

DIAGNOSTICO DE UN PROBLEMA DE ESTABLECIMIENTO DE MEDICAGOS DE ORIGEN AUSTRALIANO, EN EL SECANO LITORAL DE LA VI REGION DE CHILE¹

Diagnosis of a problem of establishment of Medicagos of Australian origin,
in the non irrigated range of the VI Region, Chile

Elías Letelier A.²

SUMMARY

With the aim to explain the failure on the establishment of several Australian varieties of *Medicago* sp. in the coastal non irrigated range of the VI Region of Chile, in soils of light acidity and high pluviometry, a pot experiment was held. The results show that a very probable cause of the failure was the incidence of soil pathogens.

Soil desinfectation plus liming and complete fertilization produced high yields both in the Australian variety used in the pot experiment as well as in the Chilean ecotype.

INTRODUCCION

Los medicagos anuales ("annual medics", en EE.UU., "hualputras", en Chile) se utilizan en Australia en regiones con 250 a 300 mm de precipitación anual y suelos de pH neutro o alcalino (CIMMYT, 1975; Carter, 1975), en rotación con cereales. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ha procurado la adopción de esta práctica en otras regiones de clima Mediterráneo, como Algeria y Chile, debido a que por las características agronómicas de estas leguminosas, se prestan especialmente para incluirlas en una rotación intensiva cereal-medicago, ayudando a la conservación del suelo y disminuyendo la necesidad de fertilizantes nitrogenados, al mismo tiempo que se hace una utilización intensiva del suelo.

Generalmente, se indica que los medicagos se adaptan mejor a pHs alcalinos (Rossiter, 1966). Sin embargo, también pueden prosperar en suelos pobres en cal (McKee, 1984).

Kleinig (1965) sugiere, basado en experimentos de campo y en macetas, que en Australia la mejor adaptación de *M. tribuloides* a suelos alcalinos, estaría relacionada a patógenos que actuarían especialmente a pHs bajos, altas precipitaciones y temperaturas bajas (7° C).

Howieson y Ewing (1986), también en Australia, indican que la posibilidad de diversas especies de medicagos anuales de prosperar en suelos ácidos, depende de la adaptabilidad de las diversas cepas de *Rhizobium* spp. a pHs bajos y de la agresividad de los diversos ecotipos de estas bacterias nitrificantes.

En Chile, los medicagos anuales se encuentran en suelos de pH muy variables, desde muy alcalinos, en la zona central (pH 7 y 8), hasta bastante ácidos, en la IX Región (pH 5).

La Subestación Experimental Hidango, situada en el secano costero de la VI Región, tiene un suelo franco-arcilloso de pH 6,1 y con 1,6% de materia orgánica (0-20 cm). La precipitación media es de 899 mm. Es común encontrar en la zona, sitios en que abundan los medicagos anuales, especialmente a las orillas de los caminos o en sectores en que no se ha cultivado cereales por muchos años.

¹ Recepción de originales: 15 de septiembre de 1987.

Se agradece al Ing. Agr. Señor Milán Caglevic su importante ayuda en esta investigación.

² Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

En agosto de 1982 y en mayo de 1983, se establecieron sendos ensayos en terreno fertilizado con fósforo, para estudiar el comportamiento de varias especies de medicagos de origen australiano, proporcionadas por CIMMYT (*M. trunculata*, var. Cyprus; *M. scutellata*, var. Jemalong; *M. rugosa*, var. Paraponto; *M. tornata*, var. Tornafield y *M. litoralis*, var. Harbinger). El sitio experimental fue muy retentivo de humedad y la precipitación durante los dos años en que se ensayaron estas semillas, fue la indicada en el Cuadro 1.

Puede observarse que las precipitaciones son muy superiores a aquellas en que se utilizan los medicagos en Australia. En general, el establecimiento y el desarrollo posterior de estas especies fue muy deficiente. Las que emergieron, presentaron poco desarrollo y colores anormales.

En vista de los pobres resultados obtenidos con estas siembras, en 1984 se efectuó un ensayo en macetas, con objeto de tratar de identificar él o los factores que llevaron a dicho fracaso. Los factores que se estudiaron están relacionados parcialmente con los antecedentes citados anteriormente; ellos fueron: efecto del encalado, efecto de la inoculación con cepas específicas de *Rhizobium* sp., efecto de la desinfección del suelo, efecto de la agregación de nitrógeno y efecto de la aplicación de otros nutrientes.

MATERIALES Y METODOS

El esquema básico del ensayo fue el de un factorial con 4 factores, cada uno a dos niveles, según se indica en la Figura 1.

CUADRO 1. Precipitación (mm) ocurrida en Hidango, en los años en que se ensayó el establecimiento de medicagos anuales proporcionados por CIMMYT

TABLE 1. Rainfall (mm) occurred in Hidango, in the years when the establishment of annual medics received from CIMMYT, was attempted

	1982	1983
Enero	0	1
Febrero	0	0
Marzo	42	0
Abril	3	4
Mayo	214	75
Junio	561	212
Julio	292	222
Agosto	125	134
Septiembre	154	37
Octubre	43	5
Noviembre	1	0
Diciembre	0	0
Total	1.435	690

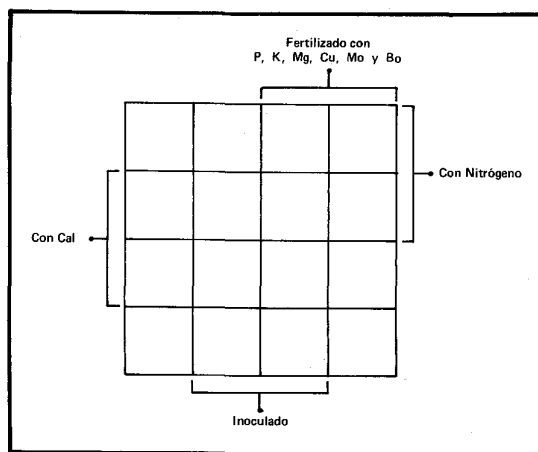


FIGURA 1. Esquema básico utilizado en el ensayo en macetas.

FIGURE 1. Basic pattern of the pot trial.

Este esquema se repitió 4 veces, correspondientes cada una a las siguientes condiciones:

- I Semilla chilena (*M. hispida*), con suelo desinfectado.
- II Semilla chilena (*M. hispida*), con suelo sin desinfectar.
- III Semilla australiana (*M. litoralis* var. Harbinger) con suelo desinfectado.
- IV Semilla australiana (*M. litoralis* var. Harbinger) con suelo sin desinfectar.

El suelo procedió de Hidango, potrero el Boldo, 20 cm superiores. Tamizado a 5 mm y homogenizado, pH 6,1, materia orgánica 1,6%.

La desinfección del suelo se hizo con solución al 2% de formol, al que se dejó actuar bajo plástico durante 24 horas, aireando posteriormente durante 2 días.

La inoculación se efectuó con *Rhizobium* sp. específicos para *Medicago rugosa*, *litoralis* y *trunculata*. Como adherente se usó goma arábica.

La semilla chilena, procedente de Chillán, fue escarificada mecánicamente. La semilla australiana, proporcionada por CIMMYT, venía ya escarificada. Se sembró 0,5 g/maceta. Toda la semilla fue desinfectada antes de sembrar, sumergiéndola 2 minutos en alcohol de 90°.

Se utilizaron macetas cilíndricas de 900 cc de capacidad; el volumen ocupado por el suelo fue de 783 cc. Los orificios del fondo de las macetas fueron cubiertos con papel filtro.

La cal utilizada fue $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para análisis, en solución en agua desmineralizada. La dosis fue de 1.170 mg de CaO por litro de suelo.

El nitrógeno se agregó como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Esta sal se aplicó en solución de agua desmineralizada. La dosis utilizada correspondió a 90 mg de N por litro de suelo.

Los fertilizantes no nitrogenados se agregaron en las cantidades y formas indicadas en el Cuadro 2.

Desarrollo del experimento

El experimento se desarrolló durante el verano 1984 y duró aproximadamente 60 días, entre la siembra y la cosecha. Se realizó en una jaula cubierta con malla. Se notó una emergencia irregular en los suelos sin desinfectar. Este hecho fue de poca importancia en la variedad chilena, en la cual el crecimiento posterior compensó esta irregularidad. En cambio, en la variedad australiana este efecto fue totalmente limitante; sólo unas pocas plantas sobrevivieron en cada maceta y las plantas sobrevivientes tuvieron un desarrollo limitado y colores anormales.

El fitopatólogo Ing. Agr. Milán Caglevic (INIA-La Platina) examinó las raíces y emitió el siguiente informe:

1. *Medicago australiano* (creciendo en tierra no desinfectada).

Diagnóstico: Abundante desarrollo de estructuras (micelio y esporangios) de *Pythium* sp. y, en menor grado, desarrollo de micelio de *Rhizoctonia* sp. Desarrollo de estructuras fungosas a las 24 horas después de procesar las muestras (lo que indica un alto grado de infección).

2. *Medicago nativo* (creciendo en tierra no desinfectada).

Diagnóstico: Predomina el desarrollo de micelio de *Rhizoctonia* sp. y, en nivel un poco inferior, estructuras (micelio y esporangios) de *Pythium* sp. Desarrollo de estructuras fungosas a las 24 horas después de procesar las muestras (lo que indica un alto grado de infección).

RESULTADOS

En los cuadros 3, 4, 5 y 6 se encuentran los rendimientos de materia seca en el único corte efectuado, como también los efectos medios de cada uno de los tratamientos.

Como todos los tratamientos con semilla australiana y suelo sin desinfectar tuvieron rendimientos muy bajos, se ha considerado interesante presentar también, en el Cuadro 7, los rendimientos medios de las dos series con suelo desinfectados y sus correspondientes efectos. Igualmente, en el Cuadro 8 se indican las interacciones bi-factoriales para las dos series desinfectadas.

CUADRO 2. Cantidades y formas en que se aplicaron los nutrientes en el tratamiento "con fertilización"

TABLE 2. Amounts and sources of the nutrients applied in the treatment "with fertilization"

Elementos	Concentración	Forma
a. Elementos mayores:	mg del elemento/litro de suelo	
P	26	K_2HPO_4
K	64	K_2HPO_4
S	29,0	$\text{Mg SO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$
Mg	22,5	$\text{Mg SO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$
b. Elementos menores:	mg del producto/litro de suelo	
Cu	1,17	$\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$
Mo	1,17	$(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$
B	5,85	H_3BO_3

*Todas las sales utilizadas fueron de grado analítico y se aplicaron disueltas en agua desmineralizada.

CUADRO 3. Rendimientos en materia seca (g/maceta)
Semilla australiana; suelo desinfectado

TABLE 3. Yields of dry matter (g/pot). Australian seed; soil desinfected

		Fertilizado				
Cal	}	N	1,12	1,18	1,51	1,35
			2,00	1,08	2,25	2,04
			1,46	1,10	1,68	1,58
			0,75	0,32	1,30	1,10
			Inoculado			

Promedios:

Con cal = 1,64	Sin cal = 1,07
Con N = 1,56	Sin N = 1,16
Con Inoculación = 1,30	Sin Inoculación = 1,42
Con Fertilización = 1,60	Sin Fertilización = 1,12

Efectos medios:

Cal	0,57
Nitrógeno	0,40
Inoculación	- 0,12
Fertilización	0,48

$\bar{X} = 1,36$

CUADRO 5. Rendimientos en materia seca (g/maceta).
Semilla chilena; suelo sin desinfectar

TABLE 5. Yields of dry matter (g/pot). Chilean seed; soil not desinfected

		Fertilizado				
Cal	}	N	1,21	0,72	0,97	1,28
			1,20	0,67	1,34	2,00
			1,29	1,20	0,98	1,39
			0,78	0,62	1,00	1,36
			Inoculado			

Promedios:

Con cal = 1,26	Sin cal = 0,99
Con N = 1,17	Sin N = 1,07
Con Inoculación = 0,93	Sin Inoculación = 1,31
Con Fertilización = 1,29	Sin Fertilización = 0,96

Efectos medios:

Cal	0,27
Nitrógeno	0,10
Inoculación	- 0,38
Fertilización	0,33

$\bar{X} = 1,12$

CUADRO 4. Rendimientos en materia seca (g/maceta).
Semilla chilena; suelo desinfectado

TABLE 4. Yields of dry matter (g/pot). Chilean seed; soil desinfected

		Fertilizado				
Cal	}	N	0,73	0,88	0,91	1,02
			0,96	1,10	1,46	1,58
			1,71	0,95	1,25	1,13
			0,71	0,57	0,70	0,73
			Inoculado			

Promedios:

Con cal = 1,26	Sin cal = 0,78
Con N = 1,08	Sin N = 0,96
Con Inoculación = 0,97	Sin Inoculación = 1,07
Con Fertilización = 1,1	Sin Fertilización = 0,95

Efectos medios:

Cal	0,48
Nitrógeno	0,12
Inoculación	- 0,10
Fertilización	0,15

$\bar{X} = 1,02$

CUADRO 6. Rendimientos en materia seca (g/maceta).
Semilla australiana; suelo sin desinfectar

TABLE 6. Yields of dry matter (g/pot). Australian seed; soil not desinfected

		Fertilizado				
Cal	}	N	0,06	0,35	0,01	0,27
			0,30	1,00	0,17	0,04
			0,49	0,02	1,00	0,42
			0,62	0,05	0,02	0,52
			Inoculado			

Promedios:

Con cal = 0,43	Sin cal = 0,23
Con N = 0,27	Sin N = 0,39
Con Inoculación = 0,32	Sin Inoculación = 0,34
Con Fertilización = 0,30	Sin Fertilización = 0,36

Efectos medios:

Cal	0,20
Nitrógeno	- 0,12
Inoculación	- 0,02
Fertilización	- 0,06

$\bar{X} = 0,33$

CUADRO 7. Rendimientos promedios y efectos principales sobre suelo desinfectado (g/maceta)

TABLE 7. Average yields and main effects on disinfected soil (g/pot)

Rendimientos		Efectos	
Semilla australiana	1,36	Origen semilla	0,34
Semilla chilena	1,02		
Con cal	1,45	Cal	0,53
Sin cal	0,92		
Con nitrógeno	1,32	Nitrógeno	0,26
Sin nitrógeno	1,06		
Inoculado	1,13	Inoculación	- 0,11
Sin inocular	1,24		
Fertilizado	1,35	Fertilización (no nitrogenada)	0,32
Sin fertilizar	1,03		

CUADRO 8. Interacciones entre los diversos factores, en suelo desinfectado (g/maceta)

TABLE 8. Interactions between factors, on disinfected soil (g/pot)

Factores	Efectos	Interacciones
Con cal vs. sin cal:		
Con semilla australiana	0,57	0,08
Con semilla chilena	0,49	
Con nitrógeno	0,47	- 0,12
Sin nitrógeno	0,59	
Con inoculación	0,44	- 0,18
Sin inoculación	0,62	
Con fertilización	0,54	0,03
Sin fertilización	0,51	
Con nitrógeno vs. sin nitrógeno:		
Con semilla australiana	0,41	0,30
Con semilla chilena	0,11	
Con inoculación	0,32	0,12
Sin inoculación	0,20	
Con fertilización	0,33	0,15
Sin fertilización	0,18	
Inoculación vs. no inoculación:		
Con semilla australiana	- 0,12	- 0,03
Con semilla chilena	- 0,09	
Con fertilización	0,06	0,34
Sin fertilización	- 0,28	
Fertilización vs. no fertilización:		
Con semilla australiana	0,47	0,32
Con semilla chilena	0,15	

En el Cuadro 9 se muestra una estimación del número de nódulos en los tratamientos con cal y con fertilización no nitrogenada, tanto en suelos desinfectados como sin desinfectar.

DISCUSION

El resultado más evidente lo constituye el gran efecto de la desinfección en la variedad australiana Harbinger (*M. litoralis*). Es probable que la baja emergencia y pobre desarrollo obtenido en la siembra de variedades australianas de medicagos en el potrero El Boldo de Hidango, se deba a una falta de adaptación de estas variedades a un alto grado de infección por *Rhizoctonia* y *Pythium*.

Exceptuando la desinfección del suelo, el efecto más importante que aparece en este ensayo es el de la aplicación de hidróxido de calcio. El pH del suelo de este potrero es de 6,1 (acidez moderada); es probable que este efecto se deba más a un efecto de la cal como enmienda de la acidez que a un efecto del calcio como nutriente, puesto que el nitrógeno se aplicó como nitrato de calcio y su efecto fue menor que el de la aplicación de cal. Además, el efecto de la cal se manifestó con o sin aplicación de nitrato de calcio. Este resultado coincide con lo encontrado en Australia por Howieson y Ewing (1986).

Hay también efectos positivos de la aplicación de nitrógeno y de P-K-Mg-S-Mo-Cu-B. Estos efectos son muy notorios en la variedad australiana, con suelo desinfectado.

CUADRO 9. Notas* de apreciación de cantidad total de nódulos en los tratamientos con cal y nutrición mineral

TABLE 9. Estimated notes of the amount of nodules in the treatments with lime and mineral fertilization (maximum: 10)

	Suelo desinfectado				Suelo sin desinfectar			
	Chilena		Australiana		Chilena		Australiana	
	Con Inoc.	Sin Inoc.	Con Inoc.	Sin Inoc.	Con Inoc.	Sin Inoc.	Con Inoc.	Sin Inoc.
Con N	0,2	1,0	1,6	2,0	0,2	3,0	1,4	0,6
Sin N	4,0	4,6	8,4	5,8	5,2	5,6	3,4	3,8

*Promedios de 5 notas puestas por 5 observadores imparciales, siendo la nota mínima 0 y la máxima 10.

El efecto de inoculación ha sido en promedio de leve a regularmente negativo en el rendimiento y en la cantidad de nódulos (Cuadro 9). Sin embargo, hay excepciones interesantes, como se verá al tratar de las interacciones.

En las dos series desinfectadas, la variedad australiana superó el ecotipo chileno, tanto en el promedio por maceta como en cada uno de los tratamientos.

El rendimiento más alto se obtuvo con la variedad australiana, suelo desinfectado, aplicación de cal y fertilización completa (N, P, K, S, Mg, Bo, Cu), e inoculación.

Las interacciones positivas señaladas en el Cuadro 8 con los números 5, 7 y 10 son fáciles de explicar, ya que se trata de factores positivos e independientes entre sí. El caso de la cal es distinto, ya que esta enmienda puede producir efecto de reemplazo; puede decirse que los efectos de la cal fueron siempre positivos y no difirieron mucho en presencia o en ausencia de cada uno de los otros factores.

La interacción positiva entre aplicación de nitrógeno e inoculación (interacción 6) es difícil de explicar, aunque parece consistente, pues ella se manifiesta en los 4 tratamientos involucrados, tanto en semilla chilena como australiana.

La interacción positiva inoculación por fertilización refleja en su mayor parte el efecto positivo que tuvo la inoculación en la variedad australiana, con suelo fertilizado y desinfectado; sólo en esta interacción terciaria se manifiesta un efecto positivo y consistente de la inoculación.

En el Cuadro 9, puede notarse también que en el único caso en que el número de nódulos aumentó notablemente con la inoculación, fue también en la variedad australiana sin desinfección del suelo, pero esto sólo cuando no se aplicó nitrógeno, el que produjo el conocido efecto inhibitorio sobre la nodulación.

Los resultados de esta prueba de "diagnóstico" sugieren que:

- las variedades australianas utilizadas en el experimento de campo serían más susceptibles a enfermedades radiculares que los ecotipos zonales; esta sería la principal causa del fracaso observado en ese experimento.
- en los suelos semejantes al utilizado en el experimento, tanto las variedades australianas como chilenas se beneficiarían de la adición de cal, de nitrógeno y de una fertilización mineral completa.
- debe estudiarse la rizobiología de esta especie, en relación a las diversas variedades y ecotipos.

RESUMEN

Se efectuó un experimento en macetas para tratar de explicar el pobre resultado del establecimiento de algunas variedades de diversas especies de medicagos anuales procedentes de Australia, en la zona del secano costero de la VI Región de Chile, con suelo ligeramente ácido y alta pluviometría. Los resultados sugieren que ello estaría relacionado especialmente con patógenos del suelo.

La desinfección del suelo, acompañada de encalado y fertilización completa, logró producir altos rendimientos, tanto en la variedad australiana como en el ecotipo chileno utilizados en este experimento.

LITERATURA CITADA

CARTER, E.D. 1975. Grain and livestock production in Algeria. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 52 p.

CIMMYT. 1975. El regreso de Medicago. 16 p.

HOWIESON, J.G. and EWING, M.A. 1986. Acid tolerance in the *Rhizobium meliloti*-*Medicago* symbiosis. Austr. J. Agric. Res. 37: 55-64.

KLEINIG, C.R. 1965. Emergence of *Medicago tribulooides* on moderately acid soils. Austr. J. Agric. Res. 16: 311-319.

McKee, R. 1948. The legume of many uses. En: 1948 Yearbook of Agriculture. U.S. Depto. of Agriculture. p.: 714-716.

ROSSITER, R.C. 1966. Ecology of the mediterranean annual type pasture. Advances in Agronomy 18: 1-56.