



HERBICIDA PENDIMETALIN COMO ALTERNATIVA A S-METALO- CLORO EN LA IMPLANTACIÓN DE REMOLACHA FORRAJERA EN LA NORPATAGONIA ARGENTINA

PENDIMETHALIN HERBICIDE AS AN ALTERNATIVE TO S-METALOCHLOR IN THE ESTABLISHMENT OF FODDER BEET IN NOR- PATAGONIA ARGENTINA

Carolina Borrazas^{1a,3*}, Omar Gajardo^{1b,3}, Juan José Gallego^{1c,2,3} y Lucrecia Avilés^{1d,3}

^{1a} Complejo Universitario Regional Zona Atlántica (CURZA), Universidad Nacional del Comahue, Aya-
cucho y Esandi (8500), Viedma, Argentina
<https://orcid.org/0009-0001-5233-1659>

^{1b} Complejo Universitario Regional Zona Atlántica (CURZA), Universidad Nacional del Comahue, Aya-
cucho y Esandi (8500), Viedma, Argentina
<http://orcid.org/0000-0002-4872-9234>

^{1c} Complejo Universitario Regional Zona Atlántica (CURZA), Universidad Nacional del Comahue, Aya-
cucho y Esandi (8500), Viedma, Argentina
<https://orcid.org/0000-0002-9340-1641>

^{1d} Complejo Universitario Regional Zona Atlántica (CURZA), Universidad Nacional del Comahue, Aya-
cucho y Esandi (8500), Viedma, Argentina
<https://orcid.org/0000-0002-3383-1324>

² Estación Experimental INTA Valle Inferior (8500), Viedma, Argentina

³ Unidad Integrada para la Innovación para el Sistema Agroalimentario (UIISA) de la Norpatagonia,
Río Negro, Argentina

* Autor para correspondencia: (Carolina Borrazas) malezas@curza.uncoma.edu.ar

RESUMEN

La remolacha forrajera es un cultivo de interés en la Norpatagonia Argentina, ya que es usada para la alimentación del ganado bovino en invierno. Aunque ofrece ventajas nutricionales y rendimientos significativos, su lenta implantación y la competencia con malezas presenta algunas dificultades para los productores, por lo que la aplicación de herbicidas es fundamental para el adecuado manejo del cultivo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de sustituir el herbicida preemergente S-metalocloro por pendimetalin en la implantación del cultivo. Se llevaron a cabo experimentos en maceta y de campo. El experimento en macetas consistió en tres tratamientos de herbicidas preemergentes (PRE): S-metalocloro 1 L ha⁻¹ (M) y pendimetalin en dos dosis: 4 y 6 L ha⁻¹ (P4 y P6); y un herbicida posemergente (POS): Betanal 1 L ha⁻¹ (B). El experimento de campo se realizó usando un diseño de parcelas divididas donde el factor principal fue PRE (P4, P6 y M), y el factor secundario fue POS: con y sin (B). Se evaluó la dinámica de emergencia del cultivo y el control de malezas, comparando riqueza, abundancia y diversidad entre tratamientos. En el experimento en macetas, el tratamiento P4 mostró una dinámica de emergencia del cultivo similar al tratamiento testigo (T), siendo menos fitotóxico que M. En ambos experimentos, los tratamientos no evidenciaron diferencias significativas en riqueza de especies de malezas, mientras que P4 sin POS fue el que presentó mayor abundancia y diversidad. La sustitución de M por P4 sería una alternativa adecuada para la implantación del cultivo de remolacha forrajera, acompañada de un herbicida de posemergencia.

Palabras clave: malezas, *Beta vulgaris* L., diversidad, riqueza, abundancia.

ABSTRACT

Fodder beet is a crop of interest in the Norpatagonia Argentina, since it is used for feeding cattle in winter. Although it offers nutritional advantages and significant yields, its slow establishment and competition with weeds pose challenges to producers, and thus the application of herbicides is essential for proper crop management. The objective of this study was to evaluate the effect of replacing the pre-emergent herbicide S-metolachlor by pendimethalin on the establishment of fodder beet. Pot and field experiments were carried out. The pot experiment consisted of 3 treatments of pre-emergent herbicides (PRE): S-metolachlor 1 L ha⁻¹ (M) and pendimethalin in two doses: 4 and 6 L ha⁻¹ (P4 and P6), and a post-emergent herbicide (POS): Betanal 1 L ha⁻¹ (B). The field experiment was conducted using a split-plot design, with PRE (P4, P6 and M) as the main factor, and with and without POS (B) as the secondary factor. Crop emergence dynamics and weed control were evaluated by comparing richness, abundance and diversity between treatments. In the pot trial, treatment P4 showed crop emergence dynamics similar to the control treatment (T), being less phytotoxic than M. In both experiments, the treatments did not show significant differences in weed species richness, while P4 without POS was the treatment exhibiting the highest abundance and diversity of species. The replacement of M by P4 would be a suitable alternative for the establishment of fodder beet crop accompanied by a post-emergence herbicide.

Keywords: weeds, *Beta vulgaris* L., diversity, richness, abundance

INTRODUCCIÓN

La remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L.) es una planta bianual perteneciente a la familia de Quenopodiáceas. Se trata de una planta con hojas basales grandes y raíz engrosada y carnosa que sobresale del suelo lo que facilita su pastoreo directo (Demagnet Filippi y Canales Cartes, 2020).

Esta especie ha sido utilizada en Europa durante más de 500 años y se extendió a América y Oceanía con la colonización. En Chile, tuvo su auge en el siglo XX como suplemento invernal en predios lecheros de zona templada. Su interés radicaba en obtener mayores rendimientos que otros cultivos invernales (Demagnet Filippi y Canales Cartes, 2020). El cultivo se introduce en el VIRN (Valle Inferior de Río Negro) en el año 2017, a través de técnicos del INTA con una superficie de investigación de 4 ha y en la actualidad ya cuenta con más de 80 ha de producción.

La remolacha forrajera es una opción para la alimentación del ganado bovino durante los meses de invierno en el VIRN. Según Favere (2021), este cultivo puede alcanzar entre 20 y 30 t ha⁻¹ de MS, incluyendo su follaje. Esto permite una alta carga animal por hectárea, reduciendo la necesidad de extensas áreas de cultivo en comparación con otras especies forrajeras. La calidad nutricional es otro factor distintivo, ya que se mantiene constante a lo largo de la temporada y puede ser pastoreada desde el otoño hasta la primavera.

Este recurso forrajero se caracteriza por tener un buen balance nutricional, aportando energía principalmente desde sus raíces y proteína desde sus hojas. La energía de las raíces es comparable a la del maíz, mientras que el contenido de proteí-

na en las hojas, cercano al 20%, permite que este forraje pueda ser una fuente de alimento clave sin necesidad de agregar forraje adicional (Favere, 2021).

En términos de costos, la remolacha forrajera se posiciona como una alternativa económica cuando se logran altos rendimientos, especialmente si se permite a los animales pastorear directamente el cultivo. Su flexibilidad de uso es otra ventaja, ya que puede alimentar de manera segura a distintas especies productoras de carne y adaptarse a diferentes sistemas de pastoreo. Gallego et al. (2019) afirman que los valles norpatagónicos tienen potencial para la producción de remolacha forrajera por sus características climáticas y la disponibilidad de agua para riego.

También es importante destacar el rendimiento animal, ya que debido a la calidad nutricional y al alto consumo, los animales experimentan notables ganancias de peso, entre 2.500 a 3.000 kg ha⁻¹ año⁻¹, lo que se traduce en un mayor crecimiento y mejora en la calidad de la carne (Favere, 2021).

Este cultivo tiene como desventaja que su implantación es lenta y la competencia con las malezas por agua, nutrientes y luz es una limitante para su crecimiento. Para abordar la problemática, desde la empresa proveedora de las semillas se recomienda una secuencia de aplicaciones de diferentes herbicidas desde PRE hasta POS emergencia.

En la actualidad se comercializan herbicidas capaces de actuar sobre la germinación o incluso elongación de la radícula con el fin de evitar que surjan las malezas que compitan con el establecimiento del cultivo (PRE). Su efectividad depende de un riego o precipitación para incor-

porarse a los primeros 5 cm de profundidad del suelo, donde la mayoría de las semillas de maleza germinan. Otros herbicidas son aplicados cuando la maleza ha emergido para ser absorbidos y traslocados al sitio de intervención (POS). En la mayoría de los casos, se deben aplicar sobre las malezas en sus primeras etapas de desarrollo, cuando son más susceptibles a los herbicidas y su competencia con el cultivo es mínima. El control de las malezas es esencial en el cultivo de remolacha, ya que este cultivo muestra poca agresividad en sus primeras etapas y tiene una competencia limitada con otras especies.

El paquete tecnológico para la producción de remolacha forrajera incluye la aplicación del herbicida S-metalocloro (Dual Gold), preemergente de acción sistémica, al momento de la siembra dado que controla un amplio espectro de malezas de hoja angosta y algunas de hoja ancha. En la temporada 2021/2022 este herbicida no pudo ser importado en los tiempos adecuados para su aplicación. Por ello, se propuso desde el grupo de Ecología y Control de Malezas del CURZA conducir un experimento con pendimetalin (Herbadox), uno de los herbicidas más frecuentemente utilizados en la zona para el control de malezas en los cultivos hortícolas, dado que inhibe la división y elongación celular de los meristemas de raíces y tallos, con efecto residual que se aplica sobre el suelo mullido antes de la emergencia de las malezas.

El objetivo de este experimento fue analizar el efecto de sustituir S-metalocloro por pendimetalin en la implantación de cultivo de remolacha forrajera, en el control de malezas, en condiciones semicontroladas y a campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones generales del estudio

Los experimentos se realizaron en el establecimiento de la UIISA (Unidad Integrada para la Innovación del Sistema agroalimentario de la Patagonia norte) Viedma, Río Negro (40°48.807' S, 62°59.801' O a nivel del mar). El clima en la

región es semiárido mesotermal, registrándose una precipitación media anual de 394 mm y una temperatura media anual de 14,2 °C. Es una zona fértil que cuenta con una red de canales para el suministro de agua de riego. El suelo del sitio experimental es franco arcilloso, con pH de 7,9; conductividad eléctrica (CE) de 1,02 dS·m⁻¹; 4,75% de materia orgánica (MO) y 0,28% de nitrógeno total (N).

Para evaluar el efecto de los herbicidas se establecieron dos experimentos, uno en condiciones semicontroladas en macetas y otro a campo. En ambos experimentos se utilizaron semillas de remolacha forrajera (*Beta vulgaris* var. *rapacea*) cv. Gerónimo (KWS).

Los tratamientos consistieron en aplicaciones de herbicidas PRE y POS. De acuerdo a las recomendaciones de la empresa KWS para este cultivo se utilizaron S-metalocloro (PRE) y Betanal (POS). Mientras que el herbicida alternativo: pendimetalin (PRE) fue elegido en referencia a otros cultivos hortícolas realizados en la misma época del año y para controlar las mismas malezas (Tabla 1). Tanto el experimento a campo como en maceta, se utilizó una pulverizadora tipo mochila con capacidad de 16 L y una boquilla número 110 SF 02, con un gasto aproximado de 200 L ha⁻¹.

Experimento en macetas

En macetas de 5 L con suelo de la zona, se sembraron 10 semillas de remolacha forrajera con riego por capilaridad mantenidas a capacidad de campo, con 4 repeticiones por tratamiento.

Se aplicó un diseño completamente al azar para los tratamientos PRE: S-metalocloro (M) y pendimetalin (P4 y P6) y cuando las malezas comenzaban a emerger (punta verde) de acuerdo a lo recomendado por la empresa KWS se dividieron en dos grupos de 4 macetas de cada tratamiento para aplicarles betanal (B). Las dosis se indican en el Tabla 2. No se incorporó un testigo sin PRE dado el alto grado de enmalezamiento del lote de donde se extrajo el suelo, que afectaría el análisis estadístico para la evaluación de la comunidad de malezas, si se consideró un testigo

Tabla 1. Herbicidas evaluados.
Table 1. Evaluated herbicides.

Nombre comercial	Principio activo	Tratamiento
Herbadox H20	Pendimetalin 45,4%	P
Dual Gold	S-metalocloro 96%	M
Betanalmaxx Pro 209	Fenmedifam 6,0% + Etofumesato 7,5% + Desmedifam 4,7%	B

Tabla 2. Tratamientos de herbicidas en los experimentos en macetas y a campo.
Table 2. Herbicide treatments used in the pot and field experiments.

Tratamiento	Dosis (kg i.a. ha ⁻¹)	Dosis (L ha ⁻¹)
Pendimetalin (P4)	1,82	4,0
Pendimetalin (P6)	2,73	6,0
S-metalocloro (M)	0,96	1,0
Betanal (B)	0,06 + 0,07 + 0,04	1,0

(T) para la emergencia de remolacha.

A partir del quinto día desde la siembra (DDS) se evaluó la emergencia de la remolacha cada 2 días, por un período de una semana. Con esta información se construyeron gráficos de emergencia vs DDS para evaluar el efecto de los herbicidas PRE sobre la dinámica de emergencia del cultivo.

Una semana después de la aplicación de cada herbicida PRE y POS, se identificaron y cuantificaron las especies de malezas en cada tratamiento. Se comparó la riqueza, abundancia y diversidad (H') según el índice de Shannon-Weaver entre los tratamientos mediante ANOVA y test LSD ($p < 0,05$).

Experiencia a campo

Se condujo un experimento de parcelas divididas con factor principal PRE y factor secundario POS. Cada uno de los 4 bloques constó de 2 camellones de ancho por 20 m de largo y cada parcela constó de 2 camellones de 6 m de largo con 1 m de bordura.

El experimento comenzó a fines de septiembre de 2021. El día de la siembra, se aplicó herbicida PRE en todo el bloque (factor principal): P4, P6 y M. Cuando las malezas se encontraban en punta verde, 24 DDS, se aplicó el herbicida POS (factor secundario): B y un testigo por bloque (Tabla 2). La ausencia de un tratamiento control (sin herbicida PRE) se debe a la competencia y alto índice de enmalezamiento del lote.

Transcurridos 20 días desde la aplicación del POS se identificaron y cuantificaron las especies de malezas en cada tratamiento de acuerdo a la escala de Brawn Blanquet (1979). Se comparó la riqueza, abundancia y diversidad según el índice de Shannon-Weaver entre los tratamientos mediante ANOVA doble y test LSD ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Experimento en macetas

La dinámica de emergencia de las semillas de remolacha con P4 resultó similar al T, observándose un 15% de germinación a los 5 DDS. Mien-

tras que la emergencia de las semillas en los tratamientos P6 y M se observó 9 DDS. Al cabo de 13 DDS la emergencia con P4 resultó similar a T (67,5 y 60,0%, respectivamente). La emergencia de la remolacha en ese período resultó significativamente menor con M (42,5%) (Fig. 1). P6 presentó la menor emergencia de remolachas 13 DDS.

A los 12 DDS comenzó la emergencia de las malezas (punta verde) y se realizó la aplicación con el herbicida POS (Tabla 3). Una semana después del control las especies más frecuentes fueron *Convolvulus arvensis*, *Xanthium spinosum* y algunas especies de la familia Brassicaceas en estado cotiledonal, además se identificaron escasos individuos de *Polygonum aviculare*, *Picris echinoides*, *Echinochloa crus-galli* y *Portulaca oleracea*. Los tratamientos que no recibieron POS, independientemente del PRE aplicado, presentaron mayor riqueza de especies. La aplicación de POS redujo esta variable a la mitad.

Tanto la densidad de plantas por maceta como la diversidad según el índice de Shannon-Weaver resultaron similares en todos los tratamientos, excepto P4 sin POS que presentó un mayor número de plantas principalmente Brassicaceas (7 pl. maceta⁻¹), duplicando la densidad de los otros tratamientos sin POS y quintuplicando a los tratamientos con POS (Tabla 3).

Experimento a campo

En la experiencia a campo se replicaron los tratamientos alternativos PRE (P4 y P6) con y sin POS en punta verde, además se evaluó el tratamiento sugerido por la empresa KWS (PRE: M y POS: B en punta verde) (Tabla 2).

La aplicación de los herbicidas alternativos (P4 y P6) no afectó el establecimiento del cultivo de remolacha forrajera contabilizando en promedio cinco plantas por metro lineal comparado con el tratamiento sugerido por la empresa (M). Aunque se observó un menor número de plantas en el tratamiento P4 sin POS, donde las malezas presentaron una mayor cobertura del suelo compitiendo con el cultivo (Fig. 2).

Veinte días después de la aplicación del POS

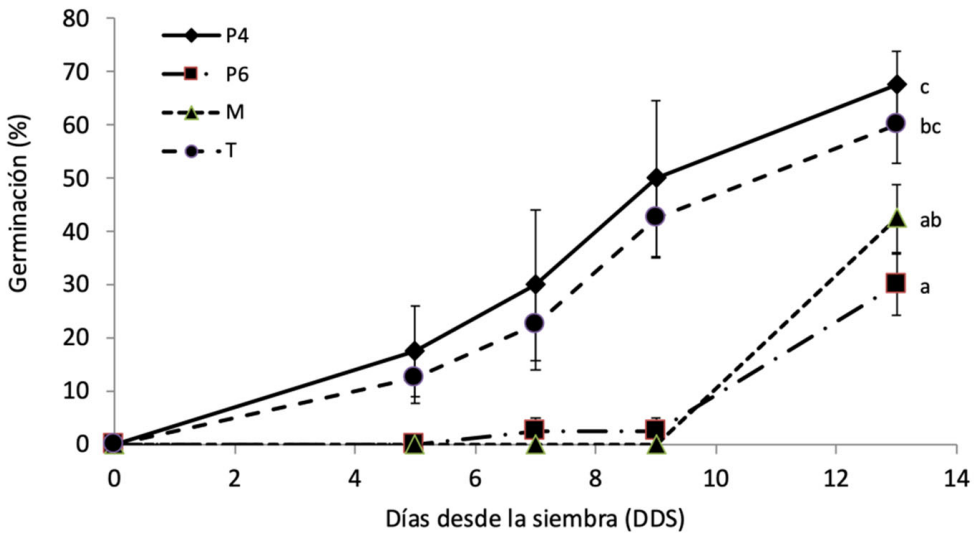


Fig. 1. Efecto de herbicidas PRE sobre la dinámica de emergencia de la remolacha forrajera. Al momento de la siembra se aplicaron los tratamientos= T: testigo, P4: pendimetalin 4 L ha⁻¹, P6: pendimetalin 6 L ha⁻¹ y M: S-metalocloro 1 L ha⁻¹. Cada punto corresponde al promedio de 4 macetas con 10 semillas cada una. Las letras indican diferencias entre los tratamientos a los 13 DDS.

Fig. 1. Effect of PRE herbicides on the emergence dynamics of fodder beet. At sowing, the applied treatments were: T: control, P4: pendimethalin 4 L ha⁻¹, P6: pendimethalin 6 L ha⁻¹ and M: S-metalochlore 1 L ha⁻¹. Each point corresponds to the average of 4 pots with 10 seeds each. Letters indicate differences between treatments at 13 days after sowing (DDS).

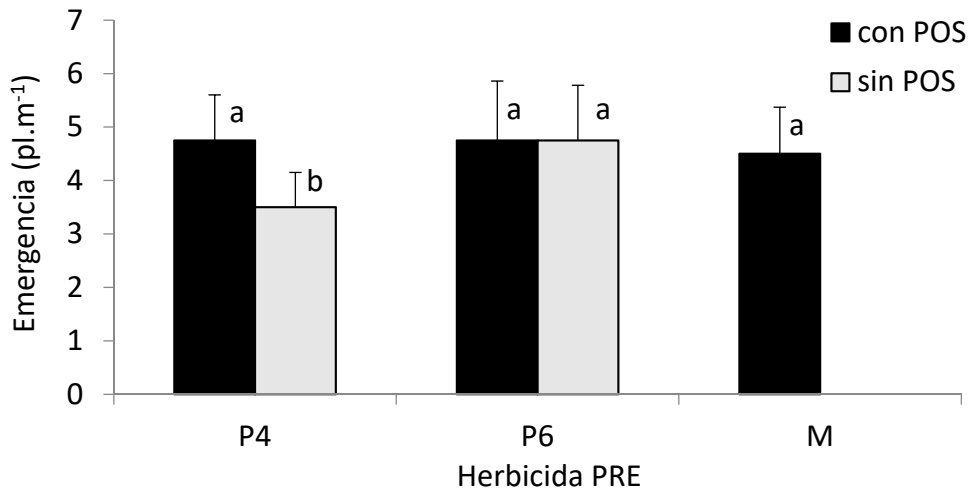


Fig. 2. Efecto de los herbicidas sobre la emergencia de la remolacha forrajera a campo. Los herbicidas PRE = P4: pendimentalin 4 L ha⁻¹, P6: pendimentalin 6 L ha⁻¹ y M: S-metalocloro 1 L ha⁻¹ y el herbicida POS Betanal 1 L ha⁻¹. Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Fig. 2. Effect of herbicides on fodder beet emergence under field conditions. PRE herbicides: P4: pendimethalin 4 L ha⁻¹, P6: pendimethalin 6 L ha⁻¹, and M: S-metalochlore 1 L ha⁻¹, and POS herbicide Betanal 1 L ha⁻¹. Letters indicate significant differences between treatments ($p < 0,05$).

Tabla 3. Control de malezas en el experimento en macetas.
Table 3. Weed control in the pot experiment.

PRE	POS (L ha ⁻¹)	Riqueza (N° spp)	Densidad (pl. maceta ⁻¹)	Diversidad (H')
P4	0	3,00 ± 0,42 b	11,25 ± 2,14 b	4,34 ± 0,97 b
	1	1,00 ± 0,41 a	2,00 ± 0,82 a	0,35 ± 0,35 a
P6	0	2,13 ± 0,30 ab	5,50 ± 1,32 a	2,22 ± 0,58 a
	1	1,25 ± 0,25 a	2,00 ± 0,58 a	0,38 ± 0,38 a
M	0	2,75 ± 0,48 b	5,25 ± 1,25 a	2,71 ± 1,18 ab
	1	1,50 ± 0,50 ab	3,50 ± 0,50 a	0,75 ± 0,75 a

Las letras indican diferencias significativas dentro de cada variable de estudio ($p < 0,05$).

en el estadio fenológico de punta verde la riqueza no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos. Las especies que se identificaron fueron: *Convolvulus arvensis*, *Polygonum aviculare*, *Picris echioides*, *Xanthium spinosum* y algunas representantes de la familia Brassicaceas; y con menor frecuencia: *Sonchus* spp, *Lamiun amplexicaule*, *Echinochloa crus-galli*, *Salsola kali*, *Melilotus officinalis* y *Malvella leprosa*.

La comunidad de malezas en el tratamiento P4 sin POS presentó mayor cobertura del suelo y mayor índice de diversidad de especies que el resto de los tratamientos (Tabla 4).

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados en el tratamiento P4, que presenta una dinámica de emergencia similar a las semillas sin tratamiento, este herbicida permitiría que las plantas de remolacha alcancen un mayor desarrollo para competir con las malezas en los estadios críticos de establecimiento del cultivo. Sin embargo, el tratamiento M, recomendado en el paquete tecnológico por la empresa KWS, retrasa la germinación e incluso al cabo de los 13 DDS evidencia fitotoxicidad con una disminución del 17,5% del poder germinativo.

A pesar que el herbicida pendimetalin no ha sido evaluado para el control de malezas en el cultivo de remolacha forrajera por otros autores, sí es en un herbicida que suele utilizarse en cultivos hortícolas en la región al igual que el S-metalocloro. En experimentos con herbicida PRE, en dosis similares a los tratamientos P4 y M, en cultivos como ajo, alcaucil, chí y cebolla, se observó baja fitotoxicidad de pendimetalin (Guerra et al., 2020; Grasso et al., 2020; Villegas Rojas, 2013; Olescowicz et al., 2021). Sin embargo, S-metalocloro presentó un 46% de toxicidad sobre cebolla (Olescowicz et al., 2021), un 33% de fitotoxicidad en ajo (Guerra et al., 2020) y 33 y 56% en la emer-

gencia de chí, según Villegas Rojas (2013) y Karkanis et al. (2018), respectivamente.

La efectividad de P4 en el control de malezas resulta adecuada cuando se combina con tratamientos POS, tal cual lo recomienda la empresa KWS. Dale et al. (2017) en un experimento de control de malezas con microdosis de herbicidas POS, en un cultivo de remolacha azucarera, concluyeron que para alcanzar resultados exitosos se debe acompañar con tratamientos POS, a expensas de dañar el 6% de las plantas de remolacha. En el mismo sentido, Darwish et al. (2021) observaron que con la combinación PRE y POS se obtiene un mejor control de la biomasa de malezas: PRE (acetoclor) 48,6%, POS (metamitron) 66,7% y combinados 76,3%, respecto al testigo sin desmalezar. Es por esto que, resulta imprescindible evaluar diferentes alternativas PRE para reducir el daño en la emergencia del cultivo.

Respecto al herbicida PRE, la aplicación de pendimetalin resultó efectiva en el control de malezas en el cultivo de chí tanto en experimentos realizados en Chile por Villegas Rojas (2013) como en Grecia por Karkanis et al. (2018). Algo similar observaron Grasso et al. (2020), en alcaucil, donde pendimetalin (3,6 L ha⁻¹) resultó más efectivo que los otros PRE analizados. Guerra et al. (2020) en un experimento de ajo, donde probaron la efectividad de siete herbicidas PRE, destacan al pendimetalin (0,96 kg ha⁻¹) como el mejor de los herbicidas ensayados dado el control realizado sobre la comunidad de malezas y la baja toxicidad sobre el cultivo, mientras que S-metalocloro (1,2 kg ha⁻¹) resultó efectivo en el control de malezas, pero evidenció síntomas de fitotoxicidad.

Los resultados de la presente investigación coincidieron con los reportados en estos estudios, ya que observamos una alta eficacia del pendimetalin como herbicida PRE en el control de malezas, con un impacto positivo en el desarrollo del cultivo y una baja incidencia de fito-

Tabla 4. Control de la comunidad de malezas en el experimento a campo.
Table 4. Weed control in the field experiment.

PRE	POS (L ha ⁻¹)	Riqueza (N° spp)	Cobertura (proporción)	Diversidad (H')
P4	0	5,00 ± 0,91 a	0,50 ± 0,16 b	0,71 ± 0,19 b
	1	4,50 ± 0,87 a	0,10 ± 0,03 a	0,31 ± 0,06 a
P6	0	3,50 ± 0,65 a	0,14 ± 0,04 a	0,37 ± 0,09 a
	1	3,50 ± 0,65 a	0,07 ± 0,01 a	0,25 ± 0,03 a
M	1	3,25 ± 0,25 a	0,14 ± 0,04 a	0,37 ± 0,08 a

Las letras indican diferencias significativas dentro de cada variable de estudio ($p < 0,05$).

toxicidad. Este trabajo permitiría sugerir el uso de pendimetalin como una opción en la gestión de malezas en distintos cultivos.

CONCLUSIONES

Según los resultados del experimento en macetas, el tratamiento con pendimetalin (4 L ha⁻¹) mostró una dinámica de emergencia del cultivo similar al tratamiento testigo alcanzando un 67,5% de germinación a los 13 DDS. Este dato sugiere que pendimetalin (4 L ha⁻¹) sería menos fitotóxico que S-metalocloro para la remolacha forrajera.

La aplicación de pendimetalin (4 L ha⁻¹), en el experimento en macetas, resultó en un control adecuado de las malezas, especialmente cuando se aplicó en combinación con herbicidas POS. La reducción de la riqueza de especies y la disminución de la densidad de malezas, en comparación con tratamientos sin POS, indican un potencial control de malezas similar al obtenido con S-metalocloro.

En el experimento a campo, el tratamiento con pendimetalin (4 L ha⁻¹) no mostró diferencias significativas en la riqueza de especies de malezas con los otros tratamientos. El mayor número de plantas en el tratamiento pendimetalin (4 L ha⁻¹) sin POS aumentaría la competencia entre las malezas y el cultivo, por lo que debería considerarse siempre la combinación con POS.

La sustitución de S-metalocloro por pendimetalin (4 L ha⁻¹) sería una alternativa adecuada para la implantación del cultivo de remolacha forrajera acompañada de un herbicida de postemergencia.

Aunque los resultados preliminares son alentadores, es esencial realizar estudios a mayor escala y durante varias temporadas para confirmar la viabilidad de pendimetalin como alternativa al S-metalocloro. Factores como la variabilidad climática y las condiciones del suelo pueden influir en la eficacia a lo largo del tiempo

AGRADECIMIENTOS

Al INTA Valle Inferior, Río Negro, Argentina por permitirnos realizar el experimento en sus instalaciones y a sus profesionales por acompañarnos durante todo su desarrollo.

Contribución de autores

Todos los autores participaron activamente en la revisión bibliográfica, elaboración de la metodología, discusión de los resultados y revisión y aprobación de la versión final del artículo.

LITERATURA CITADA

- Braun-Blanquet J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume Ediciones, Madrid.
- Dale, T.M., K.A. Renner, and A.N. Kravchenko. 2017. Effect of herbicides on weed control and sugarbeet (*Beta vulgaris*) yield and quality. *Weed Technology* 20(1):150-156. doi:10.1614/WT-04-278R1.1. Published online by Cambridge University Press: 20 January 2017.
- Darwish, N., M. Abd El-Kader, A. AbdEl-Aal, and K. Azzam. 2021. Weed interference and control in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Fayoum Journal of Agricultural Research and Development* 35(1):13-22. doi: 35. 10.21608/fjard.2021.188079.
- Demagnet Filippi, R. y C. Canales Cartes. 2020. Manual de Remolacha Forrajera. Eds. Deck, Knopel Schüller, Reyes Dimter y Vásquez Martínez. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales Universidad de La Frontera. ISBN 978-956-09253-3-6 <https://www.aproval.cl/manejador/resources/manual-remolacha-forrajera.pdf>

- Favere, V. 2021. Cultivo y uso de la remolacha forrajera para pastoreo directo. INTA Valle medio https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/13232/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAAltoValle_Favere_VM_Cultivo_y_uso_remolacha_forrajera_pastoreo_directo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gallego, J.J., F. Neira Zilli, P. Baffoni y M.G. Garcilazo. 2019. Remolacha forrajera: un nuevo cultivo para los sistemas de producción de carne de los valles Norpatagónicos. Ed. INTA 12(78):1-18. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/9726/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAValleInferior_Gallego_JJ_Remolacha_azucarera.pdf?sequence=2&isAllowed=y (consultado el 29 de febrero de 2024)
- Grasso, R.O., M.P. Ortiz Mackinson, D.M. Balaban, R. Rotondo y E. Vita Larrieu. 2020. Evaluación de herbicidas en pre y pos emergencia en el cultivo de alcaucil (*Cynaracardunculus* var. *scolymus* L). Ciencias Agronómicas (36):e009. <https://doi.org/10.35305/agro36.301>
- Guerra, N., R. Haramoto, J. Schmitt, G.D. Costa, J.J. Schiessel, and A.M. Oliveira Neto. 2020. Weed control and selectivity herbicides pre emerging in garlic cultivars. Planta Daninha. 38:e020228966. doi.org/10.1590/S0100-83582020380100074
- Karkanis, A.C., C.K. Kontopoulou, C. Lykas, I. Kakabouki, S.A. Petropoulos, and D. Biliadis. 2018. Efficacy and selectivity of pre- and post-emergence herbicides in chia (*Salvia hispanica* L.) under mediterranean semi-arid conditions. Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 46(1):183-189. <https://doi.org/10.15835/nbha46110979>
- KWS. 2017. Remolacha forrajera para pastoreo directo. La manera de reducir costos de alimentación y mejorar ganancias https://www.kws.com/cl/media/sugarbeet/kws_remolacha_forrajera_pastoreo_directo_catalogo.pdf (consultado 26 de febrero de 2024)
- Olescowicz, D., D.L. Fruet, G. Cunha, L. Luiz, N. Guerra y A.M. de Oliveira Neto. 2021. Seletividade de herbicidas comatividade residual em cebola cultivada em sementeira direta. <https://www.weedcontroljournal.org/pt-br/article/seletividade-de-herbicidas-com-atividade-residual-em-cebola-cultivada-em-semeadura-direta/>
- Villegas Rojas, D. 2013. Efecto de la aplicación de herbicidas sobre el rendimiento en Chía (*Salvia hispanica* L.) en la región Metropolitana. Tesis profesional de ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago. Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/148662>