

Efecto de la combinación de herbicidas y coberteras orgánicas en el control de maleza

Effect of the combination of herbicides and organic covers on weed control

Carnero-Avilés, Leslie¹, Tamayo-Esquer, Luis Miguel^{2*}, Arispe-Vazquez, José Luis³, Ponce-García, Omar Castor¹, Barroso-Aké, Alisa Clementina⁴ y Tucuch-Pérez, Marco Antonio⁴

¹INIFAP-CEDEL-Campo Experimental Delicias, Km. 2 Carr. Delicias-Rosales, 33000. Cd. Delicias, Chihuahua, México.

²INIFAP-CENEB-Campo Experimental Norman E. Borlaug, S/N, Km. 12 Calle Norman E. Borlaug, 85000. Cd. Obregón, Sonora, México.

³INIFAP-CEIGUA-Campo Experimental Iguala, Km. 2.5 Carr. Iguala-Tuxpan, 40000. Iguala, Guerrero, México.

⁴Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. Venustiano Carranza s/n esq. con Ing. José Cárdenas Valdés. Col. República Ote. C.P. 25280. Saltillo, Coahuila, México.

*Autor para correspondencia: tamayo.luismiguel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El manejo integrado de malezas consiste en implementación de diversos métodos de control, destacándose el uso de herbicidas sintéticos por su alto porcentaje de control, facilidad de aplicación y rapidez en los resultados. Sin embargo, en los últimos años ha surgido un creciente interés por reducir la dependencia de métodos químicos debido a la expansión de la agricultura orgánica y las preocupaciones ambientales relacionadas con los efectos adversos de los herbicidas. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia del control de malezas mediante la aplicación de herbicidas pre y post-emergentes, tanto solos como en combinación con coberteras vegetales. Para las evaluaciones se utilizó la escala de control de la EWRS, y los datos se analizaron a través de un análisis de varianza y una comparación de medias empleando la prueba de Tukey ($p=0,05$). Los resultados indicaron que el tratamiento a las coberteras con herbicidas pre-emergentes y la aplicación de post-emergentes antes de la instalación de la cobertera prolonga significativamente el control de malezas, manteniendo altos niveles de efectividad durante periodos más amplios.

Palabras clave: Control de malezas, cobertera, pre-emergente, post-emergente.

ABSTRACT

Integrated weed management consists of the implementation of various control methods, with the use of synthetic herbicides standing out for their high control percentage, ease of application and rapid results. However, in recent years there has been a growing interest in reducing the dependence on chemical methods due to the expansion of organic agriculture and environmental concerns related to the adverse effects of herbicides. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of weed control through the application of pre- and post-emergence herbicides, both alone and in combination with plant cover crops. The EWRS control scale was used for the evaluations, and the data were analyzed through an analysis of variance and a comparison of means using the Tukey test ($p=0.05$). The results indicated that treating the cover crops with pre-emergence herbicides and applying post-emergence herbicides before the installation of the cover crop significantly prolongs weed control, maintaining high levels of effectiveness for longer periods.

Key words: Weed control, top dressing, pre-emergence, post-emergence.

INTRODUCCIÓN

Las malezas son consideradas especies de plantas altamente competitivas con los cultivos en términos de nutrientes, agua, luz y espacio, por lo tanto, de no ser controladas eficazmente y dentro de los periodos críticos de competencia de los cultivos estas pueden reducir la calidad y el rendimiento causando pérdidas económicas además de aumentar los costos de producción por la implementación de métodos de control (Bond y Grundy, 2001). El manejo integrado de malezas consiste en la utilización de diversos métodos de control como el mecánico, cultural, biológico y químico (Abouziena *et al.*, 2008). En el control cultural se incluye el uso de coberturas vegetales de origen orgánico ya sea vivas o muertas que tienen como objeto de proteger y mejorar nutricionalmente el suelo. Además de aumentar los rendimientos, la biomasa microbiana, y mejorar la actividad del suelo a través del aporte de residuos estas tienen la capacidad de controlar las malezas debido a la barrera física que representan y al bloqueo de luz impidiendo la germinación y posterior emergencia de las especies (Boccolini *et al.*, 2019; Iqbal *et al.*, 2020). Diversos autores han explorado la utilización de estas coberturas con tratamiento de herbicidas residuales o también llamados pre-emergentes (Derr, 1994; Lanphear, 1968; Wells *et al.*, 1987; Locke y Bryson, 1997; Mathers, 2003; Case y Mathers, 2006; Samtani *et al.*, 2007; Somireddy 2012). Estas coberturas tratadas con herbicidas son efectivas para reducir pérdidas no deseadas de herbicidas, la lixiviación, el desplazamiento fuera del área tratada y la liberación controlada de las moléculas lo cual es posible a su alto contenido de lignina (Oliveira *et al.*, 2000; Case y Mathers, 2006). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el control de la maleza mediante la aplicación de herbicidas post-emergentes y pre-emergentes solos y en combinación con una cobertura orgánica, con el fin de determinar las combinaciones más efectivas que podrían mejorar potencialmente el control y mantenerlo en altos porcentajes durante un periodo de tiempo más amplio lo que conllevaría a la reducción del número de aplicaciones de herbicidas durante el ciclo agrícola y la reducción de costos que se generan de la misma práctica.

Tabla 1. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza por herbicida.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre maleza	Fitotoxicidad al cultivo (%)	Efecto sobre el cultivo
-------	-----------------------	---------------------	------------------------------	-------------------------

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en Ciudad Delicias, Chihuahua en una huerta de pistacho *Pistacia vera*. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con 10 tratamientos (Tabla 2) y tres repeticiones donde cada unidad experimental se conformó por 15.7 m² correspondientes al área circundante de un árbol de pistacho. Se realizó un muestreo inicial mediante el uso de cuadrantes de 50 x 50cm para determinar la frecuencia y las especies predominantes. Las coberturas vegetales con un grosor de 10 cm lo cual se obtuvo situando 25 Kg de material vegetativo por árbol, las coberturas tratadas con herbicida pre-emergente se esparcieron sobre una lona de plástico para después ser asperjadas con el ingrediente activo correspondiente según las dosis indicadas en las etiquetas para después ser situadas en el fuste del árbol, los tratamientos de cobertura en combinación con post-emergentes consistieron en una primera aplicación de los productos a la maleza establecida y se dejaron actuar por tres días para posteriormente aplicar la cobertura, por último los herbicidas pre-emergentes se aplicaron directamente a la superficie del suelo y se realizó un riego ligero para su activación. Todas las aplicaciones se realizaron con una mochila de aspersión previamente calibrada para un gasto de 300 L por ha⁻¹. La evaluación de la toxicidad de los herbicidas sobre la maleza se realizó a los 15, 21, 30, 60 y 120 días después de la aplicación con la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS) (Tabla 1) y los datos obtenidos fueron sometidos a un Análisis de Varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey (p=0,05) en el programa estadístico SAS ver. 9.4.



1	99.0-100.0	Muerte	0.0-1.0	Sin efecto
2	96.5-99.0	Muy buen control	1.0-3.5	Síntomas muy ligeros
3	93.0-96.5	Buen control	3.5-7.0	Síntomas ligeros
4	87.5-93.0	Control suficiente	7.0-12.5	Síntomas evidentes sin efecto en el rendimiento
5	80.0-87.5	Control medio	12.5-20.0	Daño medio
6	70.0-80.0	Control regular	20.0-30.0	Daño elevado
7	50.0-70.0	Control pobre	30.0-50.0	Daño muy elevado
8	1.0-50.0	Control muy pobre	50.0-99.0	Daño severo
9	0.0-1.0	Sin efecto	99.0-100.0	Muerte

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies con mayor frecuencia en el área de estudio fueron quelite (*Amaranthus palmeri* S. Wats.), hediondilla (*Verbesina encelioides* Cav.), pegarropa (*Setaria adhaerens* Forssk.). Los resultados de las evaluaciones (Tabla 2) indican que, a los 15 y 21 días después de la aplicación, todos los tratamientos mostraron porcentajes de control superiores al 98%, lo considerándose un "Muy buen control" según la escala propuesta por la EWRS. A los 30 días, las coberteras y sus combinaciones mantuvieron un control del 100%, mientras que se empezaron a observar reducciones en los tratamientos herbicidas pre y post-emergentes aplicados sin cobertera. El pendimentalin mostró un 91% de control, que no fue significativamente diferente del 88.33% de glifosato, lo cual se relaciona con la residualidad de estos productos. Sin embargo, la trifluralina alcanzó solo un

81%, posiblemente debido a que no fue incorporada al suelo, dado que, como señalan Cao et al. (2019), la molécula es fotosensible y se recomienda su incorporación mediante un paso ligero de rastra (Fierros-Leyva, 2022). Los herbicidas post-emergentes como paraquat y glufosinato de amonio lograron un 83.3% y 81.6% de control, respectivamente, clasificándose como un "Control medio". A los 60 días después de la aplicación, el control de los herbicidas post-emergentes se redujo significativamente, alcanzando un 38.3% ("Control muy pobre"), disminuyendo hasta un 20% a los 120 días. En contraste, la cobertera sin tratamiento alcanzó su menor control a los 120 días con un 90%, mientras que aquellas tratadas con herbicidas se mantuvieron con un 88, 90, 95, 98.3 y 98.3 para los tratamientos de cobertera tratadas con trifluralina, glufosinato, pendimentalin, paraquat y glufosinato de amonio respectivamente).

Tabla 2. Efecto los tratamientos a los 15, 21, 30, 60 y 120 días después de la aplicación.

Tratamiento	Dosis	15 DDA		21 DDA		30DDA		60DDA		120DDA	
		media		media		media		media		media	
Pendimentalin	2,5 l.ha ⁻¹	100	a	100	a	91	b	87	b	30	b
Trifluralina	1,8 l.ha ⁻¹	100	a	100	a	81	c	73	c	25	b
Glufosinato de amonio	1,5 l.ha ⁻¹	98.3	a	100	a	81.6	c	38.3	d	20	b
Paraquat	1,5 l.ha ⁻¹	100	a	98.3	a	83.3	c	40	d	30	b
Glifosato	2,0 l.ha ⁻¹	98	a	98	a	88.3	b	41.6	d	30	b
Cobertera + Pendimentalin	2,5 l.ha ⁻¹	100	a	100	a	100	a	96.6	ab	95	a
Cobertera + Trifluralina	1,8 l.ha ⁻¹	100	a	100	a	100	a	91.6	ab	88.3	a
Cobertera + Paraquat	1,5 l.ha ⁻¹	100	a	100	a	100	a	99.3	a	98.3	a
Cobertera + Glufosinato de amonio	1,5 l.ha ⁻¹	100	a	100	a	100	a	98.3	ab	98.3	a
Cobertera sin tratar		100	a	100	a	100	a	93.3	ab	90	a

Literales diferentes indican diferencias entre grupos ($P < 0.05$), prueba de Tukey. DDA: Días después de la aplicación.



Debido a los resultados obtenidos y de acuerdo a lo mencionado por (Marble, 2015) las coberteras y sus combinaciones o tratamiento con herbicidas son potenciales controladores de maleza por tiempos prolongados de tiempo lo cual también implica la disminución de las aplicaciones, labores manuales y mecánicas por parte de los agricultores. Se observaron altos porcentajes de control (98.3%) en los tratamientos donde se realizó una primera aplicación para controlar las malezas ya establecidas, este control puede deberse a la eliminación de la primera generación y la barrera física que representa la cobertura para la emergencia de las especies, a su vez también se ve afectada la germinación de próximas generaciones debido al bloqueo de luz (Iqbal *et al.*, 2020). La cobertura tratada con el herbicida pre-emergente Pendimetalin presentó un control de maleza del 95% y fue más duradero en comparación cuando los productos fueron aplicados solos, concordando con diversos estudios (Derr, 1994; Lanphear, 1968; Wells *et al.*, 1987; Mathers, 2003; Samtani *et al.*, 2007) que mencionan que impregnar o incorporar los herbicidas a las coberteras se presenta un mayor control de maleza; en este sentido, Mathers (2003) informó un aumento de 1,8 veces en la eficacia del herbicida y una reducción de 2,2 veces en la fitotoxicidad cuando se utilizaron las coberteras tratadas en comparación con los herbicidas aplicados solos. Otros beneficios de esta práctica es la disminución de los errores de calibración durante las aplicaciones, reducción de la fitotoxicidad y la lixiviación de las moléculas herbicidas hasta en un 74% (Knight *et al.*, 2001). La Trifluralina en combinación con la cobertura esta presentó un 88% de control a los 120 días después de la aplicación lo cual puede deberse a que esta molécula es muy fotosensible (Cao *et al.*, 2019) por lo que se sugiere incorporarla al suelo para evitar su fotodegradación. Sanchez-Martin *et al.* (1995) mencionan que es importante el conocimiento de las características de los herbicidas como su solubilidad y la movilidad; por ejemplo, el oxifluorfen, es una molécula que está fuertemente ligada a la materia orgánica del suelo y puede no escapar fácilmente de la capa de cobertura y alcanzar la superficie del suelo mientras que el S- Metolaclor es altamente móvil (Sanchez-Martin *et al.*, 1995; Marble, 2015). Por lo tanto, es importante la correcta selección del material como cobertura ya que parecen interactuar de manera diferente con diferentes herbicidas, en este sentido, los materiales que se componen por un

tamaño de partícula más grande el herbicida tiene más probabilidades de penetrar en la capa del suelo, mientras que la naturaleza del material y su contenido de lignina determinaría su capacidad de adsorber los herbicidas e influir en su tiempo de liberación al suelo o su disipación (Somireddy, 2012). Yang *et al.* (2013) señalan que los riegos posteriores a la aplicación también determinarán la eficacia de los herbicidas en los sustratos y parecería que es probable que se necesite más riego para mover los herbicidas a través de las capas de la cobertura para que lleguen a la superficie del suelo para controlar las malezas que germinan. Los métodos de aplicación de los herbicidas también influyen en el porcentaje de control que se presentará, los herbicidas aplicados en formulación líquida se disipan más rápido cuando se aplican solos que cuando se aplican debajo de la cobertura (Somireddy, 2012). Los herbicidas post-emergentes como Paraquat y Glufosinato de amonio son considerados desecantes que trabajan rápidamente con la acción de la luz matando el tejido vegetal verde por lo que sus efectos pueden observarse al paso de unas horas (Bromilow, 2004), mientras que el glifosato tiende a tener una translocación más rápida y sus efectos son notorios y mayores pocos días después de la aplicación (Wyrill y Burnside, 1976; Kumar *et al.*, 2019); por lo tanto, la aplicación previa al establecimiento de las coberteras ayudaría a disminuir las probabilidades de que las plantas presentes con mayor vigor logren vencer la supresión física que ejerce la cobertura mejorando su control. Esta capacidad supresora de la cobertura se ha investigado anteriormente y parece que se puede lograr un control adecuado de las malezas con mayores profundidades (7 cm), independientemente del herbicida, la ubicación del herbicida o la dosis (Marble, 2015) lo cual se observó en el tratamiento de la cobertura sin ningún tipo herbicida presentando un 90% de control 120 días después de la aplicación, sin embargo, en el caso de las coberteras impregnadas la reducción del espesor de la capa (<6 cm) con el tiempo puede jugar un papel cada vez más importante ya que podría generar un control de maleza más duradero mediante el uso de un método más económico (Somireddy, 2012; Chen *et al.*, 2013).



CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian un alto control de malezas mediante la aplicación de herbicidas pre y post-emergentes, siendo particularmente destacables los tratamientos que se combinaron los herbicidas con coberteras orgánicas. Los tratamientos combinados mantuvieron porcentajes de control elevados durante más tiempo, logrando un control superior al 98% por más de 120 días, lo que se clasifica como un "muy buen control" según la escala propuesta por la EWRS. Esta combinación redujo la necesidad de aplicaciones posteriores de herbicidas, optimizando el manejo de malezas en la zona circundante a los árboles. Además de ofrecer una barrera física que impide la germinación y emergencia de malezas, las coberteras tratadas con herbicidas prolongan la efectividad de los mismos al reducir la lixiviación y controlar la liberación de los ingredientes activos. Estos resultados subrayan la importancia de seleccionar adecuadamente tanto los herbicidas como el tipo de cobertera, ya que su interacción determina la efectividad del control a largo plazo. La reducción de la frecuencia de aplicaciones de herbicidas, junto con el prolongado control de malezas, posiciona estos métodos como una opción viable dentro de los sistemas de producción agrícola de bajo insumo, lo que podría contribuir a la sostenibilidad del manejo agrícola al disminuir costos y mitigar el impacto ambiental.

LITERATURA CITADA

- Abouziena H.F., Hafez O.M., El-Metwally I.M., Sharma S.D., Singh M. 2008. Comparison of weed suppression and mandarin fruit yield and quality obtained with organic mulches, synthetic mulches, cultivation, and glyphosate. *Hortscience*. 43(3):795–799. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.3.795>
- Altland J.E., Gilliam C.H., Wehtje G.W. 2003. Weed control in field nurseries. *Hortic Technol*. 13:9–14.
- Boccolini M., Cazorla C. R., Galantini J. A., Belluccini P. A., Baigorria T. 2019. Cultivos de cobertura disminuyen el impacto ambiental mejorando propiedades biológicas del suelo y el rendimiento de los cultivos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*. 45(3):412-425.
- Bond W. y Grundy A.C. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Res.* 41:383–405. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2001.00246.x>
- Bromilow R. H. 2004. Paraquat and sustainable agriculture. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*. 60(4):340-349. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1526-4998\(200001\)56:1<1::AID-PS130>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1526-4998(200001)56:1<1::AID-PS130>3.0.CO;2-8)
- Cao L., Liu Y., Xu C., Zhou Z., Zhao P., Niu S., Huang Q. 2019. Biodegradable poly (3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate) microcapsules for controlled release of trifluralin with improved photostability and herbicidal activity. *Materials Science and Engineering: C*. 102,134–141. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.04.050>
- Case L. T., y Mathers H. M. 2006. Herbicide-treated mulches for weed control in nursery container crops. *Journal of Environmental Horticulture*. 24(2):84-90. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-24.2.84>
- Chen Y., Strahan R. E., Bracy R. P. 2013. Effects of mulching and preemergence herbicide placement on yellow nutsedge control and ornamental plant quality in landscape beds. *HortTechnology*. 23(5):651-658. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.23.5.651>
- Crutchfield D.A., Wicks G.A., Burnside O.C. 1986. Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control. *Weed Sci*. 34:110–114. <https://doi.org/10.1017/S0043174500026564>
- Derr J.F. 1994. Innovative herbicide application methods and their potential for use in the nursery and landscape industries. *Hortic Technol*. 4:345–350.
- Fierros-Leyva G. A. 2022. Control de maleza en frijol en riego por goteo con herbicidas alternativos a glifosato. *Sociedad mexicana de la ciencia de la maleza mesa directiva 2020-2022*, 95, 36. <https://etd.ohiolink.edu/>.
- Iqbal R., Raza M.A.S., Valipour M., Saleem M.F., Zaheer M.S., Ahmad S., Nazar M.A. 2020. Potential agricultural and environmental benefits of mulches—a review. *Bulletin of the National Research Centre*. 44(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00290-3>
- Knight P.R., Gilliam C.H., File S.L., Reynolds D. 2001. Mulches reduce herbicide loss in the



- landscape. Proc South Nurs Assoc Res Conf. 46:461–463.
- Kumar V., Liu R., Boyer G., Stahlman P. W. 2019. Confirmation of 2, 4-D resistance and identification of multiple resistance in a Kansas Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) population. Pest management science. 75(11): 2925-2933. <https://doi.org/10.1002/ps.5400>
- Lanphear, F.O. 1968. Incorporation of Dichlobenil in mulches. Weeds. 16:230-231.
- Locke M.A., y Bryson C.T. 1997. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. Weed Science. 45(2):307-320.
- Marble, S.C. 2015. Herbicide and Mulch Interactions: A Review of the Literature and Implications for the Landscape Maintenance Industry. Weed Technology. 29(03):341–349. <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-14-00165.1>
- Mathers H.M. 2003. Novel methods of weed control of containers. Hortic Technol.13:28–34
- Oliveira S.C., Pereira F.M., Ferraz A., Silva F.T., Goncalves A.R. 2000. Mathematical modeling of controlled-release systems of herbicides using lignins as matrices. Appl Biochem Biotechnol. 84-86:595-615. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1392-5_46
- Romic D., Ondrasek G., Romic M., Josip B., Vranjes M., Petosic D. 2015. Salinity and irrigation method affect crop yield and soil quality in watermelon (*Citrullus lanatus* L.) growing. Irrigation and Drainage. 57(4):463-469. <https://doi.org/10.1002/ird.358>
- Samtani J.B., Case L., Mathers H.M., Kling G.J. 2007. Rice hulls, leaf-waste pellets, and pine bark as herbicide carriers for container-grown woody ornamentals. Hortic Technol. 17:289–295. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.17.3.289>
- Sanchez-Martin M.J., Crisanto T., Lorenzo L.F., Arienzo M., Sanchez-Camazano M. 1995. Influence of leaching rates on ¹⁴C metolachlor mobility. Bull Environ Contam Toxicol. 54:562–569.
- Somireddy U. R. 2012. Effect of Herbicide-Organic Mulch Combinations on Weed Control and Herbicide Persistence (Doctoral dissertation, The Ohio State University).
- Wells D.W., Constantin R.J., Brown W.L. 1987. Weed control innovations for large, container grown
- ornamentals. Proc South Weed Sci Soc. 40:137.
- Wyrill J.B. y Burnside O.C. 1976. Absorption, translocation, and metabolism of 2, 4-D and glyphosate in common milkweed and hemp dogbane. Weed Science. 24(6): 557-566.
- Yang Q., Gilliam C.H., Wehtje G.R., McElroy J.S., Sibley J.L., Chamberlin J. 2013. Effect of pre and post moisture level on preemergence control of hairy bittercress (*Cardamine hirsuta* L.) with flumioxazin. J Environ Hortic. 31:49–53. <https://doi.org/10.24266/0738-2898.31.1.49>.