

Respuestas de diversas leguminosas a la inoculación, cal y microelementos en varios suelos del centro y suroeste de España

C. RATERA, J.L. DE LA PUENTE y N.S. TIVER

Agencia de Desarrollo Ganadero

RESUMEN

Se han investigado las necesidades de inoculación, cal y microelementos de varias leguminosas (Trifolium subterraneum L. var. Daliak y Woogenellup, Trifolium hirtum, Trifolium incarnatum, Trifolium repens var. Ladino, Trifolium fragiferum var. Palestine, Medicago sativa var. Adyta y Caliente) en varios suelos ácidos del centro y suroeste y las de inoculación y microelementos de la zulla (Hedysarum coronarium) en suelos alcalinos del sur.

Existe carencia de molibdeno en una amplia gama de los suelos ácidos de nuestra península. La aplicación de cal la corrige en algunos de éstos, pero es más económica la aportación de molibdeno. En los suelos más ácidos es necesaria la aplicación de cal y molibdeno.

La inoculación del trébol subterráneo ha dado resultados muy positivos en terrenos ocupados previamente por matorral o dedicados a cultivo en los que la población de rhizobium es muy pequeña por no existir tréboles. Las respuestas obtenidas con tréboles rosa y encarnado son semejantes a las del trébol subterráneo. La alfalfa necesita inoculación y encalado en los suelos ácidos donde se ha ensayado. Los tréboles blanco y fresa también han respondido a la inoculación en el único lugar donde fueron sembrados. La zulla ha tenido una gran respuesta a la inoculación en los ensayos establecidos fuera de su zona habitual de cultivo.

INTRODUCCIÓN

La recuperación y mejora de la producción de grandes extensiones de nuestro país está basada en la introducción de praderas con leguminosas que

solucionen de una forma económica la deficiencia de nitrógeno en estos suelos.

En grandes zonas del centro-oeste y suroeste el trébol subterráneo es la leguminosa más adecuada a las condiciones de clima árido y suelos ácidos. Sin embargo, su persistencia ha sido escasa en muchos lugares de las regiones más septentrionales, utilizando las variedades australianas, únicas disponibles en la actualidad.

Este hecho evidente es consecuencia de dos factores principales:

- Carencia de variedades adaptadas a las condiciones climáticas de cada región.
- Problemas aún no resueltos de fertilización de suelos dedicados a praderas.

Mientras se llevan a cabo los trabajos de selección de ecotipos españoles mejor adaptados a las condiciones climáticas de nuestro país, los ensayos sobre fertilización pueden ayudar a mejorar la producción y persistencia de las variedades comerciales disponibles. Es fundamental para todas las plantas, adaptadas o no, tener cubiertas unas necesidades mínimas de nutrición que les permitan mostrar todo su potencial productivo.

En trabajos anteriores (RATERA et al., 1975) hemos visto que la mayor parte de los suelos del centro-oeste y suroeste son pobres en fósforo y necesitan aplicaciones anuales de fertilizantes fosfatados para mantener la producción. No obstante haberse efectuado el abonado con fósforo, esto no ha evitado que el trébol subterráneo desapareciese en algunas comarcas, lo cual ha sido motivo de preocupación y estudio para los técnicos de praderas.

En la primavera de 1975 visitó nuestro país para realizar un reconocimiento de la magnitud del problema el especialista australiano N.S. TIVER, quien observó síntomas de ausencia o deficiente fijación de nitrógeno en las plantas de trébol subterráneo de algunas de las praderas visitadas. La importancia de este hecho está en que si en una pradera las leguminosas no fijan nitrógeno, su producción será muy pequeña y difícilmente podrá competir con otras especies más rústicas y mejor adaptadas a las condiciones del terreno.

Para confirmar estas observaciones y valorar la importancia y extensión de las mismas se establecieron, en los otoños de 1975 y 1976, una modesta red de ensayos incluyendo parte de los lugares donde se apreciaron estas deficiencias. Por otra parte, en las comarcas de suelos alcalinos de Andalucía la utilización de medicagos anuales tiene problemas de falta de adecuación del ciclo a las condiciones climáticas de la región. La explotación de otras plantas tiene problemas de manejo, como en el caso de la alfalfa, o de establecimiento (zulla).

El intento de extender el cultivo de la zulla a los suelos alcalinos del interior de Andalucía no ha tenido éxito hasta el momento, por causas atribuibles a falta de fijación de nitrógeno por las plantas. Para investigar sobre este hecho se iniciaron en 1976 unos ensayos exploratorios de las necesidades de inoculación y fertilización de la zulla fuera de su zona habitual de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Lugares de establecimiento:

Durante estos dos años se establecieron dieciocho ensayos principales y seis secundarios, cubriendo una amplia gama de suelos típicos del centro-oeste y suroeste, tal como se puede ver en la figura núm. 1.



FIG. 1.—Ensayos de inoculación y fertilización establecidos en 1975 y 1976 (•)

Fecha de establecimiento:

En el año 1975 se implantaron los ensayos en dos épocas, una temprana (27-9 al 9-10) y otra tardía (18-11 al 4-12), para ver la influencia de la fecha de comienzo de la estación sobre el establecimiento y producción del trébol subterráneo.

En el otoño de 1976 los ensayos se establecieron después de las primeras lluvias (7-10 al 22-10).

Tratamientos:

Los tratamientos han consistido en comparar sobre varias leguminosas el efecto de la inoculación y la aplicación de fertilizantes. Estos últimos se eli-

gieron por su posible efecto sobre el proceso de la nodulación y fijación de nitrógeno por las leguminosas.

En el año 1975 se utilizó en todos los ensayos el trébol subterráneo *Daliak*. Otras leguminosas utilizadas fueron el trébol subterráneo *Woogenellup*, alfalfa *Adyta* y *Caliente*, *Medicago littoralis Harbinger*, trébol blanco *Ladino*, trébol fresa *Palestine*, *Trifolium hirtum* y *Trifolium incarnatum*.

En el año 1976 la leguminosa más utilizada fue el trébol subterráneo *Woogenellup*. Otras leguminosas sembradas fueron el *Ornithopus (sativus y compressus)*, trébol subterráneo *Victor*, trébol blanco *Ladino*, alfalfa *Caliente* y zulla.

Los tratamientos aplicados han sido, en el caso del diseño más simple:

1. Semilla sin inocular.
2. Semilla inocularada.
3. Semilla inocularada + Cal + Cu Co Zn Mo.

Y el más complejo:

1. Semilla sin inocular.
2. Semilla sin inocular + urea.
3. Semilla sin inocular + cal + Cu Co Zn Mo.
4. Semilla inocularada.
5. Semilla inocularada + cal + Cu Zn.
6. Semilla inocularada + cal + Cu Zn + Co.
7. Semilla inocularada + cal + Cu Zn + Mo.
8. Semilla inocularada + Cal + Cu Zn + Mo + Co.
9. Semilla inocularada + magnesita + Cu Zn + Mo + Co.

En el año 1976 se han empleado los siguientes tratamientos en las siembras realizadas en surcos:

1. Semilla sin inocular.
2. Semilla sin inocular + cal + Mo.
3. Semilla inocularada.
4. Semilla inocularada + cal.
5. Semilla inocularada + Mo.
6. Semilla inocularada + cal + Mo.
7. Semilla inocularada + cal + Mo + K Cu B Co Zn.

En las siembras a voleo sólo se han utilizado tratamientos de fertilización:

1. Testigo.
2. Cal 1.
3. Molibdeno.
3. Molibdeno + cal 1.
5. Molibdeno + potasio.
6. Molibdeno + cal 1 + K + B Zn Co Cu.
7. Cal 2.

Todos los tratamientos han recibido una aplicación básica de 300 Kg./hectárea de superfosfato de cal del 18 %.

Tamaño de las parcelas:

Los ensayos se han realizado principalmente en surcos de 13,33 m. de largo y 2-3 cm. de profundidad, simulando la operación de una sembradora localizadora de abonos. También se ha efectuado siembra a voleo en parcelas de $1,5 \times 6,6$ ó $1,5 \times 8$ m².

Inoculación:

La inoculación de tréboles y medicagos se ha efectuado con inoculantes de origen australiano marca *Nodulaid*, americano marca *Nitragin*, y producidos por el Laboratorio de Microbiología del I.N.I.A. El inoculante de zulla fue producido por el Laboratorio del I.N.I.A. a partir de una cepa aislada de nódulos recogidos por personal de la Agencia en la zona de Cádiz.

La técnica de inoculación y pelletización fue la clásica de añadir el inoculante al adherente, mezclándose ambos bien con la semilla hasta que queda completamente impregnada; entonces se añade cal y se remueve hasta que la semilla queda totalmente recubierta.

Los adherentes utilizados fueron *Cellophas*, *Pelgel* y goma arábica.

Las cantidades de cal y adherentes varían según el tamaño de la semilla. Para el trébol subterráneo se utilizó por Kg. de semilla:

250-300 gr. de carbonato cálcico finamente molido.

50 gr. de goma arábica.

50 gr. de agua.

En el año 1976 se comprobó, mediante análisis posterior a la siembra, la existencia en la semilla pelletizada de *rhizobium* vivo en cantidad suficiente.

Dosis de siembra y fertilización:

Las dosis de fertilización en los surcos han sido bajas, para evitar que dosis más altas afectasen al establecimiento de las plántulas, debido a la aplicación localizada de los fertilizantes en los surcos.

PRODUCTO	DOSIS DE APLICACION Kg./Ha.	
	Surcos	A voleo
Superfosfato de Cal 18 %	300	300
Cloruro potásico 50 %	100	100
Magnesita	200	—
Cal (1)	200	1.000
Cal (2)	—	2.000
Sulfato de cobre	7	10
Sulfato de cinc	7	10
Borato sódico	7	10
Sulfato de cobalto	2	2
Molibdato sódico (g./Ha.)	300	300

Las dosis de siembra en los surcos han sido de 400 a 1.500 semillas por surco de 13,33 m., equivalentes a las siguientes densidades de siembra:

Trifolium subterraneum, 10 a 20 Kg./Ha.

Trifolium incarnatum, 8 a 11 Kg./Ha.

Trifolium hirtum, 6 a 9 Kg./Ha.

Trifolium repens, 4 Kg./Ha.

Medicago sativa, 6 a 10 Kg./Ha.

Medicago littoralis, 5 Kg./Ha.

Las siembras en parcelas a voleo se hicieron con la siguiente densidad:

Trifolium subterraneum, 15 Kg./Ha.

Ornithopus sativus y *compressus*, 15 Kg./Ha.

Trifolium repens, 5 Kg./Ha.

Medicago sativa, 30 Kg./Ha.

Hedysarum coronarium, 30 Kg./Ha.

Métodos

Diseño experimental:

El principal diseño ha sido bloques al azar y, en algunos casos, bloques divididos.

Técnicas de control:

Las técnicas de evaluación han sido conteos, puntuaciones para valorar el desarrollo, vigor, color y nodulación de las plantas.

En los surcos se ha valorado independientemente el desarrollo de las plantas y la nodulación de las raíces. El peso de las plantas se ha realizado cortando las plantas por el cuello de la raíz, extrayendo de esa forma toda la planta, lo que ha permitido determinar el peso medio de las plantas de cada surco. El único inconveniente es que esta valoración elimina las plantas y la posibilidad de posteriores evaluaciones en el mismo año o en años sucesivos. Por ese motivo, la técnica más empleada es la de puntuación por desarrollo de las plantas, y sólo se han sacado algunas repeticiones de cada ensayo para poder cuantificar, aunque imperfectamente, las diferencias observadas.

En las valoraciones de la nodulación se ha considerado la disposición y número de nódulos en la raíz, color, tamaño y forma de los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los ensayos descritos se han estudiado fundamentalmente dos de los factores que afectan al establecimiento, producción y persistencia de las leguminosas:

- Necesidad de la inoculación.
- Deficiencia de cal y microelementos, en especial del molibdeno.

ENSAYO DE INOCULACION Y FERTILIZACION (1975-1976)

ENSAYO	SITUACION	TIPO DE SUELO	pH	LEG. UTILIZADAS	RESPUESTAS		DEFICIENCIAS	
					INOC.	INOC.+ CAL+MICR.	K	N
Las Cabezas	Casatejada (Cáceres).	Suelo pardo arenoso con pseudogley.	5,7	T. subt. Daliak	++	+++	—	+++
La Liebre	Herrera de Alcántara (Cáceres).	Tierra parda meridional sobre pizarras silúricas.	5,1	T. subt. Daliak	++	+++	—	+++
Cuarto de los Llanos	Mirabel (Cáceres).	Tierra parda meridional sobre pizarras cámblicas.	4,9	T. subt. Daliak	+	++	+++	+++
Porteros	Carrascal de Barregas (Salamanca).	Suelo rojizo de terraza diluvial.	6,3	T. subt. Daliak	—	—	—	—
				T. hirtum	—	—	—	—
				T. incarnatum	—	—	—	—
La Jabaliega	Villar del Rey (Badajoz).	Suelo pardo rojizo de terraza diluvial.	5,9	T. subt. Daliak	++	+++	—	+++
				T. subt. Woogenellup	++	+++	—	+++
				T. hirtum	+	++	—	++
				T. incarnatum	+	++	—	++
Dehesa de las Minas	Conquista (Córdoba).	Tierra parda meridional sobre granito.	5,8	T. subt. Daliak	—	—	—	—
Carrasquilla	Hornachuelos (Córdoba).	Tierra parda meridional.		T. subt. Daliak	—	—	—	—
Casa del Cura	Cabezas Rubias (Huelva).	Tierra parda meridional sobre pizarra.	5,7	T. subt. Daliak	—	—	—	—
				Alfalfa Adyta	++	—	—	+++
El Alamillo	Almonte (Huelva).	Suelo arenoso profundo.	5,8	T. repens Ladino	+++	++	—	+++
				T. fragiferum Palestine	+++	++	—	+++
				T. subt. Daliak	—	—	—	+
				Alfalfa Caliente	+++	++	—	+++

— No hubo respuesta.

+ Respuesta ligera.

++ Buena.

+++ Muy buena.

CUADRO NUM. 2

ENSAYOS DE INOCULACION Y FERTILIZACION DE TREBOL SUBTERRANEO (1976-1977)

ENSAYO	SITUACION	TIPO DE SUELO	pH	LEG. UTILIZADA	INO.	CAL	Mo	Cal + Mo	Otros
La Liebre	Herrera de Alcántara (Cáceres).	Tierra parda meridional sobre pizarras silúricas.	5,1	T. subt. Woogenellup	+++	++	++	—	K (?)
Cuarto de los Llanos	Mirabel (Cáceres).	Tierra parda meridional sobre pizarras cámbricas.	4,9	T. subt. Woogenellup	+	++	+	++	K
San Marcos	Talayuela (Cáceres).	Suelo pardo arenoso con pseudogley.	5,0	T. subt. Woogenellup	+	—	++	—	—
La Jabaliega	Villar del Rey (Badajoz).	Suelo pardo-rojizo de terraza diluvial.	5,9	T. subt. Woogenellup	+++	—	++	—	K Cu (?)
Malpartida	San Román de los Montes (Toledo).	Suelo pardo-rojizo de terraza.	6,4	T. subt. Woogenellup	(1)	++	+++	—	—

(1) En este ensayo no se incluyó el tratamiento sin inoculación.

- No hubo respuesta.
- + Ligera.
- ++ Buena.
- +++ Muy buena.

Aunque en muchos lugares ambos factores están relacionados, a continuación se presentan y analizan los resultados de cada uno de ellos por separado.

Inoculación

Año 1975-76.—Se han obtenido respuestas a la inoculación en seis de los nueve campos de ensayo establecidos con éxito (cuadro núm. 1).

Las respuestas más claras se obtuvieron sobre suelos arenosos ocupados previamente por matorral en la zona de Almonte (Huelva), con tres leguminosas: trébol blanco *Ladino*, trébol fresa *Palestine* y alfalfa *Caliente*. Según se deduce de los resultados del ensayo, estos suelos arenosos, ácidos, pobres, cubiertos de una vegetación en la que no existen leguminosas, carecen de población nativa de *Rhizobium trifolii* y *melilotii*, siendo absolutamente necesario efectuar la inoculación de las leguminosas para conseguir un buen establecimiento de las praderas.

En los tres ensayos realizados en la provincia de Cáceres ha habido respuestas a la inoculación del trébol subterráneo. Estas han sido valoradas por observación de plantas y puntuación de las mismas en función de la intensidad, del color verde y de su tamaño. En los ensayos de las fincas La Liebre (Herrera de Alcántara) y en el de Las Cabezas (Casatejada) las respuestas han sido claras y contundentes. En el ensayo de Cuarto de los Llanos (Mirabel) fueron menos consistentes, quizá debido a que en este último lugar se observaron síntomas de carencia de potasio, que han podido enmascarar las respuestas a la inoculación.

También fue positivo el efecto de la inoculación en todos los tréboles ensayados, tréboles subterráneos *Woogenellup* y *Daliak*, trébol rosa y trébol encarnado en el único ensayo establecido en la provincia de Badajoz, en la finca La Jabaliega (Villar del Rey).

Sobre un suelo típico de Andévalo (Huelva) no hubo ninguna respuesta a la inoculación del trébol subterráneo; en cambio, hubo claras respuestas a la inoculación de la alfalfa *Adyta*.

En el ensayo establecido en un suelo rojizo de terraza en Salamanca, y en los dos de Córdoba, no se observó ninguna respuesta a la inoculación.

Año 1976-77. Los ensayos de inoculación del trébol subterráneo se establecieron en cuatro lugares, repitiendo tres de ellos la localización del año anterior. Las respuestas han sido claras en dos de los campos de ensayo, La Jabaliega y La Liebre, y algo menos en los otros dos lugares, en los que el efecto de la aplicación de otros microelementos sobre el desarrollo de las plantas fue mucho mayor (cuadros 2 y 3).

En la finca El Alamillo (Huelva) se han vuelto a repetir las respuestas a la inoculación de la alfalfa y trébol blanco, únicas plantas experimentadas este año.

En el otoño de 1976 se iniciaron los ensayos de expansión de la zulla fuera de su zona habitual de cultivo. Los resultados no pueden ser más esperanzadores. En cuatro de los seis sitios ensayados se han obtenido claras respuestas a la inoculación. Las parcelas inoculadas aparecían verdes y con plantas de mayor tamaño que las sin inocular (cuadro núm. 4).

En los dos últimos años hemos tenido dos estaciones totalmente distintas. El comienzo de la estación de otoño fue muy tardío en el año 1975-76,

CUADRO NUM. 3

RESPUESTAS A LA INOCULACION Y FERTILIZACION (1976-1977)

TRATAMIENTOS	LOCALIZACION DE ENSAYOS Y FECHA OBSERVACION				
	La Liebre	Cuarto de los Llanos	La Jabaliega	San Marcos	Malpartida
	27-4-77	27-4-77	26-4-77	28-4-77	28-4-77
Sin inocular	2,5	3,4	3,6	4,5	—
Sin inocular + Cal + Mo	4,6	5,5	4,8	5,8	—
Inoculada	5,8	3,0	8,1	5,0	4
Inoculada + Cal	7,4	4,7	7,6	4,8	6,3
Inoculada + Mo	7,4	5,0	7,6	6,5	6,3
Inoculada + Cal + Mo	7,4	6,6	8,1	6,8	6,7
Inoculada + Cal + Mo+Co Cu Zn B K.	8,4	5,6	7,6	6,5	6,2

Puntuación 0-10. Realizada sobre 4 a 6 repeticiones por tres personas.

CUADRO NUM. 4

ENSAYO DE INOCULACION Y FERTILIZACION DE ZULLA (1976-1977)

FINCA	Término	Provincia	Respuesta a inoculación
Alcaudete	Carmona.	Sevilla	+++
El Parroso	Morón.	Sevilla	+++
La Abundancia	San Martín del Tesorillo.	Málaga	+
Vado Real	Ardales.	Málaga	+++
El Palomar	Jerez de la Frontera.	Cádiz	+++
Atrera	El Bosque.	Cádiz	++

+ Ligera respuesta.
 ++ Buena.
 +++ Muy buena.

lo cual perjudicó el establecimiento de los tréboles y limitó su desarrollo posterior. El invierno y primera parte de la primavera fueron secos, siendo las lluvias de esta estación muy tardías. En el año 1976-77 tuvimos unas condiciones climatológicas totalmente distintas: otoño temprano, invierno muy lluvioso y primavera muy seca.

Las condiciones del año 1975-76 no favorecieron el que la inoculación produjese su efecto sobre las plantas. Las bajas temperaturas y la sequía impidieron la fijación de nitrógeno en invierno y comienzo de primavera, y cuando las condiciones en humedad y temperatura fueron favorables, el trébol subterráneo *Daliak*, debido a su ciclo corto, estaba en la fase final del mismo. También hay que tener en cuenta que las semillas inoculadas fueron sembradas de cuarenta a cincuenta días antes de las lluvias que provocaron la

nascencia de las plantas, lo cual redujo el número de rhizobium vivos presentes en las semillas.

En el año 1976-77 el crecimiento de las plantas en la primera parte de la primavera ha permitido ver y cuantificar con más claridad el efecto de la inoculación. Las plantas han tenido unas condiciones de humedad y temperatura adecuadas para fijar nitrógeno y han respondido a la inoculación en todos los casos.

No debe sorprender que gran parte de los ensayos hayan mostrado respuestas a la inoculación, pues fueron establecidos en lugares donde el personal técnico de la Agencia de Desarrollo Ganadero había encontrado problemas de producción y persistencia del trébol subterráneo, zulla, alfalfa y trébol blanco.

Aparentemente, en el caso del trébol subterráneo, el principal factor limitante no es la ausencia de rhizobium en el suelo, pues las plantas de los surcos sembrados con semilla sin inocular tienen nódulos, aunque en menor número y peor distribución en la raíz.

Los resultados de los ensayos indican que el número de bacterias en el suelo es insuficiente y, además, sugieren que las utilizadas en la inoculación son más eficientes. LAVANDERA Y ORIVE (com. pers.) han comprobado que muchas de las cepas de rhizobium espontáneas en la sierra de Sevilla son menos eficientes que las empleadas en los inoculantes comerciales, lo cual se explica por ser éstas el resultado de una selección por su mayor habilidad en la infección de la raíz, fijación de nitrógeno y persistencia en el terreno.

Las respuestas a la inoculación se han obtenido en gran variedad de suelos: arenosos, rojos de terraza, tierras pardas meridionales sobre diferentes tipos de pizarras y granito. Sobre suelos similares con diferente localización los resultados han sido con frecuencia contradictorios. Por tanto, no puede tomarse el tipo de suelo como criterio para clasificar las zonas de posible necesidad de inoculación.

En los ensayos en que las respuestas han sido mayores, la vegetación existente antes de establecerlos era pobre en tréboles. En La Jabaliega (Badajoz) se había eliminado el monte bajo de jara, sembrado de avena al año siguiente y, después de otro año de pasto natural, cultivado superficialmente para la implantación del ensayo. La Liebre llevaba dos años seguidos cultivándose con veza-avena. Los otros ensayos se establecieron sobre pasto natural en los que abundaban los tréboles.

Estos hechos pueden explicar la diferente respuesta de los diversos lugares. La población de tréboles y, en consecuencia, la de rhizobium en el suelo es, sin duda, menor en zonas ocupadas por matorral. También en las tierras dedicadas al cultivo, por efecto de la competencia, disminuye el número de tréboles existentes. Las labores profundas y continuadas reducen la población de rhizobium en el terreno como consecuencia de la desecación, mayor temperatura y exposición a la luz.

Con otras leguminosas ocurre lo mismo; el trébol blanco necesita inoculación en el suelo ensayado donde no había tréboles previamente. Igualmente sucede con la zulla fuera de la zona costera del sur. La alfalfa, además de inoculación, necesitará la aportación de cal en los suelos ácidos.

Fertilización con cal y microelementos

Año 1975-76.—Los resultados aparecen resumidos en el cuadro núm. 1, donde se pueden ver los lugares en los que se produjeron las respuestas a la aplicación conjunta de cal y microelementos, tratamiento realizado en todos los ensayos. Las respuestas fueron más claras y consistentes que a la inoculación en todos los ensayos con trébol subterráneo. En este año la regeneración de los surcos y parcelas que tenían cal y microelementos ha sido espectacular, a pesar de no haber sido abonados de nuevo.

En La Liebre (Cáceres) se observaron respuestas a la aplicación de molibdeno, que pudieron verse más claras en la regeneración de la producción en el segundo año (cuadro núm. 5).

CUADRO NUM. 5

RESPUESTAS A LA INOCULACION Y FERTILIZACION

Ensayo La Liebre. Fecha de establecimiento: 2-10-75

TRATAMIENTOS	Surcos (1)		Parcelas (2)	
	2-12-76	30-4-76	2-12-76	
Sin inocular	0,5	2	0,75	
Sin inocular + urea	1,5		—	
Sin inocular + cal + Cu Zn + Mo + Co	2,7		—	
Inoculada	1,2	2,5	1,50	
Inoculada + cal	2,1			
Inoculada + cal + Cu Zn	1,8		—	
Inoculada + cal + Cu Zn + Mo	3,0		—	
Inoculada + cal + Cu Zn + Mo + Co	3,0	4,0	4,25	
Inoculada + Mg + Cu Zn + Mo + Co	3,0		—	

(1) Media de seis repeticiones (puntuación, 0 a 5).

(2) Media de cuatro repeticiones (puntuación, 0 a 5).

CUADRO NUM. 6

CUARTO DE LOS LLANOS. RESPUESTAS A LA INOCULACION Y APLICACION DE CAL Y MICROELEMENTOS

	Puntuación (0-10)	Peso plantas (gr.)
Sin inocular	3,4	10,3
Sin inocular + cal + Mo	5,5	17,0
Inoculada	3,0	10,2
Inoculada + cal + Mo	6,6	20,5

Año 1976-77. En este año los diseños utilizados pretendían aclarar preferentemente cuál de los elementos que constituían el tratamiento cal + microelementos era el causante de la respuesta. Para ello se individualizaron el molibdeno y la cal, y se añadió el potasio a la vista de los síntomas de ca-

rencia observados en algunos ensayos. Las siembras se hicieron en surcos y a voleo para poder mejorar la evaluación de los resultados, según como se describe en el capítulo de material y métodos.

En los cuadros núms. 2 y 3 se resumen las principales respuestas obtenidas en cinco de los ensayos establecidos este otoño.

En todos los ensayos la aplicación de molibdeno mejora el color, tamaño y peso de las plantas. Las respuestas mayores se han obtenido en Malpartida (Toledo) y en La Liebre (Cáceres), en este último lugar por segundo año.

La aplicación de cal resuelve indirectamente el problema de falta de molibdeno en La Liebre y Malpartida, pero no en San Marcos. En este último lugar la deficiencia de molibdeno no parece ser consecuencia de la acidez del suelo, ya que habría sido corregida mediante la aplicación de cal. Es posible que en estos suelos encharcadizos se produzca un efecto tóxico, debido al exceso de manganeso.

En Cuarto de los Llanos, que tiene el suelo más ácido de los ensayados, es necesaria la aplicación de cal y molibdeno para conseguir las mejores producciones.

Hay señales de carencia de potasio en dos de los ensayos de Cáceres (La Liebre y Cuarto de los Llanos) y en el de Badajoz (La Jabaliega), que deberán ser comprobadas el próximo año. También es posible que en La Jabaliega haya una carencia de algún otro microelemento, posiblemente cobre, pues se observó un agostamiento más tardío en las parcelas con la mezcla de microelementos.



Fig. 2.—Respuestas a la aplicación de cal y/o molibdeno (·)

En El Alamillo (Huelva) también se han obtenido evidencia clarísima de carencia de potasio y confirmación de la respuesta a la cal y molibdeno observada el año anterior.

Las respuestas obtenidas en los ensayos de estos últimos dos años adquieren más importancia si las unimos a las conseguidas en otros realizados por la Agencia de Desarrollo Ganadero desde 1970. Con todos ellos hemos confeccionado el mapa que aparece en la figura núm. 2, en el que se señalan los puntos donde se han obtenido respuestas a la aplicación de dolomita, cal, molibdeno o mezcla de microelementos en los que su efecto puede atribuirse a este elemento.

En muchos de estos lugares no supimos apreciar la respuesta en los primeros años de seguimiento del ensayo correspondiente, la cual se vio clara posteriormente, por la mejor persistencia y producción de las parcelas con cal y/o molibdeno.

En algunos puntos la aplicación de cal puede sustituir la del molibdeno, pero en la mayoría el molibdeno es imprescindible. En cualquiera de los dos casos la aportación de molibdeno es más económica, por el menor costo de 300-400 gr. de molibdato sódico o amónico/Ha., que 1.000 Kg. de cal o dolomita/Ha.

En los lugares donde se ha visto una interacción calcio-molibdeno, y que corresponden a suelos con pH más ácido, deberían aplicarse los dos elementos. La aplicación más económica sería en forma de siembra en surcos con abono localizado que, según la experiencia neozelandesa y australiana, permite conseguir los mismos resultados que con encalados a voleo en cantidades cinco veces superiores.

Inoculación y fertilización

La inoculación no produce ningún aumento de la producción cuando las condiciones de acidez o carencia de molibdeno del suelo impiden que la asociación bacteria-leguminosa funcione y fije el nitrógeno que la planta necesita para su desarrollo. La fertilización con cal y molibdeno soluciona estas deficiencias, pudiendo las plantas inoculadas demostrar su capacidad de fijación.

Por ejemplo, en el ensayo de Cuarto de los Llanos (cuadro núm. 6) la inoculación simple no produce ningún efecto sobre el crecimiento de las plantas pero con la aplicación de cal y molibdeno el desarrollo de las plantas inoculadas es mayor que el de las plantas sin inocular. Esta interacción entre la inoculación, cal y molibdeno demuestra la necesidad de realizar experimentos en los que existan estos tratamientos combinados que permitan obtener este tipo de información, la cual no se consigue con ensayos más simple en los que no se estudian estas interacciones.

El año próximo se verá la persistencia de los rhizobium utilizados en la inoculación, en las condiciones climáticas de nuestro país, así como su competitividad frente a las razas autóctonas.

Por la corta experiencia de dos años de trabajos de investigación sobre la inoculación de leguminosas en condiciones de campo, en combinación con la aplicación de cal y microelementos, podemos deducir el interés que tiene en la mayoría de los casos solucionar las deficiencias minerales del

suelo, sin lo cual el resultado de la inoculación va a quedar muy comprometido.

Entre las deficiencias más importantes a corregir está la ya conocida necesidad de aplicación de fósforo en todos los lugares durante varios años consecutivos (RATERA et al., 1975). En los experimentos en los que una de las variables es el fósforo, la magnitud de las respuestas a este elemento pueden hacer pasar inadvertidas respuestas a otros elementos, como el molibdeno. La aplicación del molibdeno ha dado resultados positivos en gran número de los lugares ensayados, por lo que sería conveniente generalizar su empleo en zonas en las que, sin razones justificadas, se han obtenido indicios de falta de desarrollo en los tréboles. Por su bajo costo, y debido al hecho de que no son necesarias aportaciones anuales, su utilización sería muy económica.

El empleo de cal, que también ha dado buenos resultados en varios ensayos, tropieza con problemas económicos que podrían solucionarse si se extendiese el empleo de máquinas sembradoras localizadoras de abono para el establecimiento de praderas.

Los ensayos de zulla incluyen también unas aplicaciones de microelementos, azufre, B, Fe, Zn, Cu, Mn, etc. que por el momento no han dado ningún resultado.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones referentes a inoculación que hemos ido deduciendo en la anterior discusión son el gran interés que tiene la misma en el establecimiento de praderas sobre terrenos previamente ocupados por matorral y en aquellos sitios en donde la vegetación herbácea es escasa y no abundan los tréboles ni el rhizobium en el suelo.

Por la evidencia de ensayos anteriores y la obtenida en estos dos últimos años se puede deducir que muchos de los suelos del Centro-Oeste y Suroeste son deficientes en molibdeno, lo cual dificulta el establecimiento de las praderas de secano basadas en trébol subterráneo, y sobre todo su persistencia y producción. Una leguminosa que no pueda fijar nitrógeno no sobrevive la competencia de la vegetación espontánea de nuestras dehesas.

El empleo de cal sólo se ve necesario en casos de extrema acidez y aunque su aplicación resuelve en algunos casos la carencia de molibdeno, encontramos más práctico generalizar la aportación de este microelemento por razones de economía y facilidad de manejo.

Cuando sea precisa la aplicación de cal, se sugiere su utilización en dosis reducidas (200 Kg./Ha.), mediante la siembra de praderas con máquinas que localicen el abono junto a la semilla.

Otras posibles carencias a elementos principales, como el potasio u otros microelementos deberán ser estudiadas con más detalle en un futuro próximo.

La inoculación de la zulla es imprescindible para su empleo fuera de la reducida área de la costa sur en la que se desarrolla espontáneamente.

AGRADECIMIENTOS

Sería muy larga la lista de personas a quienes queremos expresar nuestro agradecimiento por su colaboración en la realización de este trabajo. A la dirección y personal de la Agencia que con su estímulo y ayuda ha hecho posible el establecimiento y seguimiento de los ensayos. Al Banco Mundial, por haber financiado a uno de los autores (N. S. TIVER) el supervisar el trabajo durante estos dos últimos años. Al Departamento de Microbiología del I.N.I.A., de Madrid, que nos ha suministrado el inoculante de los tréboles y medicagos y aislado el *rhizobium* de zulla utilizado en nuestros trabajos, sin cuya garantía de calidad los resultados podrían haber quedado comprometidos.

BIBLIOGRAFIA

(1) RATERA, C.; MUSLERA, E.; RUIZ CORNEJO, J.A., y AMBEL, E., 1975: *Potencial y necesidades nutritivas de las praderas en varios suelos del suroeste español*. VI Reunión General de la Federación Europea de Pastos. Comunicación. Madrid.

RESPONSE OF SEVERAL PASTURE LEGUMES TO INOCULATION, LIME AND MICROELEMENTS IN DIFFERENT SOILS OF CENTRAL AND SOUTHWESTERN SPAIN

SUMMARY

It has been investigated in Spain the requirements of lime, microelements and inoculation of several pasture legumes (*Trifolium subterraneum*, L. var. Daliak y Woogenellup, *Trifolium hirtum*, *Trifolium incarnatum*, *Trifolium repens* var. Ladino, *Trifolium fragiferum* var. Palestine, *Medicago sativa* var. Adyta y Caliente) in different acid soils of Central and Southwest Spain and also the inoculation and microelements requirements of zulla (*Hedysarum coronarium*) on alkaline soils in the Southern regions.

Clear responses has been obtained to molybdenum on a wide range of acid soils. Although lime dressing can correct the deficiency, the use of molybdenum is more economical. More acidic soils need the application of both lime and molybdenum.

Subterranean, crimson and rose clover inoculation has given good results on scrubland or cropping land, where rhizobium population is very low. The same have been observed with white and strawberry clover in the only existing trial. Lucerne needs seed inoculation and liming on acid soils. A good response has been obtained to inoculation of zulla outside the area where it is a native or cultivated plant.