

EVOLUCIÓN ANUAL DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y DEL CONTENIDO EN PROTEÍNA BRUTA DE UN CULTIVO DE ALFALFA CV. ARAGÓN

I. DELGADO¹, F. MUÑOZ¹, M. JOY¹ y D. ANDUEZA²

RESUMEN

Se determinó el crecimiento medio diario de un cultivo de alfalfa cv 'Aragón' en condiciones de regadío, en Zaragoza, durante el periodo 2003-2006. Para ello se evaluó la producción de forraje y su contenido en proteína bruta con una periodicidad media de siete días, mediante una adaptación del método de Corral y Fenlon (1978). El periodo productivo de la alfalfa tuvo lugar entre mediados de abril y principios de noviembre. La máxima producción anual de materia seca fue de 17 326 kg ha⁻¹ y se obtuvo el segundo año; el ciclo más productivo fue el tercero con 3036 kg ha⁻¹ y el máximo crecimiento se alcanzó el 20 de junio de 2005 con 128 kg ha⁻¹ día⁻¹. El contenido en proteína bruta disminuyó desde 24,5% analizado a primeros de abril, hasta 18,7% a mediados de julio, para incrementarse hasta finales de octubre, momento en el que alcanzó 26,4%. Los resultados permiten gestionar la explotación de un alfarfar, al disponer de la evolución de su producción de materia seca y contenido en proteína bruta a lo largo de cuatro años de vida del mismo.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., crecimiento diario, siega, rendimiento del cultivo, regadío.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es el segundo cultivo forrajero en España en superficie ocupada y el primero en producción cosechada. Durante 2008, se cultivaron 147 302 ha cultivadas en regadío y 68 879 ha en secano con una producción de más de unas 10 000 000 Tm de forraje verde. El principal aprovechamiento del forraje es conservado en forma de heno o deshidratado, destinándose a ello el 55% y 41% de la superficie cosechada respectivamente. La principal zona productora de alfalfa es el nordeste de España que integra el valle del Ebro, acogiendo el 58% de la superficie nacional y el 69% de la producción. En esta área, la alfalfa se aprovecha mediante siega en el 95% de la superficie sembrada (MAPA, 2009).

La importancia del cultivo se debe a su alta producción de materia seca (MS) y proteína bruta (PB) en regadío, con rendimientos medios anuales por hectárea estimados en 12 500 kg MS y 450 kg N respectivamente. Además, es un cultivo que tiene una alta capacidad de fijación de nitrógeno y mejora la estructura del suelo, lo que tiene un efecto bene-

¹ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avda. Montañana 930. 5059 Zaragoza (España).

² INRA. URH. 63122 Saint Genes Champanelle (Francia).

ficioso en los cultivos posteriores. Consecuentemente, la alfalfa es un cultivo que se utiliza frecuentemente en alternativas con otros cultivos en suelos de pH básico.

Las acciones encaminadas a mejorar la explotación del cultivo, como son un mejor conocimiento de la distribución de la producción de forraje y del contenido en PB a lo largo del periodo productivo redundarán en beneficio de su expansión en las zonas de producción. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la curva de crecimiento diario y la evolución del contenido en PB en función de la fecha de corte de un alfalfar en regadío.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en una parcela regada por inundación en Zaragoza, durante el periodo 2003-2006. La temperatura media anual del periodo de ensayos fue de 14,7 °C y las extremas de las temperaturas medias mensuales, -2,1 °C y 34,3 °C, destacando la mínima diaria absoluta de -10,3 °C. La precipitación media anual osciló entre 250 y 459,9 mm. La parcela se situó en un suelo aluvial de textura franca; no salino, 0,24 dS m⁻¹ (CE 1:5); pH en agua (1:2,5), 8,20; materia orgánica 1,99%; P Olsen 7,03 mg kg⁻¹ y K (extracto acetato amónico) 134,0 mg kg⁻¹.

El experimento consistió en evaluar el crecimiento diario de la alfalfa, según el método de Corral y Fenlon (1978). Dicho método, desarrollado en gramíneas, establece la curva de crecimiento diario, utilizando cuatro parcelas que se siegan rotacionalmente con una periodicidad semanal. En cada corte se evalúa la producción de MS y cada ciclo productivo tiene una duración de 28 días. Corral y Fenlon (1978) asumen que el crecimiento diario correspondiente a la semana t es el que expresa la fórmula $(A_1Y_t + A_2Y_{t+1} + A_3Y_{t+2} + A_4Y_{t+3})/28$, donde Y_t , Y_{t+1} , Y_{t+2} e Y_{t+3} son la producción de forraje al final de las semanas t , $t+1$, $t+2$ y $t+3$, y $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 1/4$ si se asume que el ritmo de crecimiento del cultivo es lineal o $A_1 = 7/16$, $A_2 = 5/16$, $A_3 = 3/16$ y $A_4 = 1/16$ si es una aproximación cuadrática simple.

Para el estudio se utilizaron cuatro parcelas de 10 m² (2x5 m) distribuidas en bloques al azar con tres repeticiones. La siembra se realizó el 18 de septiembre de 2002, utilizando el cv. 'Aragón' a la dosis de siembra de 30 kg ha⁻¹. Como abonado de fondo se aportaron 600 kg ha⁻¹ de complejo 8-24-8 y 500 kg ha⁻¹ del mismo abono complejo en invierno en los años siguientes. La parcela se regó por inundación con una frecuencia mínima de 12 días en los meses estivales.

La fecha media de siega para el inicio del estudio fue el 12 de abril y la final el 3 de noviembre. La estimación de la producción de MS se realizó mediante la siega de dos cuadros de 0,5 m² por parcela que se secaron a 60 °C en estufa de ventilación forzada hasta peso seco constante. Seguidamente las muestras se molieron y se determinó su contenido en PB por el método de Dumas (A.O.A.C., 1990).

El análisis estadístico para comparar la producción semanal de MS se realizó mediante el paquete estadístico ANOVA (SAS, 2003), considerando la fecha de corte como tratamiento. La comparación de medias se efectuó mediante el test LSD de la mínima diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron siete cortes por parcela a lo largo del año. La fecha de siega, estado fenológico, producción de MS y contenido en PB del forraje en cada una de las cuatro parcelas que se utilizaron en cada ciclo productivo, se presentan en la *Tabla 1*.

Las siegas se efectuaron con una periodicidad semanal, según el método de Corral y Fenlon (1978), salvo en el primer y último ciclo productivos, en los que su duración fue mayor de cuatro semanas, según las observaciones apreciadas en estudios previos (Delgado *et al.*, 2004), por lo que en ambos ciclos las parcelas se segaron con intervalos de nueve días.

Tabla 1. Kg de materia seca (MS) ha⁻¹, porcentaje de proteína bruta (PB) y estado fenológico de los cortes realizados para establecer la curva de crecimiento diario de la alfalfa en regadío en Zaragoza

Ciclo productivo	Orden del corte	Fecha de corte	Estado fenológico	2003	2004	2005	2006	Total años	% PB X±DE
1		11.04	NR 1 cm	1347	1603	1862	1817	6629	24,5±1,77
2		11.05	1% fl.	1461	2207	2339	1668	7675	22,3±1,48
3		11.06	10%	2241	2884	2337	2379	9842	20,5±1,43
4	1º	7.07	20%	2592	2449	2230	2221	9491	19,4±1,02
5		3.08	25%	1852	2490	1749	1561	7652	19,5±1,26
6		1.09	5%	1596	1755	964	857	5173	21,8±2,09
7		4.10	vegetativo	1601	1403	1004	619	4628	23,5±1,93
Total				12 691a	14 791b	12 485b	11 123	51 090c	
1		20.04	NR 3 cm	1322	1986	2319	1685	7312	23,5±1,25
2		19.05	5%	1423	2912	1425	2321	8081	23,6±0,99
3		18.06	20%	2485	3134	2837	2538	10994	19,7±1,11
4	2º	14.07	30%	1921	3061	2179	2158	9319	20,0±1,03
5		10.08	15%	2005	2164	1877	1423	7469	20,8±0,91
6		8.09	1%	1448	2274	1006	791	5519	23,4±0,98
7		13.10	vegetativo	914	1482	922	639	3958	23,0±1,54
Total				11 517bc	17 013a	12 565b	11 556	52 651bc	
1		25.04	NR 5 cm	1255	2455	1999	1817	7525	22,1±1,32
2		26.05	10%	1818	3119	1950	2666	9552	21,1±2,58
3		25.06	25%	2162	3122	3864	2604	11752	18,7±1,08
4	3º	21.07	30%	1639	3170	2479	1825	9112	20,9±1,53
5		17.08	15%	1814	2331	1690	1249	7085	21,4±2,08
6		16.09	IBF	1584	1738	1472	1219	6013	22,8±1,27
7		21.10	vegetativo	799	1391	1039	595	3824	24,7±1,97
Total				11 071c	17 326a	14 492a	11 975	54 864ab	
1		3.05	IBF	1437	2752	2370	2244	8804	22,4±1,75
2		3.06	10%	1888	4003	2817	2618	11326	21,1±1,41
3		3.07	50%	2536	3212	3345	3214	12308	19,1±1,46
4	4º	28.07	30%	2432	2831	2390	1836	9489	20,1±0,96
5		24.08	10%	1827	1953	1293	785	5859	21,9±0,94
6		25.09	IBF	1370	1720	1140	1185	5415	23,1±1,59
7		30.10	vegetativo	531	596	748	493	2367	26,4±1,04
Total				12 021b	17 068a	14 103a	12 376	55 568a	
Signific.				**	**	**	NS	**	

NS= P>0,05; ** = P<0,01; NR = Nuevo rebrote; IBF = Inicio de botón floral; DE = Desviación estándar

En los cuatro años de estudio se observó que la producción total de MS fue significativamente superior en las parcelas en las que la primera siega fue a finales de abril o primeros de mayo (P<0,01), siendo las menos productivas las parcelas en las que la siega se inició a primeros o mediados de abril. El año de máxima producción fue el segundo con 17 136 kg de MS ha⁻¹.

El estado fenológico de la alfalfa en el momento del corte en los diferentes tratamien-

tos muestra que el primero y el séptimo corte no florecieron, y que los cortes practicados en las fechas centrales del verano siempre superaron el 10% de floración debido a la aceleración en el proceso de la floración que tiene lugar en dicho periodo.

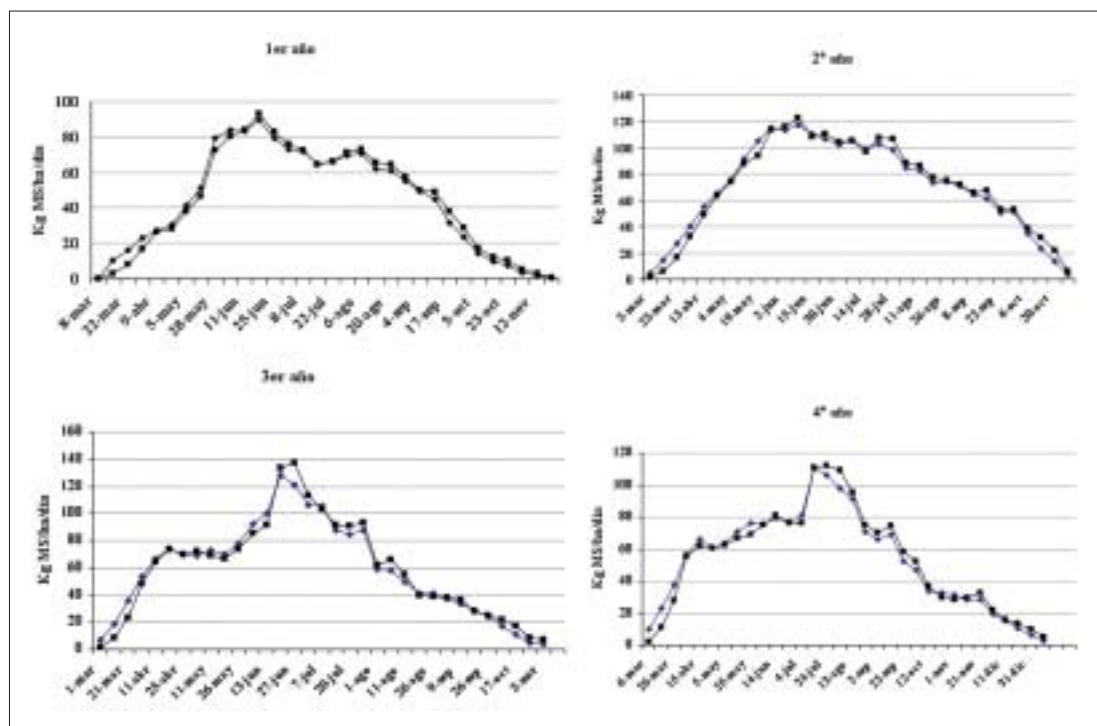


Figura 1. Curvas de crecimiento de la alfalfa cv 'Aragón' en regadío, Zaragoza (◆, lineal; ■, cuadrática).

El crecimiento diario de la alfalfa en los diferentes años se muestra en la Figura 1. Si se analizan las curvas diseñadas asumiendo un crecimiento lineal, se aprecia que el crecimiento se inició a primeros de marzo y se detuvo a principio de noviembre, y que los máximos diarios tuvieron lugar entre el 9 de junio y el 14 de julio. El primer año el máximo crecimiento diario se alcanzó el 18 de junio con 89,4 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ y se observaron crecimientos superiores a 70 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ entre el 28 de mayo y 8 de julio. En años sucesivos los crecimientos máximos se alcanzaron: en el segundo año el 9 de junio con 117,3 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ y crecimientos superiores a 90 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ entre el 12 de mayo y 28 de julio, y el tercer año, el 20 de junio con 127,9 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ y crecimientos superiores a 80 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ entre el 3 de junio y 26 de julio. El cuarto año, el 14 de julio con 110,2 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ y superiores a 70 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ entre el 15 de mayo y 23 de agosto. La curva diseñada asumiendo un crecimiento cuadrático simple fue muy similar a la lineal en los años primero y segundo pero muestra máximos de crecimiento diario superiores en el tercero con 137,1 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ el 27 de junio y en el cuarto con 112,3 kg de MS ha⁻¹día⁻¹ el 24 de julio.

Los resultados productivos globales muestran que los ciclos más productivos fueron el segundo, tercero y cuarto. Estos resultados son coincidentes con otros aportados en la bibliografía en condiciones similares (Hidalgo, 1966; Lloveras *et al.*, 1998; Delgado, 2003; García Criado *et al.*, 2010), y difieren a los encontrados por Salvia *et al.* (2004) en secano en el Ampurdán, donde las mayores producciones anuales se obtuvieron el tercer año. En general, en los experimentos anteriores hubo seis ciclos productivos. En nuestro experimen-

to hubo siete debido a lo ajustado de las fechas de corte, realizando los cortes a veces en estados fenológicos precoces, lo que posibilitó aumentar en uno, el número de ciclos

El contenido medio en PB (años 2003-2006) y la desviación estándar de cada uno de los cortes (con tres repeticiones) se muestra la *Tabla 1*. Aquel decreció desde el 24,5%, en el primer corte practicado a primeros de abril, hasta el 19,7% a finales de julio, para remontan hasta 26,4% a finales de octubre. La evolución del contenido en PB de la alfalfa a lo largo del año, sobre la base de todos los cortes practicados se muestra en la *Figura 2*.

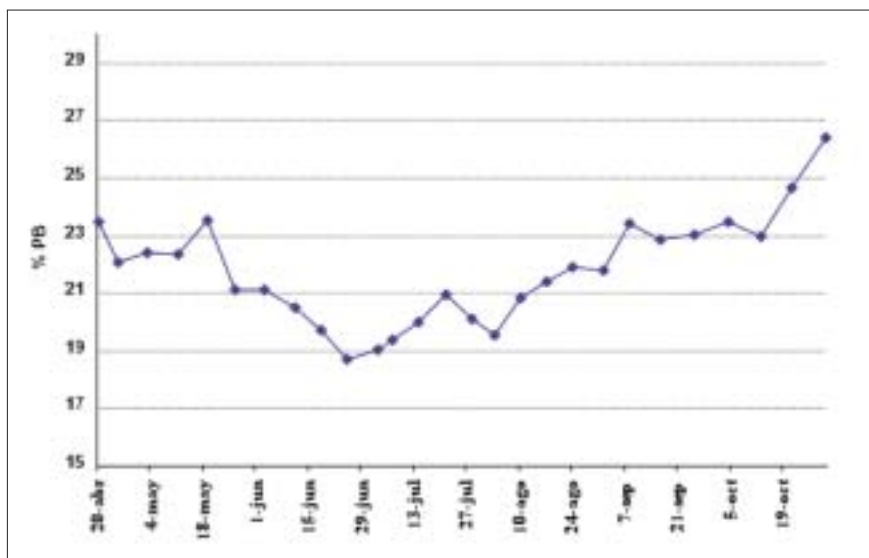


Figura 2. Evolución del contenido en proteína bruta (PB) en un alfalfar cv 'Aragón' en el momento del corte, en regadío, en Zaragoza. Media de cuatro años.

El contenido en PB fue superior al inicio de primavera y al final del verano, alcanzando los valores más bajos en el verano. Ello podría estar relacionado con el estado fenológico en el que se practicaron los cortes, vegetativo o botón floral al comienzo de la primavera y final del verano, y entre el 10% y el 50% de la floración a lo largo del verano. Este comportamiento fue similar al apreciado en otros estudios (Andueza *et al.*, 2001).

CONCLUSIONES

En las condiciones de estudio, el periodo productivo de la alfalfa tuvo lugar entre primeros de abril y principio de noviembre. La máxima producción anual de MS fue de 17 326 kg ha⁻¹ y se obtuvo el segundo año; el ciclo más productivo fue el tercero con 3036 kg ha⁻¹ y el máximo crecimiento se alcanzó el 20 de junio de 2005 con 128 kg ha⁻¹ día⁻¹. El contenido en PB disminuyó desde el 24,5%, analizado a primeros de abril, hasta el 18,7% a mediados de julio; posteriormente se incrementó hasta alcanzar el 26,4% a finales de octubre.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por los proyectos RTA03-031 y RTA200-00105-C02-01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDUEZA, D.; MUÑOZ, F.; MAISTERRA, A.; DELGADO, I., 2001. Forage yield and crude protein content of lucerne cultivars established in the Ebro Middle Valley. Preliminary results. *Options Méditerranéennes. Serie A: Séminaires Méditerranéens*, **45**, 73-76.

- A.O.A.C., 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. 15^a edición, 1298 pp. Arlington, USA.
- CORRALL, A.J.; FENLON, J.S., 1978. A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *J. Agric. Sci. Camb.*, **91**, 61-67.
- DELGADO, I. 2003. La alfalfa. Estudio comparativo de variedades comercializadas en España. *Agricultura*, **854**, 592-596.
- DELGADO, I.; MUÑOZ, F.; JOY, M., 2004. Determinación de la curva de crecimiento de la alfalfa. En: *Pastos y Ganadería Extensiva*, 439-444. B. GARCÍA CRIADO *et al.* (Eds.). Salamanca (España).
- GARCÍA CRIADO, L.; LORENZO MARTÍN, L.F.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B.R.; GARCÍA CIUDAD, A.; PETISCO, C.; GARCIA-CRIADO, B., 2010. Producción de 26 variedades de alfalfa en el oeste español durante cinco años. En: *Pastos: Fuente natural de energía*, 209-214. A. CALLEJA *et al.* (Eds.). Ed. Universidad de León, León (España).
- HIDALGO, F., 1966. *Clasificación de las alfalfas españolas*. Asociación de Investigación para la Mejora de la Alfalfa (Ed.), 86 pp. Zaragoza (España).
- LLOVERAS, J.; LÓPEZ QUEROL, A.; BETBESÉ, J.; BAGA, M.; LOPEZ FERNANDEZ, A., 1998. Evaluación de variedades de alfalfa en los regadíos del Valle del Ebro. Análisis de las diferencias intervarietales. *Pastos*, **28**, 37-56.
- M.A.P.A., 2009. *Anuario de estadística agroalimentaria*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid (España).
- SALVIA, J.; SERRA, J.; ARAGAY, M.; GRATOVIL, M., 2004. Evaluación de la producción y de la calidad forrajera de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en el Nordeste de España. En: *Pastos y ganadería extensiva*, 479-485. B. GARCÍA CRIADO *et al.* (Eds.). Salamanca (España).
- SAS, 2003. *SAS user's guide: Statistics version 9.1*. SAS Institute Inc., Cary, NC 27513, USA.

ANNUAL EVOLUTION OF FORAGE YIELD AND CRUDE PROTEIN CONTENTS OF A LUCERNE CV 'ARAGON' CROP

SUMMARY

The mean daily growth of lucerne cv 'Aragon' crop was determined under irrigation conditions in Zaragoza during the period 2003-2006. Forage yield and crude protein percentage were evaluated every seven days as average applying the method of Corral and Fenlon (1978). The productive period of lucerne was from middle April to early November. The annual maximum dry matter yield was 17 326 kg ha⁻¹ in the second year, the third cut was the most productive with 3 036 kg ha⁻¹, and the maximum growth was reached on 20 June 2005 with 128 kg ha⁻¹ day⁻¹. The crude protein percentage decreased from 24.5% at early April to 18.7% at mid-July; later, it increased up to 26.4% at late October. These results represent a contribution to the optimization of lucerne crops management.

Keywords: *Medicago sativa* L., daily growth, harvest, dry matter, irrigation.