

Respuestas al calcio y molibdeno en pastos anuales basados en trébol subterráneo en la región extremeña

J. JIMÉNEZ MOZO y T. MARTÍNEZ AGULLA

INIA-CRIDA 08. Badajoz

RESUMEN

En los otoños de 1977 y 1978 se establecieron en Extremadura ocho ensayos sobre los principales tipos de suelos ácidos de interés pascícola de la región con el objeto de investigar las necesidades de molibdeno y calcio en praderas de secano basadas en trébol subterráneo.

Las respuestas obtenidas al molibdeno han sido generales para cada uno de los parámetros medidos en cada uno de los tipos de suelos estudiados.

En algunos casos la aplicación de calcio corrige la deficiencia de molibdeno, pero su aportación, en cualquier caso, es más costosa. La tancia de la aplicación de calcio se manifiesta únicamente necesaria en los suelos más ácidos de pH más bajos ($\text{pH} < 5,5$) esencialmente los denominados Planosuelos sobre rañas. Asimismo, en este tipo de suelo la aplicación de calcio y molibdeno mejora ostensiblemente la nodulación de plantas de trébol subterráneo. Se han obtenido los primeros resultados indicativos de una mejor formación de semillas de trébol subterráneo por la aplicación de calcio en algunos de los ensayos de estudio.

Estos resultados son los preliminares de una primera fase de un proyecto de investigación sobre la problemática nutricional del molibdeno y calcio en los suelos ácidos de la región extremeña.

INTRODUCCIÓN

En los programas de mejora de pastos, en general, y de forma concreta en el desarrollo de los pastos en la región extremeña, el papel de la fertilización y la búsqueda de aquellos elementos nutricionales que limitan el desarrollo de los pastos, bien sembrados o naturales, se considera

fundamental (KARLOVSKY y col., 1971, 1972; RATERA y col., 1975; JIMÉNEZ y col., 1978).

Dejando al margen el papel fundamental que juegan los macroelementos, especialmente el fósforo, en el desarrollo y mejora de pastos basados en leguminosas, ha sido comprobado que en países como Australia, USA y Nueva Zelanda uno de los factores más importantes para el éxito en la introducción de una nueva especie de leguminosas en una región es conseguir un pleno funcionamiento de la actividad simbiótica de estas especies con su capa cepa afin de Rizobium.

El fundamental e indispensable papel que el molibdeno juega en la fijación del nitrógeno, resalta la especial importancia de este elemento, ya que si en una pradera las leguminosas no fijan el nitrógeno, su desarrollo será pequeño y no podrán competir con el resto de la flora espontánea, muy agresiva y rústica en nuestras condiciones, con mejor adaptación al terreno, que hará que progresivamente la pradera original degenerare, llegando incluso a desaparecer.

Asimismo, el calcio puede tener un amplio rango de efectos en el desarrollo de los pastos. Entre los más característicos en regiones de amplia experiencia en el tema, como Australia, destacan el efecto sobre la nodulación de leguminosas (SPENCER, 1950; LONERAGAN y DOWLING, 1958), y sobre la mayor disponibilidad de otros nutrientes en el suelo para la planta, como fósforo y molibdeno, por la elevación de pH en suelos ácidos (ANDERSON, 1956; BARROW, 1964; MUNNS, 1965; HELYAR y ANDERSON, 1971). Recientemente ha sido señalada la importancia que las aplicaciones de calcio pueden tener sobre la persistencia de trébol subterráneo (OZANNE y HOWES, 1974) debido al mayor número de glómérulos formados, mayor cantidad de semilla por glómérulo y mejor formación de la semilla de esta especie, en definitiva una mayor y mejor formación de semilla y, por tanto, de persistencia del pasto.

En los últimos años han sido realizados algunos trabajos en el centro y suroeste de España (RATERA y col., 1977; CORREAL, 1977; JIMÉNEZ y col., 1979) en los que se aprecia por primera vez la importancia que puede tener el molibdeno y en menor intensidad el calcio en el desarrollo de pastos basados en leguminosas en nuestras condiciones.

Este trabajo como continuación en profundidad de los estudios realizados anteriormente, presenta los resultados preliminares de los años 1978 y 1979 de la primera fase de un proyecto con el que se pretende detectar las principales zonas y suelos con deficiencias de molibdeno en la región extremeña, la intensidad de estas deficiencias, sus efectos sobre la persistencia de los pastos, y la acción del calcio sobre la producción y persistencia de estos pastos y las principales áreas y suelos con necesidad de aplicación de este elemento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugares de establecimiento

Durante los otoños de los años 1977 y 1978 se establecieron un total de ocho ensayos cubriendo los principales suelos de interés pascícola de la región extremeña; uno de los ensayos se incluyó en la Sierra Norte de

Sevilla, cinco de los ensayos se establecieron sobre praderas ya sembradas de trébol subterráneo de unos tres años de antigüedad donde se habían observado síntomas de carencia y problemas de desarrollo, pero donde todavía había un considerable y apreciable número de plantas de trébol subterráneo, además de otras leguminosas espontáneas. Tres de los ensayos fueron de nueva implantación, las especies sembradas de trébol subterráneo consistieron en una mezcla de Clare, Seaton Park y Howard, la dosis de siembra empleada fue de 30 kg/ha., las semillas fueron extendidas a voleo sobre la superficie cultivada del suelo y ligeramente enterrada.

El cuadro 1 indica la localización de las áreas experimentales, características, tipo de suelo y principales condiciones edáficas.

Tratamientos

Los tratamientos han consistido en comparar los efectos del fósforo, calcio y molibdeno a dos niveles (sin nutrientes y con nutrientes) según las ocho siguientes combinaciones:

Los niveles aplicados de cada nutriente han sido los siguientes: fósforo 60 kg P₂O₅/ha. en forma superfosfato 18 %; calcio 1.000 kg CO₃Ca/ha. en forma de polvo; molibdeno 400 g/ha. de molibdato amónico aplicado en forma de solución líquida pulverizada. Todos los tratamientos recibieron una aplicación básica de 50 kg K₂O/ha. en forma de cloruro potásico. Las aplicaciones fueron realizadas en otoño extendiéndose a mano tanto el superfosfato como el carbonato cálcico. La aplicación líquida de molibdeno se realizó después de las dos-tres primeras semanas de germinación del trébol subterráneo. Tanto de molibdeno como de calcio se ha realizado una sola aplicación, repitiéndose en el segundo año la aplicación de superfosfato.

Diseño experimental

Se dispusieron tres repeticiones por tratamiento, distribuidos en un diseño de bloques al azar.

Tamaño de las parcelas

El tamaño de parcelas utilizado ha sido de 2 × 10 m².

Técnicas de control

Las técnicas de control han sido conteos y puntuaciones para valorar los siguientes factores: desarrollo/vigor, color y nodulación. Asimismo se ha estimado por técnicas de estimación visual el porcentaje de leguminosas en cada uno de los tratamientos. Estas técnicas utilizadas han sido las descritas por LYNCH, 1973. También se ha valorado el peso de plantas, estimando el peso en gramos de materia seca de cuatro cuadrados de 25 × 25 centímetros cuadrados lanzados al azar en cada una de las parcelas, con el fin de poder cuantificar y contrastar, aunque imperfectamente las diferencias observadas. Como se observa, se han desechado las técni-

CUADRO 1

LOCALIZACION Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS (0-10 cm) DE LOS ENSAYOS

Localización de los ensayos	Características de la pradera	Tipo de suelo	Textura	pH	M. O. %	N %	CO ₃ Ca %	P (1) (ppm)	P (2) (ppm)	K (3) (ppm)
«El Gaitán» SO Cáceres.	Pradera de trébol subt. de cuatro años de antigüedad.	Tierra parda mer. s/pi-zarras silúricas.	Franca	5,9	4,6	0,28	< 0,5	6	15,4	—
«Escuela de Capataces» N.E. Cáceres.	Pradera de trébol subt. de nuevo establecimiento.	Tierra parda mer. s/granitos.	Franco-arenosa	5,7	1,0	0,07	< 0,5	14	—	—
«Morante» N.O. Badajoz.	Pradera de trébol subt. de tres años de antigüedad.	Planosuelo s/rañas.	Franco-arenosa	5,5	4,3	0,22	< 0,5	6	19,3	256
«El Chaparral» N. Badajoz.	Pradera de trébol subt. de tres años de antigüedad.	Planosuelo s/rañas.	Franco-arenosa	5,4	2,4	0,11	< 0,5	6	12,4	86
«La Matilla» E. Badajoz.	Pradera de trébol subt. de tres años de antigüedad.	Planosuelo s/rañas.	Franco-limosa	5,1	2,5	0,18	< 0,5	—	20,0	50

Continuación, cuadro I

«Valdeterrazo» S.O. Badajoz.	Pradera de trébol subt. de tres años de anti- güedad.	Tierra parda mer. s/pi- zarras silúricas.	Franco-arcillosa	5,6	3,9	—	< 0,5	5,9	21,3	167
«La Balsa» S.O. Badajoz.	Pradera de trébol subt. de nuevo establecimiento.	Tierra parda mer. s/pi- zarras cábricas.	—	5,9	1,9	0,11	< 0,5	—	19,2	—
«Dos Hermanas» N. Sevilla.	Pradera de trébol subt. de nuevo establecimiento.	Tierra parda mer. s/pi- zarras cábricas.	Franco-arenosa	5,7	3,4	—	< 0,5	—	11,0	—

P (1): Fósforo asimilable determinado por Olsen (CO₃HNa).

P (2): Fósforo asimilable determinado por Bray (FNH₄).

K (3): Potasio asimilable extraído por acetato amónico normal.

pH: 1:2,5 suspensión suelo agua; carbonatos. Determinados por el método del calcímetro.

M. O.: Método modificado por Walkey Black.

- | | | |
|---|----------------|---------|
| 1. Sin fósforo, sin calcio, sin molibdeno | (-P; -Mo; -Ca) | CONTROL |
| 2. Con fósforo, sin calcio, sin molibdeno | (+P; -Mo; -Ca) | |
| 3. Con fósforo, sin calcio, con molibdeno | (+P; +Mo; -Ca) | |
| 4. Con fósforo, con calcio, con molibdeno | (+P; +Mo; +Ca) | |
| 5. Con fósforo, con calcio, sin molibdeno | (+P; -Mo; +Ca) | |
| 6. Sin fósforo, sin calcio, con molibdeno | (-P; +Mo; -Ca) | |
| 7. Sin fósforo, con calcio, sin molibdeno | (-P; -Mo; +Ca) | |
| 8. Sin fósforo, con calcio, con molibdeno | (-P; +Mo; +Ca) | |

cas de evaluación destructivas que no permitirían evaluaciones posteriores el mismo año o en sus años sucesivos de dichos ensayos.

Las valoraciones de nodulación se han realizado sólo en algunos ensayos y tratamientos, y se ha considerado la disposición y número de nódulos en la raíz, color, tamaño y forma de los mismos según las técnicas descritas por CORREAL, 1977.

También en algunos ensayos y tratamientos se han efectuado recolecciones de glomérulos de trébol subterráneo en los meses de junio y julio con el fin de evaluar el número de semillas por glomérulo y el peso de semillas, para tratar de cuantificar la incidencia de estos tratamientos sobre la producción y viabilidad de semillas de trébol subterráneo y, en consecuencia, de la persistencia de esta especie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que aquí se presentan son los preliminares de un proyecto comenzado hace dos años como ya se indicó anteriormente.

Asimismo, y dada la importancia que el fósforo tiene como elemento de producción y desarrollo de los pastos, se consideró de interés el seguir obteniendo información complementaria de este elemento solo y en interacción con el calcio y molibdeno.

En la mayoría de los casos los tres factores están relacionados; no obstante, se discuten los resultados de cada uno por separado y los de la aplicación conjunta de calcio y molibdeno.

Los cuadros números 2, 3, 4 y 5 muestran los resultados obtenidos a los diferentes factores medidos en los años 1978 y 1979, los cuales pasamos a continuación a analizar.

Respuestas al fósforo

Las respuestas al fósforo son generales en la mayoría de los ensayos en estudio para cada uno de los factores medidos y en cada uno de los dos años. La intensidad de la respuesta varía de acuerdo con el historial de fertilización de superfosfato en cada una de las áreas; así para los ensayos «La Matilla» y «Valdeterrazo» el incremento de respuesta a la fertilización fosfórica es muy bajo como consecuencia de las aplicaciones continuadas de superfosfato que los pastos de esas dos áreas han recibido. Es de interés destacar en estos ensayos el alto nivel de fósforo asimilable obtenido en el análisis del suelo y que refleja en cierto grado ese historial de fertilización.

En el resto de las áreas experimentales la intensidad de respuesta al fósforo es importante para cada uno de los valores estudiados, aunque el menos sensitivo a la respuesta es el de peso de plantas (g MS/parcela). La explicación hay que encontrarla en el hecho de la gran variabilidad de la composición florística de nuestros pastos, con la aparición de especies autóctonas de alto porte y peso en las áreas no abonadas que no son de interés pascícola y que pueden invalidar y enmascarar la respuesta real que esos pastos pueden tener. Por tanto, la sola medición de la producción por cortes con cuadros no es la solución idónea para ver las

CUADRO 2

INFLUENCIA DEL APORTE DE P, Mo Y Ca SOBRE EL DESARROLLO (1) Y PORCENTAJE DE LEGUMINOSAS EN PRADERAS DE TREBOL SUBTERRÁNEO. AÑO 1977-78

TRATAMIENTOS	LOCALIZACIÓN DE ENSAYOS											
	«El Gaitán»		«Esc. Capataces»		«Morante»		«El Chaparral»		«La Marilla»		«Valdeterrazo»	
	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.
	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)
1. -P; -Mo; -Ca	2,7	28	2,5	15	2,5	17	2,3	13	4,0	43	4,6	47
2. +P; -Mo; -Ca	4,7	35	3,7	25	5,2	38	5,2	33	4,8	47	5,4	58
3. +P; +Mo; -Ca	7,0	50	5,2	37	6,8	42	6,8	45	6,5	58	5,1	48
4. +P; +Mo; +Ca	6,2	55	4,8	32	6,7	43	7,2	56	6,8	65	5,8	52
5. +P; -Mo; +Ca	6,5	53	4,8	30	5,5	35	7,0	48	5,7	55	3,1	40
6. -P; +Mo; -Ca	3,7	35	—	—	4,0	23	3,2	18	4,0	45	6,2	62
7. -P; -Mo; +Ca	4,3	32	—	—	3,2	25	2,8	18	5,0	46	5,7	50
8. -P; +Mo; +Ca	5,5	48	—	—	3,7	20	3,7	27	4,7	46	3,8	50
L.S.D. (P = 0,05)	1,48	10,4	1,05	11,0	1,34	11,2	1,05	11,5	1,68	16,8	NS	NS
Fecha observación	24/4/1978		24/4/1978		13/4/1978		26/4/1978		18/4/1978		10/4/1978	

(1) Las puntuaciones para el desarrollo (de 0 a 10) y el porcentaje de leguminosas son medias de tres repeticiones, realizadas por dos observadores.

CUADRO 3

INFLUENCIA DEL APORTE DE P, Mo Y Ca SOBRE EL PESO Y COLOR DE LA PLANTA (1) EN PRADERAS DE TRÉBOL SUBTERRÁNEO.
AÑO 1977-78

TRATAMIENTOS	LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS											
	«El Gaitán»		«Esc. Capataces»		«Morante»		«El Chaparral»		«La Matilla»		«Valdeterrazo»	
	Peso	Color	Peso	Color	Peso	Color	Peso	Color	Peso	Color	Peso	Color
	(g MS/par.)	(0-5)	(g MS/par.)	(0-5)	(g MS/par.)	(0-5)	(g MS/par.)	(0-5)	(g MS/par.)	(0-5)	(g MS/par.)	(0-5)
1. -P; -Mo; -Ca	58,9	1,7	45,6	1,2	46,2	2,5	34,6	1,3	37,3	2,3	64,9	2,7
2. +P; -Mo; -Ca	73,9	2,5	47,8	1,7	59,4	3,2	45,9	2,5	40,9	2,3	57,1	3,2
3. +P; +Mo; -Ca	84,7	3,7	55,5	2,3	70,2	4,0	61,4	3,3	49,7	3,5	66,1	2,5
4. +P; +Mo; +Ca	82,5	3,0	56,9	2,0	65,8	3,8	64,9	3,5	51,9	3,8	78,4	3,0
5. +P; -Mo; +Ca	77,2	3,0	48,9	2,0	50,4	3,2	62,6	3,0	47,1	3,2	63,4	2,0
6. -P; +Mo; -Ca	66,5	2,2	—	—	45,4	2,5	37,2	1,7	36,7	2,0	75,9	3,5
7. -P; -Mo; +Ca	68,8	2,7	—	—	47,0	2,3	42,2	1,7	41,9	2,7	71,6	3,7
8. -P; +Mo; +Ca	78,4	2,8	—	—	41,5	2,7	38,9	2,0	35,6	2,8	58,8	2,7
L.S.D. (P = 0,05)	—	0,58	—	1,06	—	0,23	—	0,48	—	1,20	—	NS

(1) Superficie muestreada para peso de plantas 0,25 m²/parcela. Escala de color de 0 a 5. Medias para peso de plantas y color de tres repeticiones.

CUADRO 4

INFLUENCIA DEL APORTE DE P, Mo Y Ca SOBRE EL DESARROLLO (1) Y PORCENTAJE DE LEGUMINOSAS EN PRADERAS DE TRÉBOL SUBTERRÁNEO. AÑO 1978-79

TRATAMIENTOS	LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS													
	«El Gaitán»		«Morante»		«El Chaparral»		«La Matilla»		«Valdeterrazo»		«La Balsa»		«Dos Hermanas»	
	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.	Desarr.	Legum.
	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)	(0-10)	(%)
1. -P; -Mo; -Ca	2,1	10	2,0	8	1,3	4	3,5	43	5,0	30	3,5	17	3,8	15
2. +P; -Mo; -Ca	3,8	13	5,6	40	4,2	8	5,3	50	5,0	27	5,1	28	5,8	23
3. +P; +Mo; -Ca	4,6	20	7,0	50	5,0	9	7,0	63	6,1	32	6,7	42	7,2	30
4. +P; +Mo; +Ca	5,3	22	7,7	55	5,3	13	7,2	63	6,3	32	6,2	38	6,3	25
5. +P; -Mo; +Ca	4,0	13	6,5	45	4,7	9	6,0	57	5,1	22	5,5	23	5,8	23
6. -P; +Mo; -Ca	3,5	14	2,8	13	1,8	6	3,7	37	6,3	38	3,6	18	4,5	17
7. -P; -Mo; +Ca	4,1	17	3,3	12	2,3	7	4,2	43	5,6	25	4,3	23	4,8	20
8. -P; +Mo; +Ca	4,0	18	3,6	18	2,0	5	4,3	45	5,5	30	3,6	27	4,3	15
L.S.D. (P = 0,05) ..	1,06	8,11	1,22	14,65	1,57	4,05	1,69	15,90	NS	NS	1,81	13,46	1,29	6,56
Fecha observación .	14/3/79		8/3/79		3/4/79		20/3/79		6/3/79		21/3/79		28/5/79	

(1) Las puntuaciones para el desarrollo (de 0 a 10) y el porcentaje de leguminosas son medias de tres repeticiones, realizadas por dos observadores.

CUADRO 5

INFLUENCIA DEL APORTE DE P, Mo Y Ca SOBRE EL PESO DE LAS PLANTAS EN PRADERAS DE TRÉBOL SUBTERRÁNEO.
AÑO 1978-79 (1)

TRATAMIENTOS	LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS					
	«El Gaitán»	«Morante»	«El Chaparral»	«La Matilla»	«Valdeterrazo»	«La Balsa»
1. -P; -Mo; -Ca	34,8	24,6	25,1	39,1	37,0	29,6
2. +P; -Mo; -Ca	44,0	32,4	34,2	62,2	37,6	39,0
3. +P; +Mo; -Ca	53,1	34,4	36,5	67,7	39,8	47,0
4. +P; +Mo; +Ca	50,4	39,1	46,1	69,5	44,1	43,1
5. +P; -Mo; +Ca	45,5	50,4	41,9	56,3	39,6	42,9
6. -P; +Mo; -Ca	41,1	29,9	25,4	44,0	49,9	25,1
7. -P; -Mo; +Ca	34,4	26,8	19,7	46,5	37,2	28,4
8. -P; +Mo; +Ca	34,4	29,1	24,4	48,4	30,9	31,1

(1) Superficie muestreada para peso de plantas: 0,25 m²/parcela. Medias de tres repeticiones.

diferencias comparativas que pueden existir entre tratamientos de diferentes nutrientes y sea necesario recurrir a otras medidas de contraste.

Estos resultados vuelven a destacar la enorme importancia del mantenimiento de la fertilización fosfórica durante al menos los cuatro primeros años de la vida de una pradera (JIMÉNEZ y col., 1978) si se quiere mantener una adecuada persistencia y productividad.

Los ensayos de «Morante» y «El Chaparral» confirman muy claramente este hecho, ya que, aunque fueron praderas implantadas y abonadas durante el establecimiento la falta posterior de aplicación de superfosfato, se manifestó muy claramente, ya que al aplicar éste nuevamente se obtuvo una apreciable e importante respuesta.

Los datos obtenidos muestran que con la sola aplicación de molibdeno o calcio o ambos juntos no existe respuesta si no va acompañada de la aplicación de fósforo, quedando enmascarada la posible respuesta que pueda existir a aquellos elementos. RATERA y col., 1977, sugiere la posibilidad de este hecho, comprobado realmente en este estudio, por lo que en caso de posible deficiencia de molibdeno y/o calcio poco se logrará si previamente no va acompañado de una adecuada fertilización fosfórica.

Respuesta al calcio

Las respuestas al calcio en presencia de fósforo se manifiesta de forma generalizada en algún grado en cuatro de los seis ensayos en estudio en el año 1978; sin embargo, esta respuesta decrece y es más ligera en el año 1979, tanto en los cinco ensayos que continuaron, como en los dos nuevos que se establecieron en el otoño de 1978. Posiblemente una de las causas de este descenso de la respuesta haya que buscarla en las muy malas condiciones climáticas del otoño-invierno y parte de la primavera en ese año, por las adversas condiciones de encharcamiento en que se encontraron durante esa época casi todos los ensayos, debido a la gran cantidad de lluvia caída, entre invierno y primavera se contabilizaron 504,9 mm de lluvia de media para la región extremeña, lo que supone prácticamente más que la media general anual.

Si se analizan los valores medidos en el año 1978 se observa una clara respuesta al desarrollo/vigor en tres de los ensayos «El Gaitán», «El Chaparral» y «Escuela Capataces» y una ligera respuesta en «La Matilla», existe una adecuada respuesta al porcentaje de incremento de leguminosas en «El Gaitán» y «El Chaparral» y ligera respuesta en «La Matilla» y «Escuela Capataces». Respecto al peso de plantas lo indicado para el apartado anterior se hace extensible a éste, volviendo a reflejar muy baja sensibilidad como parámetro de medida. Respecto al color se aprecian sensibles respuestas en «El Gaitán», «El Chaparral» y «La Matilla», y más baja en «Escuela Capataces».

En cualquier caso estas respuestas son en la mayor parte de los casos incluso ligeramente inferiores a las que se obtienen con la sola aplicación de molibdeno, por lo que la aplicación de calcio, aunque puede resolver indirectamente en algunos casos la aplicación de molibdeno, resultará siempre mucho más costosa que si se aplica éste.

No obstante, estos resultados muestran que en aquellos suelos de pH más ácido ($\text{pH} < 5,5$), como «El Chaparral», «La Matilla» y «Morante»

clasificados como *Planosuelos sobre rañas*, las máximas respuestas se obtienen a la aplicación de molibdeno y calcio. Estos hechos evidencian que en estos casos no sólo es necesario la aplicación de molibdeno, sino también de calcio, para mejorar las condiciones de acidez del suelo, intentando elevar su pH, con el fin de que decrezca la posible toxicidad por aluminio que pueda presentarse, mejorando las condiciones de absorción por parte de las plantas del fósforo aplicado (BARROW, 1964; MUNNS, 1964; HELLYAR y ANDERSON, 1971), y evitando el bloqueo de éste por el alto contenido de aluminio presente.

Aunque no se han realizado todavía mediciones del aluminio de cambio, ROQUERO (Com. personal, datos no publicados) señala en unos recientes estudios realizados en suelos de la región con características genéticas, morfogeológicas y edáficas muy similares a los suelos de los ensayos anteriormente mencionados, que las concentraciones de aluminio cambiante son del orden de 8 meq/100 gr de suelo, esta cifra supone más del 25 % de la capacidad total de intercambio catiónico del suelo, como se puede observar muy elevada.

En consecuencia, y para estos casos específicos que convendrá confirmar con la continuación y evolución de estos ensayos en años posteriores, parece conveniente la aplicación del calcio, en forma de carbonato o dolomita con el fin de mejorar las condiciones químicas del suelo. Respecto al efecto del calcio sobre la nodulación de leguminosas en estos tipos de suelos se comenta posteriormente en su correspondiente apartado.

En casos de nuevos establecimientos de pradera sembrada, la aplicación más económica de calcio sería en forma de surcos con abono localizado; la experiencia neozelandesa y australiana ha permitido demostrar que se consiguen los mismos resultados que con encalado a voleo en cantidades tres o cinco veces superiores. Sería de interés el establecer para estos casos específicos, desde un punto de vista práctico, las cantidades y formas más adecuadas de aplicación del carbonato cálcico a estos tipos de pastos.

Respuestas al molibdeno

La respuesta al molibdeno en presencia de fósforo, se presenta de una forma generalizada en cinco de los seis ensayos en estudio en el año 1978, y a cada uno de los valores medios, aunque al igual que sucede para el resto de las respuestas estudiadas, el menos sensitivo ha sido el valor estimado de peso de plantas.

Las respuestas oscilan entre un 20 al 50 % para el índice de desarrollo/vigor, entre un 10 al 45 % para el porcentaje de leguminosas y entre un 25 al 55 % para el color. Estas respuestas vuelven a repetirse en cinco de los ensayos que continuaron en el siguiente año, 1979, y en los dos nuevos establecimientos «La Balsa» y «Dos Hermanas», este efecto continuado demuestra el efecto residual de la primera aplicación, aunque los incrementos de las respuestas son ligeramente inferiores a los obtenidos el primer año.

La respuesta al molibdeno ha sido para cada uno de los años mayor que la respuesta obtenida al calcio para los valores medidos y para cada uno de los diferentes tipos de suelos, aunque es inferior a la aplicación

conjunta de calcio y molibdeno para los suelos de tipo «raña» (*Planosuelos sobre rañas*) y más ácidos, $\text{pH} < 5,5$, en los que se evidencia que para obtener la máxima respuesta es necesario la aplicación de calcio además de la de molibdeno.

La importancia de la magnitud y persistencia de la respuesta al molibdeno encontradas en esta fase preliminar junto con los resultados obtenidos por otros investigadores y técnicos (GLENCROSS, 1976; CORREAL, 1976; RATERA, y cols., 1977; JIMÉNEZ, y cols., 1979) son ya de suficiente peso e importancia como para promocionar la aplicación práctica de este elemento en el establecimiento de pastos en nuestras áreas por medio de la incorporación del mismo a los superfosfatos comerciales existentes en el mercado nacional, máxime si se tiene en cuenta el bajo incremento de costo que supondría en el precio final de estos superfosfatos enriquecidos con molibdeno, dada la pequeña cantidad a incorporar, aproximadamente sería necesario que por cada 100 kg de superfosfato se incorporasen 100 gr de molibdeno amónico, aproximadamente el 1 %. De no ser así será muy difícil, por no decir imposible, el que el agricultor o ganadero incorpore a sus pastos desde el punto de vista práctico estos 300-400 gr/ha. que necesitaría, dado la baja cantidad que esta cifra supone.

Respuestas a la aplicación conjunta de calcio y molibdeno

Las respuestas a la aplicación conjunta de calcio y molibdeno en presencia de fósforo en el año 1978, son del mismo orden o ligeramente inferiores a las obtenidas para molibdeno para los cuatro valores medidos en los ensayos «El Gaitán», «Morante» y «Escuela Capataces»; sin embargo, esta respuesta conjunta es mayor que a la sola de molibdeno para los ensayos «El Chaparral» y «La Matilla».

En el año 1979, para el valor desarrollo/vigor la respuesta a la aplicación conjunta de calcio y molibdeno es ligeramente superior a la de molibdeno en los ensayos «El Gaitán», «Morante», «El Chaparral» y «La Matilla», e inferior en los de nuevo establecimiento «La Balsa» y «Dos Hermanas». Al valor porcentaje de leguminosas las respuestas son del mismo orden en los cuatro ensayos primeramente citados, volviendo a ser menor en los de nuevo establecimiento. Respecto al peso de plantas la respuesta conjunta es mayor que a la sola de molibdeno en los ensayos «El Chaparral», «Morante» y «La Matilla».

En consecuencia, si se consideran globalmente las respuestas obtenidas a la aplicación conjunta de calcio y molibdeno en comparación con la de solo molibdeno, solamente en dos de los ensayos estudiados, «El Chaparral» y «La Matilla», se da para cada uno de los dos años una constancia de respuesta mayor, asimismo aparece un cierto grado de respuesta mayor en el último año en el ensayo de «Morante».

Al considerar anteriormente las respuestas al calcio se indicó que éste podía indirectamente resolver el problema de la falta de molibdeno, pero que dado lo costoso de esta aplicación en comparación con la de molibdeno es preferible considerar esta última solución. Si a estas consideraciones unimos los resultados obtenidos a la aplicación conjunta de calcio y molibdeno, se puede considerar que excepto en estos dos ensayos «El Chaparral» y «La Matilla» y, posiblemente, en «Morante» asentados

sobre *Planosuelos* con muy bajo pH 5-5,5, con problemas de posibles toxicidades y subsiguientes bloqueos de elementos nutrientes, en especial fósforo, por la muy posible alta concentración de aluminio existente en los que el óptimo de respuesta se obtiene con la aplicación conjunta de calcio y molibdeno, en el resto no parece que sea de interés práctico la aplicación de calcio siendo únicamente necesaria la aplicación de molibdeno.

No obstante, estas consideraciones no deben tomarse de modo definitivo; será necesario continuar valorando y observando estos ensayos durante al menos dos años más para poder corroborar de forma definitiva los resultados obtenidos hasta el presente.

Efectos del calcio y molibdeno sobre la nodulación de leguminosas

El cuadro 6 indica los resultados obtenidos sobre la calidad de la nodulación en plantas de trébol subterráneo en algunos ensayos y sólo frente a algunos tratamientos.

CUADRO 6

CALIDAD DE LA NODULACION: EVALUACION MEDIA/PLANTA (ESCALA 1-7) DEL NUMERO DE NODULOS, TAMAÑO, POSICION Y COLOR

Tratamientos	Localización de los ensayos		
	«Morante»	«La Matilla»	«La Balsa»
- P; - Mo; - Ca	2,26 a	1,13 a	2,96 a
+ P; - Mo; - Ca	2,99 a	1,91 b	5,00 b
+ P; + Mo; + Ca	4,36 b	3,74 c	5,40 b
Fecha toma de muestras	8/3/79	9/3/79	8/3/79

Número de plantas tomadas por parcela: 10.

Los tratamientos que no tienen letras en común difieren significativamente al nivel del 5 %.

La mejora en la nodulación a la aplicación de calcio y molibdeno es muy clara en los ensayos «Morante» y «La Matilla» asentados sobre *Planosuelo* con pH muy ácido; no se observa adecuada respuesta en el ensayo «La Balsa» sobre pizarras y con pH más elevado.

Estos resultados corroboran en cierto grado los resultados del apartado anterior, en cuanto a la necesidad de aplicación conjunta de calcio y molibdeno en los suelos de tipo *rañizo*, *Planosuelos sobre rañas* y de más bajo pH; en éstos, la sola aplicación de fósforo no mejora sensiblemente la nodulación de las plantas de trébol subterráneo, pudiendo llegar a originarse graves deficiencias de nitrógeno en esta especie y, por tanto, de desarrollo y competencia con las especies espontáneas más rústicas y mejor adaptadas a las condiciones naturales, induciéndose problemas de persistencia y, en consecuencia, de desaparición del trébol siendo sustituido por aquellas otras especies espontáneas.

Efectos del calcio y molibdeno sobre la producción de semilla de trébol subterráneo

Un valor indicativo de la persistencia de praderas basadas en trébol subterráneo son las medidas estimativas sobre la producción y viabilidad de semillas de trébol subterráneo.

El cuadro 7 indica dichas medidas para tres ensayos «Morante», «El Gaitán» y «La Matilla» y para algunos tratamientos. En «Morante» se observa el mayor número de semillas por glomérulo y peso medio por semilla para el tratamiento que tenía calcio y molibdeno. En «El Gaitán» y «Morante» se obtuvo un mayor número de semillas para el tratamiento que tiene molibdeno, obteniéndose el mayor peso para el tratamiento con calcio y molibdeno.

Considerando el conjunto de estos resultados en las tres áreas estudiadas, un valor con directriz constante es el peso medio por semilla, la aplicación de calcio y molibdeno produce semillas de mayor peso y, por tanto, de mayor viabilidad en comparación con las que tienen molibdeno. Esto parece indicar un efecto positivo del calcio en la mejor formación de semillas de trébol subterráneo.

Los resultados obtenidos en Australia (OZANNE y HOWES, 1971, 1974) indican que pequeñas cantidades de calcio (200-400 kg/ha de SO_4Ca o CO_3Ca) aplicado en primavera en el momento de la floración, en suelos ácidos del oeste de Australia conducen a la formación de un mayor número de semillas y de mayor peso. Por tanto, teniendo en cuenta estos preliminares resultados obtenidos, sería de interés el medir el efecto que tendría la aplicación de pequeñas cantidades de calcio aplicado sobre diferentes tipos de suelo de nuestra región en la producción de semillas de trébol subterráneo y en consecuencia de la persistencia de estos pastos en nuestras condiciones.

CONCLUSIONES

Dado que los resultados obtenidos hasta el presente son los preliminares de un proyecto no finalizado aún, y que continuará al menos por un par de años más, no sería conveniente el establecer unas conclusiones definitivas. No obstante, sí se puede deducir de la anterior discusión algunos análisis y sugerencias de interés.

La respuesta al molibdeno ha sido general y clara en prácticamente todos los tipos de suelos estudiados de la región; por tanto, será necesario corregirla si se quiere obtener un adecuado establecimiento y persistencia de praderas de secano basadas en trébol subterráneo. La información ya acumulada hasta el presente sugeriría que sería muy conveniente que se fabricasen ya superfosfatos comerciales enriquecidos con molibdeno (1‰), al igual que sucede en condiciones similares en países como Australia y Nueva Zelanda. Si esto no se logra será muy difícil realizar esta aplicación de molibdeno desde el punto de vista práctico. Dada esta problemática sería conveniente en un futuro realizar ensayos de localización del molibdeno junto con la semilla en el mismo momento de realizar la inoculación y peletización de ésta. Si esta técnica diese resultados sería sencillo el incorporar el molibdeno, y además muy barato.

CUADRO 7

EFECTOS DE ALGUNOS TRATAMIENTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y PESO MEDIO DE SEMILLAS DE TRÉBOL SUBTERRÁNEO

Tratamientos	Localización de los ensayos					
	«El Gaitán»		«Morante»		«La Matilla»	
	Núm. semillas/ glomérulo	Peso medio por sem. (mg)	Núm. semillas/ Glomérulo	Peso medio (por sem. (mg)	Núm. semillas/ glomérulo	Peso medio por sem. (mg)
- P; - Mo; - Ca	2,72	5,02	2,60	5,23	2,80	6,57
+ P; + Mo; - Ca	4,04	6,02	3,00	6,50	4,08	6,36
+ P; + Mo; + Ca	3,12	9,29	3,24	7,43	2,72	8,94

Número de glomérulos tomados en la muestra: 50.

Respecto al calcio su necesidad no es tan evidente y necesaria como el molibdeno. Puede resolver indirectamente la falta de molibdeno, pero es mucho más costoso en comparación con éste. Su necesidad parece que se restringe para los suelos de pH más bajo ($\text{pH} < 5,5$), esencialmente los denominados *Planosuelos sobre rañas*, en los que posiblemente la alta concentración de aluminio de cambio evita la adecuada utilización del fósforo aplicado y la asimilación de otros nutrientes necesarios para el desarrollo de los pastos. En estos tipos de suelo, además del mejor desarrollo del pasto por la aplicación del calcio, se denota una mejor nodulación en plantas de trébol subterráneo.

Aparecen, asimismo, indicaciones de una mejor formación de semillas de trébol subterráneo en algunos suelos por la aplicación de calcio; esto es importante por el efecto sobre la persistencia de esta especie y con- vendrá continuar realizando estudios sobre este aspecto.

Por último, es necesario resaltar que las conclusiones expuestas no son totalmente definitivas y conviene la continuación de este proyecto con el fin de dejar perfectamente delimitado la influencia de estos dos elementos sobre toda la problemática de producción y persistencia de praderas de secano basadas en trébol subterráneo en los suelos de la región extremeña.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro especial agradecimiento a los técnicos regionales de la Agencia de Desarrollo Ganadero y del Servicio de Extensión Agraria, en especial a don ENRIQUE MUSLERA, don JESÚS INFANTES y don ANTONIO CRESPO, por la ayuda y colaboración prestada en la búsqueda de los lugares idóneos para el establecimiento de los ensayos. Asimismo, queremos expresar nuestro agradecimiento a los agricultores y ganaderos que desinteresadamente han prestado su colaboración para el establecimiento de los ensayos en sus respectivas fincas.

Nuestro agradecimiento también a don EMILIO OSORIO y MARÍA DEL CARMEN GONZÁLEZ por la ayuda prestada en la realización de los análisis de laboratorio de plantas y suelo necesarios.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ANDERSON, A. J., 1956: *Molybdenum as a fertilizer*. Avd. Agron. 8: 163-202.
- (2) BARROW, N. J., 1964: *Some responses to lime on established pastures*. Aust. J. Exp. Anim. Husbandry, 4: 30-33.
- (3) CORREAL, E., 1976: *Informe sobre los resultados de los ensayos de molibdeno*. Comunicación interior CRIDA 08.
- (4) CORREAL, E., 1977: *Trabajos preliminares sobre inoculación de trébol subterráneo en Extremadura*. Com. XVII Reunión de la SEEP. Córdoba.
- (5) GLENCROSS, R., 1976: *Contribution final report*, 52 p. Proyecto de Desarrollo de Pastos y Forrajes, UNDP/FAO/INIA, La Orden, Badajoz.
- (6) HELYAR, K. R., y ANDERSON, A. J., 1971: *Effects of lime on the growth of five species, on aluminium toxicity and on phosphorus*. Aust. J. Agric. Res., 22: 707-21.
- (7) JIMÉNEZ, J.; LOWE, J.; MARTÍNEZ, T., y LIBRAN, D., 1978: *Consideraciones sobre las necesidades nutritivas en praderas sembradas y pastos naturales en Extremadura*. An. INIA, Ser. Prod. Vegetal, 8: 17-36.

- (8) JIMÉNEZ, J.; MARTÍNEZ, T., y LIBRAN, D., 1979: *Consideraciones sobre las necesidades nutritivas referentes a elementos secundarios y oligoelementos en praderas sembradas y pastos naturales en Extremadura*. An. INIA, Ser. Prod. Veg., 12 (en prensa).
- (9) KARLOVSKY, J.; RATERA, C.; RUIZ, J., y AMBEL, E., 1971: *Estudio de las necesidades nutritivas de las praderas de secano en el Suroeste*. Bol. 2, ADG, Sevilla.
- (10) KARLOVSKY, J.; RATERA, C.; RUIZ, J., y AMBEL, E., 1972: *Estudio de las necesidades nutritivas de las praderas espontáneas y mejoradas*. Bol. 3, ADG, Sevilla.
- (11) LONERAGAN, J. F., y DOWLING, E. R., 1958: *The interaction of calcium and hydrogen ions in nodulation of subterranean clover*. Aust. J. Agric. Res., 9: 464-72.
- (12) LYNCH, P. B., 1966: *Establecimiento y manejo de experiencias de campo*. Adaptación española de J. KARLOVSKY y C. RATERA, Bol. 4, ADG, Sevilla.
- (13) MUNNS, D. N., 1965: *Soil acidity and growth of a legume. I*. Aust. J. Agric. Res., 16: 733-41.
- (14) OZANNE, P. G., y HOWES, K. M. W., 1973: *The effect of calcium supply on bur set and seed formation in subterranean clover*. Aust. J. Agric. Res., 24: 839-50.
- (15) OZANNE, P. G., y HOWES, K. N. W., 1974: *Increased seed production of subterranean clover pastures in response to fertilizers supplying calcium*. Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husbandry, 14: 749-757.
- (16) RATERA, G.; MUSLERA, E.; RUIZ CORNEJO, J. A., y AMBEL, E., 1975: *Potencial y necesidades nutritivas de las praderas en varios suelos del suroeste español*. Com. 6.ª Reunión EGF, Madrid.
- (17) SPENCER, D., 1950: *The effect of calcium and soil pH on nodulation of T. subterranean L. clover on a yellow podsol*. Aust. J. Agric. Res., 1: 374-81.

THE EFFECT OF CALCIUM AND MOLYBDENUM ON SUBTERRANEAN CLOVER ANNUAL PASTURES
IN EXTREMADURA

SUMMARY

In the autumns of 1977 and 1978 eight trials were set up in Extremadura, on the principal types of acid soils of pastoral interest in the region with the object of investigating the requirements of molybdenum and calcium in rainfed pastures based on subterranean clover.

As regards molybdenum, the results obtained in all area studied showed a general response in each of the soil types.

In some cases the application of calcium corrected molybdenum deficiency but proved costly. Calcium application is shown to be necessary in the most acid soils with lowest pH (pH < 5,5) the so-called *Planosuelos sobre rañas*. The application of calcium and molybdenum improved significantly the nodulation of subterranean clover plants.

The first results obtained in some of the trials studied are indicative of a better seed formation of subterranean clover with the application of calcium.

These results are the preliminaries of first phase of an investigation project on the nutritional problem of molybdenum and calcium in acid soils of the Extremadura region.