

Artigo

Valeriano Yepes · Nieves Díaz · Juan Piñeiro

Encalado de establecimiento y mantenimiento de la alfalfa en suelos ácidos

Recibido: 14 Setembro 2005 / Aceptado: 19 Outubro 2005
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2005

Resumen Se presentan en este trabajo los resultados de un estudio sobre aplicación de calizas en establecimiento y mantenimiento del cultivo de la alfalfa, realizado en el período 1985-1988. El estudio se realizó en Mabegondo (Abegondo, A Coruña) en suelos de cultivo con pH en agua de 5,4. Se aplicaron cinco dosis de caliza molida en establecimiento: 0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 y 12,5 t/ha. En el 2º año se dividieron las parcelas en dos y se aplicaron de nuevo las dosis anteriores a una de las mitades. La respuesta al encalado fue alta en establecimiento hasta la dosis de 5 t/ha de calizas. Los incrementos de producción debidos a dosis superiores fueron escasos. La aplicación de cal en el 2º año produjo respuesta solamente en la parcela que había recibido 2,5 t/ha de caliza en establecimiento. Se consiguió un alto grado de ajuste de una curva exponencial a los datos de producción del conjunto de los cuatro años, en función de la dosis de caliza aplicada, lo que permitió, a su vez, disponer de la curva de respuesta en kg de materia seca por kg de caliza, también en función de la dosis.

Palabras clave *Medicago sativa* · caliza.

Summary Results of a trial, made in the period 1985-1988, to study establishment and maintenance rates of lime to cultivate lucerne on acid soils are shown. The trial was located at Mabegondo (Abegondo, A Coruña, Spain) on acid soils with a pH in water of 5.4 in the top layer. Five rates were used at establishment: 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 and 12.5 t/ha of ground limestone. In the second year the plots were split into two subplots and the same rates were spread in

one of the subplots. The response to liming was high until the rate of 5 t/ha of lime at establishment. Yield increase at higher rates was small. Liming in the second year had a positive effect on yield only on the plot that received 2.5 t/ha of lime at establishment. An exponential curve was fitted to the yields of the whole period, as a function of establishment rates. This allowed to have also a response curve on kg of dry matter per kg of lime, also as a function of establishment rates.

Key words *Medicago sativa* · ground limestone.

Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una especie forrajera muy cultivada en España, sobre todo en las Comunidades Autónomas de Aragón, Castilla y León, y Cataluña, en las que se siembra el 80 % de la superficie destinada al cultivo de alfalfa en España (MAPYA, 2004).

Su cultivo se limitaba en Galicia a solamente 95 hectáreas en el año 2002, frente a las 230 000 y 300 000 ocupadas por las praderas y por los prados, respectivamente (MAPYA, 2004). Es una de las primeras especies pratenses sobre las que se dispuso información experimental positiva en Galicia, descrita por González Pizarro (1895), que consiguió producciones de 20 t/ha de heno de alfalfa en las parcelas de la Escuela de Veterinaria de Santiago. Las intensas campañas de divulgación de praderas de distintos tipos, entre ellas la alfalfa, que inició en 1955 el Plan Agrícola de Galicia, con base en un amplio programa experimental de especies y mezclas pratenses desarrollado en la década de los cincuenta del siglo pasado, se demostró su alta capacidad productiva en secano (Yepes, 1966).

Diversos estudios realizados en la segunda mitad del siglo pasado confirmaron el interés del cultivo de la alfalfa por su alta producción (Yepes & Pérez, 1971), su alto contenido en proteína (Piñeiro & Pérez, 1992) y su mayor producción en verano (Yepes & Piñeiro, 1972; Piñeiro & Pérez, 1984, 1988), con respecto a las especies corrientemente

empleadas en la siembra de praderas en Galicia. Esto, unido a la creciente cantidad de alfalfa adquirida en los últimos años por las explotaciones gallegas, lleva a que de vez en cuando se intente promover su cultivo por distintas entidades y en distintas localidades sin que estas iniciativas acaben teniendo el éxito deseado, lo que contrasta con la facilidad con que la pradera polifita, mezcla de gramíneas y tréboles, ha pasado a ser la principal componente de la producción forrajera de las explotaciones ganaderas, con un crecimiento incesante de la superficie destinada a praderas polifitas en Galicia en la segunda mitad del siglo pasado. La razón principal de esta diferencia está, probablemente, en la facilidad de establecimiento y manejo de las praderas polifitas, que contrasta con la dificultad de establecimiento y mantenimiento de la alfalfa, que requiere un manejo algo distinto, tanto en el modo de aprovechamiento como en el tratamiento de la fertilidad del suelo.

La naturaleza ácida de los suelos gallegos plantea una problemática específica para el desarrollo de las praderas y de los cultivos que ha sido revisada por Mombiela (1983), siendo habitual la práctica del encalado de los suelos agrícolas para corregir los problemas de fertilidad asociados a la acidez. La alfalfa es especialmente sensible a la acidez y requiere suelos próximos a la neutralidad según indican numerosos autores (Hidalgo, 1969; Spedding & Diekmahns, 1972; Rhykerd & Overdahl, 1972; Pozo, 1983; Sheldrick et al., 1987; Lanyon & Griffith, 1988; Ben Chaâbane & Delgado, 1999), que tienden a recomendar el encalado del suelo cuando el pH es inferior a 6,2-6,4.

Los estudios sobre el efecto de la cal en el establecimiento de alfalfa y de praderas de gramíneas y tréboles han sido

particularmente intensos en la década de los setenta y ochenta sobre terrenos procedentes de monte (Piñeiro et al., 1977; González, 1986; Mombiela, 1986). En todos ellos se encontró una marcada respuesta a la aplicación de cal, concluyéndose que es una práctica obligada en este tipo de suelos, generalmente muy ácidos. En terrenos de cultivo, con pH en agua de 5,3, se encontraron también respuestas positivas cuando se comparó la aplicación de tres y cinco t/ha de calizas molidas en el establecimiento de alfalfa, sola o mezclada con raigrás italiano y/o raigrás inglés (Piñeiro & Pérez, 1988).

Dados los buenos resultados obtenidos en estos y otros ensayos, se estimó conveniente estudiar con mayor profundidad el efecto de la aplicación de cal en el establecimiento y mantenimiento de la alfalfa en los terrenos de cultivo con pH inferior al que se estima como óptimo para su cultivo, con el objetivo de disponer de información local para aconsejar a las entidades y agricultores interesados.

Material y métodos

El ensayo se estableció en una parcela de la finca principal del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, situada en el municipio de Abegondo (A Coruña), en zona costera, a 150 m de altitud sobre el nivel del mar, con suelo profundo de textura franco limosa desarrollado sobre esquistos de Órdenes, bien dotado de fósforo, escaso en potasio y con un pH en agua de 5,4-5,5 en los 20 cm superiores del perfil (Tabla 1), demasiado bajo para el cultivo de la alfalfa de acuerdo con las referencias antes comentadas.

Profundidad (cm)	pH (en agua)	P (ppm) ¹	K (ppm) ²	Al (%) ³
0-10	5,4	32	80	13
10-20	5,6	32	45	13

Tabla 1.- Características químicas del suelo antes del establecimiento del experimento.

¹ Fósforo soluble en una solución de bicarbonato sódico 0,5N, pH 8,5.

² Potasio soluble en una solución de nitrato amónico 1 N.

³ Al (%) = Porcentaje de aluminio en el complejo de cambio.

Mes\Año	Lluvia caída (mm)				Temperatura media (°C)			
	1985	1986	1987	1988	1985	1986	1987	1988
Enero	130	199	66	172	6,0	7,5	7,4	9,3
Febrero	115	205	84	71	9,8	7,5	8,6	8,3
Marzo	140	75	64	72	8,5	8,8	10,0	9,2
Abril	99	80	126	91	11,3	7,5	12,4	11,4
Mayo	75	44	24	85	11,8	12,1	11,7	13,2
Junio	45	19	55	59	15,6	13,5	15,5	15,7
Julio	24	1	16	47	18,0	17,0	17,1	16,7
Agosto	32	37	14	3	16,8	15,5	18,3	17,3
Septiembre	1	132	41	14	19,1	17,4	19,7	16,3
Octubre	40	38	283	90	14,2	14,9	12,8	14,2
Noviembre	95	107	95	42	9,1	10,2	10,7	11,6
Diciembre	222	113	97	24	8,2	9,3	11,1	7,9
Año	1018	1050	965	770	12,4	11,8	12,9	12,6

Tabla 2.- Lluvia caída y temperaturas medias mensuales en Mabegondo (Abegondo), durante los cuatro años del período experimental.

El clima de la zona experimental es templado-húmedo, con temperaturas medias mensuales que oscilaron entre 6,0 y 7,9 °C en invierno y 17,3 y 19,7 en verano, en los cuatro años del período experimental. La lluvia caída osciló entre 770 y 1050 mm anuales, en el mismo período, con escasez en verano y exceso en otoño-invierno (Tabla 2).

Antes del inicio del experimento la parcela estuvo destinada a pradera durante cuatro años. Tres meses antes de la siembra del experimento, se dio un pase de grada, que se completó posteriormente con una labor de arado y de grada para conseguir una buena cama de siembra.

Dos semanas antes de la siembra, se abonó con 180 kg/ha de P_2O_5 , en forma de superfosfato de cal del 18% y 240 kg/ha de K_2O , en forma de cloruro potásico del 60%, que se distribuyó manualmente sobre la superficie del suelo gradeado. No se utilizó nitrógeno, ni en establecimiento ni en mantenimiento.

Se utilizó un diseño en parcelas divididas con cinco repeticiones.

Tratamientos principales

Después de la aplicación de los abonos se aplicaron, también por distribución manual en superficie, los distintos tratamientos que consistieron en seis dosis de caliza molida (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 y 12,5 t/ha) con una riqueza mínima en carbonato cálcico del 80% (parcelas 1., 2., 3., 4., 5. y 6., respectivamente, Tabla 3). Las parcelas principales fueron de 5 m x 5 m. Los distintos bloques, o repeticiones, se separaron por un pasillo de 2,5 m de ancho, con objeto de facilitar la accesibilidad a las parcelas para anotaciones y muestreos.

Después de la aplicación de la cal se hizo un ligero enterrado, a una profundidad de unos 10 cm, mediante un paso superficial de un motocultor dotado de una pequeña

fresa, en sentido perpendicular a los pasillos para evitar el traslado de cal de unas parcelas a otras.

El 13 de abril de 1985 se sembraron todas las parcelas con alfalfa var 'Du Puits', a razón de 20 kg/ha, por distribución manual a voleo. Después de la siembra se pasó un rastrillo de mano para favorecer el enterrado de la semilla.

Tratamientos secundarios

En enero de 1987, aprovechando la parada invernal de la vegetación, se dividieron las parcelas principales en dos subparcelas de 5 m de largo por 2,5 de ancho, en sentido perpendicular a los pasillos, y se hizo una segunda aplicación de caliza a una de las dos subparcelas (subparcelas .2, Tabla 3)) de cada parcela principal, en cantidades similares a las que había recibido antes de la siembra. La otra subparcela no recibió caliza en esta fecha (subparcelas .1, Tabla 3)

Herbicidas y abonado de mantenimiento

El 30 de mayo de 1985, cuando la alfalfa tenía 2-4 hojas trifoliadas, se trataron todas las parcelas con propizamida, herbicida de post-emergencia que había dado buen resultado en ensayos anteriores (Yepes, 1993), a razón de 1,5 kg/ha de materia activa. La alfalfa se estableció muy bien en todas las parcelas. En el segundo invierno se trató todo el campo con paraquat, a razón de 2,0 L/ha de producto comercial (20 % p/v de materia activa) para controlar la vegetación espontánea, aprovechando la fase de parada vegetativa de la alfalfa.

Se abonó anualmente con 120 kg/ha de P_2O_5 , en forma de superfosfato de cal del 18% y 240 kg/ha de K_2O , en forma de cloruro potásico del 60%, durante la parada invernal.

Criterios para el aprovechamiento y control de la producción

El primer corte se dio cuando se iniciaban los rebrotes en la base de los tallos, antes de que la planta hubiese iniciado su floración. El segundo, tercero y cuarto cortes se dieron al principio de la floración. En el año 1986, segundo año de producción, se dio un quinto corte en el otoño, en estado vegetativo. En los demás años no hubo corte de otoño porque el rebrote fue muy escaso y se optó por dejarlo sin aprovechar.

Para el control de la producción se utilizó una motosegadora dotada con una barra de siega de 0,90 m de ancho, con la que se cortó una franja central en cada parcela, en sentido perpendicular a los pasillos. El forraje cosechado en esta franja se recogió con un rastrillo manual y se pesó en campo. De este forraje se tomó una muestra de aproximadamente un kilogramo, que se transportó al laboratorio en bolsa de plástico bien cerrada para determinación de su contenido en materia seca y análisis florístico. El contenido en materia seca se determinó por desecación de una submuestra de 100 o 200 g de forraje

Tratamientos	Caliza aplicada (t/ha) ¹	
	En siembra	En 2º año
1.1	0	0
1.2	0	0
2.1	2,5	0
2.2	2,5	2,5
3.1	5,0	0
3.2	5,0	5,0
4.1	7,5	0
4.2	7,5	7,5
5.1	10,0	0
5.2	10,0	10,0
6.1	12,5	0
6.2	12,5	12,5

¹ Caliza molida:
El 80% pasa por un tamiz de 0,5 mm
Riqueza en carbonato cálcico: 80%

Tabla 3.- Tratamientos: Dosis de caliza (t/ha) aplicadas en establecimiento (antes de la siembra) y en mantenimiento (segundo año).

verde durante 17 horas en estufa de aire forzado a 80 °C. El análisis florístico se hizo por separación manual en dos componentes: alfalfa y otras especies. En muchos de los cortes la alfalfa era prácticamente la única componente por lo que no se tuvo en cuenta el análisis florístico para la presentación de los resultados, que se refieren a la producción total, lo que incluye la escasa vegetación espontánea que hubo en algunos de los cortes, sobre todo en el primero.

Después del muestreo de las franjas para medición del rendimiento, se cortaron las superficies restantes de las parcelas y se retiró inmediatamente todo el forraje segado, para permitir el rebrote de toda la superficie en las mismas condiciones.

Resultados y discusión

En la Tabla 4 se recogen las producciones medias de las subparcelas que recibieron calizas solamente en el momento de establecimiento del alfalfar.

Las producciones del primer año (1985) son inferiores a los restantes por tratarse de un establecimiento de primavera, que permitió la realización de dos cortes solamente. No se han encontrado diferencias significativas entre tratamientos, debido probablemente a que la caliza no ha tenido tiempo suficiente como para actuar de una forma diferencial sobre el cultivo, a pesar de la gran diferencia entre dosis. De hecho, la recomendación generalizada es que la aplicación de cal se haga, al menos, unos seis meses antes de la siembra de la alfalfa (Rhykerd & Overdahl, 1972; Lanyon & Griffith, 1988), recomendación que no se siguió en este experimento. Es también recomendable que las cantidades altas se apliquen repartidas, la mitad antes de la labor profunda de arado y la otra mitad en la fase de gradeo superficial. A pesar de que todas las cantidades se aplicaron de una sola vez y se enterraron de forma superficial, no se han observado síntomas visuales negativos de posibles daños ocasionados por las aplicaciones de las dosis más altas.

En el segundo año (1986) se obtuvieron las mayores producciones de todo el período experimental, lo que suele ser normal en el cultivo de la alfalfa. A pesar de que el pH de la parcela testigo es bajo para la alfalfa, se consiguió una producción de 15,3 t/ha de materia seca, que es incluso superior a la conseguida en la zona con praderas monofitas de raigrás italiano o de raigrás inglés (González, 1989). Las diferencias de producción entre tratamientos es solamente significativa al nivel del 10 %, debido a la diferencia entre el tratamiento sin cal y todos los demás, que dan producciones similares.

En los años tercero (1987) y cuarto (1988) se observaron diferencias significativas debidas a los tratamientos, al nivel del 5 % y 1 %, respectivamente, con producciones claramente menores en las parcelas que no se encalaron o que recibieron solamente 2,5 t/ha de caliza en establecimiento.

Las diferencias observadas en el segundo, tercero y cuarto año se trasladaron a la producción total conseguida en el conjunto de los cuatro años, resultando también significativas. Los resultados antes comentados muestran la misma tendencia que los conseguidos anteriormente en Galicia, tanto en terrenos previamente ocupados por matorral, con pH inicial de 5,2 (González, 1986), como en terrenos de cultivo, con pH inicial de 5,3 (Piñeiro & Pérez, 1988)

Después de comprobar que el efecto de las dosis de caliza empleadas dio lugar a diferencias estadísticamente significativas entre las producciones del conjunto de los cuatro años, se decidió ajustar una función exponencial a los datos de producción en función de las cantidades de caliza aplicadas (Figura 1), consiguiéndose un alto grado de ajuste, con un coeficiente de determinación del 98 %. En esta curva se observa una respuesta importante hasta el nivel de aplicación de 5 t/ha. A partir de esta dosis los incrementos de producción fueron muy escasos.

Tratamiento	Caliza ²	Producción ¹ (t/ha MS) e índice de producción (IP)						
		1985	1986	1987	1988	Total	Media	IP(%)
1.1	0,0	7,5	15,3	10,0	10,8	43,6	10,9	100
2.1	2,5	7,9	17,1	11,1	11,5	47,6	11,9	109
3.1	5,0	7,1	17,0	12,8	12,6	49,5	12,4	114
4.1	7,5	7,1	17,6	12,2	12,6	49,5	12,4	114
5.1	10,0	7,0	17,9	12,7	13,2	50,8	12,7	117
6.1	12,5	7,0	17,6	12,7	12,9	50,2	12,6	115
Significación ⁴		NS	+	*	**	*	*	
CV(%)			8,5	12,5	7,8	8,3	8,3	

¹ Número de cortes: 2 en 1985, 5 en 1986, 4 en 1987 y 4 en 1988.

² Dosis de caliza aplicada en establecimiento (antes de la siembra) en t/ha

³ Valor 100 = Producción media de cuatro años de la parcela testigo (10,9 t/ha MS)

⁴ NS= Diferencias estadísticamente no significativas; +, *, ** = Diferencias estadísticamente significativas al nivel del 10 respectivamente.

MS = Materia seca

CV = Coeficiente de variación en %

Tabla 4.- Producciones (t/ha MS) anual, total y media anual del período 1985-1988 e índice de producción (IP, % respecto al testigo sin cal) de las parcelas que recibieron caliza solamente antes de la siembra de la alfalfa.

La primera derivada de esta función (Figura 2) representa los incrementos de producción en kg de materia seca por kg de incremento de caliza empleada, en función de la cantidad de caliza empleada, lo que es un buen indicador de la respuesta económica al encalado. Como se observa en la Figura 2, el incremento de materia seca producida, en kg por cada kg de incremento de caliza es de 0,4 en el entorno

de la dosis de 5 t/ha de caliza. Si asumimos el precio de 0,06 euros/kg para la caliza distribuida sobre el terreno y el de 0,15 euros/kg para la alfalfa comprada por los agricultores, el coste del kg de caliza aplicada comienza a superar al del valor de la alfalfa producida precisamente en el entorno de las 5 t/ha de caliza. Esta dosis es, por tanto, el límite económico de la respuesta al encalado.

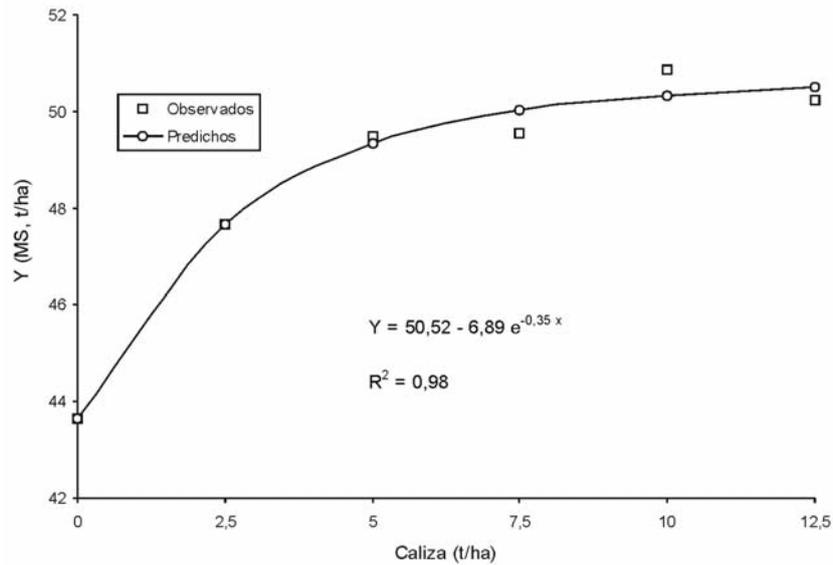


Figura 1.- Curva exponencial ajustada a la producción total (Y, t/ha materia seca) de los cuatro años del periodo experimental (1985-1988), en función de la dosis de caliza (t/ha) aportada en establecimiento (antes de la siembra).

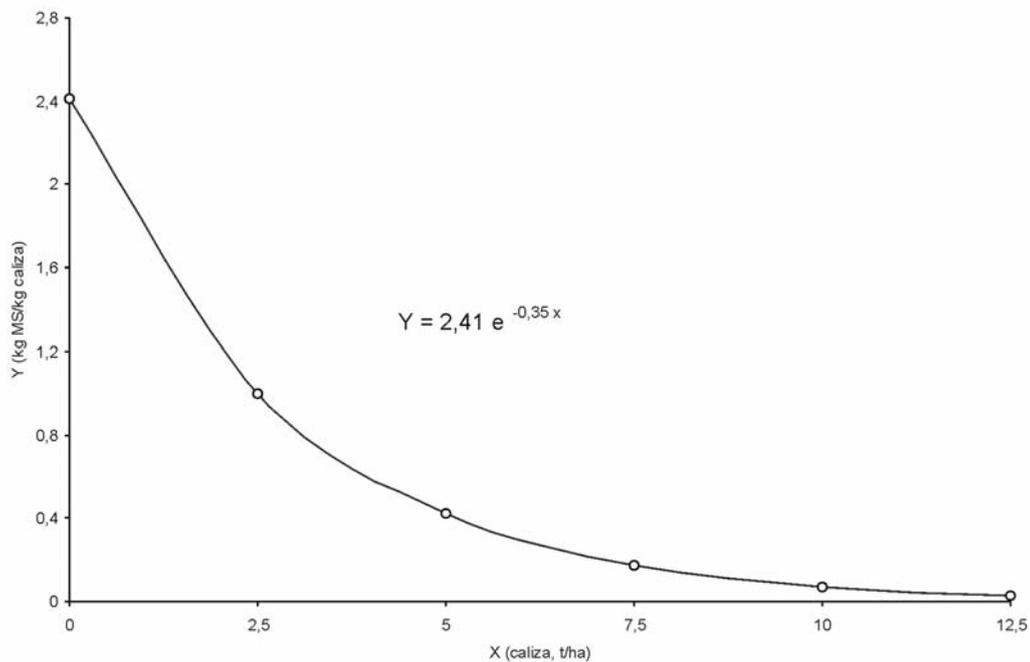


Figura 2.- Relación entre el incremento de producción de alfalfa (kg MS) y el incremento de caliza aportada (kg), en función de la dosis de caliza (t/ha) aplicada en el establecimiento (antes de la siembra). Esta curva se obtuvo por derivación de la curva exponencial de la Figura 1.

Es evidente que la reflexión anterior sobre la rentabilidad económica de la respuesta es una simplificación porque hay factores no contemplados del beneficio del encalado como puede ser su efecto residual sobre corrección de la acidez que permanece después del período de cultivo de la alfalfa, del que se beneficiarán los cultivos siguientes en la rotación. Hay, por tanto, un efecto inversión no contemplado en las consideraciones de índole económica.

Efecto de las aplicaciones en el segundo año

La repetición en el invierno 1986-87, después del segundo año de crecimiento, de la dosis aplicada en el establecimiento no tuvo efecto significativo sobre la

producción del año que siguió a esta segunda aplicación (Tabla 5), aunque se observó una mejora en la producción de las parcelas que recibieron 2,5 t/ha de calizas en la siembra. Esta mejora se confirmó en el segundo año, llegando a ser estadísticamente significativa, como demuestra la interacción de los factores caliza aplicada en siembra x caliza aplicada en segundo año. Este resultado permite recomendar la aplicación de las 5 t/ha en dos aportaciones de 2,5 t/ha, la primera antes de la siembra y la segunda después del segundo año de crecimiento. La repetición en segundo año de las otras dosis carece de interés porque no ha habido respuesta, al tratarse de dosis demasiado elevadas.

Tratamientos	Caliza (t/ha) ²		Producción ¹ (t/ha MS)		
	Siembra	2º año	1987	1988	Media
Caliza aplicada en siembra					
1.1	0,0	0,0	10,0	10,8	10,4
2.1	2,5	0,0	11,1	11,5	11,3
3.1	5,0	0,0	12,8	12,6	12,7
4.1	7,5	0,0	12,2	12,6	12,4
5.1	10,0	0,0	12,7	13,2	13,0
6.1	12,5	0,0	12,7	12,9	12,8
Media tratamientos .1			11,9	12,3	12,1
Caliza aplicada en 2º año					
1.2	0,0	0,0	9,9	11,3	10,6
2.2	2,5	2,5	12,7	13,0	12,9
3.2	5,0	5,0	11,9	12,6	12,2
4.2	7,5	7,5	12,7	12,5	12,4
5.2	10,0	10,0	12,0	13,2	12,6
6.2	12,5	12,5	12,2	12,7	12,4
Media tratamientos .2			11,9	12,5	12,2
Media parcelas principales (en siembra y en 2º año)					
1.2	0,0	0,0	9,9	11,0	10,5
2.2	2,5	2,5	11,9	12,3	12,1
3.2	5,0	5,0	12,3	12,6	12,5
4.2	7,5	7,5	12,5	12,5	12,5
5.2	10,0	10,0	12,3	13,2	12,8
6.2	12,5	12,5	12,5	12,8	12,6
Media general			12,0	12,4	12,1
Significación estadística ³					
Caliza en siembra			*	*	*
Caliza en 2º año			NS	NS	NS
Interacción			NS	*	NS
CV(%)			12,3	5,2	8,3

¹ Número de cortes: 4 en 1987 y 4 en 1988.

² Dosis de caliza (t/ha) aplicada en siembra (establecimiento) y en 2º año.

³ NS = Diferencias estadísticamente no significativas y * = Diferencias estadísticamente significativas al nivel del 5.

MS = Materia seca.

CV = Coeficiente de variación en %

Tabla 5.- Producciones (t/ha MS) anual, total y media anual del período 1987-1988 de las parcelas que recibieron caliza antes de la siembra de la alfalfa y en el 2º año.

Tratamientos	Caliza (t/ha) en ¹			Acidez	
	Siembra	2º año	Total	pH	Al (%)
1.1	0,0	0,0	0,0	5,4	19
2.1	2,5	0,0	2,5	5,6	14
3.1	5,0	0,0	5,0	5,8	8
4.1	7,5	0,0	7,5	6,1	2
5.1	10,0	0,0	10,0	6,5	0
6.1	12,5	0,0	12,5	6,6	0
<hr/>					
1.2	0,0	0,0	0,0	5,3	18
2.2	2,5	2,5	5,0	5,8	3
3.2	5,0	5,0	10,0	6,1	1
4.2	7,5	7,5	15,0	6,8	0
5.2	10,0	10,0	20,0	7,2	0
6.2	12,5	12,5	25,0	7,3	0

1) Dosis de caliza (t/ha) aplicada en siembra (establecimiento) y en 2º año

Tabla 6.- Influencia de la cal aportada sobre el pH y el contenido en aluminio del suelo en el invierno 1988-1989, al final del período experimental.

Reflexión general sobre la necesidad de cal

La respuesta a la aplicación de cal al suelo hasta dosis de 5 t/ha de calizas ha quedado claramente demostrada en este ensayo, establecido en un suelo con un pH en agua de 5,4 y un contenido en aluminio del 13 %. A pesar de que el pH al final del ensayo era de 5,8 y el contenido en aluminio del 8 % para esta dosis (Tabla 6), el desarrollo de la alfalfa fue bueno y escasamente superado por las dosis superiores, que llevaron a valores de pH superiores a 6 y a una presencia de aluminio en el complejo de cambio nula o casi nula. Queda, por tanto, la duda de si es necesario superar el valor 6,2-6,4 indicado en la breve revisión bibliográfica. Esta duda ya la planteó Wynn-Williams (1982) en Nueva Zelanda, en donde la media de los alfalfares se desarrollan sobre suelos con pH próximo al 6,0. Solamente el 3% de las muestras del estudio comentado estaban en el rango 6,6-7,0. En todo caso, después de nuestros resultados parece claro que es necesario encalar aquellos suelos que tengan un pH inferior a 6, lo que estaría de acuerdo con la recomendación de Langer (1973) para Nueva Zelanda en el sentido de que el valor del pH del suelo debe ser al menos de 6,0.

Conclusiones

La información comentada en los apartados anteriores permite concluir que:

1.- Hay una clara respuesta de la alfalfa a la aplicación de cal en suelos de cultivo con un pH al agua de 5,5 y un contenido en aluminio en el complejo de cambio del 13 %, hasta dosis de 5 t/ha en establecimiento.

2.- La aplicación de cal en superficie después del 2º año, es recomendable únicamente cuando la dosis inicial ha sido de 2,5 t/ha.

3.- En el momento actual, la dosis de 5 t/ha es el límite de rentabilidad económico de la aplicación de calizas para el establecimiento de un alfalfar en un suelo de las características del ensayo.

Bibliografía

Ben Chaâbane, A. & Delgado, I. (1999). Suelo. En: M. Llorca et al. (Eds.). La alfalfa deshidratada. Cultivo, transformación y consumo. Asociación Interprofesional de Forrajes Españoles, Edicions de la Universitat de Lleida. 64-71.

Hidalgo Maynar, F. (1969). El abonado de la alfalfa. Asociación de Investigación para la mejora de la alfalfa. Zaragoza, España.

González Arráez, E. (1986). Necesidades de cal en el establecimiento de alfalfa en terrenos a monte en Galicia. *Pastos*. XXVI, 1-2:143-150.

González Arráez, E. (1989). Evaluación de variedades comerciales de gramíneas pratenses de interés para la España Húmeda. Memoria 1989. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, A Coruña, España. 30-32

González Pizarro, J. de P. (1895) Plantas pratenses. Estudio agrícola-bromatológico. Santiago de Compostela, España.

Langer, R.H.M. (1973). Lucerne. En: Langer, R.H.M (Ed.) Pastures and Pasture Plants, Reed, Wellington, Nueva Zelanda.

Lanyon, L.E. & Griffith, W.K. (1988). Nutrient and fertilizer use. En: Hanson et al. (Eds.) Alfalfa and alfalfa improvement. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. Publishers, Series Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. Vol 29:333-372.

- MAPYA (2004). Anuario de Estadística Agroalimentaria 2003. Servicio de Publicaciones del MAPYA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) Madrid, España.
- Mombiela Muruzabal, F. (1983). El estudio de la fertilidad del suelo en Galicia. Apuntes históricos y problemática general de la investigación sobre la acidez y la falta de fósforo. Cuadernos da Área de Ciencias Agrarias. Publicacións do Seminario de Estudos Galegos, Edicións do Castro, Sada, A Coruña, España. 4:75-117.
- Mombiela, F. (1986). Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española. Actas de la XXVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. 1:213-242.
- Piñeiro, J. & Pérez, M. (1984). Mezclas pratenses para la España Húmeda. Memoria 1983. Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario 01, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, A Coruña, España. 31-36.
- Piñeiro, J. & Pérez, M. (1988). Mezclas pratenses para la España Húmeda. Memoria 1984-1985. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, Consellería de Agricultura, Gandería e Montes, A Coruña, España. 21-28.
- Piñeiro & Pérez, M. (1992). Especies pratenses y modo de aprovechamiento. I.- Efecto sobre el contenido en proteína bruta, fósforo y potasio. Actas de la XXXII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. 255-260.
- Piñeiro, J.; Pérez, M. & González, E. (1977). Acción del fósforo, potasio y cal en el establecimiento de praderas en terrenos procedentes de monte. III Seminario INIA/SEA sobre Pastos, Forrajes y Producción Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario de Galicia, A Coruña, España. 53-82.
- Pozo, M. del (1983). La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento. 3ª Edición, Mundi Prensa, Madrid, España.
- Rhykerd, C.L. & Overdahl, C.J. (1972). Nutrition and fertilizer use. En: Hanson (Ed.) Alfalfa science and technology. American Society of America, Inc., Publisher, Series Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. Vol:15:437-468.
- Sheldrick, C.R., Thomson, D. & Newman, G. (1987). Legumes for milk and meat. Chalcombe Publications, Marlow Botton, Marlow, Bucks, Reino Unido.
- Spedding, C.R.W. & Diekmahns, E.C. (Ed.) (1972). Lucerne (Medicago sativa). En: Grasses and legumes in the British Agriculture. Bulletin 49. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Bucks (England). 387-403
- Wynn-Williams, R.B. (1982). Lucerne establishment-conventional. En: R.B. Wynn-Williams (Ed.) Lucerne for the 80'S. Agronomy Society of New-Zealand. Special Publication 1, Palmerston North, Nueva Zelanda. 11-20,
- Yepes, V. (1966). Resumen de los trabajos realizados en Galicia sobre la alfalfa. Estudio nº 5 de la Serie Estudios sobre alfalfa. Sección de Plantas Forrajeras y Pratenses, Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, Madrid, España.
- Yepes, V. (1993). Herbicidas en la siembra y mantenimiento de la alfalfa (Medicago sativa L.). Cuaderno da Área de Ciencias Agrarias. 13:369-378. Publicacións do Seminario de Estudos Galegos, Edicións do Castro, Sada, A Coruña, España.
- Yepes, V. & Pérez, M., (1971). Avance-resumen de las experiencias con especies y variedades de gramíneas y leguminosas pratenses. *Pastos*. 1,1:38-52.
- Yepes, V. & Piñeiro, J. (1972). Distribución estacional de la producción de algunas especies pratenses en Galicia. *Pastos*. 2,1:63-76.