

Control químico del árbol del cielo (*Ailanthus altissima*)

SOLER J^{1a}, IZQUIERDO J¹, VILAMÚ J²

¹Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia, UPC. Campus Baix Llobregat. Ed. D4. 08860 Castelldefels, ^a soleraaa@hotmail.com

² Servei de Medi Natural. Parc Natural de la Serra de Collserola. Ctra. de l'Església, 92, 08017 Barcelona

Resumen: El árbol del cielo (*Ailanthus altissima*) es una especie invasora con alta capacidad de expansión, capaz de instalarse y competir con la flora autóctona en áreas naturales. Con el fin de encontrar materias activas eficientes para su control se han realizado diferentes tratamientos inyectando herbicida en árboles de diámetro < 10 cm. En otoño de 2019, inyectando metribuzina (60%) y aclonifen (60%), ambos diluidos al 40%, se observó una mortalidad del 62% y 0% respectivamente. Triclopir (9%) + fluroxipir (3%) diluidos al 1% y 10% mostraron una mortalidad del 13% y 79% respectivamente. Inyecciones de vinagre, un detergente y un tensioactivo a tocones de árboles cortados no mostraron ningún control sobre los mismos. En verano de 2020, metribuzina (60%) diluida al 80%, presentó una mortalidad del 38%, triclopir (9%) + fluroxipir (3%) diluido al 60% y triclopir (24%) + aminopiraldida (3%) diluido al 60% y 80% mostraron una mortalidad total. En otoño de 2020 inyecciones de fluroxipir (20%) al 75% mostraron una mortalidad total y diluido al 50% una mortalidad del 96%.

Palabras clave: *Ailanthus*, inyección al tronco, triclopir, aminopiraldid, fluroxipir, metribuzina, aclonifen.

1. Introducción

El ailanto está considerado una especie exótica invasora en el ámbito europeo (Europa, R 2019/1262) y español (España RD 630/2013). Está presente en Cataluña (Andreu & Pino, 2013) y abunda en el Parque Natural de la Sierra de Collserola de Barcelona en donde se estima que ocupa un área de unas 40 hectáreas. Se reproduce de forma sexual y vegetativa (Kowarik & Saumel, 2007) y el control químico se ha mostrado como una herramienta eficaz para su control. Aunque en la actualidad se conocen diferentes materias activas eficaces (Soler *et al.*, 2017), es necesaria la búsqueda de otras nuevas con el fin de disponer de mayores opciones para su control. Debido a la creciente concienciación medioambiental, se están buscando nuevos herbicidas con materias activas de baja toxicidad y residualidad (Heisey & Kish, 2003). En el caso concreto del ailanto, se ha propuesto el uso de agentes

biológicos como el hongo del género *Verticilium nonalfalfae* como herramienta de control (Maschek & Halmschlager, 2017). El propio ailanto posee una molécula, la *ailantona*, con efecto herbicida (Lin *et al.*, 1995), pero no se ha observado ningún efecto sobre plántulas de ailanto en postemergencia (Heisey, 1996).

Complementando el trabajo de Soler *et al.*, 2017 sobre el control del ailanto en ecosistemas naturales, nos proponemos determinar la eficacia de nuevas materias activas y productos considerados ecológicos aplicados en inyección al tronco o al tocón cortado en ailantos de diámetro inferior a 10 cm en diferentes épocas de aplicación.

2. Material y Métodos

Se realizaron tres ensayos en años diferentes en la zona de la Carretera de les Aigües del Parc Natural de la Serra de Collserola en Barcelona (41°24'49.4"N 2°07'04.7"E). Los tratamientos se realizaron en verano u otoño dependiendo del año y constaron de 3 repeticiones de 10 árboles cada uno, más la parcela testigo. Los productos utilizados en otoño fueron metribuzina (E1), aclonifen (E2), triclopir + fluroxipir (E3), fluroxipir (E8) y productos alternativos como vinagre, detergente de platos y el tensoactivo lauril éter sulfato sódico (E4). Los productos utilizados en verano fueron metribuzina (E5), triclopir + fluroxipir (E6) y triclopir + aminopirialid (E7). En algunos casos se aplicaron a diferentes diluciones (**Tabla 1**).

Tabla 1. Detalle de cada tratamiento y cantidad de ingrediente activo (i.a) inyectado por árbol.

Tratamiento	Fecha	Producto	Dilución i.a por árbol (ml)	
E1	10/11/19	Metribuzina 60% (Sencor Liquid, Bayer)	40%	2,3
E2	10/11/19	Aclonifen 60% (Challenge, Bayer)	40%	2,3
E3	10/11/19	Triclopir 9% + Fluroxipir 3% (Garlon GS, Corteva)	1% 10%	0,009 + 0,003 0,09 + 0,03
E4	11/11/18	Detergente (Fairy ultra) Vinagre (de cocina) Tensoactivo (Lauril éter sulfato sódico) (Texapon N 40 IS)	100%	
E5	28/06/20	Metribuzina 60% (Sencor Liquid, Bayer)	80%	3,2
E6	28/06/20	Triclopir 9% + Fluroxipir 3% (Garlon GS, Corteva)	60%	0,36 + 0,12
E7	28/06/20	Triclopir 24% + Aminopirialida 3% (Tordon Star, Corteva)	60% 80%	1,30 + 0,16 1,73 + 0,22
E8	26/09/20	Fluroxipir 20% (Starane 20, Corteva)	75 % 50 %	1,3 0,7

Para todos los ensayos excepto el E4 se usó la técnica de inyección al tronco de árboles erectos, realizando cuatro agujeros por árbol (con inclinación suficiente para no inyectar el producto lejos de la parte viva del tronco), alrededor del tronco y a pocos centímetros del suelo mediante una broca de 8 mm. Se inyectaron 2,5 ml de caldo por agujero con una jeringa. En los árboles testigo no se hizo ninguna intervención. En el ensayo E4 se cortaron los árboles a pocos centímetros del suelo y se realizaron los agujeros con una broca de 10

mm en el tocón cortado, inyectando 6 ml de producto sin diluir. En los árboles testigo de este ensayo se procedió a cortar el árbol y hacer agujeros sin inyectar nada. Todos los árboles fueron objeto de un seguimiento de su estado: vivos, si presentaban o no alguna afectación, o muertos (**Tabla 2**).

El control se consideró eficaz cuando la totalidad del árbol tratado presentaba todos los brotes y ramas sin hojas, bien porque se habían secado (en tratamientos de verano) o bien porque no habían brotado (en tratamientos de invierno). Para determinar la eficacia de cada producto se realizó un análisis ANOVA ($\alpha = 0,05$) y una separación de medias con el test de Tukey mediante el programa R-Commander versión 3.5.2.

Tabla 2. Fechas de seguimiento para cada tratamiento.

Tratamiento	Fechas de seguimiento						
E1, E2 y E3	14/06/20	20/07/20	31/08/20	28/09/20	18/04/21		
E4	01/05/19	20/07/19					
E5, E6, E7, y E8		20/07/20	31/08/20	28/09/20	18/04/21	20/07/21	23/08/21

3. Resultados y discusión

En la gran mayoría de productos a los 7 meses del tratamiento se observaron árboles muertos, aunque el grado de mortalidad difirió entre los diferentes productos (**Tabla 3**). En algunos de ellos, como fue el caso de aclonifen 60% y los productos alternativos, la eficacia a la dosis aplicada fue claramente insuficiente. En otros, como la metribuzina 60%, la eficacia si el producto se aplicaba en verano era mucho menor que si se aplicaba en otoño. Las materias activas triclopir, aminopiralida y fluroxipir se consideraron útiles para el control de *A. altissima*. Metribuzina podría contemplarse como una opción para hacer combinaciones de materias activas y potenciar la mortalidad de la aplicación.

Tratamientos en otoño

E1: Con metribuzina todos los individuos mostraron síntomas de afectación, incluso árboles no inyectados cercanos mostraron necrosis en las hojas, sin embargo, no hubo un control total, por lo que se decidió repetir el producto a una mayor dosis en verano (ensayo **E5**).

E2: Con aclonifen no se observó ningún control, todos los individuos brotaron desde el primer seguimiento.

E3: Con triclopir + fluroxipir la dosis del 1% no mostró ninguna eficacia y gran parte los individuos tratados tenían una brotación sana. Con la dosis del 10%, se observó una mortalidad promedio del 50% en el primer seguimiento, llegando al 79% en el último. Observando estos resultados esperanzadores, se decidió inyectar el producto en primavera del año siguiente a una mayor concentración (ensayo **E6**).

E4: Ninguno de los productos mostró eficacia y los tratamientos no presentaron diferencias significativas con el testigo. Estos resultados corroboran el de otro estudio en donde inyectando en verano los mismos productos tampoco se obtuvo control (Soler *et al.*, 2019).

Tratamientos en inicio verano

E5: La metribuzina aplicada en verano no fue suficiente para el control, incluso aumentado la dosis aplicada en otoño (ensayo **E1**), que sí dio resultados. Se atribuye esta falta de efectividad en la aplicación de inicios de verano al hecho de que el flujo de sabia predominante en el árbol tendrá sentido ascendente y no descendente como en otoño que facilitaría su llegada a las raíces y la afectación de éstas. En estos resultados también se debe tener en cuenta que entre la inyección y el último seguimiento pasaron menos días que en la inyección de otoño.

E6: Al final de los 14 meses murieron todos los individuos tratados. El hecho de aumentar la dosis respecto del ensayo E3 mostró mayor efectividad.

E7: Con triclopir + aminopiralida murieron todos los individuos tratados. Aminopiralida se presenta como materia activa interesante a seguir estudiando para el control de esta especie invasora.

Tratamientos en otoño

E8: Con fluroxipir murieron todos los individuos tratados, excepto con la dosis del 50%, que tuvo una eficacia del 96%. El efecto herbicida fue lento, ya que 7 meses después de las inyecciones gran parte de los árboles seguían vivos y no fue hasta los 11 meses después de la inyección que se observó mortalidad. Conviene indicar que según Fogliatto *et al.* (2020) los tratamientos que contienen fluroxipir dan peores resultados que los que contienen aminopiralida. En Italia (Cristoforo, 2018) usando la técnica de inyección al tronco, aplicando en julio aminopiralida (3,5%) + fluroxipir (14,14%) diluido al 10%, el 78% de los individuos tratados estaban vivos dos años después de la inyección. Los mismos autores usando el mismo producto, pero inyectando en septiembre y sin diluir, observaron en mayo del siguiente año que el 43% de plantas seguían vivas.

En relación con los ensayos E7 y E8, Fogliatto *et al.* (2020) observaron que la combinación aminopiralida + fluroxipir aplicada en pulverización sobre el tocón cortado y la corteza dieron un mejor resultado que la aplicación de glifosato o triclopir + fluroxipir.

Aunque se observara una mortalidad del 100%, algunos rizomas de árboles inyectados presentaron partes vivas con nuevas raíces en crecimiento. Por ese motivo, sería recomendable hacer un seguimiento más prolongado de los árboles para evaluar su capacidad de rebrote y poder confirmar la eficacia de las materias activas estudiadas en este trabajo. También creemos interesante evaluar a largo plazo la efectividad de la técnica de inyección al tronco y la aplicación a tocón cortado.

Tabla 3. Mortalidad del ailanto de los tratamientos según producto aplicado (árboles $\Theta < 10$ cm). Los valores con la misma letra no son significativamente diferentes con $\alpha = 0,05$. La significación es el resultado del cálculo para cada bloque de la tabla. * Días entre inyección y último seguimiento.

Tratamiento	Fecha	Materia activa (Dilución %)	Mortalidad (%) \pm ES	* (Días)
E1	10/11/19	metribuzina 60% (40%)	62 \pm 25,78 ^{ab}	525
E2	10/11/19	aclonifen 60% (40%)	0 \pm 0 ^c	“
E3	10/11/19	triclopir 9% + fluroxipir 3% (1%)	13 \pm 8,82 ^{bc}	“
E3		triclopir 9% + fluroxipir 3% (10%)	79 \pm 6,46 ^a	“
		testigo	0 \pm 0 ^c	“
E4		detergente (100%)	3,7 \pm 3,7 ^a	251
E4	11/11/18	vinagre (100%)	26,7 \pm 26,7 ^a	“
E4		tensoactivo (100%)	26,7 \pm 17,6 ^a	“
		testigo	6,7 \pm 6,7 ^a	“
E5	28/06/20	metribuzina 60% (80%)	38 \pm 9,6 ^b	421
E6	28/06/20	triclopir 9% + fluroxipir 3% (60%)	100 \pm 0 ^a	“
E7	28/06/20	triclopir 24% + aminopiralida 3% (60%)	100 \pm 0 ^a	“
E7		triclopir 24% + aminopiralida 3% (80%)	100 \pm 0 ^a	“
E8	26/09/20	fluroxipir 20% (75%)	100 \pm 0 ^a	331
E8		fluroxipir 20% (50%)	96 \pm 3,7 ^a	“
		testigo	0 \pm 0 ^c	331 y 421

4. Agradecimientos

Agradecemos a los gestores del Parque Natural el permiso para realizar las pruebas. Así mismo, agradecemos a Raquel Abad de Corteva el habernos facilitado algunos de los productos ensayados.

Referencias

ANDREU J & PINO J (2013) El projecte EXOCAT Informe 2013. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural.

FOGLIATTO S, MILAN M & VIDOTTO F. (2020). Control of *Ailanthus altissima* using cut stump and basal bark herbicide applications in an eighteenth century fortress. *Weed Research*. **60**. 425-434. 10.1111/wre.12447.

HEISEY R.M (1996) Identification of an Allelopathic Compound from *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae) and Characterization of its Herbicidal Activity. *American Journal of Botany*, Vol. **83(2)**, 192-200.

HEISEY R.M & KISH HEISEY T (2003) Herbicidal effects under field conditions of *Ailanthus altissima* bark extract, which contains *ailanthone*. *Plant and Soil*. **256**, 85-99. 10.1023/A:1026209614161.

KOWARIK I & SAUMEL I (2007) Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **8(4)**, 207–237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ppees.2007.03.002>.

LIN L.J, PEISER G, YING, B.P et al. (1995) Identification of Plant Growth Inhibitory Principles in *Ailanthus altissima* and *Castela tortuosa*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **43**(6), 1708–1711. doi:10.1021/jf00054a056.

MASCHEK O & HALMSCHLAGER E (2017) Natural distribution of *Verticillium wilt* on invasive *Ailanthus altissima* in eastern Austria and its potential for biocontrol. *Forest Pathology* **47**(5). e12356. <https://doi.org/10.1111/efp.12356>.

REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2019/1262 de la Comisión, de 25 de julio de 2019, por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2016/1141 con el fin de actualizar la lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión (2019), *OJ L199*, 1–4.

REAL DECRETO 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. *Boletín Oficial del Estado*, **185**, de 3 de agosto de 2013, 56764 a 56786.

SOLER J, IZQUIERDO J, VILAMÚ J (2017) Control de *Ailanthus altissima* en un ecosistema Natural. 2017 XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología (ed Mercedes Royuela Hernando y Ana Zabalza Aznárez) (25-27 octubre, Pamplona-Iruña, España). 251-256. Pamplona-Iruña, España.

SOLER J, IZQUIERDO J, VILAMÚ J (2019) Control y capacidad de rebrote de *Ailanthus altissima*. *Actas XVII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología* (ed Nuria Pedrol Bonjoch y Carolina González Puig) (8-10 octubre, Vigo, España). 408-413. Vigo, España.

Chemical control of the tree of heaven (*Ailanthus altissima*)

Summary: *Tree of heaven (Ailanthus altissima)* is an invasive species with a high expansion capacity, able to settle and compete with the native flora. For this reason, different herbicide treatments have been tested on trees of diameter smaller than 10 cm. In autumn 2019, injecting separately metribuzin (60%) and aclonifen (60%), both diluted at 40%, showed a mortality of 62% and 0% respectively. Triclopyr (9%) + fluroxypyr (3%) diluted to 1% and 10% showed a mortality of 13% and 79% respectively. Injections with vinegar, a detergent and a surfactant to cut tree stumps showed no control. In summer 2020, metribuzin (60%) diluted at 80%, showed a mortality of 38%, triclopyr (9%) + fluroxypyr (3%) diluted to 60% and triclopyr (24%) + aminopyralid (3%) diluted 60% and 80% showed total mortality. In autumn 2020, injecting fluroxypyr (20%) at 75% showed a total mortality, and diluted at rate 50% showed a 96% of mortality.

Keywords: *Ailanthus*, stem injection, triclopyr, aminopyralid, fluroxypyr, metribuzin, aclonifen.