

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

**Uso de glifosato, glufosinato y paraquat para el manejo de malezas en el
cultivo de lechuga**

Estudiantes

Fabian Alexander Andrade Rosero
Oscar Neptali Espinal Vargas

Asesores

Rony Muñoz, M.Sc.

Hugo Ramírez, Ph.D

Honduras, noviembre 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCIA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL OMAR CASTILLO RAMÍREZ

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Autoridades.....	1
Contenido.....	2
Índice de Cuadros.....	3
Índice de Figuras.....	4
Índice de Anexos.....	5
Resumen.....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos.....	9
Resultados y Discusión.....	13
Conclusiones.....	14
Recomendaciones.....	23
Referencias.....	24
Anexos.....	25
	27

Índice de Cuadros

Tratamientos, dosis y modo de acción de los herbicidas para el control de malezas en la lechuga en Zamorano.....	14
Efecto de diferentes herbicidas en la densidad del cultivo de lechuga a los 6 y 19 días después del trasplante (DDT).....	17
Efecto de los tratamientos en el número de hojas, altura y diámetro del tallo en las plantas de lechuga a los 7 y 14 DDT.....	18
Especies y cantidades de malezas encontradas en la unidad de producción hortícola de la Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano antes de la aplicación de los herbicidas.....	19
Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de malezas a los siete días después de la aplicación.....	20
Evaluación visual de los herbicidas sobre el control de las malezas a los 4, 13 y 18 DDA.....	21

Índice de Figuras

Ubicación del experimento en zona 3 perteneciente a la unidad de producción hortícola de la Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano.....	13
--	----

Índice de Anexos

Actividades cronológicas realizadas en el experimento.....	28
Análisis de suelo lote #29 de la unidad de producción hortícola de la Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano	29

Resumen

Se evaluaron los herbicidas glifosato, glufosinato y paraquat aplicados antes del trasplante de la lechuga con el objetivo de determinar el control de malezas y su fitotoxicidad. El experimento se realizó en el área de producción hortícola de Zamorano, Honduras. Estos herbicidas se compararon con el control mecánico, método convencional para el control de malezas. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), y se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias con Duncan. Las dosis utilizadas en glifosato, glufosinato y paraquat fueron 0.68, 0.25 y 0.32 kg ia/ha respectivamente. Para evaluar la fitotoxicidad sobre la lechuga se midió la densidad, el número de hojas, la altura de la planta y el diámetro del tallo de la lechuga. Para evaluar el control de malezas se realizó un conteo de las especies en 0.25m² y se realizaron evaluaciones visuales a los 4, 13 y 18 DDA (días después de la aplicación). A los 4 DDA paraquat demostró el mayor control de malezas con 88%. A los 13 DDA glifosato aumentó su control a 78% mientras que los demás tratamientos disminuyeron. A los 18 DDA los controles se redujeron, glifosato tuvo un 30%, seguido de paraquat con un 18%, glufosinato con un 8%. Los herbicidas no presentaron fitotoxicidad sobre la lechuga; no se encontró un cambio significativo en la densidad, el número de hojas, la altura de la planta y el diámetro del tallo de la lechuga.

Palabras claves: Control, densidad, fitotoxicidad, especies.

Abstract

The herbicides glyphosate, glufosinate, and paraquat were evaluated on lettuce crops to determine weed control and phytotoxicity. The experiment was conducted in the horticultural production area of Zamorano, Honduras. These herbicides were compared with mechanical control, a conventional method for weed control. A randomized complete block experimental design (RCBD) was used, with one-way variance (ANDEVA) and separation of means with Duncan. The doses used for glyphosate, glufosinate, and paraquat were 0.68, 0.25, and 0.32 kg ai/ha. To evaluate phytotoxicity on lettuce, density, number of leaves, plant height, and stem diameter of lettuce were measured. To evaluate weed control, species were counted in 0.25m² and visual evaluations were made at 4, 13, and 18 DDA. At 4 DDA paraquat showed the highest weed control with 88%. At 13 DDA glyphosate increased its control to 78% while the other treatments decreased. At 18 DDA the controls were reduced, glyphosate had 30%, followed by paraquat with 18%, glufosinate with 8%. The herbicides did not show phytotoxicity on lettuce; no significant change was found in density, number of leaves, plant height and stem diameter of lettuce.

Keywords: Control, density, phytotoxicity, species.

Introducción

Las malezas en el cultivo de lechuga obstaculizan el buen crecimiento y desarrollo, compitiendo por luz, agua y elementos minerales del suelo, que necesitan para crecer y reproducirse (Arias Mayorga et al. 2019), principalmente en la etapa inicial postrasplante. Al igual las malezas son hospederos de plagas como áfidos, gusano de fruto, nematodos y minadores. También sirven de hospederos de enfermedades como *Alternaria brassicae*, *Cercospora beticola* y mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris*) (Theodorocopoulos et al. 2009) .

En la actualidad existen varias prácticas de manejo para minimizar el impacto negativo de las malezas, entre las cuales tenemos: rotación de cultivos, densidad de siembra, cultivos de cobertura y control mecánico (Labrada 2003). También se utiliza el plástico mulch, siendo el color plata/negro el más utilizado, se recomienda el color plata por fuera y negro por dentro, por su absorción de radiación y reducción de la presencia de malezas (Corti 2018).

En Zamorano, en el área de producción de hortalizas ubicada en Zona 3 se usa principalmente el control mecánico de malezas. Este control se hace antes del trasplante de lechuga y durante todo su ciclo, con un promedio de cinco a ocho controles. Para este control se está utilizando las herramientas como el azadón y azadin de mano. También se utiliza el herbicida fluazifop-p-butyl (Fusilade), se aplican de una a dos veces en su ciclo de producción dependiendo de la presión de malezas (Barahona 2021).

En Honduras existen pocos herbicidas selectivos para el cultivo de lechuga, los más comunes son clethodim (Select) y fluazifop-p-butyl (Fusilade). Ambos herbicidas son sistémicos y post emergentes para el control de malezas gramíneas (Ulloa 2021).

En Honduras no existe una demanda de productos con moléculas selectivas de amplio espectro para el cultivo de lechuga, dado que la escala de producción de lechuga es pequeña (Muñoz 2021). Pero en Estados Unidos se pueden encontrar diversos herbicidas selectivos para el cultivo de

lechuga como Bensulide, pendimentalina y pronomida. Estos herbicidas están registrados para el uso en cultivos de pepino y lechuga específicamente. La producción de lechuga se enfoca en obtener rendimientos altos, reducir la mano de obra y los costos de producción (Vela Bodero 2003).

En Honduras, no existen herbicidas selectivos en malezas de hojas ancha para el cultivo de lechuga; pero si existen diferentes herbicidas no-selectivos como el glifosato, glufosinato y paraquat que se pueden utilizar antes del trasplante de la lechuga.

El glifosato (Roundup Max 68 SG) por Bayer es un herbicida no selectivo que controla un amplio rango de malezas como gramíneas, hojas anchas y ciperáceas. Es sistémico y como modo de acción inhibe la síntesis de aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, tirosina y triptófano que son importantes para la síntesis de las proteínas. Su mecanismo de acción se basa en inhibir la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSP) (Pedemonte Castro 2017). Este herbicida de modo de acción sistémica debe ser traslocado por la planta y demora de 15 días o más en demostrar sus efectos (Agrojornada 2018). Es absorbido rápidamente en el suelo por el contenido de arcilla, materia orgánica, óxidos amorfos de hierro y aluminio (Islas Guerrero 2013). El glifosato es uno de los herbicidas más utilizados mundialmente en la agronomía por ser eficaz y tener buen desempeño en controlar plantas no deseadas en un sitio determinado. Sin embargo, se encuentra en una controversia mundial ya que es considerado dañino para la salud humana y el medio ambiente. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT 2021) indica que en México se establecieron acciones para sustituir gradualmente el herbicida por alternativas que no dañen a la salud humana y el medio ambiente. Mientras que el Grupo de Evaluación de Glifosato, (AGG 2021) por sus siglas en inglés, en junio del 2021, refleja que con las investigaciones realizadas en la Unión Europea no se presentaron mutaciones, carcinógenos y toxicidad por parte de un buen empleo del glifosato mediante las recomendaciones dadas por la empresa.

El glufosinato de amonio (Fascinate 15 SL[®]) por UPL Limited es un herbicida no selectivo que controla un amplio rango de malezas como gramíneas, hojas anchas y ciperáceas. Penetra a través de

los tejidos verdes de las plantas susceptibles. El glufosinato interfiere la acción de la enzima glutamina sintetasa; esta alteración causa la acumulación de amoníaco, que es una fitotoxina la cual inhibe la síntesis de glutamina, provocando la disminución en la tasa fotosintética, detención del crecimiento, decoloración de tejidos verdes y por último necrosis de los órganos. La evolución de la acción de glufosinato tiene un promedio de dos semanas después de la aplicación (Mis Solval 2010). En el suelo es rápidamente degradado por microorganismos y su vida es de alrededor de siete días (Vencill 2002).

Paraquat (Fúriko 20 SL®) por Agrocentro, S. A. es un herbicida no selectivo de amplio espectro que controla un amplio rango de malezas como gramíneas, hojas anchas y ciperáceas. Es un herbicida de contacto que penetra rápidamente los tejidos de las malezas. Al estar dentro de las malezas y con presencia de luz se activa la molécula de paraquat, este proceso estimula la formación del peróxido de hidrogeno y provoca la destrucción de las membranas de las células en las malezas (IAUSA 2016). Debido a esto, se pueden observar los primeros síntomas a las primeras horas después de la aplicación. El paraquat es inmóvil ya que es adsorbido con rapidez en el suelo especialmente por las arcillas; también es rápidamente metabolizado por diversas bacterias y hongos como *Corynebacterium fascians*, *Lipomyces starkeyi*, *Aspergillus niger*, *Penicillium frequentans*, *Fusarium spp.* y *Pseudomonas spp.* (Syngenta Crop Protection AG 2021). Paraquat a nivel mundial es mayormente conocido con el nombre comercial de Gramoxone y es comercializado por Syngenta.

La lechuga es una hortaliza de ciclo corto una vez que se trasplanta a los 35 a 60 días se realiza la cosecha dependiendo principalmente de las condiciones ambientales y de la variedad. Su crecimiento se divide en tres fases: formación de la roseta de hojas, formación de un cogollo y reproducción. Requiere suelos francos con buen drenaje, su pH óptimo está entre 5.5 y 6.5. Es un cultivo principalmente para zonas altas, mayor a 1,100 msnm, para obtener un buen desarrollo y calidad (Theodoropoulos et al. 2009). Este cultivo es sembrado en forma escalonada en la Escuela Agrícola Panamericana con un fin educativo y comercialización.

En este experimento se evaluaron tres herbicidas con diferentes modos de acción para demostrar si existe algún efecto fitotóxico en la lechuga por la aplicación de herbicidas y evaluar el control de malezas con estos herbicidas antes del trasplante de lechuga.

Materiales y Métodos

Ubicación

La investigación se realizó en zona 3, lote 30, perteneciente al área de horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. Situado en la latitud Norte 14°00'41.6" y longitud Oeste 87°00'10.4", a 800 msnm. En base a datos proporcionados por la Unidad de Riego y Drenajes de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, se obtuvo una precipitación durante el periodo del experimento de 18.1 mm en la fecha del 26 de abril al 03 de junio del 2021 y una temperatura promedio de 24.48 °C (Figura 1).

Figura 1

Ubicación del experimento en zona 3 perteneciente a la unidad de producción hortícola de la Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano.



Nota. Adaptada de Google Earth (2021)

Tratamientos

En la investigación se evaluaron tres tratamientos con herbicidas no selectivos. (glifosato, glufosinato y paraquat) y el control mecánico, método convencional en el control de malezas en la producción de lechuga en Zamorano (Cuadro 1).

Cuadro 1

Herbicidas, dosis y modo de acción de los herbicidas para el control de malezas en la lechuga en Zamorano.

Tratamientos	Nombre comercial	Dosis (kg ia/Ha)	Modo de acción
Glifosato	Roundup Max 68 SG (Monsanto Argentina S.R.L.)	0.68	Sistémico
Glufosinato	Fascínate 15 SL (UPL Limited)	0.25	Translaminar
Paraquat	Fúrico 20 SL (Agrocentro, S. A.)	0.32	Contacto
Control Mecánico	n/a	n/a	n/a

Nota. n/a: no aplica

El tamaño del experimento fue de 108 m², el cual se dividió en cuatro repeticiones. Cada unidad experimental constaba de dos camas, dando un total de 16 unidades experimentales. El tamaño de la unidad experimental fue de 4.5 m de largo con 0.75 m de ancho en cada cama dando un total de 6.75 m² de área experimental. Con la realización de este experimento se procedió a realizar las siguientes actividades:

A los 26 días del mes de abril se preparó las camas con maquinaria agrícola, con un distanciamiento de 1.5 m entre camas. Posteriormente se realizó la instalación de riego por goteo, dos cintas de goteo por cada cama por lo que consecuentemente se estimuló la germinación de malezas en el terreno.

A los 7 días del mes de mayo se realizó la aplicación de los de los herbicidas con una bomba manual (Shindaiwa) de 20 litros de capacidad. Se utilizó una boquilla de abanico plano Teejet 8003. Al momento de hacer la calibración se determinó que realizaba una descarga de 297 L/ha a una altura promedio de 50 cm. Basados en la mínima dosificación de acuerdo con la ficha técnica de cada herbicida, junto a la calibración de la descarga de la boquilla se usaron las correspondientes dosis para cada tratamiento. Estas dosis fueron medidas con la ayuda de una balanza digital, probeta y un vaso de precipitado. En el testigo mecánico se realizó un control manual con la ayuda de un azadón.

Se utilizó la variedad de lechuga de hoja de roble verde claro “Kristine” de la casa comercial Rijk Zwaan, Holanda. Este tipo de lechuga tiene un crecimiento vertical de cabeza o roseta bien

formada con una textura de hoja única y sabor dulce que la han convertido en el ingrediente básico de variadas ensaladas y principalmente de la famosa "Ensalada del Cesar". El trasplante se realizó a los 14 días del mes de mayo del 2021, 7 días después de la aplicación, a una distancia entre planta de 0.3 m en cuatro hileras por cama separadas a 1.5 m, de forma manual sembradas a tresbolillo y lo que generó una población de 88,888 plantas por hectárea.

Variables Evaluadas

Densidad Poblacional del Cultivo de Lechuga

Esta variable fue tomada en el centro de la unidad experimental y el tamaño fue de 2.5 m lineales. El muestreo se realizó a los 6 y 19 días después del trasplante (DDT) con el fin de obtener la densidad poblacional de la lechuga para cada tratamiento. Estos datos se transformaron a plantas por hectárea.

Crecimiento y Desarrollo

El crecimiento (multiplicación celular) fue evaluado con las variables número de hojas y la altura de la planta, mientras que el desarrollo (diferenciación celular) fue estimado con el diámetro del tallo de la planta. La toma de datos se realizó a los 7 y 14 DDT, al azar en un punto de 5 plantas seguidas de lechuga en cada unidad experimental. Se utilizó una regla métrica para obtener la altura en centímetros de la base al ápice de la última hoja y el grosor del tallo en milímetros en la base de la planta, de igual manera se contó el número de hojas de cada planta.

Conteo de Malezas

Se utilizó un marco de 0.5m x 0.5m dando un área total de 0.25 m² en el centro de cada unidad experimental; en esta área se contó las malezas existentes antes de la aplicación y a los siete días después de la aplicación (DDA). Estas malezas fueron debidamente identificadas utilizando la Guía fotográfica para la identificación de malezas: parte I (Muñoz y Pitty 1994) y parte II (Pitty y Molina

1998).

Evaluación Visual del Control de Malezas

Se realizaron evaluaciones visuales a los 4, 13 y 18 DDA, por acción de los herbicidas en las malezas de acuerdo con el porcentaje de daño. Esta evaluación se basó en una escala de 0 a 100, siendo 0 que no existió ningún efecto y 100 que hubo un control total.

Análisis Estadístico

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA); los datos fueron analizados con el programa estadístico Infostat V 2020 a una Varianza (ANDEVA) y separación de medias con Duncan a una probabilidad de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se aprecia la densidad poblacional del cultivo de lechuga en cada tratamiento a los 6 y 19 DDT. Los herbicidas utilizados antes del trasplante de la lechuga no causaron un cambio significativo en la densidad poblacional. Cabe destacar que la densidad planeada de la lechuga era de 88,888 plantas/ha, pero al medir esta variable se observó que todos los tratamientos tuvieron una menor densidad. Al momento del trasplante se observó que las plántulas tenían un mínimo crecimiento y desarrollo radicular en el pilón y esto probablemente afectó la capacidad de establecerse en todos los tratamientos.

Cuadro 2

Efecto de diferentes tratamientos en la densidad del cultivo de lechuga a los 6 y 19 días después del trasplante (DDT).

Tratamiento	Densidad del cultivo (plantas/ha)	
	6 DDT	19 DDT
Glifosato	73770	63771
Glufosinato	70215	60967
Paraquat	63105	53106
Control Mecánico	76436	66938
C.V	15.87	18.43
P-value	0.4148	0.3979

Nota. p/ha: plantas por hectárea, DDT: días después del trasplante, C.V: Coeficiente de variación

Para evaluar el crecimiento y el desarrollo del cultivo de la lechuga se midió el número de hojas, la altura de la planta y el diámetro de tallo. Los datos indicaron que el uso de los herbicidas no afectó el crecimiento y desarrollo de estas, ya que no hubo diferencias significativas para las variables mencionadas (Cuadro 3). Es importante señalar que la variedad de lechuga Kristine es muy vulnerable a los factores abióticos y bióticos (malezas, hongos, insectos) principalmente en la etapa inicial de pre y post trasplante (Erazo Trujillo 2020). Por esta razón su respuesta a estudios de diversos tratamientos (herbicidas, bioestimulantes, fertilizantes, otros) puede ser opacada u oculta si tenemos plántulas con

baja calidad. Según estudios el establecimiento de los cultivos olerícolas es dependiente de la producción de plántulas en bandejas y por ende la buena calidad de las plántulas es crucial en el éxito de la producción comercial (Preciado Rangel et al. 2002; Ramírez Guerrero et al. 2015; Qin y Leskovar 2020).

Cuadro 3

Efecto de los tratamientos en el número de hojas, altura y diámetro del tallo en las plantas de lechuga a los 7 y 14 DDT.

Tratamiento	Crecimiento y desarrollo del cultivo					
	Número de Hojas		Altura (cm)		Diámetro del tallo (mm)	
	7 DDT	14 DDT	7 DDT	14 DDT	7 DDT	14 DDT
Glifosato	3.6	7.90	14.68	15.86	2.0	2.75
Glufosinato	3.2	8.25	14.43	15.46	2.0	3.00
Paraquat	3.0	7.95	14.38	15.41	2.5	3.50
Control mecánico	3.6	8.55	14.91	15.86	2.5	3.50
C.V	14.29	5.19	6.68	6.34	21.60	18.30
P-value	0.2259	0.1821	0.8547	0.8795	0.3019	0.2455

Nota. cm: centímetros, mm: milímetros, DDT: Después del trasplante, C.V: Coeficiente de variación

El glifosato posee un Koc (coeficiente de adsorción de carbono orgánico) de 21700 mg/L y el paraquat de 1000000 mg/L. Debido a estos altos valores de Koc, ambos herbicidas son calificados como inmóviles porque son altamente adsorbidos por los coloides del suelo (Portuguez 2013). Mientras que el glufosinato posee un Koc promedio de 745mg/L y es considerado como ligeramente móvil (UPL 2016). Pero al tener una vida útil de 7 días en el suelo debido a su rápida degradación por los microorganismos no representa un peligro para el cultivo luego de su aplicación (Vencill 2002). Esta información puede explicar que los herbicidas evaluados no representan un riesgo para el cultivo de lechuga.

Los constituyentes de la fase sólida del suelo tales como las arcillas y los óxidos de aluminio, hierro y manganeso, juegan un rol extremadamente importante. Aunque no se encuentren en grandes cantidades, tienen efectos significativos en los procesos de adsorción-desorción debido a su gran superficie específica y a su reactividad (Schapovaloff Closs 2013). De igual manera el suelo donde se

realizó el experimento posee una textura franca con un 20% de arcilla, un 2.06% de materia orgánica y junto a otros minerales que facilitan la adsorción de estos herbicidas (Anexo 2).

Al realizar el muestreo de malezas antes de iniciar el experimento se obtuvo una densidad promedio de 145.1 malezas en 0.25 m², donde se encontraron nueve especies de las cuales pertenecen a seis diferentes familias (Cuadro 4). Se observó que cinco especies eran dominantes, donde *Amaranthus spinosus* L. obtuvo la mayor densidad, con una cantidad de 39.6 plantas en 0.25 m², seguida de *Ixophorus unisetus* J., *Urochloa Fasciculata* Sw. y *Digitaria sanguinalis* L., de la familia de las Poaceae con una cantidad de 31.7, 24.5 y 12.5 plantas en 0.25 m² respectivamente. Mientras que *Melampodium divaricatum* L. obtuvo una cantidad de 18.3 plantas/0.25m². Estos datos indican que en el área donde se realizó el experimento existía una alta presión de malezas.

Cuadro 4

Especies y cantidades de malezas encontradas en la unidad de producción hortícola de la Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano antes de la aplicación de los herbicidas.

Nombre científico	Familia	Nombre común	Cantidad de plantas (0.25 m ²)
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae	Blando espinoso	39.6
<i>Ixophorus unisetus</i> J.	Poaceae	Zacate blanco	31.7
<i>Urochloa fasciculata</i> Sw.	Poaceae	Piojillo	24.5
<i>Melampodium divaricatum</i> L.	Asteraceae	Hierba aguada	18.3
<i>Digitaria sanguinalis</i> L.	Poaceae	Pata de gallina	12.5
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Coyolillo	7.6
<i>Echinochloa colona</i> L.	Poaceae	Arrocillo	5.3
<i>Nicandra physalodes</i> L.	Solana ceae	Tomatillo	4.8
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Verdolaga	0.8
Total			145.1

En el Cuadro 5 se presentan los efectos de los herbicidas a los 7 DDA sobre las poblaciones de las cinco especies predominantes de malezas en el lote donde se realizó la investigación. De acuerdo con el análisis estadístico el tratamiento con glifosato fue el que mayor control de malezas obtuvo; por el contrario, el control mecánico obtuvo el menor control de malezas. Asimismo, se destaca que

glifosato, glufosinato y paraquat obtuvieron mayores controles de malezas que el control mecánico.

Cuadro 5

Efecto de los tratamientos sobre la cantidad de malezas a los siete días después de la aplicación.

Tratamiento	Cantidad de malezas (plantas/ 0.25m ²)				
	<i>D. sanguinalis</i>	<i>I. unisetus</i>	<i>M. divaricatum</i>	<i>C. rotundus</i>	<i>A. spinosus</i>
Glifosato	0.75 b	1.00 c	1.25 c	3.0 c	0.0 c
Glufosinato	3.25 a	5.00 a	2.25 b	6.0 b	0.0 c
Paraquat	0.75 b	3.25 b	3.75 a	8.5 b	2.13 b
Control mecánico	4.00 a	5.00 a	3.75 a	19.0 a	3.75 a
C.V	21.88	16.37	19.17	20.22	24.24
P-value	<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001	<0.0001

Nota. D. Sanguinalis: Digitaria sanguinalis, I. unisetus: Ixophorus unisetus, p/0.25m²: Plantas en 0.25m². M. divaricatum: Melampodium divaricatum, C. rotundus: Cyperus rotundus, A. spinosus: Amaranthus spinosus, C. V= Coeficiente de variación.

La especie de maleza con mayor supervivencia en los tratamientos fue *Cyperus rotundus L.*, especialmente en el control mecánico. *Cyperus rotundus L.* posee un sistema radicular complejo formado por cadenas de tubérculos y rizomas (Martínez Tijerino 2005). Al utilizar el control mecánico se rompe la dominancia apical provocando que los tubérculos maduros se activen y broten nuevas plantas (CIAT 1988). Mientras que los herbicidas por su modo de acción causaron un mayor control de esta maleza.

En el Cuadro 6 se observan los porcentajes de control de las malezas mediante la evaluación visual. Se encontraron diferencias significativas en todos los tratamientos y fechas de evaluación.

Cuadro 6

Evaluación visual de los tratamientos sobre el control de las malezas a los 4, 13 y 18 DDA.

Tratamiento	Control (%)		
	4 DDA	13 DDA	18 DDA
Glifosato	53 b	78 a	30 a
Glufosinato	60 b	35 b	8 c
Paraquat	88 a	65 a	18 b
Control mecánico	85 a	25 b	0 d
C.V	11.7	17.34	19.03
P-value	0.0004	<0.0001	<0.0001

Nota. DDA: Días después de la aplicación, C.V= Coeficiente de variación

A los 4 DDA paraquat y el control mecánico fueron los tratamientos con mayor control de las malezas. El paraquat por su modo de acción tiene un control rápido contra las malezas, mientras que en el control mecánico nuevas plantas empezaron a brotar luego del desmalezado con azadón. Glifosato obtuvo un 53% y glufosinato un 60% de control de malezas. Ambos herbicidas mostraron un control inferior al paraquat, este efecto probablemente es debido a sus diferentes modos de acción.

A los 13 DDA, el herbicida glifosato aumentó su control a un 78% representando el mejor tratamiento en esa fecha, siguiéndole el paraquat con un 65% de control. EL glufosinato con un 35% de control, fue el tratamiento de herbicida que menor control de malezas obtuvo y el control mecánico fue el tratamiento con el menor control de malezas. El aumento del control de glifosato es debido a su mecanismo de acción, este herbicida inhibe la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSP) y requiere un tiempo mayor para que el herbicida sea traslocado en diferentes partes de la planta y poder demostrar su efecto (Agrojornada 2018).

A los 18 DDA glifosato, paraquat y glufosinato presentaron un control de 30%, 18% y 8% respectivamente. Mientras que el control mecánico no presentó ningún control de las malezas, volviendo a demostrar una alta presión de malezas en el área experimental.

Los resultados de este experimento son similares a los obtenidos por (Leiva L 2008), donde evaluó estos herbicidas y encontró que inicialmente paraquat obtuvo el mayor control de malezas. Al

pasar el tiempo el glifosato aumentó su control, representando el control de malezas más alto y el más prolongado. Mientras que glufosinato inicialmente obtuvo el menor porcentaje de control y con el tiempo fue reduciendo.

Conclusiones

Se demostró que los herbicidas glifosato, glufosinato y paraquat no afectaron la densidad poblacional ni el crecimiento y el desarrollo del cultivo de lechuga, indicando que no existe un efecto fitotóxico con la aplicación de los herbicidas utilizados.

El uso de herbicidas sistémicos y de contacto en la etapa pre-trasplante de lechuga es considerado una práctica eficiente en la mitigación de malezas en la etapa post trasplante. En este estudio se demostró que el paraquat (contacto) fue el herbicida que causó un control más rápido y el glifosato obtuvo el control más prolongado (sistémico).

El glufosinato obtuvo el menor control de malezas en los tratamientos de herbicidas y el control mecánico demostró ser el menos eficaz para el control de malezas.

Recomendaciones

Se recomienda evaluar dos aplicaciones antes del trasplante de la lechuga, para mejorar el control de las malezas.

Es indispensable alargar el intervalo entre la última aplicación y el trasplante de lechuga, se recomienda un tiempo mayor de 15 días para asegurar el control de las malezas y reducir el riesgo de fitotoxicidad al cultivo.

Es necesario evaluar diferentes dosificaciones de los herbicidas sobre el control de las malezas y la fitotoxicidad en el cultivo.

Referencias

- [AGG] Assessment Group on Glyphosate. 2021. Procedure and outcome of the draft Renewal Assessment Report on glyphosate. [sin lugar]: Assessment Group on Glyphosate. https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-06/pesticides_aas_agg_report_202106.pdf.
- Agrojornada. 2018. ¿Cuánto tiempo tarda en hacer efecto un herbicida? [sin lugar]: Dekalpar; [consultado el 17 de jun. de 2021]. <https://agrojornada.com.py/cuanto-tiempo-tarda-en-hacer-efecto-un-herbicida/>.
- Andrade Roser FA. 2021. Los herbicidas y el suelo. Entrevista con Muñoz R. Zamorano. 13 de jun. de 2021.
- Andrade Rosero FA. 2021. Control de malezas en zona 3. Entrevista con Barahona U. Zamorano. 15 de jun. de 2021.
- Andrade Rosero FA. 2021. Herbicidas selectivos de lechuga en honduras. Entrevista con Ulloa R. Zamorano. 15 de jun. de 2021.
- Arias Mayorga D, Guillen Mora RE, Díaz Romero OS. 2019. Uso de herbicidas en el control de malezas. Importancia de su conocimiento para el profesional agrónomo. 11(1):1–7. <https://cutt.ly/TQi2mkb>.
- [CIAT] Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1988. El Coquito (*Cyperus rotundus* L): Biología, Manejo y Control: Guía de estudio. 2ª ed. Cali, Colombia: CIAT (04SC-02.06); [consultado el 2 de jul. de 2021]. <https://cutt.ly/6QiNgdR>.
- Corti F. 2018. La protección del suelo en la producción de lechuga: El acolchado o mulching. Voces y Ecos; [consultado el 17 de jun. de 2021]. 39:68–70. <https://inta.gob.ar/documentos/la-proteccion-del-suelo-en-la-produccion-de-lechuga>.
- Erazo Trujillo LH. nov. 2020. Uso de bioestimulantes en la producción de lechuga hoja de roble en clima cálido tropical [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 13 de jul. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6873/1/CPA-2020-T046.pdf>.
- Google Earth, cartógrafo. 2021. Zona 3. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano: [sin editorial]. <https://earth.google.com/web/@14.01356694,-86.99372102,760.78360127a,2920.25347282d,35y,350.4222653h,0t,0r>.
- IAUSA. 2016. Paraquat– Herbicida. Michoacan, México: IAUSA; [consultado el 19 de jun. de 2021]. <https://iausa.com.mx/herbicida-paraquat/>.
- Islas Guerrero G. ene. 2013. Determinación de glifosato ácido Aminometilfosfónico en suelos mediante Hplc con derivatización Pre-Columna [Tesis]. Hidalgo: Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo; [consultado el 18 de jun. de 2021]. https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/14937/Tesis_determinacion-glifosato.pdf.

- Labrada R. 2003. Weed management for developing countries. Addendum 1. Rome, Great Britain: FAO (FAO plant production and protection papers, 0259-2517; vol. 120). ISBN: 9251050198.
- Leiva L JN. dic. 2008. Evaluación de Glifosato, Paraquat y Glufosinato para el manejo de malezas en el cultivo de *Jatropha curcas*, Choluteca, Honduras [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 12 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1272/1/T2611.pdf>.
- Martínez Tijerino RD. nov. 2005. Manejo del coyolillo (*Cyperus rotundus*) en áreas hortícolas con maíz transgénico resistente a glifosato [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 12 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5234/1/CPA-2005-T053.pdf>.
- Mis Solval AL. dic. 2010. Efectividad de cletodim y glufosinato de amonio con cuatro reguladores de pH del agua [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 18 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/608/1/T2963.pdf>.
- Muñoz R, Pitty A. 1994. Guía Práctica para el Manejo de Malezas: Parte I. Honduras: DPV-EAP.
- Pedemonte Castro FE. 2017. Problemática del uso de glifosato [Trabajo Monográfico]. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina; [consultado el 15 de jun. de 2021]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3011/T10-P4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Pitty A, Molina A. 1998. Guía Práctica para el Manejo de Malezas: Parte II. Honduras: DPV-EAP ; [consultado el 19 de jun. de 2021].
- Portuguez RA. 2013. Herbicidas Asociados a la Caña de Azúcar y su Potencial de Contaminación del Medio Ambiente. Costa Rica: [sin editorial] ; [consultado el 11 de jun. de 2021]. <https://cutt.ly/gQiMVKP>.
- Preciado Rangel P, Baca Castillo GA, Tirado Torres LJ, Kohashi Shibata J, Tijerina Chavez L, Martínez Garza A. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. Tierra Latinoamericana; [consultado el 13 de jul. de 2021]. 20(3):267–276. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57320305.pdf>.
- Qin K, Leskovaar DI. 2020. Humic Substances Improve Vegetable Seedling Quality and Post-Transplant Yield Performance under Stress Conditions. Agriculture. 10(7):254. doi:10.3390/agriculture10070254.
- Ramírez Guerrero HO, Bracho Lugo JA, Meza Figueroa CA, García Rojas FR, Mitra S. 2015. “Aurora Tropical”: Strengthening the Production of Vegetable Seedlings as a Key Strategy in Rural and Urban Horticulture. International Journal of Tropical Agriculture; [consultado el 13 de jul. de 2021]. 33(2):1157–1161. <https://cutt.ly/aQiM6eO>.
- Schapovaloff Closs AD. dic. 2013. Efecto del glifosato en el suelo y plantas nativas-exoticas [Tesis de Postgrado Maestría]. Itapúa: Universidad Nacional de Itapúa; [consultado el 10 de jul. de 2021]. <https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/TES-BN-026.pdf>.

- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2021. Con la eliminación gradual del glifosato, México avanza en la defensa de la vida: Semarnat. México: [sin editorial] ; [consultado el 14 de jul. de 2021]. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/con-la-eliminacion-gradual-del-glifosato-mexico-avanza-en-la-defensa-de-la-vida-semarnat?idiom=es>.
- Syngenta Crop Protection AG. 2021. El paraquat en el suelo; [consultado el 19 de jun. de 2021]. <http://paraquat.com/es/uso/agronomia/el-paraquat-en-el-suelo>.
- Theodorocopoulos M, Lardizabal R, Arias S. 2009. Manual de producción: Producción de lechuga. Lima: [sin editorial] ; [consultado el 15 de jun. de 2021]. http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/72/EDA_manual_Produccion_Lechuga_02_09.pdf?sequence=1.
- UPL. 2016. Hoja de datos de seguridad herbicida fascinate 280 SL: Glufosinato de amonio. Colombia; [consultado el 20 de jun. de 2021]. https://co.uplonline.com/download_links/VeeFTCdzXm4h9kiBrT2jZDmQ9Z3nZ10oMwdcoKgr/Hoja-De-Seguridad-Fascinate.pdf.
- Vela Bodero JD. dic. 2003. Evaluación técnica y económica de tres herbicidas por cultivo, como alternativas al control manual en lechuga y pepino [Tesis]. San Antonio de Oriente: Zamorano, Ciencia y Producción Agropecuaria; [consultado el 15 de jun. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2111/1/CPA-2003-T073.pdf>.
- Vencill WK, editor. 2002. Herbicide handbook: 2002. 8. ed. Lawrence: Weed Science Society of America. 493 p. ISBN: 1891276336. eng.

Anexos

Anexo A

Actividades cronológicas realizadas en el experimento.

Fechas		Evaluación
26/04/2021	ADA	Preparación de camas y sistema de riego
06/05/2021	ADA	Primer conteo de malezas
07/05/2021	A	Aplicación de herbicidas
11/05/2021	4DDA	Primer control visual de los herbicidas
14/05/2021	7DDA	Segundo conteo de malezas
14/05/2021	T	Trasplante de lechuga
20/05/2021	13DDA	Segundo control visual de los herbicidas
20/05/2021	6 DDT	Primer conteo densidad poblacional de lechuga
21/05/2021	7 DDT	Primer conteo de hojas, altura y grosor del tallo
25/05/2021	18 DDA	Tercer control visual de los herbicidas
28/05/2021	14 DDT	Segundo conteo de hojas, altura y grosor del tallo
03/06/2021	19 DDT	Segundo conteo densidad poblacional de lechuga

Nota. ADA: antes de la aplicación, DDA: días después de la aplicación, DDT: días después del trasplante, T: Trasplante

Anexo B

Análisis de suelo lote #29 en la unidad de producción hortícola de la Escuela Agrícola Panamericana
el Zamorano.

Solicitante		Fecha Ingreso Muestra	Fecha Envío Informe	Procedencia de la muestra		Página	
Horticultura Dr. Hugo Ramirez		2021-01-27	2021-02-17	Lote 29 Zona 3, EAP		1 de 1	
Dirección del cliente		Nº Lote de Análisis	Cultivo	Informe N°		Anexo Recomendación	
EAP, Zamorano		2021-02	Jícama	2021-025		Sí:	No: x

Código Interno Lab	Muestra	Textura	g/100g			pH*	g/100g			mg/kg (extractable)										CE dS/m	
			Arena	Limo	Arcilla		C.O.	M.O.	N _{total}	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn		B
21-5-0292	Lote # 29	Franco	36	44	20	7.07	1.19	2.06	0.10	284	646	2630	158	4	15	3.3	312	157	5.3	ND	0.80
ND: NO DETECTADO							Rango Medio		2.00	0.20	13	Por: Saturación de bases				20	1.7	56	28	1.7	0.5
							4.00	0.50	30					80	6.5	112	112	3.4	8.0		

Métodos: K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn: Solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica. P: Solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría. % Carbono Orgánico: Método de Walkley & Black para suelos minerales no salinos. % N total: 5% de M.O. pH: 1:1 en agua: AOAC 994.16 rango de 4,00-10,00 con incertidumbre de ±0,10. Textura: Método de Bouyoucos. B, S: Solución extractora fosfato de calcio, determinados por colorimetría. CE: Método de la pasta saturada.

Alto
Normal
Bajo

*Valores de pH en negrita y cursiva se encuentran dentro del Ensayo Acreditado: Ver alcance N° ENS-004 en

oha.hondurascalidad.org



El laboratorio no se hace responsable por el estado de la muestra al ingresar a nuestras instalaciones. Los resultados se relacionan solo con las muestras recibidas. El laboratorio se exonera de responsabilidad por los resultados de ejecución de análisis reproducidos.

Responsable del análisis: E. Aguilera
Ing. Eusebio Aguilera Ríos

Vs. B.: ACI
Dra. Gloria Arriola de Guggel
Directora Unidad de Suelos



E-mail: laboratoriosuelos@zamorano.edu, gguggel@zamorano.edu, Tel: (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel: 9969-6846
Laboratorio de Suelos, Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria Apartado Postal # 93 Tegucigalpa-Honduras. Km 30 Carret. Danlí