GLORIA ORTIZ RAMIREZ B.*

Fertilización de la soya en el Valle del Cauca

LA soya es uno de los cultivos de mayor importancia en el Valle del Cauca. El área de cultivo se extiende por todo el valle *geográfico del río Cauca*, desde Santander de Quilichao en el sur hasta Cartago en el norte. Esta zona tiene una extensión total de 364.000 hectáreas, de las cuales 87.000 son suelos ácidos, 60.000 salinos y/o sódicos y 217.000 son neutros.[3]

Requerimientos de suelos

La soya como la mayoría de los cultivos es exigente en suelos, los cuales deben ser de buena profundidad, sueltos y de adecuadas propiedades físicas, siendo los más apropiados los de textura franca y franco- arcillosa. Suelos demasiado livianos retienen poca humedad y aceleran la maduración de la planta de soya. Un pH de 6 a 6.5 se considera ideal. La soya es afectada por las condiciones adversas de los suelos ácidos o de los alcalinos.

La compactación es un factor limitante en la respuesta de las plantas a la aplicación de fertilizantes y en la fijación de N. La soya es muy sensible a la aireación pobre del suelo; la inundación del lote por varias horas causa serios daños a las plantas.[5] La fijación de N se detiene cuando la planta se aproxima al punto de marchitamiento pero se recupera rápidamente cuando el agua está de nuevo aprovechable.

Los suelos ácidos se caraclerizan por su baja fertilidad natural y por su gran capacidad de fijación de P. La acidez disminuye la disponibilidad de algunos nutrimentos como el Mo y aumenta la de otros elementos como el Al y Mn a niveles tóxicos. El crecimiento de las raíces de soya se reduce apreciablemente cuando crecen en soluciones nutritivas con uno o más ppm de Mn. La mayoría de las leguminosas fijan N en un rango de pH entre 5 y 8.[2,5]

La soya tampoco prospera bien en suelos alcalinos (pH mayor 7.3). En estos suelos es frecuente observar deficiencias de elementos menores, especialmente Mn, Fe, Zn y B, las cuales se han encontrado en la soya bajo las condiciones alcalinas en el Valle del Cauca.

Los efectos de la salinidad han causado en la soya: incrementos en la mortalidad de plantas, necrosis de las hojas, disminución del color verde (amarillamiento), disminución en el rendimiento y calidad de la semilla, e incrementos de la acumulación de cloro en tallos y hojas. El porcentaje de germinación y de emergencia de las plántulas se ve inhibido cuando el rango de salinidad varía entre 3.1 a 3.7 mmhos/cm. Un valor de 5 mmhos/cm ocasiona un 10% de reducción en el rendimiento de la soya.[1]

Resultados de investigación y recomendación de fertilizantes

Las recomendaciones sobre fertilización y enmiendas que hace el Programa de Suelos en los diferentes cultivos, se basan en resultados de investigación y de experimentación de campo llevadas a cabo en fincas de productores.

Para el caso de la soya, en los años 1955, 1960, 1969, 1970A, 1985B, 1986, 1987, los antiguos Programas de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales y Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, del Centro de Investigación Palmira, realizaron varios trabajos de fertilización en este cultivo con el objeto de estudiar la respuesta de la soya a la aplicación de NPK y elementos menores.[6]

Los ensayos se realizaron en suelos con diferentes índices de fertilidad, localizados en los municipios de Cali, Candelaria, Buga, Cerrito, Puerto Tejada, Guacarí, Palmira, Roldanillo y La Victoria, trabajando con las variedades ICA Lili, Pelican, Mandarín, Línea-203, Tunía, L-114, P-31, P-32, L-141, I-27, SV-89, Procampo y Andree-23. Algunas caracterís-

* Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Grupo Satélite de Algodón. Centro de Investigación Palmira. Apartado Aéreo 233 Palmira, Valle del Cauca.

ticas generales de los suelos se presentan en la Tabla 1.

Los resultados de los análisis de suelos de los sitios experimentales y el muestreo de 52 fincas cultivadas en soya, determinó que el 66% de las muestras tenían un pH neutro (5.6 - 7.3), y el rango general fue de 5.4 a 8.2; el 56% de las muestras presentaron contenidos medios de M.O. (2-4%), con un promedio general de 3.22%. El contenido de P es muy alto, ya que el 42% de los análisis reportaron contenidos mayores de 40 ppm; el promedio general fue 60 ppm. El K presentó las mismas condiciones, es decir, el 52% de las muestras presentaron contenidos por encima de 0.40 me/100 g, siendo el promedio general de 0.61 me/100 g.[6]

Los rendimientos obtenidos en los ensayos realizados en el período 1955-1985B no mostraron diferencias significativas a la aplicación de NPK. Sin embargo, en algunos casos se encontró un ligero aumento con las aplicaciones de 30 kg N/ha; dosis superiores disminuyeron el rendimiento en relación con el testigo (sin fertilizar). En el caso de suelos con contenidos medios a altos de P no se encontraron respuestas a este elemento, utilizando dosis en un rango de 0-100 kg P_2O_5/ha, lo cual indica que el *contenido en el suelo fue suficiente para* suplir las necesidades de la planta. En suelos con bajo contenido de P (menos 15 ppm P) se encontraron incrementos significativos con la aplicación de 45 kg P_2O_5/ha. Los resultados no mostraron efecto muy positivo a la aplicación de K; en suelos con contenido bajo (menos 0.15 me/100 g) se encontraron ligeros incrementos en la producción con la aplicación de 15 kg K_2O/ha; sin embargo se observó que dosis superiores a 25 kg K_2O/ha causaron disminución en los rendimientos.[6] La Figura 1 muestra la respuesta de la soya a la aplicación de NPK en varias localidades del Valle del Cauca.

TABLA 1.
Resultados promedio de análisis de suelos de los sitios experimentales (1955-1988A)

Municipio	Finca	Textura	pH	M.O. %	P-ppm Bray-II	K me/100
Buga	Balboa	Ar	6.5	2.2	19.5	0.53
Buga	Procampo	FAr	6.7	2.3	29.2	0.70
Cali	Cauquita		6.9	3.7	36.8	0.27
Cali	El Limonar	FAr	6.1	4.2	1.9	0.31
Cerrito	San Joaquín		6.8	1.8	179.2	1.56
Cerrito	El Canal	ArL	6.1	2.4	1.9	0.25
Cerrito	La María	Ar	7.1	1.1	115.9	0.63
Candelaria	Primitivo		6.4	3.7	86.8	0.36
Guacarí	Marquez		7.1	3.9	18.9	0.60
Palmira	CNI (L-14-28)	FAr	7.0	2.4	24.6	0.41
Palmira	El Molino	FAr	7.7	1.7	54.2	0.44
Palmira	Abatar	FArL	7.4	3.4	81.2	0.33
Palmira	Maracay (Palmaseca)	Ar	7.7	2.3	80.7	0.97
Santander de Quilichao	El Congo	FAr	6.0	2.1	26.1	0.72
Puerto Tejada	La Playa		5.5	4.6	12.2	0.24
Tuluá	La Rafaela	Ar	7.6	2.3	49.5	0.23
Tuluá	El Pañuelo	Ar	7.2	2.2	20.9	0.20
Roldanillo	Campoalegre	Ar	7.0	2.4	63.0	0.59
Yoloco	Hato Viejo	Ar	7.8	2.6	19.2	0.28

En 1970 se realizaron pruebas regionales con soya en varias fincas de agricultores, para determinar la respuesta de este cultivo a la aplicación aislada y conjunta de algunos elementos menores. El efecto de los elementos menores aplicados aisladamente (B y Zn) o conjuntamente (B + Zn; B + Zn + Cu; B + Zn + Fe; B + Zn + Mn) se expresó en términos de aumento o disminución de rendimiento al comparar las parcelas a las cuales se les aplicaron los elementos menores con el rendimiento del testigo (sin aplicación de menores). Los resultados de estos ensayos indicaron respuestas de la soya a las aplicaciones individuales de Zn y B y en algunos sitios a la aplicación *conjunta de B y Zn con Cu, Fe y Mn.*[4]

Según los resultados de análisis de suelos para elementos menores realizados en un muestreo de 52 fincas de agricultores cultivadas en soya, se encontró que estos suelos son medios en B(49% de las muestras en el rango 0.2-0.6 ppm B); altos en Cu (89.6% de las muestras mayor de 3 ppm); altos en Fe (72.4% mayor de 20 ppm); altos en Mn (56%

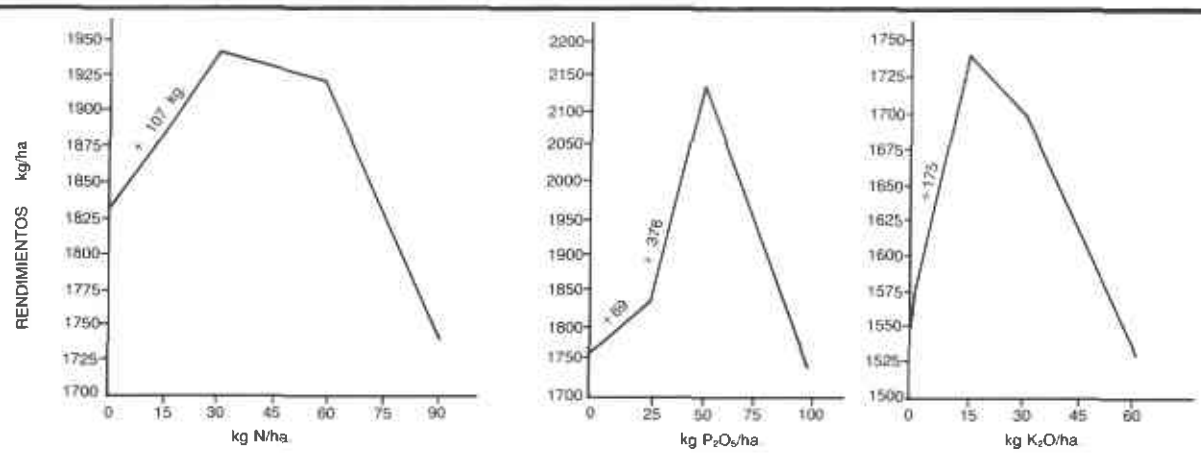

FIGURA 1
Respuesta de la soya a la aplicación de N,P,K en varias localidades del Valle del Cauca. Resultados de 22 ensayos realizados en 1960-1969-1977 y 1985B. (Ortiz, 1985).

mayor de 10 ppm) y bajos en Zn (44.3 menor de 3 ppm.[7]

En los ensayos realizados en el período 1980-1984 se estudió la aplicación edáfica y foliar de elementos menores y en algunos casos se compararon diferentes épocas de aplicación y fuentes de ellos. En estos trabajos se encontraron los siguientes resultados en relación con el testigo: incremento en los rendimientos con la aplicación de 1 kg B/ha; las dosis de 2, 3, 6 y 9 kg B/ha causaron disminución de los rendimientos; la aplicación de bórax en solución al 2% a los 15, 30 y 45 días incrementó ligeramente los rendimientos; con la aplicación de 1, 3 y 9 kg Cu/ha como sulfato disminuyeron los rendimientos. La aplicación al suelo de 5 kg Fe/ha ($FeSO_4$), 10 kg Mn/ha y 10 kg Zn/ha incrementaron ligeramente los rendimientos.

A partir de 1985A hasta 1988A se adelantaron nuevamente ensayos de fertilización en soya con elementos mayores y menores, en varias localidades del Valle del Cauca; en ellos los resultados encontrados fueron:

– Respuesta a la aplicación de 45-50 kg P_2O_5/ha en suelos con contenidos muy bajos de P (menos de 5 ppm P); en suelos con contenidos bajos (5–15 ppm P) respuesta a 30 kg P_2O_5/ha.

– En suelos neutros, con contenidos medios de P (15-30 ppm) y medios en K (0.15 - 0.30 me/100 g) y altos (mayor 0.30 me/100 g) se encontraron respuestas significativas a la aplicación de 15-30 kg P_2O_5/ha y 15-30 kg K_2O/ha.

– En suelos neutros, con contenidos medios (2-4% M.O.) a bajos (menos de 2% M.O.) se encontró respuesta a la aplicación de 30 y 60 kg N/ha, respectivamente.

– En suelos alcalinos (pH mayor 7.3) se encontraron respuestas a la aplicación conjunta de elementos menores B, Fe, Mn y Zn en las dosis de 1 kg B/ha, 10 kg Fe/ha, 10 kg Mn/ha y 10 kg Zn/ha.

–Tanto en suelos ácidos como alcalinos se encontró respuesta a la dosis de 1 kg B/ha; las dosis de 2 y 3 kg B/ha causaron disminución en el rendimiento.[8]

Los trabajos realizados en 1986 reportaron un efecto positivo con la aplicación de 30 kg N/ha. Para condiciones de suelos ácidos a ligeramente ácidos, medios en materia orgánica, bajos a medios en P y medios a altos en K, se encontraron los rendimientos más altos con la aplicación de 30-15- 15-1 y 30-30-15-1 kg/ha de N, P_2O_5, K_2O y B respectivamente. En suelos alcalinos (pH mayor 7.3) hay respuesta a la aplicación de 15-15-15 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O/ha[9]. En el período 1987B-1988A se establecieron varios ensayos con elementos menores para comparar el efecto de la aplicación edáfica y foliar de los elementos B, Fe, Mn y Zn en el rendimiento de diferentes variedades de soya. En todos los sitios se aplicó una dosis constante de N P K (45-25-50 kg/ha), dejando un tratamiento testigo (sin fertilizar), otro con sólo menores (sin NPK) y otros con NPK más diferentes dosis de B, Fe, Mn y Zn. La fertilización edáfica de NPK y elementos menores se hizo al momento de la siembra al fondo del surco. En el caso de las aplicaciones foliares se hicieron 3; la primera a los 15 días de germinada; la segunda a los 10 días de la primera y la tercera 10 días después de la segunda.[10]

El análisis estadístico conjunto de los cinco sitios reportó diferencias altamente significativas entre aplicaciones edáficas, obteniéndose el mayor rendimiento (2.952.5 kg/ha) con la aplicación de NPK más 5 kg Zn/ha, tratamiento que difiere estadísticamente de los demás. El análisis de los resultados para las aplicaciones foliares también reportó diferencias significativas entre tratamientos. El rendimiento más alto (2950 kg/ha) se obtuvo con la aplicación de NPK más $ZnSO_4$ al 0.6% en tres aplicaciones; este tratamiento difiere estadísticamente de los demás.[10]

Recomendaciones

Con el fin de conocer el estado de fertilidad de la finca y ajustar mejor las dosis recomendadas, se aconseja el análisis de suelos antes de sembrar. Para mantener el nivel de fertilidad de los suelos y proveer un buen suministro de nutrientes a la planta se hacen las siguientes recomendaciones en primera aproximación:

1. En suelos con contenidos bajos de materia orgánica (menos 2%) aplicar 30 kg N/ha; con contenidos medios (2-4% MO) aplicar 15 kg N/ha.

2. En suelos ácidos, pobres en P (menos de 10 ppm) aplicar 45 kg de P_2O_5/ha, con contenidos medios de P (20-30 ppm) aplicar 30 kg de P_2O_5/ha y en suelos con alto contenido de P, mayor de 30 ppm, en el caso de la soya no hacer aplicaciones de este elemento.

3. En suelos con contenidos bajos de K (menos de 0.15 me/100 g) aplicar 30 kg K_2O/ha; medios a altos (0.15- 030 me/100 g) aplicar 15 kg K_2O/ha.

4. En suelos alcalinos (pH mayor 7.3) hay respuesta a la aplicación de elementos menores; en estas condiciones aplicar 1 kg B/ha, dosis superiores causan disminución en el rendimiento.

5. En suelos alcalinos cuando no se aplica fertilización o se aplica sólo NPK, los rendimientos son muy bajos.

6. En suelos alcalinos la dosis recomendada de NPK es 15-15-15 Kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente.

7. En suelos con bajo contenido de Zn (menos de 2 ppm) se recomienda aplicar 5 kg Zn/ha al suelo, o aplicar $ZnSO_4$ foliar al 0.6%, haciendo tres aplicaciones, la primera 15 días después de la siembra.[6, 8, 9, 10]

Bibliografía

1. Abel, G.H.; Mackenzie, A.J. Salt tolerance of soybeans varieties (*Glycine max* L.) Merril during germination and later growyh. Crop Science 4: 157-161. 1964.
2. García, O.A. Generalidades sobre suelos ácidos, problemas de los cultivos en ellos y manejo. p.: 167-177. **In:** Instituto Colombiano Agropecuario, ICA-INTSOY. II Curso Producción de Soya. Palmira. 1980.
3. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estudio semidetallado de los suelos del valle geográfico del río Cauca. Bogotá. 1980.
4. Marín, M.G. Fertilidad de los suelos del país y la respuesta de varios cultivos a la fertilización en fincas de agricultores. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Bogotá. 1973.
5. ——— Fertilidad de suelos con énfasis en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Centro Experimental Tibaitatá. Bogotá. (Copia preliminar). 1977.
6. Ortiz, R.G. Diagnóstico de la investigación en suelos y fertilización del cultivo de la soya en el Valle del Cauca. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Palmira. (Mecanografiado). 1985.
7. ——— Informe de resultados sobre diagnóstico de deficiencias de elementos menores en el cultivo de la soya. Primera parte. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Programa de Suelos. Centro de Investigación Palmira. (Mecano). 1985.
8. ——— Informe de Labores 1985B-1986A. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Programa de Suelos. Centro de Investigación Palmira. (Mecano). 1986.
9. ——— Informe anual de Labores 1986B-1987A. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Programa de Suelos. Centro de Investigación Palmira. (Mecano). 1987.
10. ——— Informe Anual de Labores 1987B-1988A. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Programa de Suelos. Centro de Investigación Palmira. (Mecano). 1988.