

AUTOTOXICIDAD EN ALFALFA. EFECTO DEL INTERVALO ENTRE DOS SIEMBRAS SUCESIVAS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE

I. DELGADO¹, F. MUÑOZ¹, D. ANDUEZA²

¹Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930. 5059 Zaragoza (España). ²INRA-UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, Clermont Université, Université de Lyon, 63122 Saint-Genès-Champagnelle, France

Correspondencia: idelgado001@hotmail.com

RESUMEN

La autotoxicidad en la alfalfa se manifiesta en el laboratorio por un descenso de la germinación y vigor de las plántulas, pero puede no manifestarse en el campo, si entre el alzado de un alfarar viejo y una nueva siembra, se deja un intervalo de tiempo sin cultivar alfalfa. En el presente trabajo se evalúa el efecto autotóxico en condiciones de campo del valle medio del Ebro, durante 2009-2013. Se ensayaron tres intervalos de tiempo entre alzado y siembra: 15 días, seis meses y un año. Se evaluó la implantación, la producción y el contenido en proteína bruta del forraje. Los resultados mostraron una menor implantación cuando el intervalo de tiempo fue de 15 días y seis meses. La producción de forraje se redujo cuando el intervalo fue de 15 días, pero solo se manifestó el primer año en los restantes intervalos. La autotoxicidad no afectó al contenido en proteína bruta del forraje. Los resultados sugieren que la autotoxicidad de la alfalfa puede no suponer un impedimento para el establecimiento de nuevos alfalfares, si se mantiene al menos un intervalo de un año, en las condiciones de cultivo del experimento.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., rotación de cultivos, establecimiento, regadío, proteína bruta

SUMMARY

Alfalfa plants contain water-soluble substances that inhibit the germination and seedling growth of alfalfa in laboratory studies. However, this effect may be absent under field conditions. This work evaluates the autotoxicity of alfalfa under field conditions when reseeding alfalfa in rotation intervals of 15 days, six months and 12 months. The study was carried out under irrigation conditions in the Ebro valley, in Zaragoza during 2009-2013. A lower establishment was observed when the rotation interval between alfalfa stands was 15 days or six months compared to that of 12 months. The forage yield was significantly lower when the rotation interval was 15 days, but decreased only in the first year in the other delays. The crude protein content was not affected by the autotoxicity. Results suggest that alfalfa autotoxicity may not be an obstacle for reseeding alfalfa stands under field conditions, at least, if a rotation interval of 12 months is established between alfalfa stands.

Key words: *Medicago sativa* L., crop rotation, establishment, irrigation, crude protein

INTRODUCCIÓN

La autotoxicidad en alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una expresión intraespecífica de la alelopatía que la planta manifiesta al liberar sustancias químicas solubles en agua, las cuales alteran el establecimiento de nuevas plantas en un suelo en el que se encontraba implantado otro cultivo de alfalfa. La afección suele manifestarse en la germinación de la semilla, el establecimiento de las nuevas plántulas y desarrollo de las raíces, y en la producción de forraje (Chon *et al.*, 2006). El efecto nocivo de las siembras sucesivas de alfalfa es conocido desde hace tiempo entre los agricultores y, por ello, la rotación con otros cultivos ha sido una práctica llevada a cabo tradicionalmente, con el

fin de evitar la proliferación de enfermedades específicas, fallos y pérdidas de vigor (de Travonet, 1848), existiendo el dicho popular de que debe dejarse sin cultivar alfalfa en un campo, tantos años como ha permanecido el anterior alfalfar (Baeta, 1912).

Los efectos tóxicos directos de la exudación de la alfalfa han sido ampliamente demostrados en el laboratorio y en el invernadero utilizando material inerte (Chung y Miller, 1995; Chocarro y Lloveras, 2014), pero no están nada claros en condiciones de campo, debido a la interacción de numerosos factores del medio como el tipo de suelo o la pluviosidad (Jennings y Nelson, 1998), y a la variabilidad intraespecífica de la especie (Chon *et al.*, 2003). Algunos autores sugieren que el contenido en componentes tóxicos varía con la edad de un alfalfar ya que aquellos se incrementan con la duración del cultivo (Angler, 1992), pero otros autores indican que la toxicidad no afecta si se mantiene un tiempo prudencial entre el alzado del viejo alfalfar y la nueva siembra (Tesar, 1993).

No hay acuerdo en la bibliografía consultada sobre el intervalo de tiempo que debe transcurrir entre el alzado de un alfalfar y el establecimiento de otro en la misma parcela. Según autores, varía desde ser suficiente un descanso de 2-3 semanas (Tesar, 1993; Seguin *et al.*, 2002), un año (Jennings y Nelson, 2002) hasta los que recomiendan dejar pasar 6 años hasta el establecimiento de un nuevo alfalfar (Webster *et al.*, 1967). Esta variabilidad de recomendaciones sugiere que pueden contribuir a ello, las condiciones edáficas y pluviométricas del lugar (Jennings y Nelson, 1998). El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del intervalo entre alzado y siembra de un nuevo alfalfar sobre el establecimiento del cultivo, la producción y calidad del forraje en las condiciones de cultivo con riego por inundación del valle medio del Ebro.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un campo de 5000 m² preparado para riego por inundación, en la finca experimental del CITA en Zaragoza, entre otoño de 2009 y octubre de 2013. Las características climatológicas del periodo fueron: temperatura media mensual máxima, 22,6 °C, y mínima, 8,9 °C; mínima extrema diaria -7,8 °C, el 22 de febrero de 2012, y precipitación media anual de 245 mm. Las características edafológicas en los primeros 30 cm de profundidad fueron: textura franco-arcillo-limosa, pH al agua 8,44, salinidad (C.E. 1:5) 0,25 dSm⁻¹, contenido en materia orgánica por colorimetría 1,93 %, P Olsen por espectroscopia 7,6 mg kg⁻¹ y K (extracto en acetato amónico) 228 mg kg⁻¹.

Tres años antes de iniciar el experimento, con el fin de disponer de suelo cultivado y no cultivado de alfalfa, se estableció un ensayo comparativo con dos cultivos, alfalfa y festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.), distribuidos en bloques al azar con cuatro repeticiones, siendo la parcela elemental de 108 m² (18 x 6 m). Las cuatro parcelas de alfalfa tenían por finalidad ser utilizadas para la siembra de alfalfa tras alfalfa en el experimento objeto de este trabajo, y las de festuca alta disponer de suelo que no había sido sembrado de alfalfa desde al menos tres años antes. El campo se alzó en otoño de 2009. Cada una de las ocho parcelas, se dividieron en tres partes iguales con un tamaño de parcela elemental de 36 m² (6 x 6 m), con el fin de realizar los siguientes tratamientos: i) siembra inmediatamente después del alzado en otoño; ii) siembra a los seis meses, en la primavera siguiente; iii) siembra al año de efectuarse el alzado. En este último tratamiento, el año de espera que precedió a la siembra con alfalfa, se ocupó con raigrás italiano (*Lolium multiflorum* L.).

La dosis de siembra utilizada fue de 25 kg ha⁻¹ de semilla de cultivar 'Aragón'. Como abonado de fondo se aportaron 500 kg ha⁻¹ del complejo 8-15-15 y 300 kg ha⁻¹ en los años siguientes en cobertera, en invierno. Al mes de la siembra se contabilizó el número de plántulas presentes mediante el lanzamiento de cuatro marcos de 0,25 m² por parcela elemental. Cuando la siembra se

realizó en otoño se efectuaron seis cortes anuales, y cuando se efectuó en primavera, cuatro cortes el primer año y seis los restantes. El experimento concluyó en otoño de 2013. La producción de materia seca (MS) se evaluó mediante el lanzamiento al azar de dos cuadros de 0,5 m² en cada parcela elemental en el estado fenológico de inicio de floración, salvo en los cortes primero y último, que no presentaban inflorescencias. Una muestra de forraje por cada parcela elemental se secó a 60 °C en estufa ventilada, hasta peso constante, y se evaluó su contenido en proteína bruta (PB) por el método Dumas (Helrick, 1990). El diseño estadístico fue en bloques a azar con cuatro repeticiones, analizando cada fecha de siembra independientemente. Los resultados se compararon mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y el test LSD, con el paquete estadístico SAS (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sobre el número de plantas establecidas al mes de la siembra se presentan en la Tabla 1. Los resultados muestran un efecto alelopático elevado ($P < 0,01$) cuando la siembra sobre alfalfa se realizó a los 15 días del arranque del anterior alfalfar, siendo el número de plantas establecidas de 68 pl m⁻² en las parcelas implantadas con alfalfa en el cultivo precedente vs 174 pl m⁻² en las parcelas implantadas con festuca alta en el cultivo precedente. Cuando el distanciamiento de la siembra posterior al arranque del alfalfar fue de seis meses, el efecto alelopático se redujo ($P < 0,05$), siendo de 217 pl m⁻² vs 256 pl m⁻², respectivamente. No se obtuvieron diferencias significativas entre los cultivos de alfalfa implantados tras alfalfa o tras festuca respectivamente cuando el intervalo entre el alzado del cultivo precedente y la siembra de la alfalfa fue de un año. Estos resultados son acordes con los aportados por la bibliografía (Jennings y Nelson, 1998; Seguin *et al.*, 2002; De Albuquerque *et al.*, 2011), en cuanto que los exudados de la alfalfa afectan al establecimiento de nuevas plantas de alfalfa, pero que estos se diluyen con el tiempo por efecto del lixiviado por la lluvia o el riego, o son inmovilizados por la textura limosa del suelo.

Tabla 1. Número de plantas establecidas m⁻², según el intervalo de tiempo entre dos siembras sucesivas de alfalfa.

Fecha de siembra	Tratamiento	Plantas m ⁻²
15 días después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	67,8
	Alfalfa sobre festuca	174,0
Significación		**
6 meses después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	217,5
	Alfalfa sobre festuca	256,0
Significación		*
Un año después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	84,8
	Alfalfa sobre festuca y raigrás	119,0
Significación		NS

NS: $P > 0,05$; *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$.

La producción de MS también se vio afectada por el efecto alelopático de la alfalfa sobre sí misma, según se muestra en la Tabla 2. Cuando el intervalo entre siembra y alzado del cultivo precedente fue de 15 días, la producción se redujo significativamente ($P < 0,01$) en la siembra de alfalfa tras alfalfa, siendo de 44 480 kg vs 52 707 kg de MS ha⁻¹, en el total de los cuatro años del experimento. Cuando el intervalo entre siembra y alzado del cultivo precedente fue de seis meses la producción fue de 45 224 kg vs 48 515 kg de MS ha⁻¹, aunque las diferencias no fueron significativas ($P > 0,05$). Cuando el distanciamiento entre siembras fue de un año, la producción total

de tres años de experimento (uno menos que en las anteriores siembras) fue de 31 388 kg vs 36 292 kg de MS ha⁻¹, pero la diferencia significativa habida entre las producciones (P<0,05) se debió al primer año, no siendo significativo en los dos años restantes.

Tabla 2. Producción anual, en kg de materia seca ha⁻¹, según el intervalo de tiempo entre dos siembras sucesivas de alfalfa.

Fecha de siembra	Tratamiento	2010	2011	2012	2013	Total
15 días después alzado	Alfalfa sobre alfalfa	11 008	13 583	11 903	7986	44 480
	Alfalfa sobre festuca	13 208	17 905	13 153	8443	52 707
Significación		*	**	*	NS	**
6 meses después alzado	Alfalfa sobre alfalfa	7381	13 881	13 510	10 452	45 224
	Alfalfa sobre festuca	7547	16 571	13 551	10 846	48 515
Significación		NS	*	NS	NS	NS
Un año después alzado	Alfalfa sobre alfalfa	-	8386	13 491	9511	31 388
	Alfalfa sobre festuca y raigrás	-	12 171	14 114	10 007	36 292
Significación			*	NS	NS	*

NS: P>0,05; *: P<0,05; **: P<0,01.

Como puede apreciarse por los resultados, el efecto de la fitotoxicidad sobre la producción de materia seca mostró su mayor expresión en el primer año de producción en todos los tratamientos; en los años siguientes, la producción se igualó salvo en la siembra de alfalfa tras alfalfa a los 15 días del alzado, que se mantuvo hasta el tercer año. Resultados similares se recogen en la bibliografía consultada. Seguin *et al.* (2002) obtuvieron una menor producción en el primer año de siembra, cuando no hubo descanso entre alzado y siembra, pero el efecto se diluyó con un intervalo de 15 días entre alzado y siembra; Jennings y Nelson (2002) obtuvieron menores producciones el año de siembra con periodos de descanso entre alzado y siembra de hasta seis meses; Chon *et al.*, (2006) apreció que era necesario un periodo de descanso entre seis y 12 meses antes de volver a sembrar alfalfa, pero recomendaba su prolongación a 24 meses por seguridad. Dado que la alfalfa también tiene efectos alelopáticos sobre otros cultivos, Miller (1983) recomendó utilizar como cultivo intercalar el maíz por su menor afección. Los resultados de este experimento contradicen los realizados en un experimento anterior en el cual no se apreciaron efectos alelopáticos en la alfalfa. Se utilizaron para ello macetas rellenas con tierra de campo. La manipulación de la tierra y el riego continuado de las macetas pudo contribuir al lixiviado de los exudantes tóxicos y a la no manifestación de los efectos tóxicos (Delgado y Muñoz, 2009).

En lo que respecta a la incidencia de la autotoxicidad sobre el contenido en proteína bruta del forraje, aquélla no le afectó significativamente (P>0,05), según muestran los resultados de la Tabla 3. Tampoco se han encontrado referencias en la bibliografía ya citada, ni en la revisión efectuada por De Albuquerque *et al.* (2011) de que la autotoxicidad afectase a la calidad del forraje.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la siembra de alfalfa a los 15 días del alzado del alfalfar viejo afecta tanto a la nascencia como a la producción total de forraje, pero estos efectos se aminoran notablemente cuando se mantiene el campo sin sembrar un periodo de seis meses, y apenas es perceptible el efecto autotóxico cuando se intercala un cultivo anual entre dos siembras de alfalfa.

Desde un punto de vista práctico, los resultados de este estudio permiten acortar considerablemente la duración del periodo entre dos siembras de alfalfa en la misma parcela. Tradicionalmente, el agricultor tras el alzado de un alfar dejaba sin cultivar nuevamente alfalfa tantos años como había permanecido el cultivo anterior. Con los resultados obtenidos se puede aseverar que 6 meses o a lo sumo un año, sería suficiente tiempo intercalar entre dos cultivos sucesivos de alfalfa, acortando notablemente el tiempo de espera.

Tabla 3. Porcentaje de proteína bruta sobre materia seca según el intervalo de tiempo entre dos siembras sucesivas de alfalfa.

Fecha de siembra	Tratamiento	1 ^{er} corte	2 ^o corte	3 ^{er} corte	4 ^o corte	5 ^o corte	6 ^o corte
2010							
15 días después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa		18,7	17,3	17,9	21,9	18,6
	Alfalfa sobre festuca		20,6	18,2	17,6	22,9	18,3
Significación			NS	NS	NS	NS	NS
6 meses después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa			20,4	18,4	23,3	19,8
	Alfalfa sobre festuca			19,3	17,3	22,7	19,3
Significación				NS	NS	NS	NS
2011							
15 días después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	22,1	18,0	17,4	19,9	17,7	21,5
	Alfalfa sobre festuca	23,0	20,0	16,9	19,4	18,4	20,5
Significación		NS	NS	NS	NS	NS	NS
6 meses después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	21,3	18,1	17,4	20,8	17,5	23,1
	Alfalfa sobre festuca	23,1	19,0	17,1	19,6	17,2	20,6
Significación		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Un año después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa		16,6	19,7	22,0	18,6	17,8
	Alfalfa sobre festuca y raigrás		19,0	18,9	20,8	17,5	21,5
Significación			NS	NS	NS	*	NS
2012							
15 días después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	20,7	19,4	17,0	-	20,9	25,5
	Alfalfa sobre festuca	19,9	20,6	17,4	-	20,9	24,0
Significación		NS	NS	NS	-	NS	NS
6 meses después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	20,7 a	21,6	15,0	-	20,5	25,2
	Alfalfa sobre festuca	19,4 b	21,7	15,0	-	19,9	20,6
Significación		*	NS	NS	-	NS	*
Un año después del alzado	Alfalfa sobre alfalfa	20,3	18,8	16,1	-	20,4	20,9
	Alfalfa sobre festuca y raigrás	20,3	20,2	16,7	-	20,6	22,0
Significación		NS	NS	NS	-	NS	NS

NS: P>0,05; *: P<0,05.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el M^o de Economía, Industria y Competitividad y FEDER, dentro del proyecto RTA2009-00063-C02-01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angler D.A. (1992) Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfalfa. *Soil Science of Society American Journal*, 56, 1244-1249.

Baeta J.A. (1912) *Mi vida en el campo*. Tomo I. Zaragoza, España: Imprenta del Hospicio Provincial.

- Chocarro C. y Lloveras J. (2014) Potencial alelopático de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) sobre diferentes leguminosas forrajeras. En: Busqué J. et al. (eds.). *Pastos y PAC 2014-2020*, pp. 153-160. Potes, Cantabria: SEEP.
- Chon S.U., Nelson C.J. y Coutts J.H. (2003) Physiological assessment and path coefficient analysis to improve evaluation of alfalfa autotoxicity. *Journal of Chemical Ecology*, 29 (11), 2413-2424.
- Chon S.U., Jennings J.A. y Nelson C.J. (2006) Alfalfa (*Medicago sativa* L.) autotoxicity: Current status. *Allelopathy Journal*, 18 (1), 57-80.
- Chung I.M. y Miller D.A. (1995) Effect of alfalfa plant and soil extracts on germination and growth of alfalfa. *Agronomy Journal*, 87 (4), 762-767.
- De Albuquerque M., Dos Santos R., Lima L., Melo Filho P., Nogueira R., Da Camara C. y Ramos A. (2011) Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 379-395.
- De Travernet Marques de (1848) *Catecismo de agricultura universal*. Madrid, España: S. Saunaque.
- Delgado I. y Muñoz F. (2009) Valoración de la autotoxicidad en alfalfa en condiciones de campo. En: Reiné R. et al., (eds.). *La multifuncionalidad de los pastos: Producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*, pp. 311-317. Huesca, España: SEEP.
- Helrick K. (1990) *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Arlington, USA: AOAC International.
- Jennings J.A. y Nelson C.J. (1998) Influence of soil texture on alfalfa autotoxicity. *Agronomy Journal*, 90 (1), 54-58.
- Jennings J.A. y Nelson C.J. (2002) Rotation interval and pesticide effects on establishment of alfalfa after alfalfa. *Agronomy Journal*, 94, 786-791.
- Miller D.A. (1983) Allelopathic effects of alfalfa. *Journal of Chemical Ecology*, 9(8), 1059-1072.
- SAS (2004) *SAS user's guide: Statistics version 9.1.2*. N.C., USA: SAS Institute Inc., Cary.
- Seguin P., Sheaffer C.C., Shmitt M.A., Ruselle M.P., Randall G.W., Peterson P.L., Hoverstad T.R., Quiring S.R. y Swanson D.R. (2002) Alfalfa autotoxicity: Effects of reseeding delay, original stand age, and cultivar. *Agronomy Journal*, 94, 775-781.
- Tesar M.B. (1993) Delayed seeding of alfalfa avoids autotoxicity after plowing or glyphosate treatment of established stands. *Agronomy Journal*, 85 (2), 256-263.
- Webster G.R., Khan S.U. y Moore A.W. (1967) Poor regrowth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on some Alberta soils. *Agronomy Journal*, 59, 37-41.