

MALAS HIERBAS ACOMPAÑANTES DE UN CULTIVO ENERGÉTICO DE CHOPO BAJO DIFERENTES ESTRATEGIAS DE MANEJO

San-Martín C.* , Martín J.M., Campos D., Andújar D.,
Fernández-Quintanilla C., Dorado J.

*Instituto de Ciencias Agrarias (CSIC),
Serrano 115B, 28006 Madrid, España.*

**carolina.smh@ica.csic.es*

Resumen: Se han evaluado los efectos de distintas estrategias de manejo sobre las poblaciones de malas hierbas y la productividad (i.e. biomasa) de un cultivo energético de chopo en la zona centro de España. Para ello, se han realizado dos estudios: 1) análisis durante el primer año de cultivo, el más sensible a la competencia con arvenses, repetido tres veces; y 2) valoración al cabo de los tres años de duración del turno de corte. Los resultados han puesto de manifiesto una evolución de la flora arvense con el tiempo, encontrando cambios significativos según la estrategia de manejo. Al finalizar el turno de tres años, las estrategias más productivas fueron la cubierta vegetal sembrada con *Lolium multiflorum* y la basada en herbicidas, coincidiendo con una menor competencia de malas hierbas respecto a la estrategia estándar basada en labores.

Palabras clave: Cultivos energéticos, estrategias de gestión de malas hierbas, producción de biomasa de chopo.

Summary: *Accompanying weeds of a poplar energy crop under different management strategies.* We have evaluated the effects of different management strategies on weed populations and productivity (i.e. biomass) of a poplar energy crop in central Spain. To do this, two studies have been performed: 1) analysis performed during the first year of production, the most sensitive to competition with weeds, repeated three times; and 2) an assessment after the three-year harvest cycle. The results have revealed a weed flora evolution over time, finding significant changes as a function of management strategies. At the end of the three-year harvest cycle, the most productive strategies were cover crop sown with *Lolium multiflorum* and that based on herbicides, coinciding with less competition with weeds compared to the standard strategy based on tillage.

Keywords: Energy crops, weed management strategies, poplar biomass production.

INTRODUCCIÓN

En el anterior Congreso de la Sociedad Española de Malherbología celebrado en Valencia 2013, se publicaron los resultados preliminares correspondientes a un estudio que analizaba los efectos de diferentes sistemas de manejo sobre las malas hierbas en un cultivo energético de chopo (*Populus* spp.) durante su primer período vegetativo (San Martín et al., 2013). Ahora presentamos los resultados de tres años de investigación, ampliando los publicados anteriormente desde dos puntos de vista. Por un lado, disponemos de datos más robustos sobre las malas hierbas presentes en el primer año del cultivo de chopo (el más crítico), por haber repetido el experimento tres veces. Por otro lado, se ha estudiado la evolución de la flora arvense en el tiempo y la productividad del cultivo al cabo de tres años, pudiendo comprobar de este modo los efectos de las estrategias de manejo a largo plazo.

La necesidad de obtener energía a partir de fuentes alternativas a los combustibles fósiles ha impulsado la utilización de muchas tierras de cultivo del área mediterránea para la producción de biomasa a partir de especies arbóreas. En este sentido, los sistemas de cultivo de chopo en rotaciones cortas y con alta densidad de planta han demostrado un balance energético positivo con alta eficiencia energética en los países del sur de Europa (Nassi O Di Nasso et al., 2010). Además, las energías renovables tienen un papel muy importante en el modelo actual de desarrollo planteado en la Unión Europea, el cual propone estimular la economía en un contexto general de cambio climático (Tallis et al., 2013). Sin embargo, es preciso mejorar las técnicas de cultivo para optimizar la producción sostenible de biomasa, especialmente el manejo de las malas hierbas, las cuales constituyen uno de los principales problemas durante el primer ciclo del cultivo, cuando la competencia con la flora arvense es máxima (Buhler et al., 1998). El principal inconveniente es la escasa disponibilidad de herbicidas autorizados en cultivo de chopo, empleándose de forma habitual una sola materia activa, el oxifluorfen aplicado en preemergencia (Sixto et al., 2007), a lo que habría que añadir que la efectividad del herbicida no alcanza el 100% de los individuos, situación particularmente frecuente en malas hierbas de difícil control.

A pesar de que las malas hierbas son uno de los principales obstáculos en sistemas de producción de chopo como cultivo energético, apenas existen datos sobre la composición florística y abundancia de malas hierbas en estos cultivos. Tampoco existen referencias sobre la incidencia y evolución de las poblaciones de malas hierbas en cultivos de chopo bajo diferentes estrategias de gestión. Consecuentemente, este trabajo se planteó como objetivos: i) evaluar la composición y abundancia de malas hierbas presentes en cultivos de chopo en turno corto manejado

con distintas estrategias de gestión; y ii) valorar la repercusión de las malas hierbas sobre la productividad del cultivo en las diferentes estrategias de gestión.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos se han llevado a cabo en la finca "La Poveda" (Arganda del Rey, Madrid), en parcelas con cultivo energético de chopo de alta densidad, según lo explicado en San Martín et al. (2013). Este artículo recoge los resultados de dos experimentos con el mismo diseño experimental (es decir, incluye las mismas estrategias de manejo de malas hierbas), pero con diferente finalidad. El primero estaba dirigido a analizar la densidad y composición de malas hierbas durante el primer año del cultivo, el más crítico por ser los plantones de chopo especialmente sensibles a la competencia con arvenses, en tanto que el segundo pretendía estudiar la evolución de la comunidad de malas hierbas hasta el turno de corte (tercer año) y su relación con la productividad del cultivo.

El primer experimento (exp. 1) se ha repetido en tres parcelas diferentes de 5.000 m², donde se implantó el chopo en abril de 2012, 2013 y 2014. El diseño experimental era de bloques al azar con cuatro repeticiones, el cual incluía las siguientes estrategias de manejo: *i*) referencia estándar con laboreo (oxifluorfen [preplantación] + laboreo en postemergencia [tras muestreo de junio]); *ii*) basado en herbicidas (oxifluorfen [preplantación] + glifosato en postemergencia [tras muestreo de junio]); y *iii*) basado en cubierta vegetal (*Lolium multiflorum* Lam.). La evaluación de las malas hierbas (densidad de cada especie y biomasa total) se llevó a cabo en junio, utilizando en cada parcela 10 marcos de 1/5 m² tanto en la calle como en la línea de cultivo.

El segundo experimento (exp. 2) se ha llevado a cabo en la misma parcela iniciada en abril de 2012, la cual se ha mantenido hasta final de 2014, coincidiendo con el final del turno de corte, momento en que se ha tomado el dato de productividad del chopo mediante un muestreo destructivo (peso de 40 árboles en cada tratamiento dentro de cada bloque). La productividad del chopo en los años intermedios (2012 y 2013) se estimó con un muestreo no destructivo de 40 árboles en cada tratamiento dentro de cada bloque, utilizando el procedimiento explicado en San Martín et al. (2013). La evaluación de las malas hierbas se realizó en tres fechas: marzo, junio y octubre, siguiendo la metodología explicada anteriormente. El análisis de los datos (malas hierbas y chopo) se realizó con un Modelo Lineal General mixto, utilizando como factor fijo la estrategia de manejo y como factores aleatorios la posición (calle o línea de cultivo) y los bloques. El contraste de medias se realizó con el test de Bonferroni.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados han puesto de manifiesto efectos significativos de los sistemas de manejo sobre las malas hierbas. La estrategia que ha producido mayores diferencias en la composición de la comunidad arvense durante el primer año del cultivo en alguno de los tres experimentos realizados ha sido la cubierta vegetal, favoreciendo la presencia de especies como *Chenopodium album* L., *Lolium rigidum* Gaudin y *Polygonum aviculare* L. (Tabla 1). Por otro lado, se ha observado como las poblaciones de *Amaranthus* spp., *Cyperus rotundus* L., *Datura ferox* L. y *Solanum nigrum* L. tendieron a disminuir con la cubierta vegetal.

Tabla 1. Densidad media (nº plantas m²) de malas hierbas observadas en el primer año de cultivo de chopo (muestreo de junio) en el exp. 1 repetido en distintas parcelas y años.

	Repetición	Labores (estándar)	Herbicidas	Cubierta vegetal
<i>Amaranthus</i> spp.	2012	0,69 a	0,99 a	0,88 a
	2013	0,61 a	0,56 a	0,03 b
	2014	0,56 a	0,16 b	0,10 b
<i>Chenopodium album</i>	2012	0,30 b	0,38 b	1,75 a
	2013	0,28 a	0,31 a	0,40 a
	2014	3,78 a	4,34 a	5,85 a
<i>Cyperus rotundus</i>	2012	0,88 a	0,80 a	0,46 a
	2013	0,64 a	0,11 b	0,11 b
	2014	2,06 a	1,60 a	0,10 b
<i>Datura ferox</i>	2012	7,10 a	7,79 a	6,50 a
	2013	1,25 b	2,18 a	0,56 b
	2014	5,03 a	0,28 b	0,19 b
<i>Lolium rigidum</i>	2012	0,14 ab	0,08 b	0,29 a
	2013	0,00 b	0,01 b	0,46 a
	2014	0,06 b	0,13 b	2,84 a
<i>Polygonum aviculare</i>	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,03 b	0,05 b	1,26 a
	2014	0,09 b	0,13 ab	0,29 a
<i>Solanum nigrum</i>	2012	0,21 a	0,19 a	0,24 a
	2013	0,33 a	0,23 a	0,00 b
	2014	1,05 a	0,20 b	0,09 b
Densidad media	2012	9,40 a	10,35 a	10,38 a
	2013	3,85 a	4,00 a	4,90 a
	2014	14,49 a	8,44 b	13,93 a

Estrategias en cada réplica (misma fila) con distinta letra son significativamente diferentes (P<0,05).

Tabla 2. Evolución de la densidad media (nº plántulas m-2) de malas hierbas durante los tres años que duró el primer turno de cultivo de chopo correspondientes al exp. 2 (en cada año, datos medios de las tres fechas de muestreo: marzo, junio y octubre).

	Año	Labores (estándar)	Herbicidas	Cubierta vegetal
<i>Amaranthus spp.</i>	2012	0,44 a	0,53 a	0,63 a
	2013	0,92 b	3,49 a	1,01 b
	2014	0,00 b	0,03 a	0,00 b
<i>Calendula arvensis</i>	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2014	7,35 a	0,14 b	0,03 b
<i>Chenopodium album</i>	2012	0,16 b	0,21 b	1,27 a
	2013	0,58 b	3,88 a	1,29 b
	2014	1,21 a	2,66 a	2,11 a
<i>Conyza spp.</i>	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,04 a	0,02 a	0,07 a
	2014	5,32 a	1,02 b	0,03 b
<i>Datura ferox</i>	2012	3,81 a	4,01 a	3,38 a
	2013	1,56 a	0,14 b	0,41 b
	2014	0,01 a	0,02 a	0,00 a
<i>Fumaria officinalis</i>	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,41 a	0,22 b	0,37 ab
	2014	0,21 a	0,16 a	0,03 a
<i>Lolium rigidum</i>	2012	0,56 a	0,08 b	0,19 b
	2013	3,62 b	5,36 a	3,60 b
	2014	0,26 a	0,30 a	0,02 b
<i>Salsola kali</i>	2012	0,01 a	0,01 a	0,02 a
	2013	0,02 b	0,18 a	0,04 b
	2014	0,02 b	0,10 a	0,06 ab
<i>Sonchus spp.</i>	2012	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	2013	0,65 a	0,11 c	0,34 b
	2014	0,13 a	0,06 b	0,13 a
Densidad media	2012	5,52 a	5,37 a	5,39 a
	2013	8,11b	12,63 a	12,02 a
	2014	9,16 a	4,86 b	3,16 b

Estrategias en cada año (misma fila) con distinta letra son significativamente diferentes (P<0,05).

Por otro lado, las especies arvenses asociadas a cada estrategia de manejo variaron en el tiempo (Tabla 2). En el transcurso de los tres años que duró el turno del chopo, las especies que incrementaron su densidad

en la estrategia basada en laboreo fueron: *Calendula arvensis* L., *Conyza* spp. y *D. ferox*. Mientras que en la estrategia basada en herbicidas dominaron las especies *Amaranthus* spp. y *Salsola kali* L. Los resultados también han puesto de manifiesto cómo determinadas especies disminuyen su densidad dependiendo de la estrategia de manejo. Por ejemplo, las densidades de *C. album* con laboreo, *Fumaria officinalis* L. y *Sonchus* spp. con herbicidas, y *L. rigidum* con cubierta vegetal se redujeron en el transcurso de los tres años. Por otro lado, la localización de las malas hierbas dentro del cultivo sufrió una variación en el tiempo, ya que durante el primer año, con el chopo sin desarrollar toda su altura, las malas hierbas se localizaban fundamentalmente en la línea de cultivo. En el tercer año, en cambio, la competencia con árboles bien desarrollados desplazó a la mayoría de especies hacia el centro de la calle (datos no mostrados).

A pesar de no encontrar diferencias significativas durante el primer año de cultivo en los datos de biomasa total de malas hierbas en función de la estrategia de manejo (exp. 2), se observó una menor biomasa de chopo en las parcelas con cubierta vegetal, posiblemente ocasionada por la competencia del cultivo con la propia cubierta vegetal (Tabla 3). Sin embargo, los datos del primer año no se confirmaron al final del turno de tres años. Por un lado, la estrategia de cubierta vegetal invirtió la tendencia observada durante el primer año, resultando en chopos más vigorosos al finalizar el turno de corte (año 2014), lo que a su vez estuvo acompañado de valores significativamente inferiores de biomasa de malas hierbas respecto a la estrategia estándar. De forma similar, la estrategia basada en herbicidas resultó más productiva que la estrategia estándar, en este caso coincidiendo con una competencia ligeramente inferior de malas hierbas (Tabla 3).

Tabla 3. Producción de biomasa seca de las malas hierbas (muestreos de junio) y del chopo (muestreos de otoño), durante los tres años que duró el turno del chopo (exp. 2).

Estrategia	Biomasa malas hierbas (T ha ⁻¹)			Biomasa chopo (T ha ⁻¹)		
	2012	2013	2014	2012*	2013*	2014
Laboreo (estándar)	0,48 a	0,88 a	0,56 a	1,04 b	5,30 b	11,91 b
Herbicidas	0,33 a	0,71 a	0,44 ab	1,17 a	6,20 a	13,35 a
Cubierta vegetal	0,70 a	0,93 a	0,18 b	0,84 c	6,07 a	13,65 a

Estrategias en cada año (misma columna) con distinta letra son significativamente diferentes (P<0,05). * Datos estimados en el muestreo no destructivo.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio, las estrategias de manejo basadas en herbicidas y cubierta con *Lolium multiflorum* reducen la densidad y biomasa de malas hierbas, y aumentan la producción de chopo respecto a la estrategia estándar basada en laboreo al final del turno de tres años. Por otro lado, la composición de la flora arvense fue diferente según la estrategia de manejo y sufrió variaciones a medida que avanzaba el ciclo de cultivo de chopo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la CICyT (proyecto AGL2011-25243). Carolina San Martín agradece al MINECO el apoyo mediante una beca F.P.I. (Exp. N° BES-2012-055222).

BIBLIOGRAFÍA

- BUHLER DD, NETZER DA, RIEMMENSCHNEIDER DE & HARTZLER RG (1998) Weed management in short rotation poplar and herbaceous perennial crops grown for biofuel production. *Biomass and Bioenergy* 14, 385-394.
- NASSI O DI NASSO N, GUIDI W, RAGAGLINI G, TOZZINI C & BONARI E (2010) Biomass production and energy balance of a 12-year-old short-rotation coppice poplar stand under different cutting cycles. *Global Change Biology Bioenergy* 2, 89-97.
- SAN MARTÍN C, MARTÍN JM, CAMPOS D, ANDÚJAR D, FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C & DORADO J (2013) Evaluación de distintas estrategias de manejo de malas hierbas en un cultivo energético de chopo. En: *Proceedings XIV Congreso de la SEMh* (Ed. by Osca JM, Gómez de Barreda D, Castell V & Pascual N) (5-7 Noviembre, Valencia, España). 19-23, Editorial Universitat Politècnica de València, Valencia, España.
- SIXTO H, HERNÁNDEZ MJ, BARRIO M, CARRASCO J & CAÑELLAS I (2007) Plantaciones del género *Populus* para la producción de biomasa con fines energéticos: revisión. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 16, 277-294.
- TALLIS MJ, CASELLA E, HENSHALL PA et al. (2013) Development and evaluation of ForestGrowth-SRC a process-based model for short rotation coppice yield and spatial supply reveals poplar uses water more efficiently than willow. *Global Change Biology Bioenergy* 5, 53-66.