

## Efecto de la solarización del suelo sobre la emergencia de malezas

Rodríguez Lagreca Julio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Protección Vegetal, Unidad de Malherbología, Centro Regional Sur, Camino Folle km 35,500 s/n. Canelones 90300. Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Correo electrónico: juliorodriguez@fagro.edu.uy*

Recibido: 28/12/10 Aceptado: 15/9/11

### Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de la solarización al suelo en el grado de disminución del banco de semillas de malezas anuales, se llevó adelante un experimento de campo en condiciones de suelo arcilloso. Se obtuvo una temperatura máxima media de 44,79 °C a 5 cm y de 44,48 °C a 20 cm de profundidad durante 30 días de enero. El gradiente térmico promedio durante la solarización entre la temperatura de suelo solarizado y la temperatura del aire fue de 14,8 °C. La solarización logró un efectivo control de malezas anuales hasta los 180 días post-solarización. La biomasa aérea de las malezas en el suelo solarizado fue significativamente menor que en el testigo sin solarizar.

**Palabras clave:** emergencia, malezas, solarización

### Summary

## Effect of Soil Solarization on Weed Emergence

In order to evaluate the effect of soil solarization over the reduction of the seed bank of annual weeds, a field experiment was carried out on clay soil conditions. The average maximum soil temperature was 44,79 °C at 5 cm depth, while it reached 44,48 °C at 20 cm depth during 30 days in January. The average thermal gradient during the solarization between the solarized soil and the air was 14,8 °C. Solarization was effective to control annual weeds up to 180 days post-solarization. Weed aerial biomass in solarized soil was significantly lower than in the control without solarization.

**Key words:** emergency, weeds, solarization

### Introducción

La solarización se refiere a la cobertura hermética del suelo húmedo con plástico transparente, durante un período de tiempo tal que permita capturar la energía solar que llega al suelo y así elevar la temperatura por encima de umbrales que determinan la muerte de semillas de malezas y afectan la dinámica de su presencia en el banco del suelo. El resultado de la solarización dependerá de factores múltiples, como la temperatura del aire, la intensidad de la radiación solar y el largo de horas luz, el tipo de suelo dado fundamentalmente por la cantidad de arcilla y su grado de humedad durante el período, el ancho y la orientación de los

canteros, así como el tipo y color del film que se utilice en el proceso y la duración del período de solarización (Katan y De Vay, 1991). Asimismo la solarización presenta un gran potencial de uso en situaciones de producción vegetal intensa debido a su carácter no contaminante del medio ambiente y posible de combinar con tratamientos de control biológico y cultural, aplicables en programas de producción integrada y orgánica. El grupo de malezas de mayor sensibilidad al aumento de temperatura en el suelo lo constituyen las especies anuales de reproducción por medio de semilla sexual y dentro de ellas las que prosperan durante otoño e invierno, dado sus menores requerimientos térmicos para desencadenar el proceso de germinación. Un segundo gru-

po en importancia lo constituyen las especies anuales estivales que presentan un mayor grado de tolerancia debido a los mayores requerimientos térmicos para germinar (Elmore *et al.*, 1993). Diferentes autores concuerdan que se logra una disminución significativa en el banco de semillas del suelo cuando se lo solariza de 20 a 30 días con temperaturas de 40 a 60 °C y efectuando solarización bajo invernáculo por igual período se obtuvieron reducciones del 95 a 99% de malezas, con respecto al suelo testigo sin solarizar (Casanova y Tricot, 2001).

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el efecto de la solarización en suelo de alto contenido de arcilla mantenido a capacidad de campo, y cuantificar el grado de disminución de malezas anuales hasta los 180 días posteriores a la solarización.

## Metodología

El estudio se realizó en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía (UdelaR), ubicado en la localidad de Progreso, departamento de Canelones, a 41 msnm, 34° Latitud Sur, 57° Longitud Oeste, durante la temporada 2004-05. El régimen promedio de precipitaciones anuales es de 1000-1200 mm, distribuidos irregularmente a lo largo del año.

El experimento se instaló a campo, en un suelo tipo Brunosol ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,6$ ,  $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,8$ ,  $\% \text{MO} = 3,9$ ,  $\text{P}_{\text{ppm}} > 60$ ,  $\text{K}_{\text{meq}/100\text{g}} = 1,24$ ,  $\text{Ca}_{\text{meq}/100\text{g}} = 10,4$ ,  $\text{Mg}_{\text{meq}/100\text{g}} = 3,9$ ,  $\text{Na}_{\text{meq}/100} = 0,3$ ).

El diseño estadístico fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, con dos tratamientos: solarización al suelo durante 30 días (1°/01/05 al 31/01/05) y testigo sin solarizar. El sitio experimental se eligió por su homogeneidad en la presencia de malezas anuales y con 10 años de historia en sistema de producción de hortalizas. La unidad experimental consistió en un cantero de 30 m de largo por 1 m de ancho.

La preparación del suelo se efectuó a partir de octubre de 2004 con dos pasajes de arado cincel a 90°, encanador de seis discos de altura y ángulo regulable para la formación de los canteros y rastra de dientes. Se agregó 1 kg/m de abono de pollos parrilleros sin fermentar, incorporándolo al suelo y por último se niveló manualmente con rastrillo dejando el cantero de 1 m de ancho de mesa y 18 cm de altura. La orientación del eje principal de los canteros fue suroeste-noreste. En el centro de cada cantero se instaló una cinta de gotero de 16 mm equipada con goteros a 30 cm de distancia, con caudal de 3,4 l/hora/m y se efectuaron riegos a razón de dos veces por semana (lámina bruta por

riego = 5,4 mm) con el objetivo de mantener al suelo en condiciones de capacidad de campo. Se instalaron registradores de temperatura automáticos tipo Kooltrak programados para toma de datos cada hora y en dos profundidades de suelo: 5 cm y 20 cm. Posteriormente a los canteros a solarizar se los cubrió con nylon transparente con tratamiento UV y de 60 micrones sujetando los costados de forma que quedara un ambiente hermético. En el tratamiento testigo y los caminos de los entre canteros (0,5 m de ancho) se mantuvo el suelo desnudo.

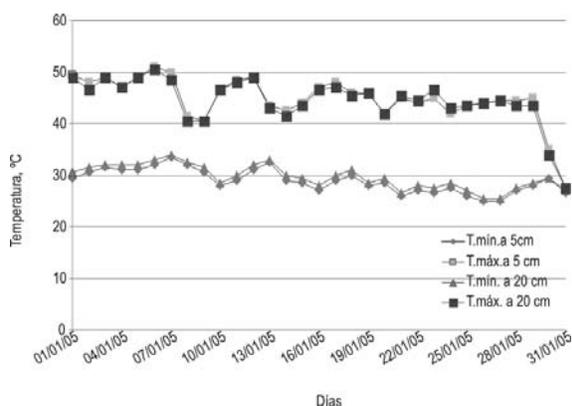
El 20 de abril (80 días post-solarización) se efectuó un movimiento superficial del suelo (5-7 cm) con el objetivo de promover la emergencia de malezas y de favorecer la instalación del cultivo. El 22 de abril se sembró el almácigo de cebolla con el cultivar Pantanoso del Sauce CRS que fue empleado como cultivo evaluador. La siembra se realizó a 1,0 cm de profundidad en filas transversales al eje principal del cantero y distanciadas a 10 cm entre sí, con una densidad de 800 a 1000 pl/m<sup>2</sup>. El manejo sanitario y nutricional del almácigo se efectuó de manera de mantener las plantas en condiciones óptimas de crecimiento, sin intervención en el control de las malezas. El efecto de los tratamientos sobre las malezas se determinó en base a la identificación de las especies, número total/m<sup>2</sup> y biomasa aérea/m<sup>2</sup>, a los 99, 113, 127, 141, 155 y 179 días post-solarización. Para realizar las mediciones, se utilizó un cuadrante de madera de 0,16 m<sup>2</sup>, el cual se lanzaba al azar en cada unidad experimental, repetido cuatro veces (cada unidad de muestreo dentro de una parcela correspondió a una repetición, con lo cual el número de repeticiones por tratamiento fue de 24).

La biomasa se secó en estufa a 70 °C durante 48 hs y con los valores de peso seco se efectuó la comparación de medias. Para la variable biomasa aérea se realizó análisis de varianza y test de comparación múltiple, a través de la prueba de Tukey, utilizando el programa INFO STAT de la Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias versión del 21 de setiembre de 2001. Para la variable número de malezas/m<sup>2</sup> y en las mismas fechas analizadas, se realizó el promedio para cada fecha y tratamiento.

## Resultados y discusión

### Temperatura

Al analizar las temperaturas máximas y mínimas promedio registradas en el suelo solarizado se observó (Figura 1) que no hubo diferencias en los registros a las dos profundidades, alcanzándose temperaturas máximas promedio de 44,79 °C a 5 cm de profundidad y 44,48 °C a

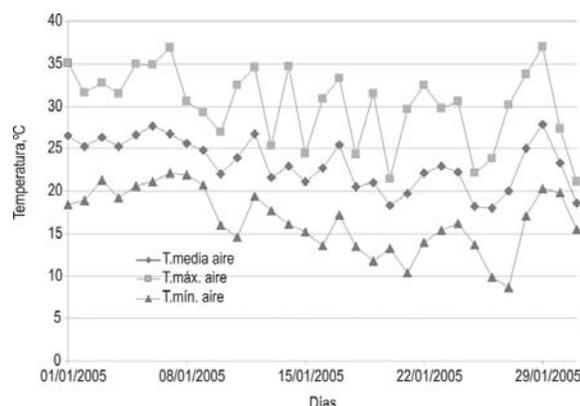


**Figura 1.** Evolución de la temperatura mínima y máxima diaria, en el suelo solarizado a 5 y 20 cm de profundidad, durante el mes de enero de 2005.

20 cm de profundidad, mientras que las temperaturas mínimas promedio fue de 28,90 °C a 5 cm y 29,67 °C a 20 cm de profundidad. Los resultados indican que en la medida de que el suelo bajo solarización se mantuvo húmedo a capacidad de campo, se logró transmitir el calor hasta la profundidad registrada de 20 cm.

Katan (1980) sugiere efectuar un solo riego inicial y abundante con buena penetración, ya que los riegos adicionales sucesivos no suponen ventaja sino que por el contrario pueden producir enfriamiento del suelo, hecho que no sucedió en estas condiciones experimentales. Por el contrario la secuencia de riegos contribuyó a la transmisión del calor en la totalidad del volumen de suelo experimentado. En cuanto a los valores de temperatura máximos registrados concuerdan con los resultados de Munro (1995), quien afirma que la solarización tiene mayor efectividad cuando las temperaturas logradas son iguales o superiores a los 43 °C. Durante el mes de enero que el suelo estuvo cubierto con el plástico transparente el gradiente de temperatura se mantuvo en 14,8 °C, teniendo como temperatura mínima diaria promedio mensual 29,7 °C, valor que acelera los procesos metabólicos y actividad biológica, envejeciendo y disminuyendo la viabilidad de las semillas del banco de malezas del suelo.

En la Figura 2 se observa el comportamiento de la temperatura del aire en el periodo experimental, con valores de temperatura máxima promedio = 30,2 °C y temperatura mínima promedio = 16,6 °C, que al compararlos con los de suelo solarizado tuvieron un gradiente térmico de temperatura máxima = 14,6 °C y temperatura mínima = 12,3 °C, en las dos profundidades de suelo experimentadas.



**Figura 2.** Evolución de la temperatura máxima, media y mínima diaria; en el aire durante enero de 2005.

La temperatura del aire es el principal factor en condicionar las temperaturas que alcanza el suelo y por tanto en definir la eficiencia de la técnica de solarización. Según Katan y De Vay (1991), la temperatura en las condiciones de Israel se eleva casi 15 °C entre un suelo no tratado y otro solarizado, a los 10 cm de profundidad, concordando con los resultados obtenidos en este experimento. Al analizar el incremento térmico comparando el suelo desnudo con el suelo solarizado se observó un 32% de aumento en la temperatura máxima promedio y 44% de aumento en la temperatura mínima promedio en el suelo solarizado, los mayores valores en los registros mínimos son los causantes de mantener un ambiente de mayor actividad metabólica que en el transcurso del tiempo que el suelo está solarizándose, son nocivos para la sobrevivencia de las semillas de malezas.

En cuanto a las características del material utilizado, existe una postura general y favorable en relación al uso de nylon transparente y con un espesor de aproximadamente 50 micrones, coincidiendo con lo observado por De Souza (1994), que obtuvo un menor control de malezas al usar nylon negro, en comparación con el transparente. Adicionalmente, con el nylon transparente se produce condensación, que no deja escapar radiación de onda larga, aumentando el efecto invernadero y el calentamiento del suelo.

La absorción de calor del suelo, se mantuvo hasta los 20 cm de profundidad, indicando que no resultaron limitantes las características estructurales, de color y textura del suelo, manteniendo la capacidad hidráulica, condición indispensable para lograr el aumento de temperatura por encima de los umbrales de daño de las semillas.

### Emergencia de malezas

En el suelo del lugar experimental predominaba un tapiz vegetal típico de historia en producción hortícola, compuesto esencialmente por especies ruderales de ciclos de vida cortos, desarrollado en una estación, tanto invernales como estivales, dicotiledóneas y monocotiledóneas (Cuadro 1); expresado en un momento de transición estacional por el final del verano y comienzo del otoño. En general, adaptadas al ambiente agrícola a través de una serie de estrategias que maximizan un rápido crecimiento y una reproducción prolífica en hábitats perturbados, que ocupan los estadios muy tempranos de la sucesión (Rodríguez, 2003). Así mismo, se considera que la composición vegetal existente está en equilibrio debido a la presencia de múltiples especies que no tienen un marcado dominio sobre otras, e indi-

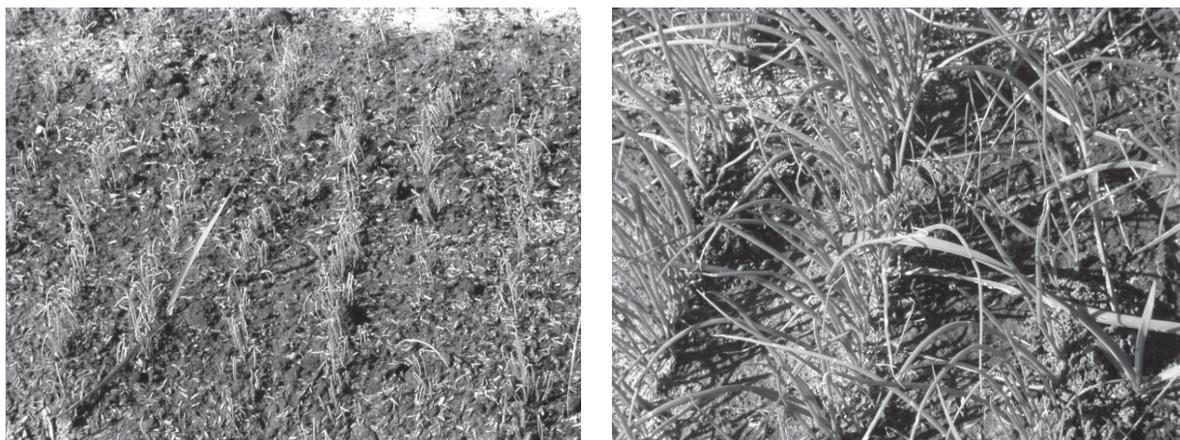
can que no existe una simplificación monopólica del ambiente.

En los canteros del tratamiento solarizado no se registró emergencia de malezas en las distintas fechas, solamente en el bloque I aparecieron unas plantas de *Nothoscordum inodorus*, ajo macho (Figura 3) planta reproducida por bulbo con capacidad de brotar aún estando en condiciones de profundidad y no fue controlado por efecto de la solarización del suelo, adicionalmente en los caminos de los entre canteros en el último muestreo (29/7) se observó emergencia de *Capsella bursapastoris* ubicada en un foco y en una sola repetición.

El control de malezas efectuado por la solarización fue total, afectando la presencia de las distintas especies anuales, tanto de semillas no germinadas como de plántulas que se observaron creciendo durante la solarización y luego

**Cuadro 1.** Especies de malezas presentes en el sitio experimental, marzo de 2005.

Especies	Nombre vulgar	Familia	Ciclo y reproducción
<i>Anagallis arvensis</i>	No me olvides	Primulaceae	Otoño-inv.-primavera Semilla
<i>Bowlesia incana</i>	Bowlesia	Umbelliferae	Otoño-invernal Semilla
<i>Capsella bursapastoris</i>	Bolsa de pastor	Cruciferae	Otoño-invernal Semilla
<i>Coronopus didymus</i>	Mastuerzo	Cruciferae	Otoño-invernal Semilla
<i>Echinochloa crusgalli</i>	Capín	Poaceae	Estival
<i>Lamium amplexicaule</i>	Lamiun	Labiatae	Otoño-invernal Semilla
<i>Lolium multiflorum</i>	Raigras	Poaceae	Otoño-invernal Semilla
<i>Nothoscordum inodorus</i>	Ajo macho	Alliaceae	Otoño-invernal Bulbo
<i>Picris echioides</i>	Lengua de gato	Asteraceae	Otoño-invernal Semilla
<i>Poa annua</i>	Pastito de invierno	Poaceae	Otoño-inv.-primavera Semilla
<i>Polygonum aviculare</i>	Pasto alambre, Sanguinaria	Polygonaceae	Inv-primavero-estival Semilla
<i>Portulaca oleraceae</i>	Verdolaga	Portulacaceae	Primavero-estival Semilla
<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca	Polygonaceae	Otoño-inv-primavera Semilla y trozos de raíz
<i>Senecio vulgaris</i>	Senecio	Asteraceae	Otoño-inv.-primavera Semilla
<i>Stellaria media</i>	Capiquí	Caryophyllaceae	Otoño-invernal Semilla
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	Asteraceae	Otoño-inv.-primavera Semilla



**Figura 3.** Presencia de *Nothoscordum inodorus* como única maleza en el suelo solarizado. Estado fenológico de la cebolla izquierda «gancho», derecha 1ª a 2ª hoja verdadera.

morían por exceso de temperatura. Los resultados experimentales no permiten afirmar el efecto de la solarización sobre especies anuales estivales, dado que el momento de evaluación post-solarización fue en otoño e invierno, pudiendo suceder que estas especies de mayores requerimientos térmicos para germinar presentaran mayor tolerancia al aumento de temperatura del suelo. Asimismo Elmore (1991) señala que con temperaturas mayores a 41 °C durante el período de solarización se obtiene un buen control de semillas de malezas anuales invernales y estiva-

les. En el Cuadro 2 se observan las especies de malezas presentes en el tratamiento sin solarizar el suelo.

En cuanto a la composición de las malezas en el suelo sin solarizar el análisis debe dividirse en dos etapas claramente diferenciadas:

1-Desde 10/5 al 7/6, las dos especies que predominaron fueron *Coronopus didymus* y *Stellaria media* que cuentan con una presencia equivalente al 54%, le siguieron en segundo orden *Poa annua* y *Rumex crispus* (28%), las primeras tres especies, tienen alta tasa de crecimiento relativo semanal, en condiciones de temperaturas de 14 a

**Cuadro 2.** Evolución del número de malezas por superficie, tratamiento sin solarización.

Especies	10/5	24/5	Número de plantas/m <sup>2</sup> *			
			7/6	21/6	5/7	29/7
<i>Anagallis arvensis</i>	47 (3)	110 (8)	58 (4)	141 (20)	139 (18)	78 (11)
<i>Coronopus didymus</i>	450 (34)	373 (28)	398 (29)	222 (31)	231 (31)	162 (22)
<i>Lolium multiflorum</i>	22 (2)	119 (9)	209 (16)	181 (25)	138 (18)	370 (51)
<i>Poa annua</i>	184 (14)	171 (13)	233 (17)	106 (15)	56 (8)	25 (3)
<i>Rumex crispus</i>	181 (14)	98 (8)	73 (5)	7 (1)	96 (13)	33 (5)
<i>Stellaria media</i>	266 (20)	420 (32)	342 (25)	47 (6)	85 (11)	34 (5)
Otras especies	166 (13)	23 (2)	51 (4)	16 (2)	10 (1)	26 (3)
Total pl/m <sup>2</sup>	1316	1314	1364	720	755	728

\*Valores correspondientes a promedio de 4 muestras.

( ) Valores expresados en porcentaje, en la columna.

22 °C, siendo las primeras en colonizar el suelo luego de efectuado un movimiento y comenzar a captar los recursos (Radosevich y Holt, 1984). De las otras especies que participan en la composición, se observó que en el caso de *Lolium multiflorum* al inicio de los muestreos su presencia es muy baja indicando su preferencia por las condiciones invernales de fines de junio-principios de julio. En el caso de *Stellaria media* el comportamiento es otoñal con mayor presencia en los tres primeros muestreos, hasta el 21/6, hacia esa fecha la mayoría de las plantas estaban florecidas y en senescencia, indicando el final del ciclo de crecimiento anual. Respecto al número total de malezas/m<sup>2</sup> en esta etapa se observa que fue estable y en el eje de las 1300 pl/ m<sup>2</sup>.

2-Desde 21/6 al 29/7, *Coronopus didymus* continuó con alta presencia, comenzando a descender hacia el final del período, un comportamiento similar se observó en *Poa annua*, iniciando el descenso a partir de fines de junio-principios de julio. En el caso de *Stellaria media* su presencia descendió en forma muy marcada desde el inicio de este período y se registró un aumento importante en la presencia de *Lolium multiflorum* que en el último muestreo representó el 51% de presencia de especies. Respecto al número total: 700 malezas/m<sup>2</sup> se mantuvo estable en el período y la diferencia con respecto al valor anterior obedeció a competencia inter e intraespecífica por la captación de los recursos básicos de producción (agua, luz y nutrientes).

El término otras especies fue designado arbitrariamente a un grupo numeroso de distintas malezas también dicotiledóneas, anuales, otoño-invernales, que inicialmente ocuparon una porción equivalente al 13% y en los sucesivos muestreos fueron perdiendo relevancia en el contexto general.

Al analizar el efecto de la solarización del suelo sobre la biomasa de las malezas (Cuadro 3) se observó que se

obtuvieron diferencias significativas entre el tratamiento de suelo solarizado y el testigo suelo desnudo en todas las fechas post-solarización analizadas. Estos resultados permiten afirmar que el efecto de la solarización al suelo se mantuvo hasta los 180 días después del período de solarización.

Adicionalmente en las plantas de cebolla instaladas en el suelo solarizado se observó un crecimiento mayor, en altura, en área foliar, en volumen radicular y menor incidencia de problemas sanitarios foliares comparativamente con las provenientes de suelo sin solarizar.

### Conclusiones

Solarizando el suelo arcilloso mantenido a capacidad de campo durante 30 días en enero, con un film plástico transparente de 60 μm se obtuvieron iguales temperaturas en las dos profundidades experimentadas de 5 y 20 cm.

El efecto de la solarización resultó efectivo en disminuir la emergencia de semillas de malezas del suelo, en las diferentes especies anuales componentes del tapiz vegetal del sitio experimental, excepto para el control de *Nothoscordum inodorum* de reproducción por bulbos.

La persistencia del efecto de la solarización se mantuvo en el suelo durante 180 días post-solarización.

### Agradecimientos

Al Bach. Guzmán Briozo, estudiante en pasantía en la Unidad de Malherbología del CRS, por su colaboración en la realización del trabajo de campo.

A los funcionarios de campo, Sección Horticultura del CRS, por su paciencia y permanente colaboración.

Cuadro 3. Biomasa aérea de las malezas en distintos momentos post-solarización.

Tratamiento	Días post-solarización					
	99	113	127	141	155	179
	g materia seca/m <sup>2</sup>					
Suelo desnudo	23,4 b*	38,5 b	72,6 b	143,9 b	167,3 b	210,2 b
Suelo solarizado 30 días	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	1,6 a

\*Letras distintas en la columna difieren significativamente, Tukey 0,05

## Bibliografía

- Casanova S, Tricot D. 2001. Efecto de la solarización sobre malezas y hongos fitopatógenos de suelo en cultivo de lechuga en invernáculo [Tesis de Grado]. Montevideo : Facultad de Agronomía. 123p.
- De Souza N. 1994. Solarização do solo. *Summa Phytopathologica*, 20(1): pp 3 - 15.
- Elmore C. 1991. Use of solarization for weed control. En: International Conference on Soil Solarization: 19 - 25 February 1990; Amman, Jordan. Roma: Fao. (FAO Plant Production and Protection Paper ; 109). pp. 109 - 128.
- Elmore C, Roncoroni C, Deborah G. 1993. Perennial weeds respond to control by soil solarization. *California Agriculture*, 47(1): 19 - 22.
- Katan J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control : status and prospects. *Plant disease*, 64: 450 - 454.
- Katan J, De Vay J. 1991. Soil solarization. Boca Ratón : CRC Press. 267p.
- Munro D. 1995. Condiciones necesarias para lograr eficiencia en la desinfección solar del suelo. En: Taller de solarización del suelo. Roma : FAO. pp. 55 - 59.
- Radosevich S, Holt J. 1984. Weed Ecology: implications for vegetation management. New York : John Wiley. 265p.
- Rodríguez J. 2003. Las malezas y el agroecosistema. En: Producción orgánica, aportes para el manejo de sistemas ecológicos en Uruguay. Montevideo : PREDEG. pp. 255 - 272.