

RESUMEN

Durante la temporada agrícola 2007/2008 en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, (32° 40' lat. sur y 70° 32' long. oeste), se realizó un estudio para determinar la persistencia del herbicida halosulfuron-metil para el posterior establecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y espinaca (*Spinacia oleracea* L.). El herbicida fue aplicado en dosis de 75 g·ha⁻¹ de ingrediente activo y se utilizaron plantines de lechuga var. capitata cv. Sahara y semillas de espinaca cv. Callas F1. Se realizaron dos ensayos independientes: Ensayo 1: Persistencia de halosulfuron-metil para el posterior establecimiento de lechuga y Ensayo 2: Persistencia de halosulfuron-metil para el posterior establecimiento de espinaca. Para ambos ensayos se establecieron 7 tratamientos que correspondieron al tiempo transcurrido entre la aplicación del herbicida y el establecimiento de cada cultivo, es decir, los tratamientos correspondieron a la plantación de lechuga o siembra de espinaca en suelos tratados 0, 30, 45, 60, 75 y 90 días antes con halosulfuron-metil, más un tratamiento testigo sin la aplicación del herbicida. Para cada ensayo se evaluaron semanalmente la fitotoxicidad visual, altura y número de plantas, días de siembra o transplante a cosecha, peso fresco, rendimiento; mientras que para el ensayo 1 se evaluó adicionalmente el diámetro de lechugas. Según el análisis estadístico realizado, todas estas variables analizadas se vieron afectadas por halosulfuron-metil. En el ensayo 1 la fitotoxicidad fue de carácter temporal, registrándose en algunos tratamientos un aumento de ésta en las primeras evaluaciones. Debido a esto la variable más afectada fue el número de plantas, influyendo directamente en el rendimiento obtenido. En el ensayo 2 la fitotoxicidad fue temporal y en descenso. De igual forma que en la lechuga, el número de plantas fue el parámetro más afectado y el rendimiento del tratamiento testigo resultó ser estadísticamente distinto del resto de los tratamientos. Los resultados y análisis desarrollados permiten concluir que la persistencia de halosulfuron-metil para el establecimiento de lechuga es de 76 días y para el establecimiento de espinaca es superior a los tres meses.

Palabras clave

Halosulfuron-metil, modo de acción, fitotoxicidad, persistencia, *Lactuca sativa* L., *Spinacia oleracea* L.

ABSTRACT

The persistence of halosulfuron-methyl herbicide for the subsequent establishment of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and spinach (*Spinacia oleracea* L.) was studied during the 2007-2008 agricultural season at the Antumapu Campus of the College of Agricultural Sciences, University of Chile (32°40' South lat. And 70°32' West long.) The herbicide was applied at doses of 75 g/ha active ingredient to soil where lettuce, var. *capitata* L., cv. Sahara, seedlings were planted and spinach, cv. Callas F1, seeds were sown. Two independent trials were conducted as follows: trial 1, persistence of halosulfuron-methyl for subsequent lettuce establishment; trial 2, persistence of halosulfuron-methyl for subsequent spinach establishment. For both trials seven treatments were established, involving the length of time elapsed between herbicide application and each crop's establishment, i.e. treatments corresponded to spinach sowing or lettuce planting in soils which had previously (0, 30, 45, 60, 75 and 90 days before) been treated with halosulfuron-methyl, plus a control treatment with no herbicide application. For each trial, weekly evaluations of phytotoxic visual symptoms, plant number and height, days from sowing or transplanting to harvest, fresh weight, and yield were made; for trial 1 lettuce diameter was evaluated as well. According to the statistical analyses carried out, all variables were affected by halosulfuron-methyl. Phytotoxicity in trial 1 was temporary, with an increase being recorded in some treatments in the first evaluations. Because of this, the most affected variable was number of plants, which directly influenced the yield obtained. In trial 2, phytotoxicity was temporary and decreasing. As it occurred with lettuce, the number of plants was the most affected parameter. The yield of the control treatment proved to be statistically different from the rest of treatments. These results allow to conclude that halosulfuron-methyl persistence for establishing a lettuce crop is 76 days while for a spinach crop it is over three months.

Key words

Halosulfuron-metil, mode of action, phytotoxicity, persistence, *Lactuca sativa* L., *Spinacia oleracea* L.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay una revalorización de los productos frescos en la alimentación humana, ya que una dieta sana, base para una buena salud, pasa por el consumo de hortalizas frescas (Toledo, 1999).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es la hortaliza de hoja más importante a nivel nacional (Marín, 1999), con 6.898 ha plantadas en la temporada agrícola 2006/2007 (ODEPA, 2008). Presenta un alto contenido en vitaminas, de agua y un bajo contenido calórico (Maroto, 1995).

Por otra parte, la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es muy apreciada por su elevado valor nutritivo, su riqueza vitamínica y su contenido en hierro (Maroto, 1995). La superficie nacional destinada a este cultivo alcanzó las 712 ha durante la temporada agrícola 2006/2007 (ODEPA, 2008).

Existe un amplio rango de cultivares que permiten establecer estas especies en cualquier época, y los cultivares de verano se caracterizan por su tolerancia al calor (Giaconi y Escaff, 2004).

Toda explotación hortícola comprende una serie de prácticas, con variantes en función de la especie cultivada, el suelo, la zona, la época del año, entre otros. Dentro de las labores que merecen primera prioridad para organizar e iniciar una explotación hortícola sustentada sobre bases sólidas está el control de malezas (Giaconi y Escaff, 2004).

No controlar las malezas en vegetales resulta en pérdidas de rendimiento, ingresos, reducción de la calidad y disminución de la eficiencia de la cosecha, particularmente en las hortalizas de hojas como la espinaca y lechuga (Fennimore *et al.*, 2001; Shem-Tov *et al.*, 2006).

Numerosos autores consideran a la chufa (*Cyperus spp.*) como la maleza que causa más daño en los cultivos a nivel mundial. En Chile, la chufa prolifera en sectores de riego, asociada a cultivos que se establecen en primavera-verano (Ormeño, 1999), convirtiéndose en una seria competencia de los cultivos hortícolas. Esta maleza representa a varias especies, siendo *Cyperus esculentus* L. (chufa amarilla) y *Cyperus rotundus* L. (chufa púrpura) las más importantes. Son especies herbáceas perennes complejas que se propagan en forma vegetativa mediante una prolifera producción de tubérculos, bulbo basal y semillas (Kogan, 1992).

Ormeño (1999) sostiene que la chufa produce graves problemas económicos al productor y es particularmente difícil su control debido a su agresividad, capacidad de invasión y por ser una de las malezas más tolerantes a herbicidas. Además, los tubérculos pueden soportar condiciones adversas y permanecer viables en el suelo por varias temporadas.

Dentro de los herbicidas que controlan eficientemente esta maleza, se menciona Halosulfuron-metil, herbicida sistémico del grupo de las sulfonilureas, que pertenece a una nueva generación de materias activas, con alta persistencia y aplicación de dosis reducidas (Ormeño, 1999).

Halosulfuron se utiliza en tratamientos de preemergencia y postemergencia, absorbiéndose vía radical y foliar. Este herbicida inhibe a la enzima acetolactato sintasa (ALS), responsable de la síntesis de los aminoácidos alifáticos, paralizando la síntesis de proteínas (Kogan y Pérez, 2003).

Los síntomas de daños no son evidentes hasta una a dos semanas después de la aplicación, aunque las plantas sensibles detienen su crecimiento a las pocas horas del tratamiento. Las plantas afectadas se caracterizan por una potente inhibición en la elongación de raíces jóvenes y hojas, presentando un crecimiento atrofiado, y en las regiones meristemáticas se produce clorosis intervenal y necrosis de hojas (Kogan y Pérez, 2003).

Hasta ahora, es el herbicida que ha producido los mejores niveles de control de la chufa (Ormeño, 1999). Su uso se recomienda solo en maíz y tomate, ya que en otras hortalizas produce fitotoxicidad.

Según Hager y Nordby (2008), la persistencia en el suelo corresponde al tiempo que un herbicida permanece activo en él. Muchos factores determinan la persistencia, siendo los más importantes los factores del suelo, las condiciones climáticas y las propiedades del herbicida. Los factores del suelo más importantes son de tres tipos. El factor físico depende de la textura del suelo y del contenido de materia orgánica. Las propiedades químicas incluyen el pH y la capacidad de intercambio catiónico. El factor microbiológico corresponde al tipo y abundancia de microorganismos presentes en el suelo.

Las variables climáticas que más influyen en la degradación del herbicida son la humedad y la temperatura del suelo. En general, existe una mayor degradación de los herbicidas a medida que aumentan ambos factores debido a que se incrementa la tasa de descomposición química y microbiana. Las propiedades del herbicida que afectan la persistencia incluyen la solubilidad en agua, adsorción, presión de vapor, entre otras.

La persistencia es uno de los factores determinantes de la peligrosidad de un plaguicida. Este fenómeno es sumamente importante para conocer el periodo promedio en que se obtendrá un buen control de malezas o del cultivo en caso que el herbicida no sea selectivo, también para considerar la posibilidad de replantar cuando sea necesario o para evaluar si el siguiente cultivo de la rotación va a ser afectado o no (Leguizamon *et al.*, 2003, citado por Ortega, 2003).

En cuanto a la persistencia de halosulfuron-metil en el suelo existen ciertas controversias. Umeda (2002) señala que, al contrario de muchos herbicidas del grupo de las sulfonilureas, halosulfuron-metil posee una corta residualidad en el suelo. Por otra parte, Ormeño (1999)

sostiene que el efecto residual es de 45 días en el suelo, mientras que según Hager y Nordby (2008) la persistencia en el suelo puede abarcar entre 1 a 3 meses. En algunas fichas del producto se le clasifica como moderadamente persistente y según la información del fabricante, para la mayoría de las hortalizas se recomienda esperar un mínimo de 10 a 12 meses antes de establecer un cultivo sensible (AFIPA, 2005).

En el mercado actual de herbicidas, no existen productos que controlen eficazmente chufa en cultivos hortícolas, por lo tanto el control de esta especie en hortalizas pasa por un manejo cultural como la rotación de cultivos.

Hipótesis

La persistencia de halosulfuron-metil afecta a cultivos de lechuga y espinaca.

Objetivo

El objetivo de esta investigación fue evaluar la persistencia de halosulfuron-metil para el posterior establecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicado geográficamente en 32° 40' lat. sur y 70° 32' long. oeste, en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana.

El estudio se efectuó entre octubre y marzo de la temporada agrícola 2007/2008, periodo que abarcó las aplicaciones del producto y desde el establecimiento a cosecha de los cultivos evaluados.

Materiales

Herbicida

Para efectuar esta investigación se utilizó el herbicida halosulfuron-metil, cuyo nombre comercial es Sempra®. Este fue aplicado en dosis de 75 g·ha⁻¹ de ingrediente activo, dosis recomendada para el control de *Cyperus spp.*

Las aplicaciones de este producto se realizaron con una pulverizadora manual de espalda de 15 L de capacidad, con boquillas de abanico plano 8002, y con un volumen de mezcla por cada aplicación de 1,5 L·ha⁻¹.

Material Vegetal

Se utilizaron plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. capitata cv. Sahara, desarrollada para cosechas de pleno verano en zonas secas y temperaturas altas. Corresponde a un cultivar del tipo “iceberg”, con un color verde oscuro exterior y verde suave interior y tolerante a tipburn (Seminis Vegetables Seeds, 2008).

Por otra parte, se ocuparon semillas de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) cv. Callas F1, cuyas plantas presentan un color verde oscuro medio, de tamaño medio a grande, con hábito de crecimiento erecto, resistente a 7 cepas de mildiú (*Peronospora farinosa spinaceae*), con un ciclo de roseta corto y floración temprana, ideal para siembras de verano y apta para la agroindustria y consumo fresco (Dæhnfeldt, 2008).

Metodología

Tratamientos y Diseño Experimental

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo propuesto de determinar la persistencia de halosulfuron-metil para el posterior establecimiento de lechuga y espinaca, se realizaron dos ensayos independientes:

Ensayo 1: Persistencia de halosulfuron-metil para el posterior establecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Ensayo 2: Persistencia de halosulfuron-metil para el posterior establecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.)

Para ambos ensayos se establecieron 7 tratamientos descritos en el Cuadro 1, que correspondieron al tiempo transcurrido entre la aplicación del herbicida y el establecimiento de cada cultivo. Así, las aplicaciones se realizaron en forma desfasada para determinar la persistencia del producto frente a la producción del cultivo, disminuyendo los posibles efectos derivados de las condiciones climáticas.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Persistencia (días entre aplicación de halosulfuron y establecimiento del cultivo)
Testigo	Sin aplicación
1	90
2	75
3	60
4	45
5	30
6	0

El diseño experimental para ambos ensayos correspondió a bloques completos al azar. Cada tratamiento constó de 5 repeticiones.

La unidad experimental en el ensayo 1 fue 1 metro lineal de camellón, mientras que para el ensayo 2 fueron 50 cm lineales de camellón.

Procedimiento

Para cada cultivo en forma independiente, halosulfuron-metil fue aplicado al suelo a una misma dosis en todos los tratamientos. El herbicida fue asperjado en forma manual, exceptuando al tratamiento testigo que no fue tratado con el herbicida.

Las aplicaciones del herbicida se realizaron de manera escalonada para realizar la siembra de espinaca en todos los tratamientos y el transplante de lechuga en la misma oportunidad y por tanto poder comparar sus rendimientos sin que fueran afectados por condiciones ambientales. Es decir, los tratamientos correspondieron a la plantación de lechuga o siembra de espinaca en suelos tratados 0, 30, 45, 60, 75 y 90 días antes con halosulfuron-metil.

Manejo de los cultivos

En el ensayo 1 la lechuga fue establecida a doble hilera en camellones, con una distancia sobre hilera de 30 cm y entre camellones de 0,70 m.

En el ensayo 2 la espinaca fue sembrada a doble hilera en camellones, aproximadamente a 3 cm sobre la hilera, con una distancia entre hilera de 15 cm y entre camellones de 0,70 m. La siembra se realizó con una sembradora manual.

Ambos ensayos fueron manejados sobre la base de las recomendaciones proporcionadas por el Departamento Técnico de la empresa Dole Chile S.A., en todo lo relacionado a siembra y establecimiento, riego, fertilización, control de plagas y enfermedades y momento de cosecha.

Evaluaciones

Las evaluaciones se efectuaron sobre la unidad experimental determinada para cada ensayo, por lo tanto para el ensayo 1 se evaluaron a las plantas ubicadas en el metro central de cada camellón y para el ensayo 2 a las plantas ubicadas dentro de los 50 cm centrales del camellón.

Con el fin de evaluar la persistencia del herbicida aplicado sobre el desarrollo de los cultivos, para cada ensayo se efectuaron semanalmente las siguientes evaluaciones:

Altura de plantas de lechuga y espinaca

Se registró la altura de las plantas en cm, desde el suelo hasta la máxima expansión de sus hojas, a partir desde el establecimiento para el ensayo 1 y cuando las plantas alcanzaron el estado de primer par de hojas verdaderas para el ensayo 2.

Número de plantas de lechuga y espinaca

Para ambos ensayos se registró el número de plantas/m² desde el establecimiento del

cultivo de lechuga y desde el estado de primer par de hojas verdaderas de espinaca hasta la cosecha.

Fitotoxicidad visual

Se realizaron evaluaciones visuales con el fin de estimar los posibles daños del herbicida en los cultivos establecidos, para lo cual se utilizó una escala visual presentada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Escala de evaluación para identificar diferentes grados de fitotoxicidad en plantas.

Grado de daño en la planta	Fitotoxicidad (% de follaje afectado)
Sin daño	0
Levemente dañado	1-10
Moderadamente dañado	11-50
Gravemente dañado	51-100

Adicionalmente y una vez llegado el momento de cosecha se realizaron las siguientes evaluaciones:

Días de siembra o transplante a cosecha

Para el ensayo 1 se registró el periodo transcurrido entre el transplante y la cosecha, mientras que para el ensayo 2 se consideró desde la siembra a la cosecha.

Peso fresco de plantas de lechuga y espinaca

Se evaluó el peso fresco las plantas de ambos cultivos al momento de la cosecha mediante una balanza de precisión. Para el ensayo 1 se cosecharon las plantas ubicadas dentro de un metro de camellón y el peso fresco se expresó en gramos por planta. Para el ensayo 2 se cosechó 50 cm lineales de camellón y el peso se expresó en gramos. La cosecha correspondió solo a las hojas y parte del tallo, para posteriormente dejar rebrotar a la planta para una segunda cosecha.

Rendimiento

El rendimiento para ambos ensayos se obtuvo a partir del peso fresco. Para el ensayo 1 se consideró el número de plantas por ha de cada tratamiento con su respectivo peso fresco promedio, donde el rendimiento se expresó en $t \cdot ha^{-1}$. En el caso de la espinaca el rendimiento se expresó en $g \cdot m^{-2}$.

Para el ensayo 1 se evaluó adicionalmente:

Diámetro de lechugas

Se evaluó el diámetro ecuatorial de la cabeza de lechuga en cm mediante un pie de metro.

Análisis estadístico

Los análisis se realizaron para cada ensayo por separado, por lo que no se compararon los datos entre las especies.

Una vez finalizados ambos ensayos y obtenidos los datos se realizó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, con el fin de establecer si existieron o no diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a las variables medidas.

Cuando se detectó diferencias significativas entre los tratamientos, se efectuó la prueba de rango múltiple de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los análisis estadísticos aplicados son presentados a continuación para cada ensayo por separado.

Ensayo 1

Con el fin de evaluar la persistencia de halosulfuron-metil para el posterior establecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) se evaluaron las siguientes variables:

Número de plantas

Como se observa en la Figura 1 el mayor número de plantas se obtuvo con el tratamiento testigo, mientras que el tratamiento con 0 días entre aplicación de halosulfuron y establecimiento de lechuga produjo una disminución notable en el número de plantas. Además, se observa que para todos los tratamientos, el número de plantas se estabiliza a los 28 ddp (días después de la plantación), manteniéndose constante hasta la cosecha.

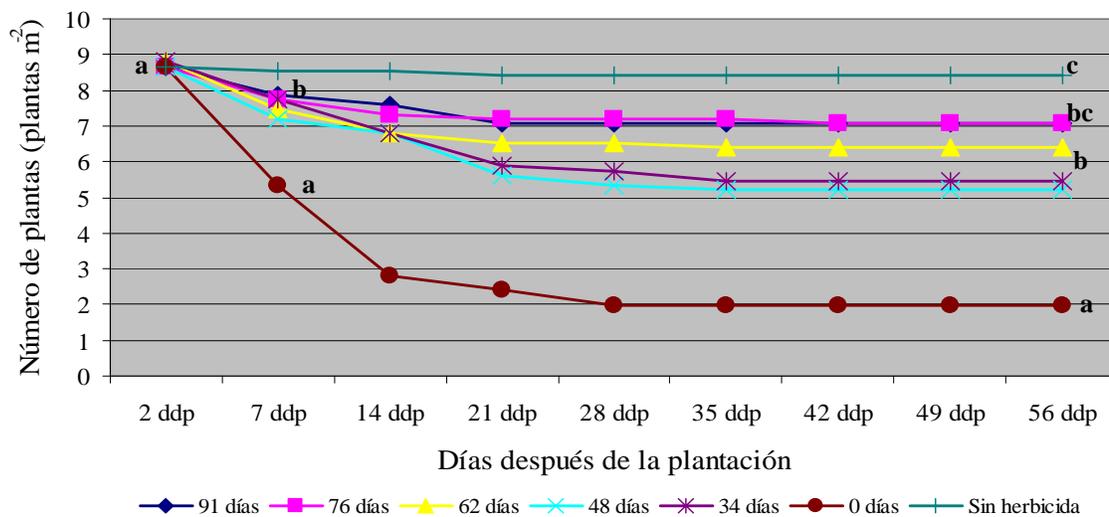


Figura 1. Número de plantas de lechuga por metro cuadrado de superficie, obtenido luego de diferentes periodos de degradación de halosulfuron-metil.

Según los resultados del análisis estadístico (Apéndice I), solo en la primera evaluación todos los tratamientos son estadísticamente iguales entre sí. El tratamiento con 0 días entre aplicación del herbicida y la plantación de lechuga se diferencia del resto de los

tratamientos desde la segunda evaluación hasta la cosecha, mientras que a medida que transcurre el tiempo, para el tratamiento testigo van aumentando las diferencias estadísticas con los demás tratamientos, siendo a la cosecha estadísticamente igual a los tratamientos con 91 y 76 días entre aplicación de halosulfuron y establecimiento de lechuga.

De acuerdo a la densidad de plantación utilizada en este ensayo, se consideraron cerca de 80.000 plantas por hectárea como población teórica.

Extrapolando los valores obtenidos a la superficie de una hectárea, el Cuadro 3 indica la densidad de plantas de lechuga que se obtendría al momento de cosecha, según cada tratamiento realizado.

Cuadro 3. Densidad estimada de lechugas por tratamientos.

Tratamientos	Densidad (plantas·ha ⁻¹)
Sin herbicida	84.100
91 días	70.600
76 días	70.600
62 días	63.900
48 días	52.000
34 días	54.600
0 días	19.900

Como se observa en el Cuadro 3, a menor tiempo de espera entre aplicación de halosulfuron y plantación de lechuga se reduce notablemente el número de plantas, lo que afecta directamente el rendimiento final en campo, que según lo expuesto por Giaconi y Escaff (2004), suele no superar el 60-70% de la cabida teórica de plantas por ha estimada, por lo que los tratamientos con mas de 48 días de espera entre aplicación de halosulfuron-metil y transplante de lechuga estarían dentro de lo esperado.

Los herbicidas aplicados al suelo, una parte de ellos queda retenida en la fracción coloidal y otra queda en la solución suelo disponible para la planta. La presencia del herbicida en solución resulta clave para la actividad de éstos, por ello se requiere de humedad en el suelo en forma de agua disponible (capacidad de campo) (Ormeño, 2007), situación a la cual se mantuvo este ensayo.

El coeficiente de adsorción Koc se define como la concentración del herbicida adsorbido en relación a la concentración en solución, donde un valor inferior a 500 indica una baja capacidad de adsorción (Ormeño, 2007).

Halosulfuron-metil posee un Koc de 75, por lo que al tener una baja adsorción al suelo aumenta su actividad herbicida para las plantas, influyendo en la disminución del número de plantas para todos los tratamientos.

Umeda (2002) indica que halosulfuron no afectó el número de plantas cuando la lechuga fue plantada aproximadamente 4 a 5 meses después de la aplicación del herbicida en dosis de 57 a 225 g·ha⁻¹. Sin embargo, en este estudio la persistencia de halosulfuron para la variable número de plantas se sitúa en los 76 días luego de la aplicación debido a que al momento de cosecha el tratamiento testigo es estadísticamente igual a los tratamientos con 91 y 76 días entre aplicación de halosulfuron y establecimiento de lechuga.

Altura de plantas

Según el análisis estadístico realizado, en relación a la altura de plantas (Apéndice II), hasta los 7 ddp todos los tratamientos resultaron iguales entre sí. A partir de la primera evaluación hasta los 49 ddp solo el tratamiento con 91 días entre aplicación de halosulfuron y establecimiento fue estadísticamente igual al tratamiento testigo. A los 56 ddp el tratamiento sin herbicida es estadísticamente igual a los tratamientos con 91, 76 y 62 días entre aplicación de halosulfuron y plantación de lechugas

Las plantas con mayores alturas durante todo el periodo de evaluación correspondieron al tratamiento testigo, situación evidenciada en la Figura 2. También se observa que las diferencias entre los tratamientos se producen principalmente en el periodo en que la tasa de crecimiento de las plantas es mayor.

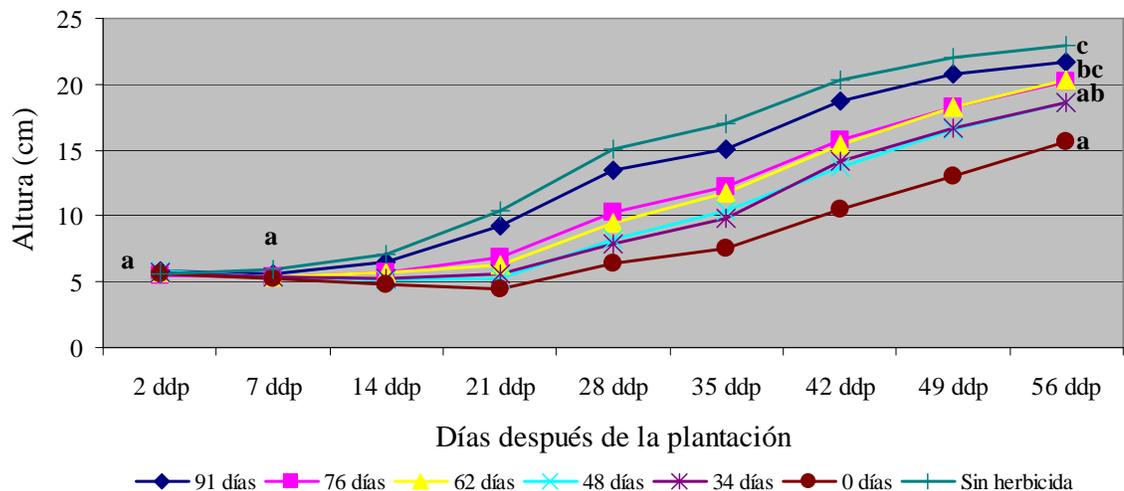


Figura 2. Evolución de la altura de plantas de lechuga durante del desarrollo del cultivo, obtenida luego de diferentes periodos de degradación de halosulfuron-metil.

La evolución del crecimiento de las plantas de lechuga evidenciada en esta investigación coincide con lo expuesto por Giaconi y Escaff (2004) quienes señalan que el 70% del crecimiento de lechuga se produce dentro de los 20 días antes de la cosecha.

Debido a que este ensayo se realizó en meses de verano, las altas temperaturas pudieron acelerar la degradación del herbicida. Por otra parte, la humedad del suelo también fue alta debido a que fue mantenida a capacidad de campo, por medio de riego por cintas. A causa de esto podría haber aumentado la movilidad del herbicida en la solución suelo, ya que el agua compite por sitios de adsorción con el herbicida (Hager y Nordby, 2008). Así, el herbicida estuvo más disponible para las plantas que adsorbido por los coloides, afectando su crecimiento.

Umeda (2002) sostiene que la altura de plantas de lechuga no se afectó cuando la plantación se realizó 4 a 5 meses después de las aplicaciones del herbicida. De forma complementaria, en este ensayo la altura de las plantas no se afectó estadísticamente hasta un tiempo de espera entre aplicación de halosulfuron y plantación de lechuga de 2 meses. Por lo tanto bajo las condiciones en que se realizó esta investigación, la persistencia para esta variable es de 62 días.

En comparación con los resultados obtenidos del número de plantas, la altura de éstas se afectó en menor medida ya que según (Ormeño *et al.*, 2003) el modo de acción de las sulfonilureas es la inhibición de la enzima aceto lactato sintetasa (ALS), clave en la ruta biosintética de algunos aminoácidos y cuya máxima actividad se realiza en tejidos en desarrollo. Las plantas susceptibles cesan de crecer y eventualmente mueren. En este ensayo, la mayor parte de las plantas afectadas murió y las que se afectaron en menor medida evidenciaron una detención momentánea de su crecimiento, pudiendo compensarlo en parte según cada tratamiento.

Fitotoxicidad visual

El efecto que provocan los distintos herbicidas en el desarrollo de plantas puede ser expresado a través de alteraciones en el crecimiento del cultivo o fitotoxicidad visual, entendiéndose por ésta el daño producido en el cultivo debido a la aplicación de un herbicida (Ortega, 2003).

La fitotoxicidad producida por halosulfuron en lechuga se evidenció principalmente en clorosis apical en hojas, necrosis parcial o total, plantas que detuvieron su crecimiento y plantas muertas (Figura 3). Estos efectos fueron claramente perceptibles en las primeras tres evaluaciones, mientras que en las últimas apenas se distinguían, pudiendo confundirse fácilmente con clorosis leves que comúnmente aparecen en las plantas.



Figura 3. Comparación de la fitotoxicidad producida en plantas de lechuga por halosulfuron-metil en distintos tratamientos.

Esta situación coincide con lo expresado por Ormeño (2007), quien afirma que halosulfuron produce un bloqueo en la cadena metabólica de producción de aminoácidos de cadenas ramificadas leucina, valina e isoleucina, piezas claves en la formación de proteínas a nivel celular. Los fosfolípidos de las membranas son los primeros en resentir la disfunción por la falta de aminoácidos. Por lo tanto, al no formarse nuevas membranas celulares, son los puntos de crecimiento de los ápices vegetativos los primeros y más afectados por efecto de este herbicida.

Según la información presentada en la Figura 4, el tratamiento que presentó la menor fitotoxicidad visual fue el tratamiento con 91 días entre aplicación del herbicida y plantación. Contrariamente, el tratamiento con 0 días entre aplicación de halosulfuron y establecimiento evidenció la mayor fitotoxicidad.

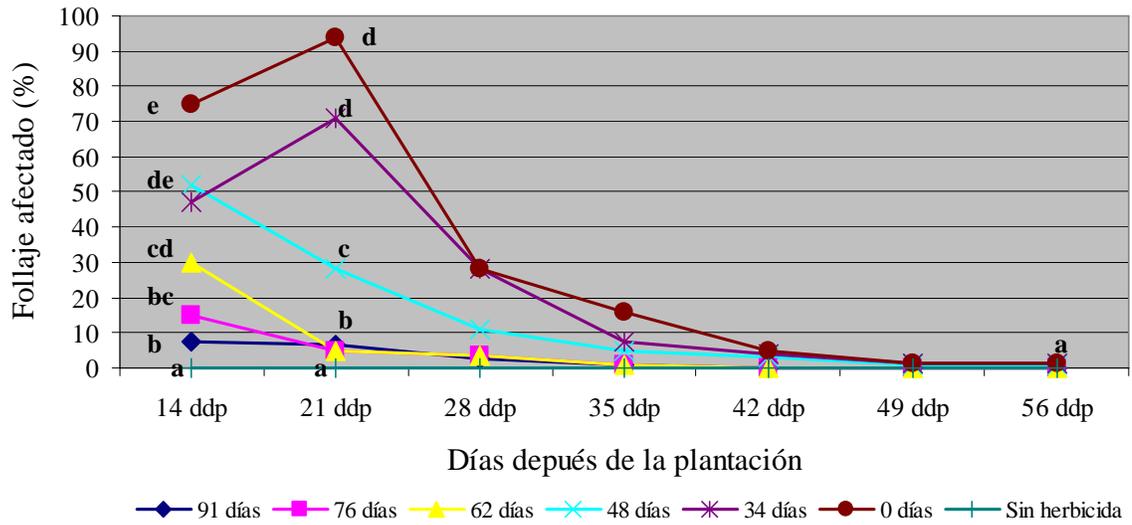


Figura 4. Fitotoxicidad en plantas de lechuga, obtenida luego de diferentes periodos de degradación de halosulfuron-metil.

Se ha determinado que el efecto de los herbicidas inhibidores de la ALS se inicia luego de tres horas, por una rápida y potente inhibición en la elongación de raíces jóvenes y hojas. El efecto en las raíces en división ocurre dentro de las primeras 24 horas de la absorción (Kogan y Pérez, 2003).

En los tratamientos con 0 y 34 días entre aplicación de halosulfuron y plantación la fitotoxicidad aumentó hasta los 21 ddp, para luego disminuir en forma paulatina (Apéndice III). Ambos tratamientos fueron los únicos que ocasionaron plantas gravemente dañadas según la escala utilizada ($\geq 50\%$ de follaje afectado), a diferencia de lo ocurrido en tomate donde ninguno de los cultivares tratados con halosulfuron a $75 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ presentó valores de clorosis iguales o superiores a 25% (Ormeño *et al.*, 2003).

Los tratamientos con 91, 76 y 62 días entre la aplicación de herbicida y plantación presentaron una fuerte disminución de la fitotoxicidad hasta los 21 ddp para continuar disminuyendo en forma más gradual.

La fitotoxicidad se manifestó rápidamente en el cultivo de lechuga, debido a que el herbicida pudo ingresar inmediatamente a través de las raíces que estaban en crecimiento ya que las lechugas provenían de almácigos, aumentando su concentración en las plantas. Además, y según lo expresado anteriormente, las plantas de los tratamientos con 0 y 34 días entre aplicación del herbicida y plantación se vieron más afectadas que los demás tratamientos debido a que la concentración del herbicida en el suelo fue mayor al tener menos tiempo para su degradación, evidenciando una mayor fitotoxicidad.

Los efectos fitotóxicos evidenciados desaparecieron a medida que transcurrió el tiempo, siendo casi nulo a la cosecha, de igual forma que lo registrado en tomates con una dosis de 75 g i.a./ha (Ormeño *et al.*, 2003), en papa con 66 g i.a./ha (Grichar *et al.*, 2003) y en melón con 80 g i.a./ha (Brandenberger *et al.*, 2005).

El análisis estadístico realizado (Apéndice III) indicó que en la primera evaluación las diferencias registradas entre los tratamientos fueron más abruptas, lo que podría deberse a la concentración de halosulfuron presente en el suelo. Al momento de cosecha todos los tratamientos resultaron iguales entre sí debido a que no existieron diferencias estadísticas significativas entre ellos, por lo tanto el efecto fue declinando a medida que transcurrió el tiempo, siendo la fitotoxicidad un efecto visualmente temporal.

Peso fresco

El momento de cosecha se decide a nivel de campo según el tamaño de las plantas y los posibles precios a obtener en un determinado mercado (Oberpaur, 2007).

El peso fresco al momento de cosecha depende tanto de la variedad, el cultivar como de las condiciones ambientales. En lechugas del tipo “iceberg” el momento óptimo de cosecha está determinado por la firmeza de la cabeza (Ryder, 1999, citado por Oberpaur, 2007).

En el Cuadro 4 se observa el peso fresco promedio de una lechuga obtenida en este ensayo, para cada tratamiento.

Cuadro 4. Peso fresco promedio de lechuga en un metro de camellón.

Tratamientos	Peso fresco (g)
Sin herbicida	852,46 b
91 días	834,48 b
76 días	678,79 ab
62 días	749,48 ab
48 días	792,55 b
34 días	674,33 ab
0 días	411,93 a
C.V.	34%

Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

El tratamiento testigo presentó una diferencia estadísticamente significativa sólo con el tratamiento que tuvo 0 días entre aplicación de halosulfuron y el establecimiento, siendo estadísticamente igual al resto de los tratamientos.

En esta evaluación no se registraron grandes diferencias estadísticas, debido a que en los tratamientos en que se obtuvieron un menor número de plantas, las lechugas que lograron desarrollarse pudieron compensar esta diferencia con un peso y tamaño similar para todos los tratamientos.

En la investigación realizada por Umeda (2002), el peso fresco de los tratamientos con halosulfuron no registraron diferencias significativas comparadas con un tratamiento testigo sin aplicación de herbicida, luego de 4 a 5 meses entre las aplicaciones y el establecimiento de lechuga. En este ensayo las igualdades se amplían a un mes, por lo que la persistencia del herbicida para el peso fresco de lechuga en estas condiciones fue de 34 días.

Diámetro

Lactuca sativa var. capitata forma una cabeza que consiste en una sucesiva formación de hojas acucharadas, donde aquellas que se forman antes van encerrando a las que crecen posteriormente, formando una estructura mas o menos esférica. En esta etapa el diámetro de la planta aumenta significativamente (Ryder, 1999, citado por Oberpaur, 2007).

En el Cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos con respecto al diámetro de lechugas, similares a lo señalado por Delahaut y Newenhouse (2003, citado por Oberpaur, 2007) que indican que cuando las hojas de la cabeza alcanzan plena compactación, el diámetro llega a los 15 cm.

Cuadro 5. Diámetro ecuatorial promedio de lechuga por tratamiento.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial (cm)
Sin herbicida	13,7 ab
91 días	14,9 ab
76 días	13,9 ab
62 días	15,7 ab
48 días	16,2 b
34 días	14,9 ab
0 días	11,5 a
C.V.	19%

Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

Según los resultados, todos los tratamientos tienen un promedio similar del diámetro de cabeza de lechuga. La única diferencia estadísticamente significativa se observó entre los tratamientos con 0 y 48 días entre aplicación de halosulfuron y plantación de lechuga.

Al contrario de lo esperado, las cabezas de lechuga con mayores diámetros se obtuvieron con el tratamiento con 48 días entre aplicación y establecimiento. Esta situación pudo

deberse a la influencia del menor número de plantas en el camellón. Así, las lechugas que quedaron tuvieron más espacio para desarrollarse, compensando la menor densidad final con lechugas más grandes y también con un buen peso fresco a la cosecha (Cuadro 4).

Para no verse afectado el diámetro de la cabeza de lechuga, el tiempo mínimo de espera entre aplicación y siembra debe ser igual o mayor a un mes.

Duración del cultivo

En la presente investigación se registró una duración del cultivo de lechuga de 63 días, desde la plantación a cosecha.

Similar a lo observado, Giaconi y Escaff (2004) señalaron que el ciclo vegetativo puede ser de 70 días en verano hasta 150 días en invierno, dependiendo de las temperaturas existentes, mientras Delahaut y Newenhouse (2003, citado por Oberpaur, 2007) indicaron que la duración del ciclo total desde transplante a cosecha es de 60 a 120 días para las lechugas “iceberg”.

Rendimiento

Según el análisis estadístico realizado, en el Cuadro 6 se observa el rendimiento obtenido, considerando el número de plantas/ha y el peso promedio obtenidos de cada tratamiento.

Cuadro 6. Rendimiento de lechuga.

Tratamientos	Rendimiento (ton·ha ⁻¹)
Sin herbicida	71,69 d
91 días	58,91 cd
76 días	47,92 bc
62 días	47,89 bc
48 días	41,21 bc
34 días	36,82 b
0 días	8,20 a
C.V.	47%

Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

En esta investigación, el tratamiento con 0 días entre aplicación de herbicida y plantación presentó una disminución considerable en su rendimiento al ser comparado con el resto de los tratamientos, siendo estadísticamente diferente al resto.

En la investigación realizada por Umeda (2002) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento final en lechugas plantadas 4 a 5 meses después de las aplicaciones del producto.

En este ensayo y de forma complementaria, el rendimiento obtenido del tratamiento testigo es estadísticamente igual sólo al tratamiento con 91 días entre aplicación de herbicida y el establecimiento de la lechuga, por lo tanto la persistencia para obtener un rendimiento estadísticamente igual a un tratamiento testigo sin la aplicación de halosulfuron a una dosis de 75 g i.a./ha es de 91 días.

Como se indicó anteriormente en el Cuadro 4, el peso fresco promedio de lechuga por tratamiento no presenta mayores diferencias entre sí, excepto por el tratamiento con 0 días entre aplicación de herbicida y plantación. Por otro lado, el principal efecto de halosulfuron-metil fue la muerte de plantas, afectando la variable número de plantas. Por lo tanto, considerando el número de plantas, el diámetro y peso como componentes del rendimiento de lechuga, el que realmente influye en él es el número de plantas, marcando finalmente las grandes diferencias registradas.

Ensayo 2

Las siguientes variables fueron evaluadas en este ensayo para determinar la persistencia de halosulfuron-metil para el posterior establecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.)

Número de plantas

Como se observa en la Figura 5, todos los tratamientos con aplicación de halosulfuron-metil presentaron un menor número de plantas desde la primera evaluación, comparados con el tratamiento testigo.

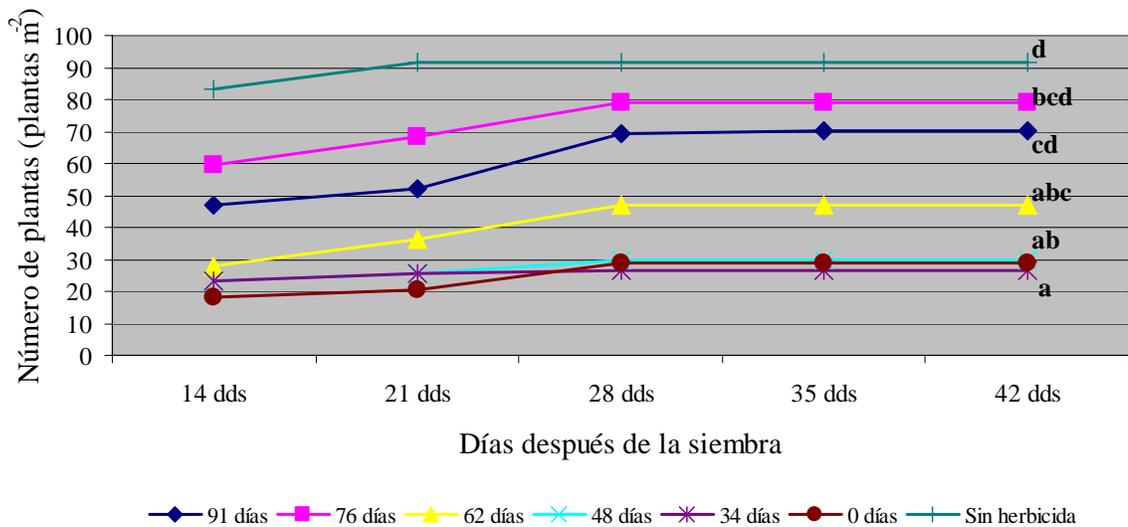


Figura 5. Número de plantas de espinaca por metro cuadrado de superficie, obtenido luego de diferentes periodos de degradación de halosulfuron-metil.

En contraste a lo expresado por Marín (1999) que sostiene que el periodo de emergencia fluctúa entre 7 a 12 días, en esta investigación la emergencia se estabilizó a los 21 días después de realizada la siembra (dds) para el tratamiento testigo y a los 28 días para el resto de los tratamientos, evidenciando un retraso en la emergencia para todos los tratamientos con la aplicación de halosulfuron-metil.

Según Marín (1999) la óptima de germinación ocurre entre los 10 a 20 grados. Giaconi y Escaf (2004) afirman que existen factores ambientales que inducen estados de receso y latencia que impiden un buen establecimiento. Además, en la semilla de espinaca la latencia es más manifiesta que en otras especies, con un poder germinativo más bien bajo y que acusa mejor germinación a temperaturas moderadamente bajas, ya que este proceso se

deteriora en siembras de veranos muy calurosos, particularmente cuando la semilla es muy nueva.

En experiencias con dosis de 57 a 225 g·ha⁻¹ de halosulfuron-metil, Umeda (2002) sostiene que en espinaca no ve afectada la emergencia ni el número de plantas, con un tiempo de espera de 4 a 5 meses entre aplicación de halosulfuron-metil y siembra.

Utilizando una dosis de hasta 80 g i.a. de producto por hectárea pero evaluados a los 11 días después de la aplicación de halosulfuron-metil, experimentos con brócoli no mostraron diferencias significativas en relación a la emergencia y establecimiento comparado con un tratamiento testigo, al contrario de la espinaca que no emergió adecuadamente en las mismas condiciones (Umeda y Deeter, 2003).

Los herbicidas aplicados a suelos con baja capacidad de retención como lo son los de tipo arenoso y con baja materia orgánica (< 2%) son rápidamente transferidos a la solución suelo y quedan disponibles en dosis en que las plantas cultivadas no pueden degradarlo, permaneciendo más tiempo el ingrediente activo en su forma activa y por ende más fitotóxico (Ormeño, 2007). Por otra parte, en los suelos con alta capacidad de retención, arcillosos y con más de 4% de materia orgánica, la mayor parte del herbicida queda adsorbido irreversiblemente.

En relación a las propiedades del suelo que pueden modificar la persistencia de un herbicida, la conjugación del porcentaje de materia orgánica (2,5%) y la textura franco-arenosa donde se realizó este ensayo está dentro del rango normal para las aplicaciones de herbicidas a las dosis indicadas, por lo que estos parámetros no influyeron en los resultados.

A la cosecha, el tratamiento testigo de esta investigación fue estadísticamente igual sólo a los tratamientos con 91 y 76 días entre aplicación del herbicida y siembra, por lo tanto la persistencia de halosulfuron para esta variable es de 76 días (Apéndice IV).

Altura de plantas

En relación a este parámetro, Maroto (1995) sostiene que en la fase de roseta de hojas, la planta puede alcanzar entre 15 y 25 cm de altura. Por otro lado Giaconi y Escaff (2004) señalan que a escala comercial las plantas se cosechan cuando éstas alcanzan unos 15 cm de altura, de forma similar a lo programado para este ensayo.

Según Umeda (2002), la altura de la espinaca no es afectada por ninguno de los tratamientos de halosulfuron-metil realizados, con una siembra efectuada 4 a 5 meses después de las aplicaciones y con dosis de 57 a 225 g·ha⁻¹ del herbicida.

En este ensayo las plantas con mayor altura se obtuvieron con el tratamiento testigo, con un promedio aproximado de 16 cm, mientras que el resto de los tratamientos no superaron los 12 cm de altura (Figura 6).

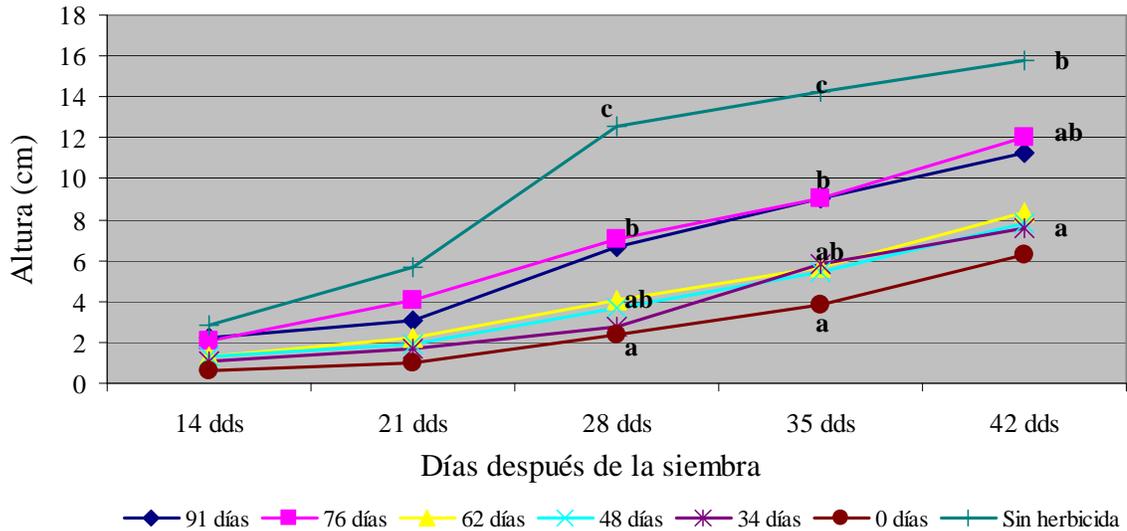


Figura 6. Evolución de la altura de plantas de espinaca durante del desarrollo del cultivo, obtenida luego de diferentes periodos de degradación de halosulfuron-metil.

La mayor tasa de crecimiento de las plantas del tratamiento testigo se produce entre la 3ª y 4ª semana después de la siembra mientras que para el resto de los tratamientos el crecimiento es más paulatino debido al retraso en la emergencia de estas plantas.

El tratamiento testigo presenta diferencias estadísticamente significativas con el resto de los tratamientos en la tercera y cuarta evaluación. En la última medición es estadísticamente igual a los tratamientos con 91 y 76 días entre aplicación y siembra (Apéndice V).

A las diversas formas de inhibir el metabolismo, es decir al mecanismo a nivel celular por el cual los herbicidas producen su efecto biocida sobre las plantas, se le denomina mecanismo de acción (Ormeño, 2007). Debido a esto, las plantas de espinaca ven afectada su altura en todos los tratamientos realizados ya que se afectan directamente los puntos de crecimiento, y con mayor intensidad en aquellos tratamientos cuyo tiempo de espera entre aplicación de halosulfuron-metil y siembra de espinaca es menor.

Bajo las condiciones que se realizó este ensayo la persistencia de halosulfuron-metil para el caso de la altura es de alrededor de 76 días, similar a lo observado en la variable número de plantas.

Fitotoxicidad visual

Al igual que lo observado en lechuga, la fitotoxicidad producida por halosulfuron-metil en espinaca se manifestó en plantas con clorosis apical, llegando en algunos casos a una necrosis parcial en márgenes de hojas y detención del crecimiento (Figura 7), de igual

forma a lo observado en papa (Grichar *et al.*, 2003), en tomate (Ormeño, *et al.*, 2003) y a lo descrito por Kogan y Pérez (2003).

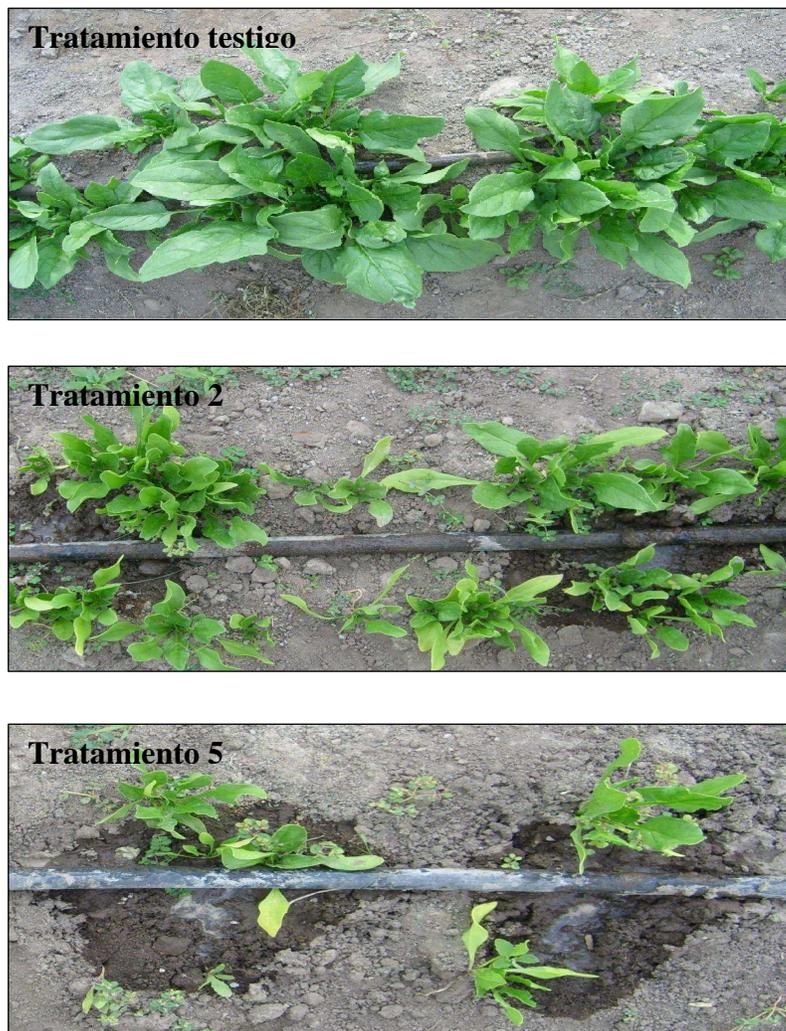


Figura 7. Comparación de la fitotoxicidad producida en plantas de espinaca por halosulfuron-metil en distintos tratamientos.

En la Figura 8 se observa la evolución de la fitotoxicidad visual en espinaca a través del desarrollo del cultivo.

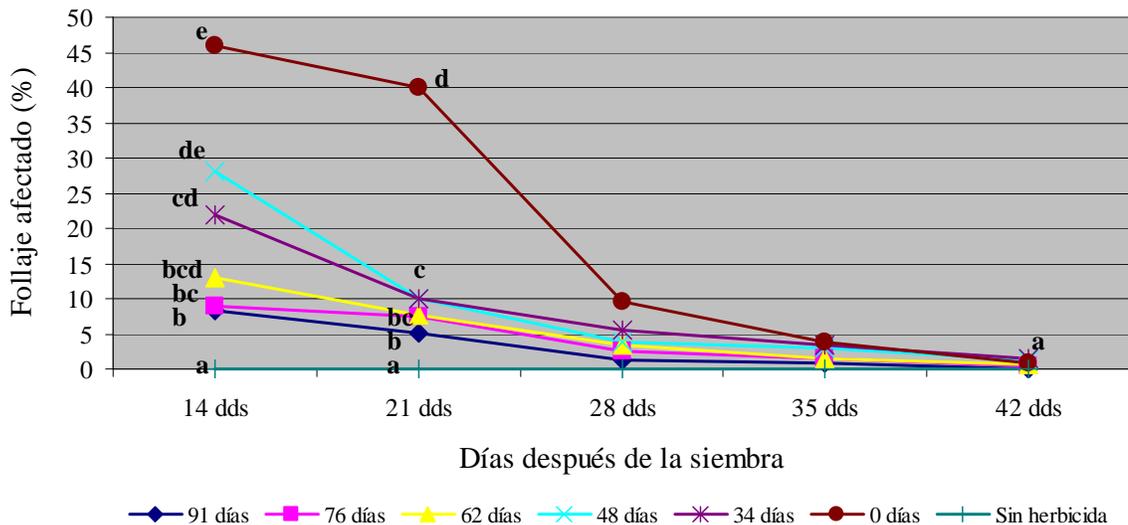


Figura 8. Fitotoxicidad en plantas de espinaca, obtenida luego de diferentes periodos de degradación de halosulfuron-metil.

Las diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ocurrieron en las primeras evaluaciones y a medida que transcurrió el tiempo, la fitotoxicidad visual disminuyó para todos los tratamientos (Apéndice VI). Estos resultados coinciden con los obtenidos en tomate con una dosis de 75 g i.a./ha (Ormeño *et al.*, 2003), en melón con 80 g i.a./ha (Brandenberger *et al.*, 2005) y en papa con 66 g i.a./ha (Grichar *et al.*, 2003), donde los efectos fitotóxicos visuales fueron de naturaleza temporal, ya que se restringieron principalmente a los primeros 7 a 15 días posteriores a la aplicación, tendiendo a desaparecer casi completamente después de 3 semanas de la aplicación del herbicida.

De igual forma a lo observado en esta investigación, Kogan y Pérez (2003) señalan que halosulfuron-metil es un herbicida que se absorbe vía radical y foliar y se moviliza vía simplasto y apoplasto.

A diferencia de lo ocurrido en lechuga, la fitotoxicidad no aumentó, sino que fue en descenso para todos los tratamientos, pudiendo deberse a que este cultivo fue sembrado, por lo que al iniciar las evaluaciones no presentaba raíces en pleno crecimiento, principal vía de entrada del herbicida a la planta.

Las plantas que presentaron una fitotoxicidad inicial no murieron por efecto del herbicida debido a que, como ya se hizo referencia anteriormente (Figura 5), el número de plantas no va en descenso. Así, las plantas de espinaca que lograron emerger pudieron sobreponerse al efecto de halosulfuron-metil.

Al momento de cosecha el tratamiento testigo es estadísticamente igual a los tratamientos con 91, 76 y 62 días entre aplicación del herbicida y siembra, lo que indica que la persistencia para la variable fitotoxicidad es alrededor de los dos meses, a pesar de que para todos los tratamientos la fitotoxicidad al momento de cosecha es menor a un 5%.

Peso Fresco

Los resultados obtenidos para esta variable corresponden al peso fresco acumulado proveniente de dos cosechas de espinaca, las cuales se realizaron a los 42 y 65 días después de la siembra (Cuadro 7).

Cuadro 7. Peso fresco promedio de espinacas en 50 cm lineales de camellón.

Tratamientos	Peso Fresco (g)
Sin herbicida	385,96 b
91	177,50 a
76	196,21 a
62	90,44 a
48	32,82 a
34	42,82 a
0	31,86 a
C.V.	100%

Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

Umeda (2002) no registró diferencias significativas en el peso fresco de los tratamientos con halosulfuron comparados con un tratamiento testigo sin aplicación de herbicida, luego de 4 a 5 meses entre las aplicaciones y la siembra de espinaca. En esta investigación y como se observa en el Cuadro 7 el mayor peso fresco se obtuvo del tratamiento testigo, que es estadísticamente diferente a todos los tratamientos con aplicación de halosulfuron-metil, por lo que la persistencia para el peso fresco de espinaca es mayor a tres meses.

Duración del cultivo

El cultivo de espinaca presentó una duración, desde siembra a la primera cosecha de 42 días. La segunda cosecha y final se realizó a los 21 días después de la primera cosecha, por lo que la duración total en campo fue de 63 días.

Rendimiento

El rendimiento de cada tratamiento se obtuvo a partir del peso fresco en un m² de superficie y como se observa en el Cuadro 8, todos los tratamientos tuvieron un bajo rendimiento, inclusive el testigo que fue el más alto. Además, todos los tratamientos resultaron estadísticamente diferentes del tratamiento testigo pero iguales entre sí.

Cuadro 8. Rendimiento de espinaca

Tratamientos	Rendimiento (g·m ⁻²)	Rendimiento (ton·ha ⁻¹)
Sin herbicida	1102,74 b	11,0274
91	507,14 a	5,0714
76	560,59 a	5,6059
62	258,41 a	2,5841
48	93,78 a	0,9378
34	122,34 a	1,2234
0	91,02 a	0,9102
C.V.	101%	

Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

Estos resultados difieren a los registrados en el rendimiento de poroto verde (Silvey *et al.*, 2006), en melón (Brandenberger *et al.*, 2005) y en tomate (Ormeño *et al.*, 2003) donde no existen diferencias significativas entre tratamientos con y sin aplicación de halosulfuron con una dosis de hasta 80 g·ha⁻¹.

A pesar de que la fitotoxicidad visual fue temporal, sin duda que afectó a los parámetros de crecimiento evaluados para este ensayo, constatándose como principal efecto de halosulfuron-metil una menor emergencia de plantas, por lo que la variable más afectada fue el número de plantas. Por otra parte, el peso fresco fue seriamente afectado en todos los tratamientos con aplicación de halosulfuron. En consecuencia, el rendimiento final de espinaca fue seriamente afectado, ya que ningún tratamiento realizado es estadísticamente igual al tratamiento testigo.

CONCLUSIONES

El rendimiento, a diferencia de las otras variables analizadas, está constituido a su vez por otros parámetros, viéndose influenciado por éstos en su resultado. Por lo tanto, a la hora de determinar la persistencia de halosulfuron-metil en los cultivos de lechuga y espinaca, se debe analizar, por una parte el rendimiento, y por otra independiente a sus componentes y el grado de influencia que ejercen.

Según los resultados y análisis realizados para ambos ensayos por separado y bajo las condiciones en que se realizó esta investigación, se puede concluir que:

- La persistencia de halosulfuron-metil para el establecimiento de lechuga es de 76 días.
- La persistencia de halosulfuron-metil para el establecimiento de espinaca es superior a los tres meses.
- En ambos ensayos el componente más afectado fue el número de plantas, por lo que una posible disminución de los efectos producidos por halosulfuron-metil debe ser trabajada en futuras investigaciones con enfoque a este parámetro, ya que incide directamente en el rendimiento e ingresos del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

AFIPA, 2005. Manual Fitosanitario 2006-2007. Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Plaguicidas Agrícolas A. G. (Chile). 1160p. Santiago, Chile.

Brandenberger, L., R. Talbert, R. Wiedenfeld, J. Shrefler, CH. Webber and M. Malik. 2005. Effects of Halosulfuron on Weeds Control in Commercial Honeydew Crops. *Weed Technology* 19:346-350.

Daehnfeldt. 2008. Catálogo de Productos. Disponible en WWW: http://www.daehnfeldt.com/moduler/produktler/frontend/index.asp?categoryID=24&ld_nu_mber=SP855&no=176. Leído 20 de Agosto de 2008.

Fennimore, S., R. Smith and M. Mcgiffen. 2001. Weed Management in Fresh Market Spinach (*Spinacia oleracea*) with S-metolachlor. *Weed Technology* 15:511-516.

Giaconi, V. y M. Escaff. 2004. Cultivo de Hortalizas. 15ª ed. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 335 p.

Grichar, W., B. Besler and K. Brewer. 2003. Purple Nutsedge Control and Potato (*Solanum tuberosum*) Tolerance to Sulfentrazone and Halosulfuron. *Weed Technology* 17:485-490.

Hager, A. and D. Nordby. 2008. Herbicide Persistence and How to Test for Residues in Soils. pp . In: Illinois Agricultural Pest Management Handbook. 23ª ed. University of Illinois Extension. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences. 358 p. Disponible en WWW: <http://www.ipm.uiuc.edu/pubs/iapmh/13chapter.pdf> Leído 22 de Septiembre de 2007.

Kogan, M. 1992. Malezas: Ecofisiología y Estrategias de Control. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 402 p.

Kogan, M. y A. Pérez. 2003. Herbicidas: Fundamentos Fisiológicos y Bioquímicos del Modo de Acción. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 333 p.

Marín, C. 1999. Curso Hortalizas de Hojas. Temuco, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Serie Carillanca N° 76. 66p.

Maroto, J. V. 1995. Horticultura Herbácea Especial. 4ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 611 p.

Oberpaur, C. 2007. Modelo de simulación de crecimiento y productividad potencial de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 70p.

ODEPA Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 2008. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal . Disponible en: <http://icet.siijsa.cl/> Leído 16 de Septiembre de 2008.

Ormeño, J. 1999. Nuevo producto mejora en control de chufa. *Tierra Adentro* 26:22-25.

Ormeño, J., F. Fuentes y V. Soffia. 2003. Tolerancia del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a aplicaciones post trasplante del herbicida halosulfuron-metil. *Agricultura Técnica* 63(2):125-134.

Ormeño, J. 2007. Introducción a la malherbología. Biología, ecología y control de malezas. Universidad Santo Tomás. Santiago, Chile. 253p.

Ortega, P. 2003. Control químico de malezas en espinaca (*Spinacia oleracea* var. bolero) y persistencia en el suelo de tres herbicidas utilizados previo al cultivo. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 40p.

Seminis Vegetables Seeds. 2008. Catálogo de Productos. Disponible en WWW: <http://www.seminis.cl/products/lechuga/sahara.asp> Leído 20 de Agosto de 2008.

Shem-Tov, S., S. Fennimore and T. Lanini. 2006. Weed Management in Lettuce (*Lactuca sativa*) with Preplant Irrigation. *Weed Technology* 20:1058-1065.

Silvey, B., W. Mitchem, A. Macrae and D. Monks. 2006. Snap Bean (*Phaseolus vulgaris*) Tolerance to Halosulfuron PRE, POST, or PRE followed by POST. *Weed Technology* 20:873-876.

Toledo, F. 1999. Manual de Prácticas Generales de Horticultura. Osorno, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Serie Remehue N° 78. 34p.

Umeda, K. 2002. Effect of Halosulfuron on Rotacional Crops. In Byrne and Baciewicz (Eds.) 2002 Vegetable Report. University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences. Disponible en WWW: http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1292/az1292_5b.pdf Leído 12 de Octubre de 2007.

Umeda, K. and B. Deeter. 2003. Sandea Herbicide Rotational Crop Replant Study. In Byrne and Baciewicz (Eds.) 2003 Vegetable Report. University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences. Disponible en WWW: http://cals.arizona.edu/pubs/crops/az1323/az1323_3f.pdf Leído 24 de Abril de 2008.

APÉNDICE

Apéndice I. Análisis estadístico del número de plantas de lechuga por metro cuadrado de superficie.

Tratamientos	Número de plantas								
	2	7	14	21	28	35	42	49	56
	ddp	ddp	ddp	ddp	ddp	ddp	ddp	ddp	ddp
	(plantas·m ⁻²)								
Sin herbicida	8,67	8,54	8,54	8,40	8,40	8,41	8,41	8,41	8,41
	a	b	b	c	c	d	c	c	c
91 días	8,67	7,87	7,60	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06	7,06
	a	b	b	bc	bc	bcd	bc	bc	bc
76 días	8,67	7,73	7,33	7,20	7,20	7,20	7,06	7,06	7,06
	a	b	b	bc	bc	cd	bc	bc	bc
62 días	8,80	7,47	6,79	6,53	6,53	6,39	6,39	6,39	6,39
	a	b	b	bc	bc	bc	b	b	b
48 días	8,67	7,20	6,80	5,60	5,34	5,20	5,20	5,20	5,20
	a	b	b	b	b	b	b	b	b
34 días	8,80	7,73	6,80	5,87	5,74	5,46	5,46	5,46	5,46
	a	b	b	b	b	bc	b	b	b
0 días	8,67	5,33	2,80	2,40	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
	a	a	a	a	a	a	a	a	a
C.V.	2%	18%	30%	33%	36%	36%	36%	36%	36%

Letras iguales en sentido vertical o para cada columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

Apéndice II. Análisis estadístico de la altura de plantas de lechuga.

Tratamiento	Altura de plantas								
	2 ddp	7 ddp	14 ddp	21 ddp	28 ddp	35 ddp	42 ddp	49 ddp	56 ddp
	(cm)								
Sin herbicida	5,57 a	5,90 a	7,02 c	10,36 d	15,08 d	16,99 c	20,35 d	22,01 d	22,93 c
91 días	5,78 a	5,64 a	6,52 bc	9,19 d	13,46 d	15,11 c	18,77 cd	20,75 cd	21,72 bc
76 días	5,43 a	5,32 a	5,70 ab	6,88 c	10,32 c	12,19 b	15,76 bc	18,29 bc	20,19 bc
62 días	5,67 a	5,39 a	5,68 ab	6,30 bc	9,44 bc	11,74 b	15,42 bc	18,28 bc	20,36 bc
48 días	5,77 a	5,39 a	5,10 a	5,28 ab	8,21 ab	10,39 b	13,73 ab	16,54 b	18,65 ab
34 días	5,75 a	5,32 a	5,20 a	5,60 ab	7,83 ab	9,87 ab	14,19 ab	16,68 b	18,65 ab
0 días	5,60 a	5,21 a	4,77 a	4,43 a	6,37 a	7,52 a	10,53 a	13,04 a	15,59 a
C.V.	6%	8%	17%	31%	31%	27%	23%	18%	14%

Letras iguales en sentido vertical o para cada columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

Apéndice III. Análisis estadístico de la fitotoxicidad visual en plantas de lechuga

Tratamientos	Fitotoxicidad visual de plantas						
	14 ddp	21 ddp	28 ddp	35 ddp	42 ddp	49 ddp	56 ddp
	(% follaje afectado)						
Sin herbicida	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
91 días	7,3 b	6,7 b	2,7 a	1,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
76 días	15,0 bc	5,0 b	3,7 a	1,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
62 días	30,0 cd	4,7 b	3,7 a	0,7 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
48 días	52,0 de	28,0 c	11,0 b	4,7 b	3,1 b	0,9 a	0,9 a
34 días	47,0 de	71,0 d	28,0 c	7,3 b	4,1 b	1,3 a	1,3 a
0 días	75,0 e	94,0 d	28,0 bc	16,0 c	5,0 b	1,3 a	1,3 a
C.V.	42%	71%	62%	67%	48%	22%	22%

Letras iguales en sentido vertical o para cada columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

Apéndice IV. Análisis estadístico del número de plantas de espinaca por metro cuadrado de superficie.

Tratamientos	Número de plantas				
	14 dds	21 dds	28 dds	35 dds	42 dds
	(plantas·m ⁻²)				
Sin herbicida	83,20 c	91,73 c	91,73 d	91,73 d	91,73 d
91 días	46,93 ab	52,27 ab	69,34 bcd	70,40 bcd	70,40 bcd
76 días	59,73 bc	68,27 bc	78,93 cd	78,93 cd	78,93 cd
62 días	27,73 a	36,27 ab	46,93 abc	46,93 abc	46,93 abc
48 días	23,47 a	25,60 a	29,87 ab	29,87 ab	29,87 ab
34 días	23,47 a	25,60 a	26,67 a	26,67 a	26,67 a
0 días	18,13 a	20,27 a	28,80 a	28,80 a	28,80 a
C.V.	56%	55%	50%	49%	49%

Letras iguales en sentido vertical o para cada columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

Apéndice V. Análisis estadístico de la altura de plantas de espinaca.

Tratamiento	Altura de plantas				
	14 dds	21 dds	28 dds	35 dds	42 dds
	(cm)				
Sin herbicida	2,85 a	5,66 d	12,54 c	14,27 c	15,78 b
91 días	2,24 bc	3,06 bc	6,64 b	9,03 b	11,23 ab
76 días	2,06 b	4,04 cd	7,07 b	9,03 b	12,01 ab
62 días	1,31 a	2,22 abc	4,07 ab	5,67 ab	8,38 a
48 días	1,29 a	1,92 ab	3,66 ab	5,41 ab	7,82 a
34 días	1,09 a	1,68 ab	2,77 a	5,84 ab	7,60 a
0 días	0,58 a	0,96 a	2,37 a	3,82 a	6,27 a
C.V.	47%	60%	64%	50%	40%

Letras iguales en sentido vertical o para cada columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.

Apéndice VI. Análisis estadístico de la fitotoxicidad visual en plantas de espinaca.

Tratamiento	Fitotoxicidad visual de plantas				
	14 dds	21 dds	28 dds	35 dds	42 dds
	(% follaje afectado)				
Sin herbicida	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
91 días	8,3 b	5,1 b	1,2 ab	0,8 a	0,0 a
76 días	9,0 bc	7,5 bc	2,5 abc	1,5 ab	0,5 ab
62 días	13,0 bcd	7,7 bc	3,5 bc	1,5 ab	0,7 ab
48 días	28,0 de	10,0 c	3,8 bc	3,0 bc	1,3 b
34 días	22,0 cd	10,0 c	5,5 c	3,3 bc	1,4 b
0 días	46,0 e	40,0 d	9,5 d	3,9 c	0,8 b
C.V.	36%	39%	62%	58%	47%

Letras iguales en sentido vertical o para cada columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 95%.