

PERIODOS DE SOLARIZACION Y ADICION DE GALLINAZA SOBRE LA SOBREVIVENCIA DE PROPAGULOS DE *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*.¹

Franklin Herrera², Carlos Ramírez³

RESUMEN

Periodos de solarización y adición de gallinaza sobre la sobrevivencia de propágulos de *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*. De octubre de 1994 a febrero de 1995 se estudió en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, el efecto de periodos de solarización del suelo de 0, 2 (103), 4 (188) y 7 (285) semanas (números entre paréntesis corresponden a horas acumuladas de brillo solar en cada tratamiento), con o sin gallinaza (4,1 t/ha), sobre la germinación de propágulos de las malezas *Rottboellia cochinchinensis*, *Bidens pilosa* y *Cyperus rotundus*, colocadas a profundidades de 0-5; 5,1-10; 10,1-15; 15,1-25 cm. Además se evaluaron los efectos sobre las malezas presentes en el banco de semillas del suelo y sobre culantro (*Coriandrum sativum*) usado como cultivo indicador. La mayor reducción en la germinación de los propágulos de *C. rotundus*, *R. cochi-chinensis* y *B. pilosa* ocurrió con siete semanas de solarización; la adición de gallinaza coadyuvó al efecto de la solarización sobre *C. rotundus* y *B. pilosa*. Este tratamiento también redujo la presencia de otras malezas del banco de semillas, periodos de solarización menores fueron efectivos. La solarización estimuló el crecimiento (aumento de 320 %) y la sanidad radical del culantro, pues no se encontraron agallas causadas por *Meloidogyne arenaria* como en el control. Se discute el posible beneficio económico de la solarización en el contexto de la planta indicadora.

ABSTRACT

Soil solarization and chicken manure additions on propagule survival of *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* and *Bidens pilosa*. From October 1994 to February 1995 a field trial was conducted at the Fabio Baudrit Agricultural Experimental Station, University of Costa Rica, to evaluate the effects of different periods (weeks) of solarization, namely: 0, 2 (103), 4 (188) and 7 (288) - figures in parenthesis are cumulative hours of sunshine - in combination with chicken manure additions (4,1 t/ha) on propagule survival of the weeds *Rottboellia cochinchinensis*, *Bidens pilosa* and *Cyperus Rotundus*. The propagules were placed at the following depths (cm): 0-5; 5,1-10; 10,1-15; 15,1-20 and 20,1-25. In addition an inventory of the native weed seed bank was conducted as well as the growth and yield of cilantro *Coriandrum sativum* as an indicator crop. The greatest propagule death occurred after 7 weeks of solarization, the addition of chicken manure further decreased the propagules of *C. rotundus* and *B. pilosa*. This treatment also sharply decreased the soil weed seed bank, shorter periods not were as effective. Growth and yield of the indicator plants increased in the seven week treatment by 320 %. In addition the roots looked better developed and lacked the root-nodule nematode galls caused by *Meloidogyne arenaria* that were observed in the control treatment. The economic benefits of solarization in the context of the indicator plant is discussed.

INTRODUCCION

La solarización o calentamiento del suelo por irradiación solar, mediante el empleo de coberturas plásticas transparentes, se ha considerado una alternativa no química, importante para el control de malezas y

patógenos (Elmore, 1991; Herrera, 1995; Calderón y Dardón, 1995).

Desde que fue descrita por Katan *et al.*, (Katan *et al.*, 1976), numerosos experimentos, se han realizado en diferentes partes del mundo para mejorar la técnica y

¹ Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en Honduras, América Central. 26 de marzo - 1 de abril, 1995.

² Programa de Malezas, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Universidad de Costa Rica. Apdo. 183-4050, Alajuela, Costa Rica.

³ Estación Experimental Fabio Baudrit M. y Centro de Investigación en Protección de Cultivos. Universidad de Costa Rica. Apdo. 183-4050, Alajuela, Costa Rica.

evaluar su efectividad en el control de malezas y patógenos (Elmore, 1991). En Israel, en condiciones de alta radiación solar, periodos de solarización de dos a cinco semanas han sido suficientes para controlar malezas anuales, (Horowitz, Roger y Herlinger, 1983; Rubin y Benjamín, 1984). En Costa Rica, Navarro *et al.* (1991), al solarizar el suelo durante la estación lluviosa, observaron una reducción significativa en el número de malezas de hoja ancha, gramíneas y ciperáceas con 214, 163 y 177 horas de radiación solar acumuladas respectivamente. También en la estación lluviosa, Rojas (1994), evaluó periodos de solarización de dos a seis semanas, encontró que en los periodos de cinco y seis semanas de solarización el número de malezas poáceas y de hoja ancha fue menor.

La efectividad de la solarización sobre los propágulos de las malezas varía con su localización en el perfil del suelo, la duración de la exposición a temperaturas altas, la temperatura alcanzada, la conductividad térmica del suelo y las características propias de cada especie. Así por ejemplo, especies que germinan en condiciones cálidas y días largos son menos sensibles a la solarización, sin embargo muchas de estas especies pueden ser controladas por esta técnica; especies de reproducción asexual tales como *Cyperus rotundus* son más difíciles de controlar y muchas especies varían en su sensibilidad a la temperatura (punto termal de muerte), (Elmore, 1991).

Por otro lado, se ha observado que la aplicación en exceso de gallinaza fresca al suelo, seguida de la siembra inmediata, produce daños severos en algunos cultivos, técnica que podría aprovecharse con la solarización para mejorar el control de algunas malezas. Sin embargo en trabajos preliminares Ramírez y Herrera (1995) han encontrado que cantidades moderadas de gallinaza (2-4 t/ha) inducen la germinación del 100 % de los tubérculos de *C. rotundus*. Así, en el caso de esta maleza, la estrategia de agregar la gallinaza sería inducir la germinación de los propágulos bajo el régimen de solarización, con lo cual se estaría aumentando su sensibilidad térmica y consecuentemente se mejoraría la efectividad de la solarización.

El presente estudio se realizó con el objetivo de conocer el efecto de la adición de gallinaza y la solarización en las especies *Cyperus rotundus*, *Bidens pilosa* y *Rottboellia cochinchinensis*, tres especies comunes en la zona media de Costa Rica, así como el efecto sobre el crecimiento de un cultivo indicador sembrado con posterioridad a los tratamientos con solarización.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó de octubre de 1994 a febrero de 1995 en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, de la Universidad de Costa Rica, ubicada en la provincia de Alajuela, distrito San José, a 10°01' de latitud norte y 84°16' longitud oeste, a una altura de 840 msnm, temperatura promedio de 22 °C y una precipitación anual de 2001 mm.

El suelo utilizado presentó las siguientes características físico químicas: pH en agua 5,8; Ca 9,5 cmol/l, Mg 2,9 cmol/l, K 0,74 cmol/l, acidez 0,4 cmol/l, CICE 13,5 cmol/l, P 19 mg/l, Cu 21 mg/l, Fe 266 mg/l, Mn 14 mg/l y Zn 2,1 mg/l.

Para la preparación del terreno, ocho días antes de la colocación del plástico, se cortó y retiró la maleza presente y se construyeron eras de tres metros de largo por 1,2 m de ancho y 0,15 m de alto. Cinco días después de construída la era, en los tratamientos respectivos se colocó gallinaza fresca a razón de 1,5 kg/era (4,1 t/ha) y se incorporó en los 0,15 m superficiales. En el Cuadro 1 se presentan algunas características químicas de esta gallinaza, la cual se obtuvo en la Compañía Pipasa de camas de pollo de engorde de seis semanas de edad.

Las especies de malezas evaluadas fueron, *Rottboellia cochinchinensis* (Zacate Indio), *Bidens pilosa* (Moriseco) y *Cyperus rotundus* (Coyolillo). Semillas de las dos primeras especies fueron recolectadas 15 días antes del inicio del experimento, en lotes contiguos; inmediatamente antes de la colocación del plástico, las semillas se mezclaron con suelo del mismo experimento y se colocaron en bolsas de malla sintética negra (nylon) de 0,25 m de largo y 0,05 m de ancho. En el caso de *C. rotundus*, dos días antes de la siembra se extrajeron tubérculos de un lote altamente infestado con esta maleza y contiguo al experimento, posteriormente se colocaron en las mallas de tela sintética, pero sin suelo. Las bolsas se enterraron en posición vertical, de manera que las semillas o tubérculos quedaron ubicadas en el perfil del suelo desde los 0 hasta los 0,25 m de profundidad. Para identificar la ubicación de cada bolsa, se amarró un alambre de colores al extremo superior de cada una de ellas.

Inmediatamente antes de colocar el plástico, la era se niveló y se regó hasta la saturación, luego se colocó la cobertura plástica en forma ajustada a la era para evitar bolsas de aire, por último los bordes se sellaron con tierra. El plástico utilizado tuvo un espesor de 1,5

Cuadro 1. Análisis químico de la gallinaza utilizada en el experimento. Alajuela, Costa Rica. 1995.

N	P	Ca	Variables				(mg/kg)				Conductividad	
			(%)	K	S	M.O	Fe	Cu	Zn	Mn	pH	mmhos/cm ³
3,7	1,1	2,6	0,6									

milésimas de pulgada (0,038 mm) y fue suplido por la compañía Yamber (fabricantes de plásticos).

Para registrar datos de humedad y temperatura se instaló un geotermógrafo y dos termopares con celdas a los 5, 10 y 15 cm de profundidad, uno de ellos fue instalado en el testigo sin solarizar y otro en un tratamiento con solarización por siete semanas.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos de solarización y cuatro repeticiones (Cuadro 2).

Para la evaluación de las especies *Rottboellia* sp, *Bidens pilosa* y *Cyperus rotundus* el diseño de bloques completos al azar tuvo un arreglo factorial 7 X 4 (siete tratamientos de solarización y cuatro profundidades en que se evaluaron las semillas de estas malezas (0-5; 5,1-10; 10,1-15; 15,1-25 cm). Para la evaluación de otras malezas que emergieron en la parcela y datos del cultivo indicador, se consideró solo el diseño de bloques completos al azar.

Una vez retirado el plástico se procedió a extraer las semillas enterradas, se tomó una muestra de 40 semillas de cada especie por tratamiento y profundidad, inmediatamente después fueron sembradas en recipientes plásticos con suelo solarizado, los que se colocaron en una casa de mallas, donde se regó a capacidad

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el experimento “Efecto de diferentes periodos de solarización y gallinaza sobre malezas”. Alajuela, Costa Rica, 1995.

1. Testigo, sin solarizar y sin gallinaza
2. Solarizado dos semanas sin gallinaza
3. Solarizado dos semanas con gallinaza
4. Solarizado cuatro semanas sin gallinaza
5. Solarizado cuatro semanas con gallinaza
6. Solarizado siete semanas sin gallinaza
7. Solarizado siete semanas con gallinaza

de campo y se midió el porcentaje de germinación. Los tubérculos de *Cyperus rotundus* aún dentro de las mallas, se enterraron en el campo a tres centímetros de profundidad en posición horizontal, 15 días después se extrajeron y se tomó el porcentaje de germinación.

Quince días después de retirar los plásticos se contó el número de malezas por especie en un área de 0,25 m², colocada al azar dentro de cada era. Posteriormente, en las eras que recibieron solarización por siete semanas y en el testigo (deshierbado previamente), se sembró culantro como cultivo indicador. Cuarenta días después, se tomó la altura de planta, el peso fresco y seco en 0,25 m², y se hicieron observaciones sobre sanidad radical de las plantas.

RESULTADOS DISCUSION

Efecto sobre las malezas en estudio

Al analizar la germinación de los propágulos, que fueron enterrados en bolsasmallas de nylon, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de solarización y entre profundidades de siembra, no así para la interacción entre los tratamientos de solarización con la profundidad, donde se ubicaron las semillas de las malezas. Esto sugiere que los diferentes tratamientos de solarización tuvieron un efecto similar a través del perfil del suelo, por lo tanto solo se discuten los resultados promedio de estos tratamientos.

Cyperus rotundus:

Conforme aumentó el tiempo de solarización disminuyó el porcentaje de germinación de los tubérculos, así mismo la adición de gallinaza coadyuvó a un mejor efecto de la solarización; el menor porcentaje de germinación de tubérculos (8%) se alcanzó cuando se solarizó durante siete semanas con adición de gallinaza, (Cuadro 3). Los tubérculos que no germinaron fueron examinados y se comprobó su muerte, éstos presentaron una consistencia harinosa y seca. Es probable que la gallinaza estimulara la ruptura de latencia de un mayor número de tubérculos, los cuales fueron más fácilmente

Cuadro 3. Efecto de la solarización y adición de gallinaza sobre el porcentaje de germinación de tubérculos de *C. rotundus* y semillas de *R. cochinchinensis* y *B. pilosa* enterradas en mallas de nylon ^{1/}. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Semanas solarizado	<i>C. rotundus</i>	<i>R. cochinchinensis</i>	<i>B. pilosa</i>
Sin gallinaza			
0 testigo	84 a *	81 a	89 a
2	79 a	5 c	76 ab
4	55 abc	38 abc	60 abc
7	21 cd	32 bc	21 c
Con gallinaza			
2	78 a	21 bc	88 a
4	17 d	58 ab	33 c
7	8 d	22 bc	27 c

^{1/} Los datos corresponden a la transformación arcoseno del % de germinación y corresponden al promedio de todas las profundidades.

* Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí según prueba de Tukey al 5%.

afectados por la solarización. En pruebas adicionales se encontró que la gallinaza estimuló la germinación de los tubérculos de coyolillo (Ramírez y Herrera, 1995); lo cual corrobora la hipótesis de trabajo, en este caso, que la gallinaza tiene un efecto sinérgico con la solarización en el control del coyolillo.

El grado de control observado en este experimento, puede catalogarse como satisfactorio, ya que según Elmore (1991), ésta es una de las especies de difícil control por solarización, se le ha mencionado como resistente en Egipto, Israel y Mississippi. Los resultados obtenidos sí concuerdan con los encontrados en la misma localidad por Herrera (1995), quien observó reducciones en la población de coyolillo cuando solarizó por más de siete semanas. Navarro, *et al.* (1991) también obtuvieron una reducción significativa en la población de coyolillo cuando mantuvo la solarización hasta acumular 177 horas de brillo solar; en nuestro caso, el tratamiento de cuatro semanas de solarización correspondió a 188 horas de brillo solar acumulado, (Cuadro 4), sin embargo aún cuando redujo la germinación de los tubérculos, la mayor efectividad se logró con 285 horas de brillo solar acumulado. Resultados similares se obtuvieron cuando se contó el número de plantas de coyolillo, que germinaron en 0,25 m² de era (Cuadro 5). Nuevamente periodos de solarización de cuatro semanas no afectaron la población de coyolillo, mientras que periodos de siete semanas de solarización redujeron drásticamente la población de plantas de esta maleza, durante 15 días después de retirar las coberturas plásticas. Con esta metodología no se apreció el efecto

sinérgico de la gallinaza mencionado anteriormente, debido a que este tratamiento fue muy eficaz y el periodo de evaluación posterior muy corto, los tubérculos que sobrevivieron posiblemente lo hicieron a mayor profundidad, por lo que algunas plantas de coyolillo aparecieron tiempo después.

***Rottboellia cochinchinensis*:**

El efecto sobre esta maleza fue menos claro. Cuando las semillas se enterraron en las mallas de nylon, con dos semanas de solarización, hubo una reducción significativa en la germinación, comparado al testigo sin solarizar, sin embargo, el mantener el plástico por más tiempo o adicionar gallinaza, no mejoró significativamente el efecto de la solarización, (Cuadro 3). Cuando se contó el número de plantas de esta maleza en 0,25 m² de era, a los 15 días después de retirar las coberturas plásticas, no se encontraron plantas en ninguno de los tratamientos

Cuadro 4. Brillo solar acumulado y número de horas con temperatura superior a 43 en los 5 cm superficiales de suelo solarizado. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Tiempo de solarización	Horas brillo solar acumuladas	horas con 43 C
dos semanas	103	32:00
cuatro semanas	188	44:15
siete semanas	285	69:00

Cuadro 5. Efecto de los periodos de solarización y adición de gallinaza sobre el número de plántulas por especie en 0,25 m² de era, 15 días después de retirado el plástico. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Especie de maleza	Testigo	Semanas de solarización					
		Con gallinaza			Sin gallinaza		
		2	4	7	2	4	7
<i>Cyperus rotundus</i>	45	55	51	0	45	74	0
<i>Rottboellia</i> sp.	2	0	0	0	0	0	0
<i>Bidens pilosa</i>	9	1	0	0	1	0	0
<i>Cynodon dactylon</i>	2	3	4	0	5	5	0
<i>Brachiaria plantaginea</i>	0	10	3	0	9	1	0
<i>Ixophorus unisetus</i>	3	0	0	0	0	0	0
<i>Digitaria</i> sp.	5	6	1	0	6	3	0
<i>Commelina diffusa</i>	2	1	1	0	1	1	0
<i>Portulaca oleraceae</i>	8	3	1	0	1	1	0
<i>Spermacoce</i> sp.	1	2	0	0	0	0	0
<i>Melampodium</i> sp.	3	1	0	0	0	0	0
<i>Galinsoga ciliata</i>	5	0	0	0	0	0	0
<i>Emilia fosbergii</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Drymaria cordata</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Spilathes ocymifolia</i>	3	0	0	0	0	0	0
<i>Elvira biflora</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Conyza</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0

solarizados (Cuadro 5). Esto confirma los resultados anteriores, no obstante la población natural de esta maleza en el lote fue baja, además sus semillas no germinan a mucha profundidad, como sí lo hace el coyolillo, por lo que posiblemente semillas sobrevivientes en las capas más profundas no serían detectadas por este método.

En la literatura disponible no se encontró ningún informe específico sobre la sensibilidad de esta especie a la solarización, por los que conviene incluirla en estudios posteriores de solarización, ya que es muy común en la zona media y baja del país y presenta alta competitividad con los cultivos.

B. pilosa:

Conforme el periodo de solarización fue mayor, el porcentaje de germinación de las semillas de esta maleza fue menor. La adición de gallinaza mejoró el efecto de la solarización solo cuando ésta se mantuvo durante cuatro semanas; cuando el periodo de solarización fue de siete semanas ese efecto complementario de la gallinaza no se presentó (Cuadro 3). Un efecto aún más drástico de la solarización se observó en el número de plantas de moriseco en la era a los 15 días después de retiradas las coberturas plásticas (Cuadro 5); en este caso se debe a que la solarización eliminó la viabilidad de

las semillas superficiales, mientras que las posibles sobrevivientes a mayor profundidad no germinaron debido a que necesitan de un estímulo directo de la luz solar para germinar (Rocha 1985).

El efecto general en las tres especies concuerda con lo mencionado en la literatura en el sentido de que conforme el periodo de solarización se prolonga el control de las malezas aumenta (Horowitz, Roger y Herlinger, 1983; Rubin y Benjamin 1984; Linke et al 1991; Navarro *et al.*, 1991; Rojas 1994); sin embargo, en los tres casos se observó sobrevivencia de propágulos, siendo mayor ésta para *C. rotundus* y *B. pilosa* cuando las semillas estuvieron a mayor profundidad, mientras que para *R. cochinchinensis*, disminuyó con la profundidad (Cuadro 6); este comportamiento se debe a que la solarización es más efectiva en las capas superficiales, donde se alcanzan las mayores temperaturas (Cuadro 7); el resultado inverso observado con *Rottboellia* puede deberse a que sus semilla no soportan estar enterradas a mucha profundidad en condiciones húmedas; en otro experimento similar se observó que esta especie presentó un mayor número de semillas podridas cuando se enterraron entre 20 y 30 cm de profundidad (Morales y Herrera, 1995). También se conoce que la efectividad de la solarización es mayor cuando se sobrepasa la tem-

Cuadro 6. Porcentaje de germinación de propágulos de *C. rotundus*, *R. cochinchinensis* y *B. pilosa* extraídos a diferentes profundidades en suelo solarizado y no solarizado. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Profundidad cm	Porcentaje de germinación					
	Solarizado ^{1/}			No solarizado		
	<i>Cyperus</i>	<i>Rottboellia</i>	<i>Bidens</i>	<i>Cyperus</i>	<i>Rottboellia</i>	<i>Bidens.</i>
0-5	26 b*	32 a	45 b	87	42	89
5,1-10	37 ab	32 a	68 a	88	15	89
10,1-15	38 ab	25 ab	59 ab	88	50	89
15,1-25	50 a	21 b	59 ab	88	7	89

^{1/} Promedios de todos los tratamientos solarizados

* Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí según prueba de Tukey al 5%.

Cuadro 7. Promedios de temperatura máxima de suelo a 5, 10 y 15 cm de profundidad durante el periodo de solarización. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Profundidad cm	Promedio de temperatura máxima	
	solarizado	No solarizado
5	39,0	26,1
10	33,0	25,4
15	31,0	24,4

peratura crítica superior de la especie, o bien, cuando se mantienen por un periodo prolongado temperaturas altas, pero inferiores al punto crítico superior. (Horowitz, Rógeer y Herlinger, 1983; Standifer *et al.*, 1984; Barakat 1991; Elmore, 1991; Herrera, 1995). En México la mayor efectividad de la solarización en el control de malezas se alcanzó cuando la temperatura es igual o mayor a 43 °C (Munro, 1995); en nuestro caso, en todos los periodos de solarización se alcanzaron los 43°C, pero la mayor efectividad correspondió con periodos de 69 horas a esta temperatura (Cuadro 4). Es probable también que la variabilidad genética en las semillas de las malezas y efectos de micrositios favorecieran la sobrevivencia de algunos propágulos.

Efecto sobre otras especies de malezas que se presentaron en el campo.

Quince días después de retiradas las coberturas plásticas, se contó el número de plántulas por especie en 0,25 m² de era. En el testigo (sin solarizar y sin gallinaza, eras preparadas el día que se retiró el plástico de los demás tratamientos), se cuantificó un total de 17 espe-

cies, de las cuales las más abundantes fueron *C. rotundus*, *B. pilosa*, *P. oleraceae*, *G. ciliata* y *Digitaria* sp. (Cuadro 5). Cuando la solarización se mantuvo durante siete semanas, con o sin adición de gallinaza, a los 15 días de retirado el plástico aún no habían germinado malezas, mientras que con periodos menores de solarización nueve especies habían logrado germinar.

C. rotundus y *C. dactylon* no fueron afectadas por periodos de solarización de cuatro o menos semanas; mientras que la germinación de *B. plantaginea* fue estimulada por periodos de dos semanas de solarización.

Otras ocho especies aparecieron en el testigo pero estuvieron ausentes en el resto de los tratamientos, (Cuadro 5).

Los resultados encontrados con la población natural del banco de semillas del suelo, también muestran una alta efectividad de la solarización por periodos de siete semanas en el control de las malezas, mientras que con periodos menores algunas especies lograron emerger, resultados similares a los encontrados cuando se colocaron las semillas de malezas en las bolsas de nylon, lo que confirma la posibilidad de usar estos métodos artificiales en el estudio de la sensibilidad de las especies a la solarización.

Cynodon dactylon (Gramma), procedente de semilla sexual se ha indicado como moderadamente sensible en Israel, Texas y California (Elmore, 1991), en nuestro caso las plantas presentes procedían de estructuras asexuales, las cuales por lo general son más tolerantes a la solarización. En el caso de *Brachiaria plantaginea* (Zacate de milpa), periodos cortos de solarización estimularon la germinación, posiblemente al romper la latencia de las semillas; algunos autores han observado

que con periodos de solarización muy cortos o cuando la temperatura no es lo suficientemente alta, más bien se puede estimular la germinación de semillas de malezas (Munro, 1995; Calderón *et al.*, 1995).

Efecto sobre el cultivo indicador

Debido a la pobre efectividad en el control de las malezas de los periodos de solarización iguales o inferiores a cuatro semanas, solo se consideró para sembrar culantro como cultivo indicador, las parcelas que recibieron siete semanas de solarización y como comparador el testigo que fue previamente deshierbado. La solarización estimuló el crecimiento del culantro, ya que en estas parcelas la altura de las plantas fue el doble y el peso fresco el triple del registrado en el testigo, sin embargo la adición de gallinaza no mejoró significativamente la producción de culantro, (Cuadro 8). El efecto estimulador de la solarización en el crecimiento del cultivo es un fenómeno frecuentemente observado y se atribuye al control de las plagas, malezas, liberación de nutrientes del suelo y a alteraciones de la microbiota del suelo que favorecen a los antagonistas de patógenos y mejora las condiciones fisicoquímicas del suelo, (Stapleton y DeVay, 1982; Stapleton y DeVay, 1986; Linke *et al.*, 1991; Barakat, 1991)

En otras observaciones realizadas, en las raíces de las plantas de culantro que crecieron en el testigo, se encontró la presencia de agallas causadas por el nematodo *Meloidogyne arenaria*, mientras que en las parcelas solarizadas no se encontraron.

La mayor producción de culantro en las parcelas solarizadas se atribuyó a la baja presencia de malezas y del nematodo *M. arenaria*, así como a una mayor

disponibilidad de amonio y nitrato, característica que fue observada en un experimento simultáneo donde se midió una mayor concentración de nitrato y amonio en suelo solarizado (Ramírez y Herrera 1995).

Aunque en este experimento no se consideró el factor económico, fue evidente que el aumento en el rendimiento compensó el aumento en el costo debido al plástico, cuyo valor fue de 29 colones por metro de era, sin embargo en este caso no se consideró el costo de colocación del plástico y el costo que implicaría tener el terreno sin cultivo mientras está cubierto por el plástico. Otras ventajas de la solarización son el ahorro en fertilizante, herbicidas y otros plaguicidas para el control de plagas en el suelo y mano de obra para deshierbar; debe practicarse la reutilización y reciclaje de las coberturas plásticas, lo cual podría ser entonces una ventaja adicional.

CONCLUSIONES

1. La solarización durante siete semanas redujo la germinación de propágulos de *C. rotundus*, *R. cochichinensis* y *B. pilosa*, la adición de gallinaza mejoró el efecto de la solarización sobre *C. rotundus* y *B. pilosa*.
2. La solarización por siete semanas también redujo la presencia de otras malezas del banco de semillas, pero periodos de solarización menores fueron menos efectivos.
3. La solarización estimuló el crecimiento y sanidad del culantro usado como cultivo indicador.

Cuadro 8. Efecto de la solarización y gallinaza en la altura y peso fresco del culantro. Alajuela, Costa Rica. 1995.

Semanas de solarización	peso fresco (g/0,25 m ²)	Altura planta (cm)	Precio ^{1/} col/m ²
0 Testigo sin gallinaza	225 b	13,8 b	150
7 sin gallinaza	692 a	25,8 a	461
7 con gallinaza	758 a	27,5 a	505
Valor de DMS	167	3,6	
CV %	17,4	9,8	

* Promedio con igual letra dentro de una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según la prueba de DMS al 5 %.

^{1/} Precio estimado con valor de 20 colones por rollo de culantro de 120 gramos. Tipo de cambio 190 colones por dólar americano.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se financió con aportes de la Universidad de Costa Rica por medio del Proyecto # 736-95-216 y de presupuesto de la Estación Experimental Fabio Baudrit. Se agradece la colaboración de: la compañía Pipasa por el apoyo através del proyecto I2-Gallinaza, a la compañía Yamber por facilitar las coberturas plásticas, al Lic. Hugo Herrera del Instituto Meteorológico Nacional por facilitarnos geotermógrafos, al Dr. Marco Vinicio Gutiérrez por su ayuda y asesoría en la toma de datos climáticos y al personal de apoyo del programa de malezas por todo el trabajo de campo realizado.

LITERATURA CITADA

- BARAKAT, E.A. 1991. Weed control in vegetables by soil solarization. *In: Proceeding of the International Conference on Soil Solarization.* (1., 1990, Amman, Jordan).1991. Soil solarization. FAO. Roma, Italia. (Paper 109). p.155-165.
- CALDERON, B.L.F.; DARDON, A.D.E. 1995. Evaluación de películas plásticas para solarizado y posterior uso como acolchado en arveja china. *In: Taller Regional de Solarización del Suelo.* (1.,1995, Honduras). 1995. Memoria Taller de solarización del suelo. FAO. Roma, Italia. p. 9-11.
- ELMORE, C. 1991. Use of solarization for weed control. *In: Proceeding of the International Conference on Soil Solarization.* (1., 1990, Amman, Jordan).1991. Soil solarization. FAO. Roma, Italia. (Paper 109). p.129-128
- HERRERA, M.F. 1995. La solarización en Costa Rica. *In: Taller Regional de Solarización del Suelo.* (1.,1995, Honduras). 1995. Memoria Taller de solarización del suelo. FAO. Roma, Italia. p. 1-3.
- HOROWITZ, M.; ROGER, Y.; HERLINGER, G. 1983. Solarization for weed control. *Weed Science* 31:170-179.
- KATAN, J.; GREENBURGER, A.; ALON, H.; GRINSTEIN, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* 66(5):683-688.
- LINKE, H.K.; SAXENA, C.M.; SAUERBORN, J.; MASRI, H. 1991. Effect of soil solarization on the yield of food legumes and on pest control. *In: Proceeding of the International Conference on Soil Solarization.* (1., 1990, Amman, Jordan).1991. Soil solarization. FAO. Roma, Italia. (Paper 109). p.139-154
- MORALES, J.G.; HERRERA, M.F. 1995. Efecto de solarización sobre malezas en almacigos de chile dulce. Alajuela, C. R., Instituto Tecnológico de Costa Rica y Estación Experimental Fabio Baudrit. (Comunicación personal).
- MUNRO, D. 1995. Condiciones necesarias para lograr eficiencia en la desinfección solar del suelo (solarización). *In: Taller Regional de Solarización del Suelo.* (1.,1995, Honduras). 1995. Memoria Taller de solarización del suelo. FAO. Roma, Italia. p. 55-59.
- NAVARRO, J.R.; MORA, D.; DIAZ, J.; VILCHEZ, 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* 15(1-2):93-98.
- RAMIREZ, C.; HERRERA, M.F. 1995. Contenidos de nitrógeno y germinación de *Cyperus rotundus* en suelos solarizados. Alajuela, C. R., Estación Experimental Fabio Baudri M. (Comunicación personal).
- ROCHA, N.O. 1985. Germinación, supervivencia y flujo poblacional y reproducción de *Bidens pilosa* bajo diferentes regímenes agrícolas. Tesis Lic. San José, C.R., Escuela de Biología. 78 p.
- ROJAS, A.G. 1994. Efecto de la solarización y algunos desinfectantes de suelo en el control de malezas en camas de germinación. Trabajo de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, C.R. 46p.
- RUBIN, B.; BENJAMIN, A. 1984. Solar heating of the soil: involvement of environmental factors in the weed control process. *Weed Science* 32:138-142.
- STANDIFER, L.C; WILSON, P.W.; PORCHE-SORBET, R. 1984. Effects of solarization on soil weed populations. *Weed Science* 32:569-573.
- STAPLETON, J.J; DEVAY, J.E. 1982. Effect of soil solarization on populations of selected soil-borne microorganisms and growth of deciduous fruit seedlings. *Phytopathology* 72(3):323-326.
- STAPLETON, J.J; DEVAY, J.E. 1986. Soil solarization: A nonchemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crops Protection* 5(3):190-199.