Cuadro 3.** Altura y número promedio<sup>1/</sup> de plantas de chile variedad MM-539 por metro lineal (población) según los tratamientos estudiados. Alajuela, Costa Rica, 1995.

Semanas de solarización	Altura en cm	Población de chile
0 <sup>1/</sup>	7,1 c	26,6 b
2	11,2 ab	29,1 ab
3	11,1 ab	34,0 ab
4	10,3 b	27,1 b
5	13,6 a	33,2 ab
6	11,7 ab	33,6 ab
7	13,5 a	35,6 a
8	11,5 ab	33,7 ab
9	9,4 bc	28,3 ab
Basamid	9,2 bc	35,3 a

<sup>1/</sup> Promedio en una misma columna con igual letra presentan diferencias no significativas entre sí, según la prueba de Tukey al 5%.

superaron en 5 cm a las plantas de chile que crecieron en el testigo, lo que significó casi el doble de altura. También superaron en aproximadamente 4 cm la altura de las plantas que crecieron donde se usó basamid (Cuadro 3). Este efecto positivo se observó, aún, en el periodo más corto de dos semanas de solarización, lo que coincide con Herrera (1995 a) y Herrera y Ramírez (1996), quienes informaron resultados similares en los cultivos de vainica y culantro.

#### **Efecto de la solarización y el basamid sobre la biomasa de hojas, tallos y raíces del chile dulce**

Al analizar el efecto de la solarización por componente de biomasa, se encontró un comportamiento similar al observado para la altura de las plantas. En este caso la materia seca de las hojas, los tallos y las raíces aumentó con la solarización. Este efecto se detectó entre las dos y ocho semanas de solarización (Cuadro 4). Con períodos de sola-

rización superiores a ocho semanas, se observó una disminución de ese efecto positivo, posiblemente debido a efectos negativos sobre la biomasa microbial o posible pérdida de algunos nutrientes.

La mayor respuesta al efecto estimulador de la solarización, se observó en las hojas, seguido de los tallos y por último, las raíces, en las cuales el incremento en la biomasa seca con respecto al testigo sin solarizar fue de 2,5; 1,8 y 1,5 veces, respectivamente. Esto indica que la solarización puede ser más ventajosa para cultivos de follaje, tales como culantro, lechuga, repollo, apio y otros.

Los resultados observados concuerdan con los obtenidos por Herrera (1995 a) y, Herrera y Ramírez (1996), quienes observaron mayor número de plantas, rendimiento total y producción, en comparación con el testigo en cultivos de vainica y culantro. Bell y Elmore (1983), también informaron de efectos positivos de la solarización en tomate, chile dulce, cucurbitáceas, papas, viveros y otros.

**Cuadro 4.** Materia seca (g) del cultivo de chile dulce variedad MM-539, según los tratamientos evaluados. Alajuela, Costa Rica, 1995.

Semanas de solarización	Peso seco (g)		
	Hojas	Tallos	Raíces
0 <sup>1/</sup>	1,3 c	0,7 c	0,4 d
2	3,2 a	1,5 ab	0,6 abc
3	3,1 ab	1,3 ab	0,5 bcd
4	2,8 ab	1,2 bc	0,4 cd
5	3,5 a	1,8 a	0,7 ab
6	3,3 a	1,4 ab	0,6 abc
7	3,7 a	1,8 a	0,7 a
8	3,0 ab	1,4 ab	0,6 abc
9	2,2 bc	1,0 bc	0,5 cd
Basamid	2,1 bc	0,9 bc	0,5 cd
*Incremento	2,5 veces	1,8 veces	1,5 veces

<sup>1/</sup> Promedio en una misma columna con igual letra presentan diferencias no significativas entre sí, según la prueba de Tukey al 5 %.

\* Incremento promedio en la biomasa seca de las parcelas solarizadas con respecto al testigo sin solarizar.

Brawn (1987) y Katan *et al.* (1981), indicaron que el aumento en la producción de los cultivos por la solarización del suelo, se debió al combate de: malezas, hongos patógenos, nemátodos, bacterias, ácaros, y también a la mayor disponibilidad de los nutrimentos del suelo, tales como nitrógeno, calcio, magnesio, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Ca<sub>2</sub>, Mg<sub>2</sub>, K y materia orgánica soluble. Además de que se da una alteración de la microbiota del suelo a favor de los antagonistas de los patógenos de los cultivos.

### Efecto de la solarización y el basamid sobre las malezas

#### Población de malezas en las camas de siembra

*P. oleracea* y *Digitaria* sp. fueron las especies dominantes, tanto en la hilera de siembra (disturbado) como en la entrecalle (no disturba-

do). La solarización redujo significativamente la población de *P. oleracea* tanto a los 15 como a los 30 días después de retirado el plástico y sembrado el chile. Este efecto ocurrió tanto en suelo no disturbado como en el disturbado, sin embargo, en la hilera donde se disturbó el suelo al hacer el surco para la siembra, la presencia de esta maleza fue superior que en las partes donde no se disturbó (entre surcos), (Cuadro 5). En el caso de *Digitaria* sp. la solarización ejerció una fuerte disminución en la población de esta maleza, sin embargo, la diferencia entre la parte disturbada y no disturbada no fue tan marcada, como sí ocurrió con *P. oleracea* (Cuadro 5).

El tratamiento con basamid superó a todos los demás tratamientos, ya que tanto a los 15 como a los 30 días mantuvo niveles mínimos de presencia de éstas malezas (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Población promedio<sup>1/</sup> de *Portulaca oleracea* y *Digitaria* sp., a los 15 y 30 días después de retiradas las láminas plásticas, tomadas en la hilera de siembra (parte disturbada) y en el entre surco (área no disturbada). Alajuela, Costa Rica, 1995.

Tratamientos	Población promedio 15 dds <sup>3/</sup>				Población promedio 30 dds			
	<i>Portulaca oleracea</i>		<i>Digitaria</i> sp.		<i>Portulaca oleracea</i>		<i>Digitaria</i> sp.	
	Disturbado	No disturbado	Disturbado	No disturbado	Disturbado	No disturbado	Disturbado	No disturbado
0 Semanas <sup>2/</sup>	138,3 a	65,5 a	7,8 a	9,8 a	41,0 a	17,3 a	10,3 ns <sup>4/</sup>	10,8 a
2 Semanas	31,5 b	10,5 b	0,8 b	0,8 b	20,5 ab	4,5 b	0,3 ns	1,3 b
3 Semanas	29,5 b	5,3 b	0,3 b	0,0 b	16,8 b	4,3 b	1,0 ns	0,8 b
4 Semanas	21,8 b	7,8 b	0,3 b	0,5 b	19,0 ab	5,3 b	0,0 ns	1,8 b
5 Semanas	16,8 b	9,3 b	1,0ab	0,3 b	14,8 b	3,8 b	2,3 ns	2,5 b
6 Semanas	20,5 b	5,8 b	0,8 b	0,0 b	14,3 b	3,3 b	1,3 ns	2,0 b
7 Semanas	25,3 b	5,5 b	2,5ab	1,5 b	17,0 b	4,3 b	4,3 ns	2,0 b
8 Semanas	14,8 b	4,8 b	0,5 b	0,5 b	17,3 b	4,5 b	0,8 ns	1,8 b
9 Semanas	19,8 b	7,3 b	3,8ab	3,8 b	16,0 b	5,3 b	3,0 ns	1,0 b
Basamid	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	2,0 b	0,8 b	0,5 ns	0,3 b

<sup>1/</sup> Promedio en una misma columna con igual letra presentan diferencias no significativas entre sí, según la prueba de Tukey al 5%

<sup>2/</sup> Periodo de solarización.

<sup>3/</sup> días después de sembrado.

<sup>4/</sup> no significativo.



Los datos demuestran que disturbar el suelo después de solarizar puede extraer algunas semillas de malezas de capas inferiores que han sobrevivido a la solarización y disminuir en parte, el efecto de la solarización en el control de malezas. Resultados similares han sido informados por Bell y Elmore (1983) y Barakat (1987).

### Sobrevivencia de semillas de malezas en las muestras de suelo extraídas de las parcelas solarizadas

#### *C. rotundus* (coyolillo)

Se encontró que conforme el periodo de solarización fue mayor, la germinación de los tubérculos disminuyó en relación lineal. Se requirió de periodos de solarización entre siete y nueve semanas para lograr una mortalidad de tubérculos de coyolillo superior al 80%. A mayor profundidad hubo mayor sobrevivencia de tubérculos; no obstante, la

interacción, periodos de solarización por profundidad, no fue significativa, indicando un comportamiento similar de los tratamientos a través de la profundidad (Cuadro 6).

La mayor efectividad de la solarización en la capa superficial del suelo se debió a la mayor temperatura alcanzada en esa zona, la cual disminuyó al aumentar la profundidad. Estos resultados coinciden con las observaciones hechas por Herrera (1995 a), quien encontró altos porcentajes de mortalidad de tubérculos de *C. rotundus* sometidos a periodos de solarización de 11 semanas. Resultados diferentes fueron indicados por Brown (1987), Rubin y Benjamín (1984), quienes encontraron que *C. rotundus* sobrevivió a la solarización. No obstante, los periodos de solarización señalados por estos autores son inferiores a los periodos de solarización más eficientes encontrados en Costa Rica. Por otro lado, es factible que un propágulo soporte temperaturas altas por periodos cortos,

**Cuadro 6.** Porcentaje promedio<sup>1/</sup> de geminación de semillas de *C. rotundus*, *B. pilosa*, *P. oleracea*, *A. espinosus*, *Digitaria* sp. y *R. cochinchinensis*, según periodos de solarización. Alajuela, Costa Rica, 1995.

Semanas con solarización	Porcentaje de germinación					
	Coyolillo	Moriseco	Verdolaga	Bledo	Digitaria	Indio
0 <sup>1/</sup>	78,7 a	4,3 c	3,7 b	19,3 b	1,8 b	14,7 b
2	75,3 a	24,6 b	14,5 ab	20,1 b	20,9 a	45,5 a
3	56,7 b	27,9 b	12,1 ab	23,8 ab	21,4 a	49,8 a
4	46,0 bc	66,3 a	28,1 a	44,8 ab	20,3 a	47,3 a
5	38,0 cd	15,0 bc	15,3 ab	25,3 ab	14,4 ab	50,3 a
6	26,0 de	12,9 bc	19,3 ab	21,4 b	13,5 ab	41,7 ab
7	21,7 de	15,0 bc	10,8 ab	24,3 ab	23,4 a	39,3 ab
8	13,3 e	10,8 bc	19,3 ab	23,0 ab	19,4 a	56,1 a
9	10,7 e	10,0 bc	18,0 ab	27,8 ab	20,0 a	48,3 a
Basamid	83,0 a	14,1 bc	9,0 b	51,4 a	1,3 b	47,4 a

<sup>1/</sup> Promedios en una misma columna con igual letra presentan diferencias no significativas entre sí, según la prueba de Tukey al 5%.

pudiendo ser afectado por temperaturas menores pero durante un periodo más prolongado (De Vay 1991). El basamid no tuvo ningún efecto sobre los tubérculos de coyolillo (Cuadro 6).

La metodología usada para distribuir los tubérculos de *C. rotundus* en el perfil del suelo y su posterior colocación en forma horizontal bajo una capa de 2 cm de suelo, funcionó muy bien para detectar los efectos de la solarización sobre este tipo de propágulo.

***B. pilosa* (Moriseco), *P. oleracea* (Verdolaga), *A. espinosus* (Bledo), *Digitaria* sp., *R. cochinchinesis* (Indio).**

Este grupo de especies siguieron un patrón de comportamiento similar entre ellas. En el testigo, que no recibió solarización, la población de estas especies fue baja debido a un posible ataque natural de algunos patógenos, predación de semillas, germinación y latencia de semillas. Se encontró una mayor germinación de semillas cuando se sometieron a periodos cortos de solarización (cuatro o menos semanas). Periodos de solarización mayores, por lo general, mostraron tendencia a disminuir el porcentaje de germinación de semillas (Cuadro 6). No obstante, en estas cinco especies se registraron porcentajes de sobrevivencia de semillas superiores a 10 %. Se demuestra así, que en terrenos solarizados muchas semillas sexuales quedan vivas y con mayor potencial de germinación, por lo cual sería recomendable evitar la remoción excesiva del suelo luego de solarizar, para impedir el traslado de las semillas aún viables a capas superficiales, donde podrían germinar.

En el caso del basamid, se encontró un efecto similar a la solarización, excepto para *Digitaria*, especie que sí parece ser afectada por este producto.

Algunos autores informan de reducciones en la germinación de malezas en suelos solarizados (Rubin y Benjamín 1984 ; De Vay 1991; Rojas 1994 ; Herrera y Ramírez 1996). En el caso de la verdola-

ga, Katan (1981) la mencionan dentro de las especies susceptibles a la solarización. No obstante, Calderón y Dardon (1995) en Guatemala, informan de alta geminación de *P. oleracea* bajo plástico transparente, cuando solarizaron entre dos y cuatro semanas. Con respecto al Bledo, Stevens *et al.* (1990) informaron que con 98 días de solarización, esta maleza obtuvo un 91% de reducción de su presencia. Resultados similares obtuvo Overman (1985) con especies del género *Amaranthus*. Varios autores han encontrado efectos negativos importantes de la solarización sobre *Digitaria* sp. (Rojas 1994; Stevens *et al.* 1990; Pullman y De Vay 1984; Brawn 1987). Sin embargo, Herrera (1995b) informó que con cinco semanas de solarización no obtuvo buen control de *Digitaria* sp. Cabe indicar que la mayoría de los trabajos citados en la literatura se refieren al control de las malezas en condiciones de campo; mientras que, en este estudio los resultados se refieren al porcentaje de germinación de semillas extraídas del suelo y colocadas en condiciones adecuadas para germinación. Las semillas no germinadas en el periodo en estudio estarían en la categoría de muertas o en latencia.

En condiciones de campo, el buen control superficial observado en varios de estos trabajos se debe al mayor calentamiento que ocurre en la capa superficial de suelo; además las semillas pequeñas que están más profundas, no tienen reservas suficientes para germinar y salir a la superficie, o bien la falta de luz y fluctuaciones de temperatura les impiden germinar.

### Conclusiones:

1. La solarización, desde dos semanas en adelante, estimuló la altura y el crecimiento (biomasa total) del chile, lo que provocó una reducción en el tiempo necesario para el transplante, resultando, desde este punto de vista, más eficaz que el basamid.
2. De todas las especies en estudio, los tubérculos de *C. rotundus* resultaron ser los más

sensibles a la solarización. La mayor inhibición de la germinación de estos tubérculos ocurrió en los primeros 20 cm de profundidad y con nueve semanas de solarización.

3. En general, la solarización fue más efectiva en los estratos superficiales del suelo (0-10cm de profundidad).
4. Periodos de solarización inferiores a cinco semanas, estimularon la germinación de las semillas sexuales de las especies evaluadas, probablemente al romper la latencia.
5. Disturbar el suelo después de solarizar remueve semillas de las capas más profundas y las deja en la superficie donde son capaces de germinar.
6. La solarización fue poco efectiva en eliminar semillas sexuales de malezas.

## LITERATURA CITADA

- BARAKAT, R.M. 1987. Comparative effect of different colors of polyethylene tarping on soilborne pathogens. M. Sc. Thesis. University of Jordan, Amman. 82 p.
- BELL, C.E. ; ELMORE. C. 1983. Soil solarization as a weed control method in fall planted canteloupes. Spain Western Society Weed Science 36: 174-177.
- BRAWN, M 1987. Solarization for sanitation possibilities and limitations. Germany F.R. 39: 301-309.
- CALDERÓN, B. L.; DARDÓN, A. D. 1995. Evaluación de películas plásticas para solarizuelo y posterior uso como acolchado en arveja china. *In*: Dardón A. D.; Salquero, V. Eds. Manejo integrado de plagas en arvejas Fase III 1993-1994. Programa MIP-ARF-ICTA-CATIE. Guatemala, 1995. p. 25-32.
- DEVAY, E. J. 1991. Historical review and principles of soil solarization. *In*: Devay, J.; Stapleton, J.; Elmore, C. 1991. Soil solarization . Rome, FAO, Plant Production and Protection. \_\_\_\_ 109. p. 1-27.
- EGLEY, G.H. 1983. Weed seed and seedling reductions by soil solarization with transparent polyethylene sheets. Weed Science. 31: 404-409.
- ELMORE, C. 1991. Use of solarization for weed control. *In*. Proc. 1<sup>st</sup> Int. Conf. on Soil Solarization. Amman, Jordan, Febrero, 1990. pp :129-132.
- HERRERA, M. F. 1995a. Efecto de la solarización en el control de *Cyperus rotundus* (Coyolillo) y otras malezas en el banco de semillas del suelo. Boletín Técnico, Estación Experimental Fabio Baudrit M. (C.R.). 28 (2) :35-46.
- HERRERA, M. F. 1995b. Efecto de la interrupción de la solarización y adición de gallinaza sobre la sobrevivencia de propágulos de *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*. Boletín Técnico, Estación Experimental Fabio Baudrit M. (C.R.). 28(2) :47-59.
- \_\_\_\_\_; RAMIREZ, C. 1996. Periodos de solarización y adición de gallinaza sobre la sobrevivencia de propágulos de *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*. Agronomía Mesoamericana (C.R.) 7 (1) :1-8.
- KATAN, J ; GREENBERGER, A.; GRINSTEIN, A.; ALON, H. 1976. Solar heating by polyethylene matchin for the control of diseases caused by soil born pathogens. Phytopathology 66: 683-88.
- \_\_\_\_\_. 1981. Solar heating (solarization ) of soilborne pests. Annual Review of phytopathology 19: 211-236.
- MUNRO, O.D.; VIDALES, J; VEGA, A.; JAVIER , M; ARIAS, F.; ALCANTAR, J.J. 1993. Consideraciones sobre el control de malezas y enferme-

- dades del suelo mediante el uso de energía solar en los cultivos hortícolas. SARH. s.p.
- NAVARRO, J.R.; MORA, D.; DÍAZ, J.; VÍLCHEZ, H.; CORRALES, E. 1991. Efecto de la solarización del suelo sobre la población de malezas y del hongo *Rhizoctonia solani*, durante la estación lluviosa en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense (C.R.)* 15 (1-2): 93-98.
- OVERMAN, A.M. 1985. Off-season land management, soil solarization and fumigation for tomato. *Soil and Crop Science Society of Florida* 44: 35-39.
- PULLMAN, G.S.; DE VAY, J.E. 1984. Soil solarization. A non chemical method for controlling diseases and pests. California, E.E.U.U. Cooperative Extension, University of California, División of Agriculture and Natural Resources. 8 p.
- ROJAS A.G. 1994. Efecto de la solarización y algunos desinfectantes de suelo en el control de malezas en camas de germinación. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. I.T.C.R., Agronomía. 41 p.
- RUBIN, B.; BENJAMÍN, A. 1984. Solar heating the soil; involvement or environmental factors in the weed control process. *Weed Science*. 32 (1): 138-142.
- STANDIFER, L.C.; WILSON, P.W. PORCHE, R. 1984. Effects of solarization on soil weed populations. *Weed Science* 32: 569-573.
- STEVENS, C.; KHON, V.A.; OKOROMKWO, T.M. ; TANG, A.; WILSON, M.A.; LU, BROUN, J.E. 1990. Soil solarization and Dacthal: influence on weeds, growth and root microflora of collards. *Horticulture Science* 25 (10): 1260-1262.
-