

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL  
DEPARTAMENTO DE CULTIVOS ANUALES

TRABAJO DE DIPLOMA

COMPORTAMIENTO DE SEIS CEPAS DE Bradyrhizobium  
japonicum EN EL CULTIVO DE LA SOYA  
(Glycine max L. Merr. var. "Cristalina")

AUTOR

ANABELL MILAGROS GARCIA SEQUEIRA

ASESOR

ING. JOSE MARIA VELASQUEZ SILVA

MANAGUA - NICARAGUA  
MAYO - 1988

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

COMPORTAMIENTO DE SEIS CEPAS DE Bradyrhizobium japonicum  
EN EL CULTIVO DE LA SOYA  
(Glycine max L. Merr. Vp. "Cristalina")

POR

ANABELL MILAGROS GARCIA SEQUEIRA

TESIS

Presentada a la aprobación del tribunal examinador  
requisito final para obtener el grado profesional

de Ingeniero Agrónomo

APROBADO

\_\_\_\_\_  
PRESIDENTE

\_\_\_\_\_  
FECHA

\_\_\_\_\_  
SECRETARIO

\_\_\_\_\_  
FECHA

\_\_\_\_\_  
VOCAL

\_\_\_\_\_  
FECHA

1988

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

GUSTAVO A. GARCIA MORAN

▼

ESPERANZA SEQUEIRA DE GARCIA

### AGRADECIMIENTO

El autor agradece sinceramente al Centro Experimental del Algodón, especialmente al Ing. José María Velásquez Silva por su orientación para poder llevar a cabo el presente estudio.

Al personal de campo del departamento de Agronomía por su ayuda en la recolección de los datos.

Así mismo al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la república Argentina por su colaboración en mi estancia en dicho país y por el aparte de Bibliografía.

A todos mis amigos y compañeros que de una u otra forma ayudaron a la realización de este trabajo.

ÍNDICE

sección	páginas
LISTA DE CUADROS.....	1
LISTA DE FIGURAS.....	Al
RESUMEN.....	lili
I INTRODUCCION.....	1
II MATERIALES Y METODOS.....	3
2.1 Origen y preparación de las cepas.....	3
2.1.1 Multiplicación de las cepas.....	3
2.1.2 Preparación del inoculante.....	3
2.2 Descripción del ensayo.....	4
2.2.1 Diseño experimental.....	5
2.2.2 Área de experimentación.....	5
2.3 Manejo.....	6
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	7
3.1 Influencia al hábito del cultivo y la nodulación.....	7
3.1.1 Influencia al hábito del cultivo.....	7
3.1.2 Influencia en la nodulación.....	8
3.2 Eficiencia en la fijación del nitrógeno.	13
3.3 Influencia en el rendimiento.....	16
3.3.1 Población por metro cuadrado.....	17
3.3.2 Número de vainas por planta.....	17
3.3.3 Peso de 1000 semillas.....	17
3.3.4 Rendimiento.....	18
3.4 Influencia en la calidad del grano.....	20
IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
V BIBLIOGRAFIA.....	24

LISTA DE CUADROS

cuadro	página
1 Denominación original de las cepas de <u><i>Bradyrhizobium japonicum</i></u> utilizadas en el ensayo.....	3
2 Resultados de análisis de suelo. TERRIZA 17.....	3
3 Altura de plantas, número de nudos por planta y altura de inserción de la primera vaina a la cosecha.....	5
4 Nódulos por planta, tamaño, posición, peso seco de nódulos y de plantas obtenidas a los 21 días después de la germinación.....	9
5 Nódulos por planta, tamaño, posición, peso seco de nódulos y de plantas obtenidas a los 36 días después de la germinación.....	13
6 Nódulos por planta, tamaño, posición, peso seco de nódulos y de plantas obtenidas al final de la floración.....	11
7 Porcentaje de nitrógeno, peso seco de tallo y kg/ha de nitrógeno fijado por tratamiento en la variedad Cristalina.....	14
8 Clasificación de los tratamientos según su eficiencia fijadora y capacidad de nodulación.....	15
9 Resultados de datos sobre evaluación del rendimiento	16
10 Porcentajes de aceite y proteína en la semilla...	21

LISTA DE FIGURAS

Figura	página
1	Diagrama climatográfico de 1982 a 1986.....
2	Diagrama climatográfico de 1987.....

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la infectividad y eficiencia de las cepas introducidas al país de Bradyrhizobium japonicum comparables entre sí y con dos testigos uno de ellos con nitrógeno y otro no tratado, se realizó el presente trabajo en el Centro Experimental del Algodón durante los meses de agosto a diciembre de 1987. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron: las cepas E-45 E-97, E-104, E-111, FA-3 y US-1 y dos testigos, el primero con 80 - kg/ha de nitrógeno-Urea 46% y el segundo sin nitrógeno y sin inoculante. Se determinó que la cepa FA-3 difiere significativamente de los otros tratamientos siendo ésta tanto infectiva como eficiente.

## INTRODUCCION

I

Muchos países en todo el mundo se han enfrentado con la necesidad de producir inóculos para algunas leguminosas, cuyos rizobios específicos capaces de nodularlas no se hallaban presentes en sus suelos, éste es el caso de la soya (Glycine max L. Merril) en Nicaragua ya que al ser una planta foránea no encuentra en el terreno el Bradyrhizobium japonicum con el que pueda asociarse simbióticamente para fijar el nitrógeno.

La introducción comercial de la soya en nuestro país se inició en terrenos sembrados anteriormente con algodonero, en los cuales persiste aún el efecto de fertilizantes residuales tales como el nitrógeno y el fósforo lo que ha originado el cuestionamiento de algunos procedimientos en el desarrollo general del cultivo, tal es el caso de la inóculación; práctica que aún no se sabe la mejor forma de ejecutarla en nuestras condiciones para mejorar el aprovechamiento del proceso biológico de fijación de nitrógeno. Esto es muy importante puesto que reduce el uso de fertilizantes nitrogenados, con la consiguiente reducción de costos además de beneficiar el suelo al mejorar su estructura y status nutricional dejando reservas de nitrógeno en el suelo que pueden ser utilizadas por otro cultivo. (Ayala, 1977)

La razón de la inóculación es asegurar que la bacteria esté disponible en la zona de la raíz cuando la planta empieza a desarrollarla y se lleve a cabo la fijación, esto se logra mejor tratando la semilla con una cepa específica de rhizobium antes de la siembra

(Dawson, 1970). Las cepas seleccionadas para la inoculación deben ser eficientes en la fijación de nitrógeno, tener habilidad competitiva para formar nódulos en la rizósfera, eficiencia compatible con un amplio espectro de líneas o variedades de plantas (Hinson & Hartwig, 1978), así como otras características especiales como tolerancia a pH ácido o alcalino, a fungicidas, altas temperaturas y una habilidad de nodulación en presencia de nitrógeno (Date, 1977). Este último siempre que los niveles de nitrógeno no sean tan altos ya que pueden causar la retención de los carbohidratos de la raíz y limitar el desarrollo de los nódulos (Brill, 1977).

Todas las razones anteriormente mencionadas justifican el estudio experimental de las cepas de *Rhizobium* que serán utilizadas en la preparación de los inoculantes nacionales.

Los objetivos de este trabajo fueron determinar en el campo cuál de las cepas es más infectiva y eficiente en cuanto a nodulación y fijación de nitrógeno, comparar el comportamiento de cuatro cepas introducidas recientemente con dos cepas usadas con anterioridad en ensayos experimentales y la influencia de las cepas al crecimiento y rendimiento de la soya.

2.1 Origen y preparación de las cepas:

Las cepas utilizadas en este ensayo se relacionan en el Cuadro 1 señalando su país y denominación de origen.

**CUADRO 1. Denominación original de las cepas de Bradyrhizobium japonicum utilizadas en el ensayo.**

Cepa	colección de origen	Denominación
E - 45	I.N.T.A. Buenos Aires (Argentina)	E - 45
E - 97	C.S.I.R.O. Brisbane (Australia)	CB - 1809
E - 104	M.I.R.C.E.N. (Brasil)	SEMIA 587
E - 111	U.S.D.A. Beltsville (U.S.A.)	3I-IBB110
FA- 3	I.R.A.T. Montpellier (Francia)	IRAT FA-3
US- 1	I.R.A.T. Montpellier (Francia)	IRAT US-1

2.1.1 Multiplicación de las cepas:

Estas cepas fueron multiplicadas por separado en un medio de cultivo líquido estéril manteniéndolo a 28°C durante 6 a 7 días en agitador a 200 rpm. El medio de fermentación fue V.E.M. (Vincent, 1975), que utiliza extracto de levadura y Manitol.

2.1.2 Preparación del inoculante:

Se utilizó como soporte turba orgánica finamente pulverizada la cual fue puesta en bolsitas de plástico y esterilizadas en autoclave

por 30 minutos y una atmósfera de presión.

El caldo fermentado se inyectó a las bolitas asépticamente por medio de una jeringa, sellándose a continuación el orificio de entrada para evitar contaminaciones.

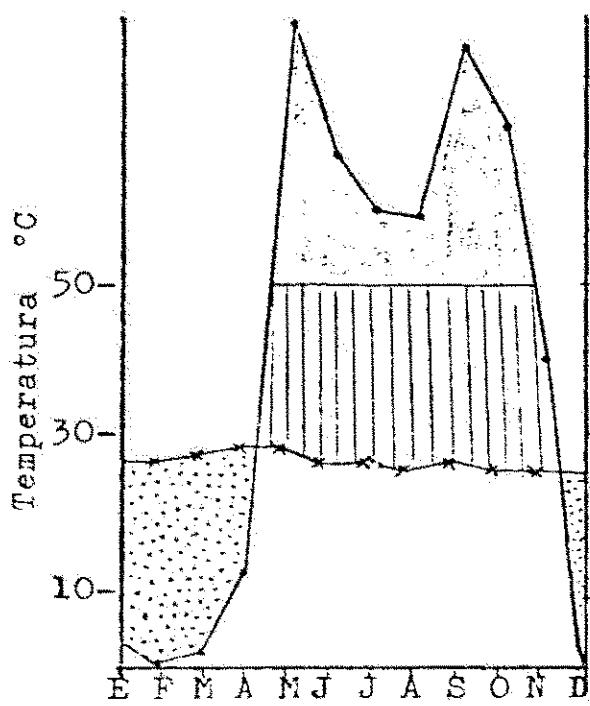
Las bolitas de inoculantes se dejaron a temperatura ambiente - durante 2 a 3 días para que se produjera una multiplicación de la bacteria en la turba (maduración), después se procedió a su utilización.

## 2.2 Descripción del ensayo:

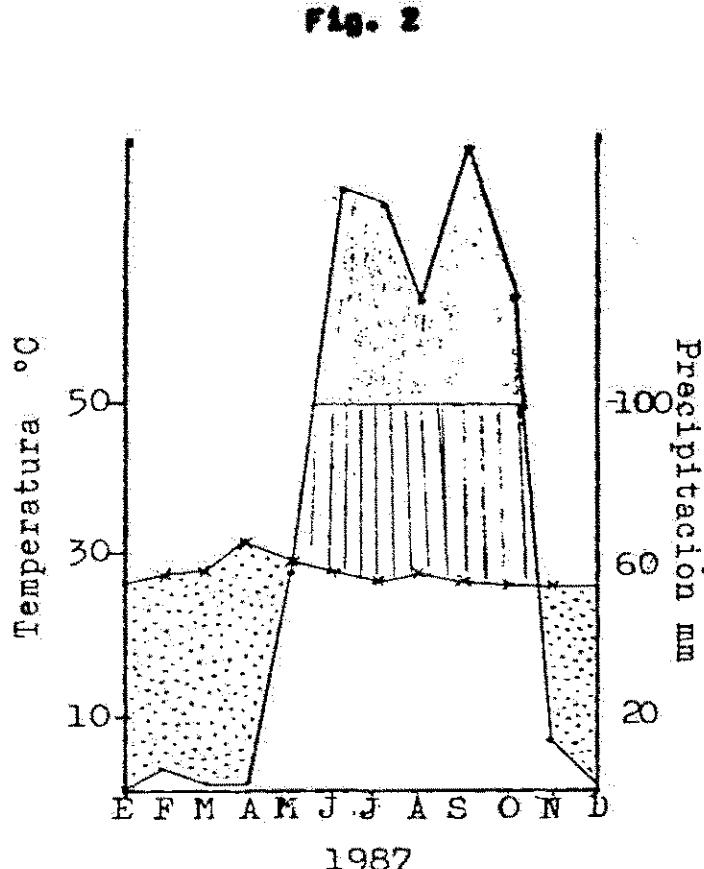
El ensayo se ubicó en el Centro Experimental del Algodón en Pomontega, Chinandega, situado a 80 metros sobre el nivel del mar y entre los 12°33' de latitud norte y 86°59' de longitud oeste.

La figura 1 y 2 presentan los datos climatológicos de los últimos 5 años y los de 1987 respectivamente. (Según Walter and Lieth, 1960).

Fig. 1



1982-1986



1987

Los suelos pertenecen a la serie El Ingenio (EI), que consiste en suelos moderadamente profundos, bien drenados, de textura francoarenosa, permeabilidad moderada y alto contenido de materia orgánica.

El lugar en que se ubicó el ensayo no había sido cultivado de soya anteriormente y fue sembrado el 7 de agosto de 1987 utilizando la variedad "Cristalina". Las características químicas del terreno se presentan en el Cuadro 2.

**CUADRO 2. Resultado de análisis químico de suelo. Tercera N° 17.**

Centro Experimental del Algodón. 1987.

pH	Mg/ml Meq./100 ml suelo				Mg/ml			
	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	Fe
6.2	24 A	1.38 A	9.32 A	3.42 A	1	5	20	76

### 2.2.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes: Capas E-45, E-97, E-104, E-111, FA-3, US-1, Testigo fertilizado con 80 kg/ha de N-Urea y Testigo sin inoculante y sin nitrógeno.

### 2.2.2 Área de experimentación

Cada parcela estaba compuesta de cinco metros de largo y de cinco surcos separados entre sí a 60 cm por lo que cada parcela constaba de  $15 \text{ m}^2$  de área sembrada; entre parcela se dejó 1 m sin sembrar para evitar contaminaciones.

El área del ensayo fue de  $1023 \text{ m}^2$ . La parcela útil constaba de los tres surcos centrales de cada parcela dejando 0.5 metros de cada extremo de los surcos por lo que su área fue de  $7.2 \text{ m}^2$ . Todos los datos se estudiaron estadísticamente mediante el análisis de varianza posterior aplicación del test de DUNCAN al 0.05% de probabilidad.

### **2.3 Manejo:**

El tratamiento trigo fertilizado se aplicó de forma fraccionada; 20% al momento de la siembra, 30% en estadio V<sub>6</sub> y 50% al inicio de formación de vaina. El ensayo se limpió manualmente con azadón hasta la floración, la densidad de plantas por metro lineal después de un semirralo fue de 25 a 30 plantas.

Los recuentos de nodulación fueron en tres fases de desarrollo del cultivo, se tomaron 10 plantas de los surcos extremos de cada parcela para los primeros dos recuentos hechos a los 21 y 36 días después de la germinación; para el último recuento realizado a los 51 días se tomaron 40 plantas de los cabeceres de los surcos centrales. Para el último recuento se tomaron las siguientes características: número, tamaño y posición de nódulos, peso seco de plantas y de nódulos. Los datos de fenología del cultivo así como número de vainas por planta fueron tomados de 10 plantas fijas por parcela.

3.1 INFLUENCIA AL HÁBITO DEL CULTIVO Y LA MODULACION3.1.1 Influencia al hábito del cultivo:

La variedad Cristalina presenta un hábito de crecimiento determinado con una altura aproximadamente de 68 cm. La primera flor aparece a los 35 días y la primera vaina a los 50, alcanzando la madurez fisiológica a los 106 ó 110 días de edad. Desarrolla un promedio de nudos de 12 por planta y la altura de la primera vaina es de 10 a 13 cm. (C.E.A., 1985).

En el Cuadro 3 se presentan algunos datos agronómicos donde se observa que la mayor altura la obtuvo la cepa E-104 con 56 cm y la más baja para la FA-3 con 48 cm. El número de nudos por planta fue de 9 debido a la baja altura presentada por el cultivo. Se observó diferencia significativa para la altura de inserción de la primera vaina, manifestándose que la cepa FA-3 correspondió a la más baja con 9 cm.

Estos resultados son inferiores a los obtenidos en estudios anteriores, las bajas alturas se deben principalmente a la baja población de plantas que hizcieron que éstas no crecieran mucho y se extendieran hacia los lados y por otra parte posiblemente a la influencia de la cepa en su adaptación al terreno y no proporcionaría el suficiente nitrógeno a la planta para que iniciase bien su ciclo.

El cultivo inició la floración a los 35 días después de la germinación, iniciándose la formación de vainas a los 49 y llegó a la madurez fisiológica a los 110 días.

**CUADRO 3. Altura de plantas, número de racíos por planta y altura de inserción de la primera vaina a la cosecha. Centro Experimental del Algodón. 1987.**

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Número de racíos/planta	Altura de 1ra. vaina (cm)
E - 45	54	9	11 a
E - 97	50	9	11 a
E - 104	56	9	11 a
E - 111	52	8	12 a
FA - 3	48	9	9 b
US - 1	52	9	12 a
Testigo + N <sup>+</sup>	52	9	11 a
Testigo (++)	50	8	12 a
ANDEVA	ns	ns	+
C.V. %	<b>9.53</b>	<b>7.57</b>	<b>7.79</b>

+ Urea 60 kg/ha

(++) Sin inoculante y sin nitrógeno.

### 3.1.2 Influencia en la maduración

Para seleccionar una cepa, deben cumplirse requisitos como infestividad (habilidad de formar nódulos rápidamente en la raíz-fijador), eficiencia en la fijación de nitrógeno y habilidad competitiva con otras cepas además de otras características especiales. (Datta, 1976).

Los resultados de regulación de los tres recuentos realizados se presentan en los Cuadros 4, 5 y 6. La cepa FA-3 se destaca de forma significativa en los tres recuentos observándose en segundo lugar la cepa E-97, por el contrario las otras cepas son generalmente

CUADRO 4. Nódulos por planta, tamaño, posición, peso seco de nódulos y de plantas obtenidos a los 21 días después de la germinación. (1)  
 Centro Experimental del Algodón, Pasolteca. 1987.

Tratamiento	Nódulos		Número de Nódulos				Peso seco de planta (2) (g)	Peso seco nódulos (2) (mg)		
	por plantas	Tamaño			Posición					
		Grande	Med.	Peq.	Corona	Sec.				
Cepa E - 45	0.04	0.04	-	-	0.04	-	0.97	10		
Cepa E - 97	0.10	-	-	0.02	0.02	-	0.97	20		
Cepa E - 104	0.04	-	0.04	-	-	0.04	1.00	10		
Cepa E - 111	-	-	-	-	-	-	1.07	0		
Cepa FA- 3	1.28	1.72	4.52	3.08	3.08	4.50	0.90	130		
Cepa US- 1	0.06	0.02	0.02	-	0.06	-	1.00	40		
Testigo + N <sup>+</sup>	0.02	0.02	-	-	0.02	-	1.20	10		
Testigo (++)	0.02	0.02	-	-	0.02	-	1.02	10		
ANDEVA	+	++			++		na			
C.V. %	7.21	7.79			11.61		6.11			

(1) Valores promedios de 50 plantas Med. Medianos

(2) Desecados en estufa a 70°C por 24 horas Peq. Pequeños

+ Urea 80 kg/ha Sec. Secundarios

(++) Sin inoculante y sin nitrógeno

CUADRO 5. Nódulos por planta, tamaño, posición, peso seco de módulos y de plantas obtenidos a los 36 días después de la germinación. (1)

Centro Experimental del Algodón, Posolteca. 1987.

Tratamiento	Nódulos por plantas	Número de nódulos						Peso seco de planta (2) (g)	Peso seco nódulos (2) (mg)		
		Tamaño			Posición						
		Grande	Med.	Peq.	Corona	Sec.					
Cepa E - 45	0.12 b	0.06 b	0.02b	0.04c	0.02b	0.10b	5.07	20 b			
Cepa E - 97	0.20 b	-	0.04b	0.16b	0.06b	0.14b	3.89	10.b			
Cepa E - 104	0.40 b	0.02b	0.06b	0.32b	-	0.06b	3.86	30 b			
Cepa E - 111	0.04 c	-	0.02c	0.02c	-	0.04b	5.01	10 b			
Cepa FA- 3	28.42 a	1.66 a	3.78a	11.49a	1.30a	23.5 a	4.49	2270 a			
Cepa US- 1	0.12 b	0.02 b	0.04b	0.06c	-	0.12b	5.55	20 b			
Testigo + N <sup>+</sup>	0.10 b	-	0.10b	-	0.04b	0.06b	3.29	20 b			
Testigo (++)	0.04 c	0.02 b	0.02b	-	-	0.02b	3.49	10 b			
ANDEVA	+	+	+	+	+	+	ns	+			
C.V. %	33.35	6.05	6.54	39.44	5.94	47.77	21.41	5.47			

(1) Valores medios de 50 plantas

Med. Medianos

(2) Desecados en estufa a 70°C durante 24 horas

Peq. Pequeños

+ Urea 80 kg/ha

Sec. Secundarios

(++) St. Inoculante y sin nitrógeno

CUADRO 6. Nódulos por planta, tamaño, posición, peso seco de plantas y de nódulos obtenidos al final de floración 51 días después de la germinación. (1)  
Centro Experimental del Algodón, Posolteca. 1987.

Tratamiento	Nódulos por plantas	Número de Nódulos						Peso seco de planta (2) (g)	Peso seco nódulos (2) (mg)		
		Tamaño			Posición						
		Grande	Med.	Peq.	Corona	Sec.					
Cepa E - 45	0.36 b	0.14 b	0.14 b	0.08 b	0.10 c	0.22 b	7.70 ab	80 c			
Cepa E - 97	11.04 ab	0.36 ab	0.52 ab	10.16 ab	0.28 b	10.24 a	7.52 ab	380 b			
Cepa E - 104	0.12 b	0.10 b	-	0.02 b	0.04 c	0.08 b	9.32 a	50 c			
Cepa E - 111	1.18 b	0.12 b	0.06 b	0.98 b	0.30 b	0.86 b	8.71 a	240 b			
Cepa FA- 3	40.66 a	2.56 a	4.68 a	33.42 a	9.34 a	31.32 a	12.71 a	3200 a			
Cepa US- 1	0.66 b	0.12 b	0.04 b	0.28 b	0.06 c	0.18 b	7.48 ab	70 c			
Tentigo + N <sup>+</sup>	0.32 b	0.10 b	0.10 b	0.16 b	0.04 c	0.26 b	10.50 a	30 c			
Tentigo (++)	0.14 b	0.08 b	0.20 b	0.04 b	0.04 c	0.08 b	7.89 ab	40 c			
ANDEVA	++	++	+1	++	++	++	++	++			
C.V. %	50.44	12.83	15.20	53.46	11.20	55.68	26.24	9.83			

- (1) Valores medios de 50 plantas  
Desarrollados en estufa a 70°C durante 70 horas  
+ Urea 80 kg/ha  
++ Sin inóculante y sin nitrógeno

Med. Medianos  
Peq. Pequeños  
Sec. Secundarios

miruya en 29% en materia seca. A los 36 días mantiene un 64% sobre el testigo fertilizado tanto en nodulación como en materia seca y a los 51 días la misma cepa supera en 66% nodulación y materia seca al tratamiento testigo con nitrógeno.

La eficiencia fijadora de la cepa FA-3 queda reflejada en el peso de materia seca, el testigo fertilizado manifiesta un ligero incremento que no es significativo.

### 3.2 EFICIENCIA EN LA FIJACION DEL NITROGENO

Es indudable que la fijación simbiótica resulta una fuente menos costosa de nitrógeno. Por consiguiente todo plan para suplementar la fijación de nitrógeno con fertilización nitrogenada debe considerar las formas de mantener un nivel elevado de fijación. (Minson & Hartwig, 1978).

En el Cuadro 7 aparecen los porcentajes de nitrógeno, el peso seco de los tallos y los kg/ha de nitrógeno fijado por las plantas en cada tratamiento a la etapa de floración plena.

Podemos observar que las cantidades de nitrógeno fijadas son bajas ya que según Hartwig (1978) las plantas bien noduladas que crecen en medios ambientales favorables son capaces de fijar por lo menos 270 kg/ha de nitrógeno al año. La cepa FA-3 presenta la mayor fijación con 163 kg de N/ha seguida del testigo fertilizado con 173 kg de N/ha.

Según Allen y Baldwin (1954), Harper y Nageman (1972) y Weber (1966) obtuvieron como resultado de ensayos que la fijación de

**CUADRO 7. Porciento de nitrógeno, peso seco de tallo y kg/ha de nitrógeno fijado por tratamiento en la Vr. Cristalina. Centro Experimental del Algodón. 1987.**

Treatment	% Nitrogen	Dry weight of stem (g)	Kg/ha of N. fixed
Copa E - 45	4.42	6.61	117
Copa E - 97	4.13	6.42	106
Copa E - 104	4.37	8.20	143
Copa E - 111	4.11	7.97	124
Copa FA-3	4.68	11.63	183
Copa US-1	4.64	6.37	118
Testigo + N <sup>+</sup>	4.80	9.24	173
Testigo (-)	4.09	6.66	100

+ Urea 80 kg/ha

(-) Sin inoculante y sin nitrógeno.

nitrógeno por las plantas fertilizadas era menor que la presentado por las plantas inoculadas bien noduladas. Además estos mismos autores encontraron una ligera respuesta del nitrógeno al rendimiento pero ésta no era suficiente como para justificar el costo del fertilizante.

La copa FA-3 y el testigo fertilizado presentaron rendimientos similares lo que nos indica que es más barato inocular con esta copa que aplicar nitrógeno.

En el Cuadro 8 se hace una clasificación de los tratamientos según los dos conceptos de eficiencia fijadora y capacidad de infestar los polos radiculares (modulación).

**CUADRO 8. Clasificación de los tratamientos según su eficiencia fijadora y capacidad de modulación. Centro Experimental del Algodón. 1987.**

Eficientes		Ineficientes	
Infestivas	No infestivas	Infestivas	No infestivas
FA - 3	E - 104		Testigo (++)
E - 97	US - 1		
	E - 45		
	Testigo + N <sup>+</sup>		
	E - 111		

+ Urea 80 kg/ha

(++) Sin inoculante y sin nitrógeno

Alta infestividad : FA-3, E-97

Media infestividad : E-104, US-1, E-45

Baja infestividad : E-111, Testigo + N<sup>+</sup>

Nula infestividad : Testigo (++)

Se pueden encasillar según su infestividad en 4 subgrupos: FA-3 y E-97 han producido buena modulación acompañada de altos rendimientos de grano y proteínas (ver Cuadros 9 y 10). Las cepas E-104, US-1 y E-45 originaron valores medios de masa nodular con buenos rendimientos aunque no tan altos como los de FA-3 y E-97 consideradas -

como las mayores espesas. Por último tenemos a la copa E-111, Testigo fertilizado y Testigo sin tratamiento los cuales no obtuvieron bajas rendimientos pero si presentaron una pobre maduración.

### 3.3 INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO

En el Cuadro 9 se presentan los parámetros que estructuran el rendimiento como la población de plantas por metro cuadrado, número de vainas por plantas, peso de 1000 semillas y el rendimiento en kg/ha.

CUADRO 9. Resultados de datos sobre evaluación del rendimiento.

Centro Experimental del Algodón, Positano. 1987.

Tratamiento	Población de plantas/m <sup>2</sup>	Nº de vainas por planta	Peso de 1000 semillas (g)	Rendimiento kg/ha
Copa E - 45	34	22	142 a	2228.33 b
Copa E - 97	36	19	147 a	2152.77 b
Copa E - 124	30	16	134 c	2083.33 b
Copa E - 111	32	17	149 a	1958.33 b
Copa FA- 3	33	23	137 b	3166.66 a
Copa US- 1	30	15	133 a	2083.33 b
Testigo + N <sup>+</sup>	25	28	126 b	2444.44 a
Testigo (-)	28	18	138 a	1972.22 b
ANDEVA	ns	ns	+	+
C.V. %	20.23	31.84	5.64	22.54

+ Uso 80 kg/ha

(-) Sin inoculante y sin nitrógeno.

### 3.3.1 Población por metro cuadrado:

Para la variedad Cristalina se recomienda la siembra a una distancia de 4 cm entre plantas y 60 cm entre surcos para una densidad de población de 250000 plantas por manzana. No se presentó diferencia significativa ya que la mayor población de plantas obtenida fue de 24 plantas por  $m^2$  para la cepa E-45 y de 25 plantas por  $m^2$  para el testigo fertilizado. Esta población es baja respecto a la adecuada (40 plantas por  $m^2$ ) y se presentó por el bajo porcentaje de emergencia de las plántulas en cada uno de los tratamientos.

### 3.3.2 Número de vainas por planta:

El número promedio de vainas por planta obtenido en resultados anteriores es de 48 para ésta variedad, sin embargo aunque no se presentaron diferencias significativas para este parámetro, el número de vainas es bajo.

El testigo fertilizado presentó 28 vainas seguido de la cepa FA-3 con 25. La diferencia del número de vainas entre estos tratamientos es mínima. Comparando estos resultados con los obtenidos en la Empresa Agrícola Ricardo Morales A. (1957) sobre la respuesta del cultivo de la soya a fertilizantes nitrogenados concluyeron que los lotes tratados con Urea presentaron mayor producción de vainas que los lotes inoculados.

### 3.3.3 Peso de 1000 semillas:

Desde el inicio de la soya en nuestro país se han venido desarrollando pruebas de variedades en el Centro Experimental del Algodón

y entre éstas la variedad Cristalina es una de las mejores obteniendo un promedio de 145 g para el peso de 1000 semillas. Los resultados fueron significativos presentándose la cepa E-111 con 149 g al mayor peso y 133 g al menor para la cepa US-1. Estos datos demuestran que el peso de grano está dentro de los rangos de aceptación y que por ello originó buenos rendimientos, el mayor peso de E-111 se debería al tamaño de grano ya que todos los datos fueron estandarizados a un 13% de humedad.

#### 3.3.4 Rendimiento:

La variedad Cristalina es una buena productora teniendo como promedio un rendimiento de 2254 kg/ha. Se puede distinguir que las diferencias en rendimiento se deben a la cepa FA-3 con 3166.66 kg/ha y al testigo fertilizado con 2444.44 kg/ha, éstos superan al testigo sin tratamiento en un 60 y 24% respectivamente. Este mayor rendimiento está influenciado por el mayor número de vainas por plantas presentado por estos tratamientos. Pacheco (1984), en Argentina, desarrollando un ensayo de comportamiento de *B. japonicum* en suelos sin población naturalizada con un testigo sin inoculante y otro fertilizado con 80 kg/ha de N-Urea en el cultivar Stuart y al cotejar los rendimientos obtenidos con cada una de las cepas y al testigo absoluto, las cepas E-109, E-97, E-110 y E-111 aumentaron significativamente el rendimiento, dichos aumentos fueron de 39, 34, 33 y 24% respectivamente. El tratamiento con nitrógeno y sin inoculante no difería de los inoculados.

Al comparar los datos de nodulación con los de rendimiento se observa que la cepa FA-3 originó una abundante masa nodular en las

raíces y a su vez produce un elevado rendimiento de grano, no obstante, si testigo fertilizado muestra pobre nodulación con una buena producción. Esto se compara con lo observado por Deberneir (1965) y Haydock (1968) de que los tratamientos que obtuvieron mejores rendimientos fueron los que mostraron mayor masa nodular y los que presentaron relación entre ésta y el contenido de nitrógeno en la planta para cepas altamente eficientes. Mas tarde Chamber (1961) realizó un ensayo de selección de cepas comparándolas con dos testigos, uno fertilizado y otro sin tratamiento y concluye que entre las cepas probadas las hay infestivas y eficientes pero que también hay cepas que produciendo grandes masas nódulares no originan altos rendimientos de grano y viceversa y que ambas características no guardan la misma relación para todas las cepas. Esto se afirma con lo concluido por Pachano (1962) en Argentina en un ensayo de selección de cepas sobre el cultivar Huad 75 a nivel de campo en el que compara el rendimiento obtenido con el peso seco de los nódulos y no encuentra paralelismo entre ambos parámetros ya que en el caso de la cepa E-194 la producción del mayor peso seco de nódulos fue acompañada por el menor rendimiento.

La cepa E-97 que presentó el segundo lugar tanto en nodulación como en peso seco de nódulos (ver Cuadro 6), no obtuvo el segundo lugar en rendimiento (Cuadro 7), confirmando de este modo que una abundante masa nodular no necesariamente corresponde a un elevado rendimiento.

### 3.4 INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL GRANO

La semilla de soya aporta principalmente proteínas y aceites. La variedad Cristalina contiene como promedio 19.5% de aceites y 40% de proteínas (C.E.A., 1986).

En el Cuadro 10 se muestran los contenidos de aceite y proteínas en las semillas. El contenido de proteínas es el factor que da una forma más estrecha está relacionado con la fijación biológica del nitrógeno (Chamber, 1981). Las cepas más productivas dan lugar al 30% de proteínas lo que respecto al testigo absoluto supone incrementos de un 12% aproximadamente. Normalmente las cepas que han dado mayores rendimientos en grano han originado mayores contenidos de proteínas.

El porcentaje de aceite oscila entre 20.69 y 22.99% lo que significa que el contenido de aceite está por encima del valor promedio establecido. El contenido de proteínas es bajo respecto al valor promedio. Existe la relación de que a mayor contenido de proteínas, el contenido de aceite es más bajo, ésto se demuestra con el testigo sin tratamiento que obtuvo el más bajo contenido de proteínas 34.27% y el mayor porcentaje de aceite 22.99%.

La cepa FA-3 presentó el más alto contenido de proteínas 38.46% y un 20.63% de aceite consideradas dentro de los rangos aceptables.

**CUADRO 10. Porcentajes de aceite y proteínas en la semilla de soya  
var. Cristalina. Centro Experimental del Algodón, Ponce-  
tego. 1967.**

Tratamientos	Aceite %	Proteínas %
Capa E - 45	22.13	35.18
Capa E - 57	21.47	36.52
Capa E - 104	21.09	35.35
Capa E - 111	21.82	36.97
Capa FA- 3	21.83	36.46
Capa UG- 1	22.97	37.16
Testigo + N <sup>+</sup>	20.69	36.08
Testigo (++)	22.99	34.27

+ Urea 80 kg/ha

(++) Sin inositolos y sin nitrógeno.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- La inoculación con Bradyrhizobium japonicum de las cepas utilizadas produjo aumento de la productividad en relación al testigo sin inocular.
- La fertilización nitrogenada no induce a la formación de nódulos en suelos sin población naturalizada pero eleva los rendimientos.
- La capacidad de infectividad de la cepa FA-3 se pone de manifiesto al haberse formado gran cantidad de nódulos en el sistema radicular.
- En el terreno utilizado sin población naturalizada de Bradyrhizobium japonicum la cepa FA-3 y el testigo fertilizado aumentaron significativamente el rendimiento respecto al testigo sin tratamiento, dichos aumentos fueron de 60 y 24% respectivamente.
- La eficiencia de la cepa FA-3 queda demostrada en la capacidad de fijación de nitrógeno con una cantidad de 183 kg/ha mayor que el resto de las cepas insuficientes y similar a la cantidad fijada por el testigo fertilizado con 173 kg/ha, ésto indica que es más barato inocular.
- La cepa FA-3 presentó el más alto contenido de proteína 38.46% siendo inversamente proporcional al contenido de aceite 20.63%, aumentando en aproximadamente 13% al testigo sin tratamiento.

- Las investigaciones deben continuarse a fin de lograr cepas adaptadas que tengan una velocidad de crecimiento muy rápida y un alto poder competitivo y que sean infectivas y eficientes y con alta capacidad de sobrevivencia para que tales características permitan su rápida propagación en el suelo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- AVALA, L.B., (1977) Proyección agronómica de algunos aspectos de la rizobiología. Revista latinoamericana de ciencias agrícolas. Venezuela.
- 2.- BANCO CENTRAL DE NICARAGUA, (1976) Experimentos de variedades, fertilización y sistemas de manejoamiento de la soja. Departamento de Investigaciones Técnicas. Managua. 46 p.
- 3.- BERNI, N.A., (1976) Efecto de niveles de nitrógeno sobre el crecimiento, rendimiento e características agronómicas de soja de *R. japonicum* para fijar nitrógeno. Agricultura Técnica de México. Vol. 10 Nº 2.
- 4.- BHADURI, S.N., (1951) Influence of the number of Rhizobium supplied on the subsequent nodulation of legume host plant. Ann Botany 15 (58) p 209-217.
- 5.- BRILL, W.J., (1977) Biological nitrogen fixation. Scientific American. p 68-81.
- 6.- CHAUTLE, F.E., (1981) Efecto de la fertilización, fumigación del suelo e inoculación con Rhizobium, sobre la nodulación, contenido de nitrógeno y rendimiento de frijol en Chapingo, México. Agronomía, México. (43) 17 p.
- 7.- CHAMBER, M.A., (1980) Selección de razas de *Rhizobium japonicum* para la producción de inoculantes para soja. Servicio de Agricultura. España. INIA Nº 16. 13 p.

- 8.- DATE, R.A., (1976) Especificidad de la simbiosis Rhizobium Leguminosae. VIII RELAR. Cali-Colombia.
- 9.- FUNCACAO CARGILL, (1982) A soja no Brasil Central. 2 ed. Rev ampl. 444 p.
- 10.- HINSON, M. & HARTWIS, E.E., (1978) La producción de soja en los trópicos. FAO. Estudios: Producción y protección vegetal. Rev/4. 98 p.
- 11.- PACHECO, J.C., (1982) Selección en campo de cepas de Bacillus-rhizobium japonicum sobre el cultivar Hood 75. INTA. Argentina. 4 p.
- 12.- PACHECO, J.C., (1984) Comportamiento de Bacillus-rhizobium japonicum en suelos del área de las Breñas con y sin población naturalizada. VIII RTNG. Tucumán, Argentina. 7 p.
- 13.- RAMIREZ, C., (1983) La nodulación y fijación del nitrógeno en el cultivo de la soya. Centro de Investigaciones Agronómicas. Costa Rica. 10 p.
- 14.- VALDEZ, M., (1984) Eficiencia de tres cepas de Rhizobium japonicum para fijar nitrógeno y formar nódulos en soya. Agricultura Técnicas de México. México. 12 p.
- 15.- VINCENT, J.M., (1975) Manual práctico de rizobiología. Trad. por Carlos Battyan. Memoria Sur. Argentina.