



Nota técnica

Efecto de formulaciones de fertilizante de base en el cultivo de soja (*Glycine max* L. Merrill)

Richard Fabian Irala González^{1*}, Aldo Ricardo Vega² y Nancy Gonzalez³

¹Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT), Paraguay.

²Universidad Católica, Unidad Pedagógica María Auxiliadora, Paraguay.

³Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), Paraguay.

*Autor de correspondencia: Richard Fabian Irala González; richard1989max@hotmail.com

Recibido: 19/06/2023 **Aceptado:** 31/10/2023

Resumen

Se realizó un trabajo de investigación en el Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria cuyo objetivo fue evaluar los efectos de 6 fertilizantes base con diferentes formulaciones, aplicados al cultivo de soja (*Glycine max* L. Merrill) en la siembra. El diseño experimental consistió en bloques completos al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones, siendo los tratamientos T1: Testigo; T2: 04 N-30 P-10 K, 180 kg.ha⁻¹; T3: 04 N-19 P-14 K, 180 kg.ha⁻¹; T4: 02 N-30 P-15 K, kg.ha⁻¹; T5: 04 N-24 P-08 K, 180 kg.ha⁻¹; T6: 07 N-36 P-04 K, 180 kg.ha⁻¹; T7:07 N-34 P-12 K. 180 kg.ha⁻¹. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso de 1000 semillas, y rendimiento en kg.ha⁻¹. En cuanto a los resultados, el T7 con una dosis de 180 kg.ha⁻¹, demostró mayor rendimiento con 3.478,75 kg.ha⁻¹, también para la altura de plantas R6, R8 y peso de 1000 semillas. En términos de número de vainas por planta, T7 y T6 demostraron un comportamiento similar, con 119,75 vainas. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos respecto al número de semillas por vaina.

Palabras clave: fertilizante, nitrógeno, fósforo, potasio, soja.

Abstract

A research work was carried out at the Paraguayan Institute of Agricultural Technology whose objective was to evaluate the effects of 6 base fertilizers with different formulations applied to the soybean crop (*Glycine max* L. Merrill) at planting. Seven treatments with four repetitions (randomized) were included into the experimental design, being T1: Control; T2: 04 N-30 P-10 K, 180 kg.ha⁻¹; T3: 04 N-19 P-14 K, 180 kg.ha⁻¹; T4: 02 N-30 P -15 K, kg.ha⁻¹; T5: 04 N-24 P-08 K, 180 kg.ha⁻¹; T6: 07 N-36 P-04 K, 180 kg.ha⁻¹; T7:07 N -34 P-12 K. 180 kg.ha⁻¹. Performance metrics included plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, weight of 1000 seeds, and yield kg.ha⁻¹. Results demonstrate that the T7, with a dose of

180 kg.ha⁻¹, provided the highest yield, with 3,478.75 kg.ha⁻¹, also for plant height R6, R8 and weight of 1000 seeds. In terms of the number of pods per plant, T6 and T7 showed similar performance, with 119.75 pods. Among treatments, no significant differences were found regarding number of seeds/pod.

Keywords: fertilizer, nitrogen, phosphorus, potassium, soybean.

1. Introducción

Las semillas de soja (*Glycine max* L. Merrill) se destacan por su alto contenido de aceite y proteínas, razón por la cual son utilizadas con fines alimentarios y en la industria, lo que las convierte en uno de los cultivos de mayor importancia económica a nivel mundial (1). Particularmente en Paraguay, en el período 2020/2021 se cultivaron 3.400.000 ha de soja, y la producción alcanzó un total de 9.000.000 toneladas y un rendimiento promedio de 2,47 t.ha⁻¹ (2).

Se ha confirmado que la soja cosechada en la etapa de grano maduro puede extraer del suelo altas cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que es necesario suministrar nutrientes para obtener buenos rendimientos (3).

En el mercado se puede encontrar fertilizantes inorgánicos y orgánicos, los fertilizantes químicos, en su mayoría, poseen altas concentraciones de los tres elementos minerales básicos que nutren a las plantas; nitrógeno, fósforo y potasio. La deficiencia de nitrógeno en el cultivo de soja afecta a la altura de la planta y a las hojas, produciendo amarillamiento o clorosis, primero de las hojas bajas y posteriormente asciende a los demás estratos foliares de la planta (4). Las deficiencias de fósforo reducen el crecimiento de las plantas y de las hojas, formándose hojas pequeñas, de color verde oscuro y de mayor grosor (5). En cuanto al potasio, el síntoma más característico de deficiencia es la aparición de manchas cloróticas en las hojas, seguido por el desarrollo de zonas necróticas en los ápices y los márgenes de las hojas viejas (6).

En la zona sur del Paraguay el cultivo de soja se lleva a cabo con aplicación de fertilizantes de modo convencional, pero no existen estudios que analicen la respuesta de las variedades empleadas a formulaciones particulares y en las condiciones específicas de clima y suelo (7). Existen diferentes formulaciones de fertilizantes de base disponibles en el mercado, como así también diversas variedades de soja, por ello se buscan formulaciones de base apropiadas para la variedad más empleada en la región.

Por todo esto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de seis formulaciones de fertilizantes de base en el cultivo soja de la variedad ND 5909 RG.

2. Materiales y Métodos

El ensayo se llevó a cabo en el campo del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), ubicado en el Barrio 8 de diciembre de Tomás Romero Pereira, departamento de Itapúa (26°31'49"S 55°15'36"O). Durante la ejecución del experimento, período de noviembre 2020 a marzo 2021, las precipitaciones alcanzaron un total de 705 mL.

Antes de la siembra se realizó un análisis de suelo de la parcela, cuyo resultado fue: pH 5,20, M.O.: 2,80 %; P: 0,80 mg-Kg⁻¹; K: 0,23 cmol (+).kg⁻¹; Ca: 2,40 cmol (+).kg⁻¹; Mg: 0,80 cmol (+).kg⁻¹.

La siembra de la soja se realizó el 15 de noviembre con una sembradora Baldan®. Con las formulaciones a evaluar, se realizó fertilización de base (al momento de la siembra de la semilla). Se empleó la variedad ND 5909 RG, grupo de madurez 5.9 de hábito de crecimiento indeterminado, color de flor púrpura, resistente al cancro del tallo, mancha de ojo de rana y *Phytophthora* (8).

El diseño experimental fue de bloques completos al azar en los que se evaluaron siete tratamientos que consistieron en diferentes formulaciones de fertilizantes (tabla 1). Se llevaron a cabo 4 repeticiones.

Tabla 1. Tratamientos aplicados al cultivo de soja.

Tratamiento	Formulación	Dosis kg.ha ⁻¹
T1	Testigo sin aplicación	
T2	04 N ⁻ -30 P ⁻ -10 K ⁺ (S 4,8 %, Ca 8.9 %)	180
T3	04 N-19 P-14 K (Ca 11% + S 4 %)	180
T4	02 N-30 P-15 K (Ca 6%, S 1%, B 0,03%, Zn 0,1%, Mn 0,05 %)	180
T5	04 N-24 P-08 K (S 4,29 %, Ca 5,71 %, Zn 0,5%, B 0,11 %, MgO 9,94%, SiO ₂ 7,44%)	180
T6	07 N-36 P-04 K (Mg 2,20 % S 5,0%, Zn 0,10%, Mg 0,10 %, Cu 0,05 %)	180
T7	07 N-34 P-12 K (Zn 0,2%, S 2 %, Ca 3 %, B 0,1 %)	180

El tamaño de cada unidad experimental fue de 9 m² (1,8 m x 5 m), la separación entre hileras fue de 0,45 m y se utilizaron 14 semillas por metro lineal. Se descartó 0,5 m de cada lado para eliminar el efecto de borde y se evaluaron dos hileras centrales de cada tratamiento. Los resultados se evaluaron mediante el análisis de la varianza; y cuando se encontraron diferencias significativas se realizó contraste de medias mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. Se empleó el programa estadístico InfoStat versión 1.1 (InfoStat 2002).

Para la descripción de los estadios fenológicos se empleó la escala de Fehr y Caviness (1971), según la cual a los estados vegetativos se los identifica con la letra V, siendo el primero VE

(vegetativo de emergencia) y VC (vegetativo de cotiledones), y a partir de aquí los demás estados vegetativos se identifican con el número de nudos, por ejemplo: V1, V2, V3, V4. Las etapas reproductivas se identifican con la letra R, desde inicio de floración R1, hasta maduración total R8 (9).

Se seleccionaron al azar seis plantas de las hileras centrales y se las identificó. Las evaluaciones se llevaron a cabo en V3: (tercer nudo desarrollado totalmente), R6 (semilla completamente desarrollada) y R8 (semilla completamente madura).

A continuación se describe la metodología de evaluación de cada variable por tratamiento.

2.1. Variables evaluadas

2.1.1. Altura de planta

Las mediciones se realizaron con una cinta centimetrada, se midió del tallo hasta el último foliolo desarrollado, la altura se expresó en centímetros. En total se tomaron tres mediciones en los estados fenológicos V3, R6 y R8.

2.1.2. Número de vainas por planta

Se contó el número total de vainas en plantas en estado R8.

2.1.3. Números de semillas por vaina

Se determinó el número total de semillas por vaina de 50 vainas por planta.

2.1.4. Peso de 1 000 semillas

Se tomaron 1.000 semillas al azar de cada unidad experimental, se pesaron con una balanza de precisión, el peso se expresó en gramos.

2.1.5. Rendimiento

Para determinar el rendimiento final de cada unidad experimental, se pesó la semilla cosechada en campo, posteriormente, se determinó la humedad de las mismas y se unificó a 14 %. Con el peso total de cada unidad experimental se estimó el rendimiento final expresado en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

3. Resultados y Discusión

A continuación, se presentan los efectos de los fertilizantes sobre cada variable estudiada.

3.1. Altura de planta en V3, R6 y R8

La altura de planta en V3 (Figura 1) varió entre 10,25 cm y 16,59 cm, correspondiendo el menor valor al obtenido con el testigo; las diferencias fueron significativas. El fertilizante más

efectivo fue T7 con 16,59 cm. La efectividad se atribuye a la mayor concentración de fósforo, tal como informaron Melchori et al. (2002) (7).

La altura de planta en R6 indicó diferencias estadísticas significativas. La mayor altura se registró al aplicar T7 (100 cm) y T5 (99,68 cm); con el testigo fue de 83,65 cm, el valor más bajo. La aplicación de fertilizantes a base de NPK fue efectiva, acorde a lo expresado por León Gil (2014) (10), también para el cultivo de soja.

La evaluación en R8, evidenció mejor resultado al emplear T7, resultado semejante a lo expresado por Bermúdez et al. (2014) (11).

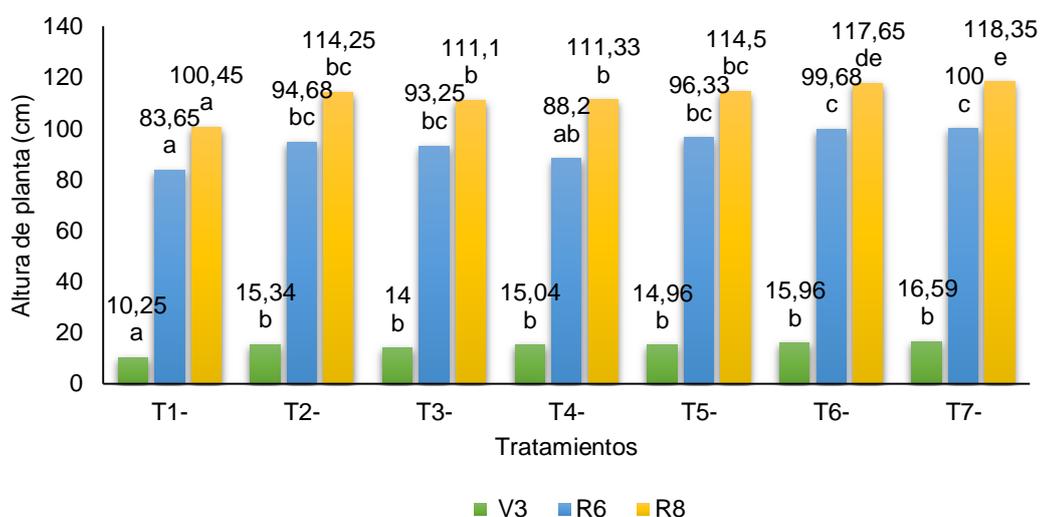


Figura 1. Altura de planta en V3, R6, R8. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas.

3.2. Números de vainas por planta

Los tratamientos T6 y T7 evidenciaron mejores resultados, 119 vainas por planta (Figura 2), lo que coincide con el trabajo de León Gil (2014) (10).

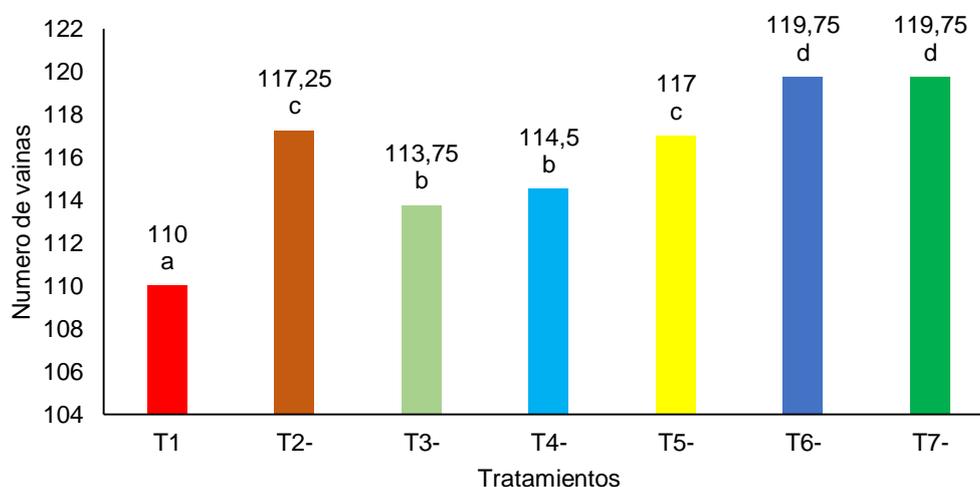


Figura 2. Números de vainas por planta. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas.

3.3. Números de semilla por vaina

La fertilización no incrementó el número de semillas por vaina y fue semejante con todos los tratamientos (Figura 3); lo cual se contrapone a lo hallado por León Gil (2014) (10).

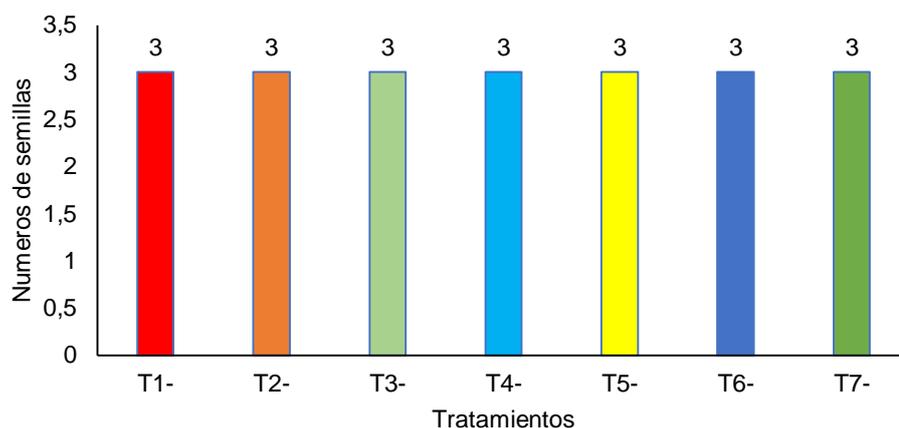


Figura 3. Números de semillas por vainas

3.4. Peso de 1000 semillas

El T7 provocó el desarrollo de semillas de mayor peso, 140 g, el testigo alcanzó 122 g (Figura 4), estos datos concuerdan con lo reportado por Mancía (1971) (12) y Melchiori et al. (2002) (7).

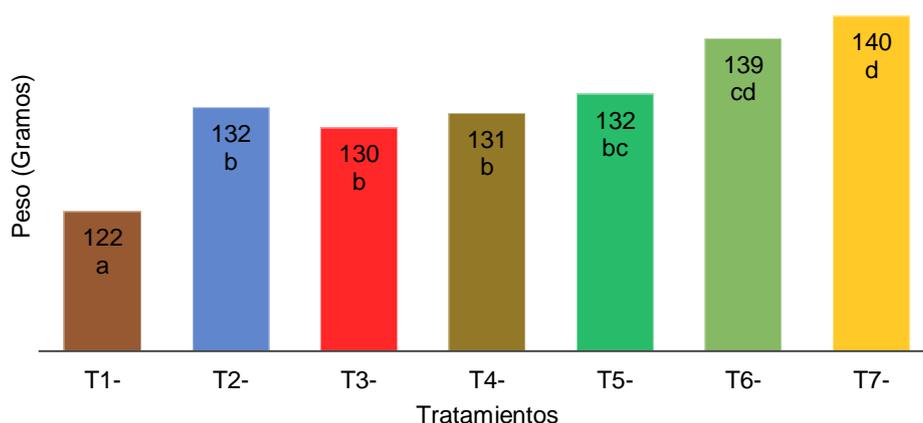


Figura 4. Peso de 1000 semillas (g). Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas.

3.5. Rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Los mayores rendimientos se obtuvieron con el T7 con $3.478,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y el T6 con $3.429,00 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; el testigo presentó menor rendimiento, $2.726,50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 5). La aplicación de fertilizante de base con NPK más micronutrientes al cultivo de la soja incrementó el rendimiento; coincidiendo con Melchiori et al. (2002) (7) y Bermúdez et al. (2003) (11) quienes demostraron que el fósforo provocó un incremento del rendimiento, lo que coincide con lo reportado por Mancía (1971) (12), que atribuye esta mejora a la combinación fósforo - nitrógeno.

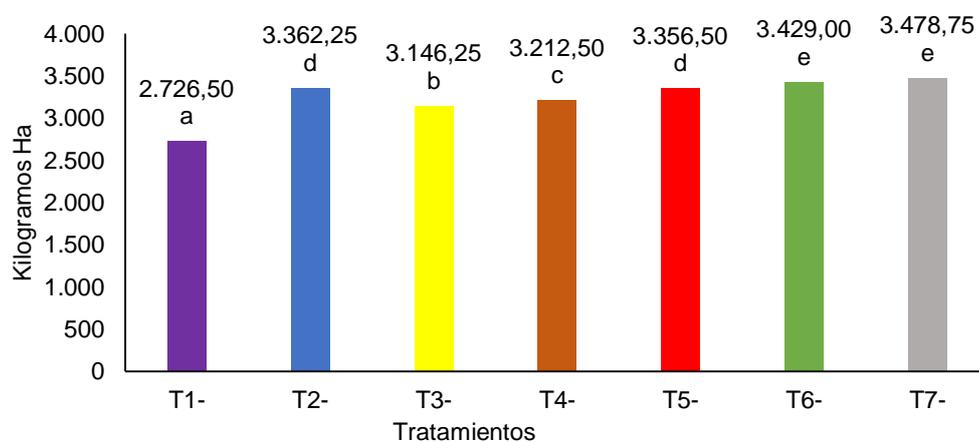


Figura 5. Rendimiento $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas.

4. Conclusión

Para la variedad de soja ND 5909 RG la fertilización de base con la formulación 07 N-34 P-12 K (Zn 0,2%, S 2%, Ca 3%, B 0,1%) ha mostrado efectividad en el rendimiento, la altura de planta en los estados fenológicos R6 y R8, y el peso de mil semillas, por lo cual se sugiere su práctica en la zona sur de Paraguay.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés con respecto a la publicación de este artículo.

Bibliografía

1. ISMAEL, K., y ANTAR, E. Establishment of high-efficiency Agrobacterium-mediated Transformation conditions of soybean callus. *Indian Journal of Biotechnology*. 2014 .13 (4): 359-463.

2. CÁMARA PARAGUAYA DE EXPORTADORES Y COMERCIALIZADORES DE CEREALES Y OLEAGINOSAS (CAPECO). Área de Siembra, Producción y Rendimiento. <https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>. 2021.
3. PERTICARI, A., ARIAS, N., y DE BATTISTA, J. Soybean inoculation effects with *Bradyrhizobium japonicum* in vertisol soils of East Center of E. Ríos, Argentine. In VII World Soybean Conference. Foz de Iguazú, BR. 2004.
4. FONTANETTO, H., y KELLER, O. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización de la soja. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de cultivos de verano. Campaña, 2006. 45-79.
5. GUTIÉRREZ BOEM, F. H., y THOMAS, G. W. Leaf area development in soybean as affected by phosphorus nutrition and water deficit. *Journal of plant nutrition*, 2001. 24(11), 1711-1729.
6. PÉREZ LEAL, F. Nutrición Mineral. Recuperado de <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. 2017.
7. MELCHIORI, R.J.M., PAPANOTTI O. P., y BARBAGELATA P. A. Fertilización fosfatada en soja: validación del nivel crítico. INTA, EEA Paraná. [www.on-line en parana.INTA.gov.ar](http://www.on-line.enparana.inta.gov.ar) (en línea). 2002.
8. AGROFERTIL. Variedad de soja, característica de la variedad 5909. <https://www.agrofertil.com.py/productos/semillas-de-soja/> (En línea) 2021.
9. TOLEDO, E. R. Fases de desarrollo del cultivo de soja. (En línea); http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/feno_soja.pdf. 2020.
10. LEÓN GIL L., Influencia de la fertilización sobre las plagas y rendimiento agrícola de la soja (Tesis doctoral, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas). 2014.
11. BERMÚDEZ, M., DÍAZ-ZORITA, M., ESPÓSITO, G., FERRARIS, G., GERSTER, G., SAKS, M., y VENTIMIGLIA, L. Fertilización con fósforo en secuencias continuas de soja. En *Actas 24º Congreso Argentino de Ciencia del Suelo*. Bahía Blanca, Argentina. 2014.
12. MANCÍA, A. J. E. *Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en los rendimientos de soja aceitera (Glycine max)*. Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador (El Salvador). 1971. 59 p. 1971.