

## ESTADO NUTRICIONAL Y NODULACION DE SIEMBRAS DE FREJOL DE LA VIII REGION DE CHILE<sup>1</sup>

### Nutritional and nodulation status of bean crops in the VIII Region, Chile

Luis Longeri S.<sup>2</sup>, Iván Vidal P.<sup>2</sup>, Gotardo Schenkel S.<sup>2</sup> y Alfonso Herrera O.<sup>2</sup>

#### SUMMARY

To assess the nodulation and nutritional status of dry bean in the VIII Región, Chile, a survey of 148 sown fields was carried out during January 1987. At early flowering stage, in each sampling site, plants were dugged to determine number and dry weight of nodules. At the same time, leave and soil samples were collected for chemical analysis.

In general, the nodulation was poor. In 23 sites (15,5 %) no nodulated plants were observed, and in the nodulated ones the nodulation had mean values of 12,6 nodules, weighting 17,1 mg, per plant. The lowest values were observed in clay textural soils.

According to foliar analysis, 47% of the bean crops were deficient in phosphorus and 14% were deficient in potassium; 65% showed excessive concentrations of manganese and 58% had an excess of iron. The concentration of other nutrients (N, Ca, Mg, Zn and Cu) were between the normal ranges.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*, bean, nodulation, legume, rhizobium, nutrition, Chile.

#### INTRODUCCION

En nuestro país, el fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye un importante cultivo, puesto que es el tercero en superficie sembrada después de trigo y maíz. De acuerdo al Ministerio de Agricultura (1991), en la temporada 1989/90 se sembraron en el país 68.560 ha con fréjol, obteniéndose un rendimiento promedio de 12,7 qqm/ha. Dentro del país, la VIII Región es la primera en superficie sembrada, dedicándose 25.930 ha a este cultivo, lo que representa un 38% del total, aunque el rendimiento promedio en este caso (11,4 qqm/ha), está por debajo del promedio nacional. Este rendimiento podría ser incrementado usando mejores prácticas culturales o variedades mejoradas. La mayor potencialidad productiva de este cultivo está avalada por el aumento del rendimiento promedio nacional en 1,0 qqm/ha en los últimos 10 años (Ministerio de Agricultura, 1991).

El fréjol, como la mayoría de las leguminosas, es capaz de tomar el nitrógeno del aire y usarlo en su nutrición. Pero, para que ello ocurra en forma adecuada, es necesario que se establezca una relación simbiótica con cepas eficientes del rizobio específico para esta planta (*Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*) y, además, deben estar controlados los factores nutricionales limitantes de su desarrollo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el estado de la nodulación y, además, conocer las características nutricionales de las siembras de fréjol ubicadas en la VIII Región de Chile.

#### MATERIALES Y METODOS

La prospección nutricional de las siembras de fréjol se efectuó en el período de floración de las plantas. Entre el 7 y 21 de enero de 1987, se visitaron 148 siembras comerciales distribuidas en el área comprendida entre San Gregorio (36° 10' lat. S, 72° 25' long. W) por el norte, y Mulchén (37° 45' lat. S, 72° 35' long. W) por el sur.

Las muestras foliares, considerando la hoja completa (lámina más pecíolo), se colectaron del tercio medio de las plantas, recorriendo la totalidad

<sup>1</sup>Recepción de originales: 29 de enero de 1990.

Parte del Proyecto Nº 57/85, financiado por el Fondo de Investigaciones Agropecuarias (FIA).

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

de la siembra en zigzag, obteniendo una hoja por planta, hasta completar 100 por cada muestra; al mismo tiempo, se muestreó el suelo a una profundidad de 0 a 25 cm. Separadamente, se colectaron, al azar, 10 plantas por siembra con su sistema radical, con el fin de determinar el número y peso seco de nódulos en las plantas.

La preparación de las muestras foliares, para el análisis, se efectuó de acuerdo a la metodología propuesta por Lachica, Recalde y Esteban (1965). El N se determinó por el método Kjeldahl empleando la técnica de semi-microdeterminación (Allen, 1957; Longeri, Etchevers y Venegas, 1979). Para el análisis de los restantes elementos, la muestra se digestó con una mezcla de ácidos nítrico y perclórico, cuantificándose las cantidades de P por fotolorimetría, de K por fotometría de llama, y las de Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn por absorción atómica (Bataglia y otros, 1983).

En las muestras de suelo se determinó textura (Sistema Internacional), pH (relación suelo:agua 1:2,5), materia orgánica, N nítrico, P (Olsen), K, Ca y Mg de intercambio. Los niveles de Fe, Mn, Zn y Cu extractables, se determinaron usando el método de Lakanen y Ervio (1971).

Los datos se sometieron a análisis de correlación de Pearson entre variables.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Características del suelo y nodulación

Considerando la extensa superficie de suelos agrícolas destinados al cultivo del fréjol en la VIII Región y sus variadas propiedades físicas y químicas, se estimó conveniente agrupar los 148 sitios experimentales de acuerdo a su textura.

Dicha Región, de acuerdo a la información del Cuadro 1, mayoritariamente dedica al cultivo del fréjol suelos de textura fina (arcilla densa, arcilla poco densa y franco arcillosa), correspondiendo al 74% de los sitios visitados. Un aspecto destacable, en relación a la frecuencia de nodulación en las raíces de las plantas, es que en el 15,5% de los casos (23 sitios), las raíces no presentaron nódulos. Al ordenar las muestras vegetales de acuerdo a la textura de los suelos, se comprueba que la ausencia de nodulación se detecta más frecuentemente en plantas que crecen en suelos de textura pesada. También, se deduce que el número de nódulos y peso de nódulos por planta, aumenta al hacerse más gruesa la textura. Los nódulos por planta, de los fréjoles que crecen en suelos de textura arenosa, son tres veces más numerosos y pesan catorce veces más que los de aquellos que se cultivan en suelos de textura arcilla densa.

Llama la atención que, en general, en plantas que presentan nódulos, la nodulación es pobre. Es así, como el número promedio de nódulos por planta alcanza a 12,6 y su peso promedio a 17,1 mg, cifras que son muy inferiores a datos obtenidos por los mismos autores en ensayos realizados en la Estación Experimental de la Universidad de Concepción, Chillán, empleando 30 cultivares de fréjol; estos antecedentes otorgaron un número promedio de nodulos por planta de 58,3 y un peso, promedio, de 121,7 mg (datos no publicados).

Los resultados expuestos, dejan abierta la interrogante sobre si la nodulación es dependiente de la aireación, por ser más abundante en suelos arenosos, o de otros factores químicos o físicos del suelo, tales como profundidad, pH, capacidad de intercambio de cationes, disponibilidad de nutrientes, etc. El análisis de correlación demostró que

### CUADRO 1. Presencia de nodulación y valores promedio de número y peso seco de nódulos por planta

TABLE 1. Presence of nodulation and nodules number and dry weight mean values per plant.

Textura	Siembras número	Siembras sin nodulación		Siembras noduladas	
		Número	%	Número nódulos	Peso seco (mg)
Arcilla densa	11	1	9,1	7,8	3,0
Arcilla poco densa	63	12	19,1	7,8	13,2
Arcilla arenosa	1	0	0,0	12,7	9,0
Franco arcillosa	36	9	25,0	12,4	16,6
Franco arcillo arenosa	2	0	0,0	11,5	16,7
Franca	9	0	0,0	7,5	13,3
Franco arenosa	11	0	0,0	15,4	18,2
Arena	15	1	6,7	24,7	43,1
<b>Total</b>	<b>148</b>	<b>23</b>	<b>15,5</b>	<b>12,1</b>	<b>17,1</b>

existe una relación directa ( $P \leq 0,05$ ) entre la nodulación de las plantas de fréjol y el contenido de arena y el pH de los suelos.

Las clases texturales más problemáticas para la nodulación del fréjol son, precisamente, las que tienen menor pH. El análisis de los datos de nodulación (Cuadro 1) y de pH de los suelos (Cuadro 2), indica que la nodulación se ve afectada en suelos con valores de pH inferiores a 6,3, lo cual podría estar relacionado con la nutrición cálcica de la planta. Este antecedente es concordante con el de Bittencourt, Gomes y Zambello Junior (1976), quienes estiman que la producción máxima del fréjol se alcanza, en Brasil, en suelos que tienen un porcentaje de saturación de bases del orden del 70%. Vieira (1978), relaciona directamente la producción del fréjol con el pH del suelo, medido en una suspensión en agua, señalando que con pH inferiores a 5,5 y 6,1, aumentan las concentraciones de aluminio y manganeso, respectivamente. Muzilli (1974) considera que, en el cultivo del fréjol, un pH de 6,5 o más en la suspensión de suelo, es lo más conveniente para neutralizar totalmente al aluminio de intercambio. Esta situación genera toda una problemática de tolerancia a la acidez por las distintas variedades de fréjol, junto al efecto que dicha acidez tiene sobre los rizobios.

Hernani (1980) señala al fréjol como una de las plantas más sensibles a la toxicidad de aluminio, constituyendo el conocimiento de la tolerancia de las variedades a las toxicidades de aluminio y manganeso una herramienta muy útil para el adecuado manejo del fréjol bajo las distintas

condiciones de campo. Otros autores, como Miranda y Lobato (1978), demuestran que la resistencia del fréjol a las condiciones de acidez depende del nivel de fósforo presente en el medio; se requiere una menor cantidad de fósforo para alcanzar una determinada producción mientras menor sea la saturación del suelo con aluminio.

De los resultados de los análisis químicos de las muestras de suelo (Cuadro 2), se puede deducir, en primer término, que los valores, promedio de P-Olsen, son bajos a medios. Ello indicaría que la fertilización fosfatada empleada por los agricultores es baja y, posiblemente, insuficiente para satisfacer la demanda de fósforo en el período de máxima absorción, como es la floración. Los análisis indican, además, que los suelos de textura arenosa y franco arenosa son pobres en potasio de intercambio. Los niveles de calcio y magnesio de intercambio son, en general, adecuados, y no deberían presentarse problemas en la nutrición del fréjol en los suelos de la zona en estudio, ya sea por carencias o niveles excesivos de estos elementos.

Los contenidos extractables de hierro y cobre, usando el método de Lakanen y Ervio (1971), se encuentran en niveles normales. En un 35% de las muestras de suelo se encontró niveles excesivos de manganeso. Dado que este elemento correlacionó directamente con el contenido de arcilla ( $r = 0,68$ ;  $P \leq 0,01$ ), suelos de textura pesada presentan mayor probabilidad de provocar toxicidad de manganeso en fréjol. Por otra parte, en un 20% de los suelos, el cinc se encontró en niveles considerados bajos.

**CUADRO 2. Características químicas de los suelos, medidas a la floración del fréjol, separadas según clases texturales. Valores promedio**

**TABLE 2. Soils chemical characterization measured at bean flowering, according to their textural classes**

Textura	pH	Materia orgánica	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	
		%	N-NO <sub>3</sub>								Olsen
		mg/kg		cmol(+)/kg			mg/kg				
Arcilla densa	6,00	5,39	19,9	7,6	0,62	9,59	3,29	242	272	3,7	8,2
Arc. poco densa	6,06	6,09	23,2	9,3	0,72	9,97	3,05	258	163	4,9	6,6
Arcillo arenosa	6,20	8,20	13,0	27,1	0,35	10,40	1,23	168	48	7,9	6,0
Franco arcillosa	6,04	8,68	26,8	9,0	0,62	8,61	2,21	192	78	5,0	4,5
Fr. arc. arenosa	6,25	1,55	19,0	4,3	0,34	7,80	3,09	245	139	2,7	5,0
Franca	6,34	8,77	24,9	8,0	0,69	8,06	2,21	130	46	2,1	4,6
Franco arenosa	6,75	2,96	11,6	7,3	0,27	6,05	5,16	247	109	4,2	7,2
Arena	6,55	2,22	16,3	6,9	0,20	2,92	2,70	189	68	3,6	3,9
<b>Total</b>	<b>6,17</b>	<b>6,16</b>	<b>22,3</b>	<b>8,7</b>	<b>0,59</b>	<b>8,46</b>	<b>2,92</b>	<b>225</b>	<b>128</b>	<b>4,3</b>	<b>5,8</b>

### Análisis foliar en las siembras de fréjol

La comparación de los resultados de los análisis foliares, (Cuadro 3), con valores de referencia descritos por Wilcox y Fageria (1976), indica, en primer término, que a pesar de la deficiente nodulación que presentan las siembras de fréjol, los niveles de nitrógeno son altos y que la totalidad de las muestras foliares poseen un contenido adecuado. Esta situación puede atribuirse a dos posibles causas: una fertilización nitrogenada a la siembra o antes de la floración, o a un desequilibrio nutricional, que al no permitir el desarrollo normal de la planta, induce un fenómeno de acumulación.

En un 47% de las muestras, el contenido de fósforo foliar debe considerarse bajo. Cuando se atiende a la influencia que tiene la textura del suelo sobre los contenidos de nutrientes en hojas de fréjol, al momento de la floración (Cuadro 4), se encuentra la mayor pobreza en fósforo en los fréjoles que crecen sobre suelos de textura franca, muchos de ellos trumaos. Esto ocurre aun cuando éstos no sean deficitarios en fósforo. Al respecto, cabe señalar que al correlacionar estas dos variables (contenido de fósforo en la hoja y su contenido en el suelo), no se encontró una asociación significativa. Esta realidad recomienda conceder, en futuros trabajos, una mayor atención a la metodología de determinación de fósforo disponible para este cultivo y, especialmente, en lo que concierne a respuesta a la fertilización fosfatada frente a niveles diferenciales de disponibilidad en el suelo. De

acuerdo a los valores críticos de potasio foliar, en fréjol, un 11% de las siembras evaluadas en la VIII Región sufren deficiencias de este elemento, existiendo una correlación positiva ( $r = 0,38$ ;  $P \leq 0,05$ ) entre el nivel de potasio de intercambio del suelo y concentración de potasio foliar. Las clases texturales, no tuvieron relación con esta variable.

Los contenidos de calcio y magnesio foliar de las 148 muestras, se encuentran, en su mayor parte, dentro de un nivel considerado adecuado. Las concentraciones foliares de estos elementos correlacionaron directamente con el contenido respectivo de calcio y magnesio de intercambio de los suelos ( $r = 0,20$ ;  $P \leq 0,05$  y  $r = 0,48$ ;  $P \leq 0,01$ ). En algunas muestras, se presentaron en niveles excesivos y, en estos casos, podrían estar interactuando negativamente con la absorción de otros elementos. Es así, que se presentó una correlación negativa entre el contenido foliar de potasio y las concentraciones de magnesio y calcio ( $r = -0,31$  y  $r = -0,35$ ;  $P \geq 0,01$ ).

En todas las muestras, el cobre, boro y cinc se encontraron en niveles adecuados, lo que deja de manifiesto que estos micronutrientes no debieran constituir problema en la zona en estudio.

De acuerdo a los estándares indicados en el Cuadro 3, las siembras de fréjol no presentarían problemas de deficiencia o exceso de manganeso y fierro. Sin embargo, en un estudio efectuado en Chile (Longeri, Herrera y Vidal, 1989), se detectó una

**CUADRO 3. Contenido de nutrientes en 148 muestras de hojas de fréjol, recolectadas durante la floración, y su comparación con niveles de referencia**

**TABLE 3. Nutrient contents of 148 bean foliar samples collected at flowering and their comparison with reference values**

Concentración promedio	Rango	% muestras			Referencia <sup>1</sup>		
		Deficiencia	Normal	Exceso	Deficiencia	Adecuado	
Elemento, %							
N	3,81	2,00 - 5,23	3	97	0	< 1,5	2,80 - 6,00
P	0,21	0,07 - 0,50	47	53	0	< 0,2	0,25 - 0,50
K	1,97	0,73 - 2,89	14	80	6	< 1,5	1,80 - 2,50
Ca	2,02	1,00 - 4,09	0	96	4	< 0,5	0,80 - 3,00
Mg	0,55	0,24 - 1,19	0	82	18	< 0,2	0,25 - 0,70
Elemento, mg/kg							
Fe	233	96 - 457	0	100	0	< 50	100 - 450
Mn	70	26 - 237	0	100	0	< 20	30 - 300
Zn	33	15 - 87	0	100	0	< 15	20 - 100
Cu	12	6 - 20	0	100	0	< 5	10 - 20

<sup>1</sup>Wilcox y Fageria (1976).

**CUADRO 4. Valores promedios de los contenidos de nutrientes en hojas de fréjol, durante la floración, en relación a la textura de los suelos**

**TABLE 4. Mean values of nutrient contents in bean leaves at flowering in relation to soil texture**

Textura	Siembras número	Contenido de nutrientes									
		N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
		%					mg/kg				
Arcilla densa	11	3,93	0,20	1,86	2,25	0,58	40,5	267	100,6	33,9	12,2
Arc. poco densa	63	3,76	0,22	1,96	2,18	0,53	53,5	238	79,1	35,1	13,3
Arc. arenosa	1	3,73	0,16	1,79	3,67	0,54	33,1	329	55,9	33,4	8,0
Fr. arcillosa	36	3,91	0,21	2,05	2,00	0,47	59,7	225	63,9	32,2	11,7
Fr. arc. arenosa	2	3,00	0,16	1,38	2,93	0,59	66,6	208	118,9	27,0	12,0
Franca	9	3,78	0,18	2,14	1,75	0,43	71,8	222	36,6	32,8	11,1
Fr. arenosa	11	3,90	0,25	1,98	1,40	0,73	76,8	209	53,4	35,2	13,5
Arena	15	3,78	0,21	1,89	1,66	0,76	90,5	227	48,4	27,8	12,3
<b>Total</b>	<b>148</b>	<b>3,81</b>	<b>0,21</b>	<b>1,97</b>	<b>2,02</b>	<b>0,55</b>	<b>60,7</b>	<b>233</b>	<b>69,8</b>	<b>33,3</b>	<b>12,5</b>

gran sensibilidad del fréjol a niveles de Mn y Fe que no son considerados tóxicos en la literatura; concentraciones foliares, al momento de floración, superiores a 50 mg/kg de Mn y superiores a 200 mg/kg de Fe, afectan el desarrollo y rendimiento, en tanto que, con concentraciones superiores a 100 mg/kg de Mn y 600 mg/kg de Fe, se obtiene un 50%, o menos, del rendimiento máximo. En consecuencia, un 65% de las 148 siembras de fréjol del área de la VIII Región, prospectada en el presente estudio, estarían afectadas en sus rendimientos por exceso de manganeso y un 58% de las siembras, lo estaría por exceso de hierro.

A modo de conclusión, se puede señalar que la nodulación de las siembras de fréjol de la VIII Región de Chile, es deficiente y compromete de preferencia a las siembras ubicadas en suelos de texturas arcillosas. Mediante el análisis foliar, se encontró que el fósforo y potasio fueron los nutrientes deficitarios en un mayor número de siembras, afectando a un 47 y 14% de ellas, respectivamente. El resto de los nutrientes, en general, se presentaron en concentraciones adecuadas, a excepción del manganeso y hierro, que comprometieron con niveles excesivos a un 65 y 58% de las siembras.

## RESUMEN

En la VIII Región de Chile, se realizó una prospección nutricional y evaluación de la nodulación en 148 siembras comerciales de fréjol durante el mes de enero de 1987. En cada siembra, se obtuvieron muestras foliares y de suelo para su análisis químico completo. Separadamente, se colectaron plantas para determinar el número y peso seco de nódulos por planta.

La nodulación de las siembras fue deficiente. En 23 siembras (15,5%) las plantas no presentaron nódulos y en las siembras noduladas los valores promedio fueron de 12,6 nódulos y 17,1 mg, por planta. La mala nodulación comprometió de

preferencia a siembras ubicadas en suelos de texturas arcillosas.

Mediante el análisis foliar se encontró que un 47% de las siembras presentaban deficiencia de fósforo y un 14% de potasio. El manganeso y hierro se encontraron en niveles excesivos, en un 65 y 58% de las siembras, respectivamente. Otros nutrientes (N, Ca, Mg, Zn y Cu), se presentaron en concentraciones adecuadas.

**Palabras claves:** *Phaseolus vulgaris*, fréjol, nodulación, leguminosa, "rizobio", nutrición, Chile.

## LITERATURA CITADA

- ALLEN, O.N. 1957. Experiments in soil bacteriology. 3rd Edition. Minneapolis, Minnesota, Burgess Publishing Co. p.: 83-94.
- BATAGLIA, O.C., FURLANI, A.M.C., TEIXEIRA, J.P.F., FURLANI, P.R. y GALLO, J.R. 1983. Métodos de análise química de plantas. Instituto Agronômico, Campinas, Brasil. Boletim Técnico Nº 168. 48 p.
- BITTENCOURT, V.C., GOMES, V.B. y ZAMBELLO JUNIOR, E. 1976. Efeito da aplicação de calcário em Terra Roxa estruturada e sua influencia na produção do feijoeiro. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. 15 Congreso Brasileiro de Ciencia do Solo, 1976. Campinas, Anais. p.: 265-261.
- HERNANI, L.C. 1980. Metodologia da seleção de cultivares de feijao (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes ao alumínio em solução nutritiva. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, Brasil. 81 p. (Tesis para optar al grado de Maestría).
- LACHICA, M., RECALDE, L. y ESTEBAN, E. 1965. Análisis foliar; métodos analíticos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín. Anales de Edafología y Agrobiología 24: 589-610.
- LAKANEN, E. and ERVIO, R. 1971. Comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agriculturae Fenniae 123: 223-232.
- LONGERI, L., HERRERA, A. y VIDAL, I. 1989. Use of nuclear techniques to enhance symbiotic nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris*. FAO/International Atomic Energy Agency, Report Research Contract Nº 4248/R1/RB. p.: 25-64.
- LONGERI, L., ETCHEVERS, J. y VENEGAS, J. 1979. Metodología de perfusión para estudios de nitrificación en suelos. Ciencia e Investigación Agraria 6: 295-299.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1991. División de Estudios y Presupuesto. Directorio Nacional de Agricultura y Pesca. 216 p.
- MIRANDA, L.N. y LOBATO, E. 1978. Tolerancia de variedades de feijao e de trigo ao alumínio e a baixa disponibilidade de fósforo no solo. Revista Brasileira de Ciencia do Solo 2: 44-50.
- MUZILLI, O. 1974. Desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar "Goiano precoce" e absorção de nutrientes em função da acidez do solo Latosol Roxo istrófico. Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Piracicaba, Brasil. 76 p. (Tesis para optar al Título de Maestría).
- VIEIRA, C. 1978. Cultura do feijao. Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, Brasil. 146 p.
- WILCOX, G.E. y FAGERIA, N.K. 1976. Deficiencias nutricionais do feijao, sua identificação e correção. Goiania, EMBRAPA-CNPAP, Brasil. Boletim Técnico Nº 9. 22 p.