



APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTE MINERAL EN EL CULTIVO DE SOJA

APPLICATION OF DIFFERENT MINERAL FERTILIZER DOSES IN SOYBEAN CULTIVATION

Blas Eduardo Cubilla Garcia¹, Florencio David Valdez Ocampo^{2*}  y Eulalio Morel López²

¹ Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

² Profesor, Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción Paraguay.

*Autor por correspondencia: david89agronomia@gmail.com

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilizante mineral en el cultivo de soja (*Glycine max*) en el distrito de Belén, departamento de Concepción, desde la segunda quincena de noviembre de 2019 hasta finales de febrero de 2020. El diseño experimental utilizado fue un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en un arreglo factorial 2×4 . El Factor A correspondió a los tipos de nutrientes (P_2O_5 y KCl), mientras que el Factor B representó las dosis de fertilizante (0 kg ha^{-1} , 20 kg ha^{-1} , 40 kg ha^{-1} y 60 kg ha^{-1}). En total, se evaluaron ocho combinaciones de tratamiento, con tres bloques, completando 24 unidades experimentales. Los parámetros evaluados fueron altura de planta, número de vainas por planta, peso de mil semillas y rendimiento. Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA) mediante el Test F, y las medias de los tratamientos se compararon utilizando el Test de Tukey al 5% de significancia. Los resultados indicaron que el Factor A (tipo de nutriente) tuvo un efecto significativo sobre la altura de planta, mientras que el Factor B (dosis de fertilizante) influyó significativamente en el rendimiento. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en las demás variables evaluadas. Se concluye que, entre las diferentes dosis de fertilizante mineral estudiadas, el Factor A (tipo de nutriente) tuvo un efecto mínimo en la altura de planta, mientras que el Factor B (dosis de fertilizante) influyó en el rendimiento. No obstante, el impacto general en los indicadores de crecimiento y producción fue limitado en comparación con otros tratamientos.

Palabras clave: dosis, fertilizante mineral, *Glycine max*, soja

ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the effect of different doses of mineral fertilizer on soybean (*Glycine max*) cultivation in the district of Belén, Concepción department, from the second half of November 2019 to the end of February 2020. The experimental design used was a Randomized Complete Block Design (RCBD) in a 2×4 factorial arrangement. Factor A consisted of nutrient types (P_2O_5 and KCl), while Factor B represented fertilizer doses (0 kg ha^{-1} , 20 kg ha^{-1} , 40 kg ha^{-1} , and 60 kg ha^{-1}). A total of eight treatment combinations were tested, with three blocks, completing 24 experimental units. The evaluated parameters included plant height, number of pods per plant, thousand-seed weight, and yield. The obtained values were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the F-test, and treatment means were compared using Tukey's test at a 5% significance level. The results indicated that Factor A (nutrient type) significantly affected plant height, while Factor B (fertilizer dose) significantly influenced yield, but no significant differences were observed for the other parameters. It was concluded that among the different mineral fertilizer doses studied, Factor A (nutrient type) showed a minimal effect on plant height, while Factor B (fertilizer dose) influenced yield. However, the overall impact on both growth and yield indicators was limited when compared to other treatments.

Keywords: doses, mineral fertilizer, *Glycine max*, soybean

INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycine max*) constituye el principal cultivo en el Paraguay con una tradición de más de 30 años, las zonas de mayor producción responsables de producir casi el 90% del total de producción son los departamentos de Alto Paraná, Canindeyú, Itapúa, Caaguazú y San Pedro. Principal rubro de exportación, el Paraguay es el 4° exportador mundial de soja y 6° mayor productor mundial de este cultivo, abarcando un área de más de 3.200.000 hectáreas y una productividad media de 2.450 kg ha⁻¹ en la zafra 2014/2015 (CAPECO, 2015 citado por Aguilera, 2016).

La principal zona productora es la región oriental. En los últimos 40 años, el cultivo de la soja se ha propagado velozmente en vastas zonas de Sudamérica. A pesar de ser un cultivo que se originó en Asia, hoy en día es un importante componente de la dieta popular tradicional en el mundo (INBIO/UGP, 2011).

Dentro de los problemas que limitan la baja del rendimiento del cultivo de soja, se pueden mencionar entre otros, la variedad utilizada, el control de plagas y enfermedades, condiciones ambientales, suelo, manejo del cultivo, densidad de siembra no óptima, nutrición mineral y el control de malezas. Estos mismos, si carecen de una tecnología no adecuada, son una limitante en la producción del rendimiento de grano. Otro de los factores que inciden para que haya una baja producción, según el estudio, es que los agricultores siguen utilizando métodos tradicionales, los que tienden a acelerar el proceso de pérdida de fertilidad de los suelos. Lo que sugiere claramente la necesidad de tener un mejor acceso a tecnologías apropiadas (Alvarado, 2001).

En relación al rendimiento de soja podría ser aumentada si se toman algunas medidas que permitan mejorar la fertilidad del suelo, entre ellas la fertilización fosfatada de manera

adecuada de los suelos agrícola. MacDonald et al. (2011), apuntan varias partes del planeta donde la fertilización fosfatada es insuficiente, entre estas Paraguay.

Entre los nutrientes esenciales para las plantas se encuentra el fósforo (P) y potasio (K), que es uno de los más difíciles de manejar y disponibilizar para los cultivos debido a su elevada capacidad de reacción en el suelo. Los suelos de la Región Oriental del Paraguay normalmente presentan deficiencias en los niveles de P y K disponible debido a que este nutriente queda fácilmente fijado a las partículas del suelo, tanto a pH ácidos como alcalinos.

El objetivo general fue evaluar la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes mineral en el cultivo de soja, teniendo como objetivos específicos: determinar la altura de la planta, determinar el número de vainas por planta, el peso de mil semillas, y el rendimiento de granos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio es de carácter experimental cuantitativo. El presente experimento fue implantado la primera quincena de noviembre en la localidad de Santo Tomas, Belén distrito de Concepción distante a 24 km del Campus de la Universidad Nacional de Concepción, circunscripta a las coordenadas geográficas 23°20'35,5'' de latitud sur y 57°11'47,7'' de longitud oeste.

La región donde fue implantada el experimento posee un suelo con las siguientes características, taxonómicamente pertenece al gran grupo de Alfisol y subgrupo Mollic de textura gruesa, con panorama en forma de lomada de origen arenisca con relieve plana con 0 a 3% de pendiente, con drenaje bueno y rocosidad nula (López et al, 1994). Las características físicas y químicas del suelo utilizado en el experimento se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo en el distrito de Belén departamento de Concepción. 2020.

Profundidad	pH	M.O.	Al ³⁺	Ca +Mg	P	K	Textura
cm	Agua	dag.kg ⁻¹	Cmolc.dm ⁻³		mg.kg ⁻¹		Tacto
0-20	5,50	0,70	0,05	2,50	10,2	30,1	F.a.

Extractores: pH; agua; P= Mehlich⁻¹; Ca + Mg= E.D.T.A; Al³⁺: KCL; A. Fa.= franco arenoso.

La región se caracteriza por poseer un clima de transición entre un tipo mediterráneo y un clima francamente húmedo con temperatura media anual de 24°C y con una precipitación media anual de 1000 a 1200 mm, siendo los meses más lluviosos diciembre y enero

El diseño utilizado fue el de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial (2x4), totalizando 24 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 4 m de largo por 3 m de ancho (12 m²), constituidas por 10 plantas × metro lineal, con un distanciamiento de 0,10 m

entre plantas y 0,50 m entre hileras, totalizando 240 plantas por UE. La descripción de los tratamientos se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento. Concepción, 2020.

Trat.	Descripción	Cantidad (unidad de medida)
T1	P – D1	0 kg ha ⁻¹
T2	P – D2	20 kg ha ⁻¹
T3	P – D3	40 kg ha ⁻¹
T4	P – D4	60 kg ha ⁻¹
T5	K – D1	0 kg ha ⁻¹
T6	K – D2	20 kg ha ⁻¹
T7	K – D3	40 kg ha ⁻¹
T8	K – D4	60 kg ha ⁻¹

P: Fósforo. K: Potasio. D: Dosis

La elección de terreno a utilizar se realizó buscando las mejores características como la topografía, la pendiente, la incidencia de malezas entre otras; una vez seleccionado el espacio se realizó un doble arado tratando de que el suelo quede lo más mullido posible y que las malezas existentes sean eliminadas desde la raíz. Luego de las primeras acciones se procedió a la delimitación, consistente en marcar el área a ser utilizada en el experimento, la dimensión del área total fue de 384 m² y cada unidad experimental tuvo una superficie de 12 m², la superficie del experimento, excluyendo los camineros tuvo una dimensión de 288 m².

Las dosis de fertilizantes utilizados para el tratamiento fueron fijadas en base al resultado obtenido en el análisis de suelo, las fuentes de fertilizantes manipulados en el experimento fueron las siguientes; superfosfato simple y cloruro de potasio. Todas las dosis fueron aplicadas con la siembra. La fertilización fue realizada conforme al análisis de suelo, el superfosfato simple (P) y cloruro de potasio (K) fueron aplicados según la dosis especificada para cada tratamiento.

El material utilizado fue un transgénico SOJAPAR R24 tiene un ciclo de maduración semi precoz (días a madurez: 128 – 141) con un potencial de rendimiento de hasta 4.000 kg ha⁻¹. La profundidad de siembra fue de 3 cm y una densidad de 0,50 m entre hileras y 10 plantas por metro lineal. No fue necesario realizar carpidas durante el ciclo de soja ya que prácticamente no hubo incidencias de malezas gracias al arado que fue realizado y en relación a los productos fitosanitarios se aplicó 100 ml ha⁻¹ de Piretroides (Supermil) 48% al detectar la aparición de insectos.

La cosecha fue realizada en forma manual aproximadamente a los 140 días postsiembra, realizando el manejo postcosecha normal del cultivo (trilla, secado, desgrano).

Las determinaciones fueron evaluadas a los 140 días del ciclo del cultivo. Los datos fueron registrados en cuadernos y luego cargados a planilla electrónica Excel para el procesamiento de datos.

Las determinaciones que se tuvieron en cuenta para el cultivo de soja fueron:

Altura de las plantas: Las mediciones de altura se realizaron simultáneamente al final del ciclo del cultivo, con la ayuda de una cinta métrica desde el suelo hasta la yema terminal con 10 plantas elegidas al azar, los resultados son expresados en cm (Romo, 2008).

Números de vainas por plantas: Se tomó diez plantas al azar dentro de cada parcela procediendo el conteo de las vainas, y se calculó el número promedio del tratamiento por parcela.

Peso de mil semillas: se extrajo de cada tratamiento 1000 granos que fueron ajustados al 12% de humedad y pesados en una balanza digital (KERN PLS, máximo 1200 gr con una precisión de 0,001 g), y los resultados expresados en gramos (Díaz et al, 2009).

Rendimiento: se cosechó por separado cada tratamiento con sus repeticiones y posteriormente se procedió al pesaje de los granos obtenidos y ajustados al 12% de humedad, utilizando una balanza digital utilizado (KERN PLS, máximo 1200 g con una precisión de 0,001 g), y los resultados expresados en kg ha⁻¹ (Díaz et al, 2009).

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA) en el caso de la observación el efecto significativo de tratamientos, las medias fueron comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error, se realizó análisis de regresión para la determinación del rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Altura de planta

En la tabla 3, podemos visualizar las medias de los resultados obtenidos por los diferentes factores A (nutrientes) y B (dosis), aplicado al cultivo de soja para la determinación altura de plantas; dónde según el test de Tukey al 5%, pueden ser observadas diferencias estadísticamente significativas entre las medias evaluadas para el factor A (nutrientes), mientras que las dosis (factor B); no demuestran diferencias estadísticas entre sí. El análisis revela interacciones entre nutrientes y dosis, las

cuales presentaron diferencias estadísticas, señalando que ambos factores actuaron conjuntamente.

Con el nutriente KCl, se consiguen las plantas de mayor altura, con medias de 110,23 cm, difiriendo con el nutriente P_2O_5 , cuyos valores medios llegan a 105,86 cm de altura de planta, siendo el más bajo para esta determinación.

Tabla 3. Comparación de medias para la determinación altura de plantas de soja con la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes. Concepción, 2020.

Factores	Descripción	Altura de plantas (cm)
Nutrientes ^{**}	KCl	110,23 a
	P_2O_5	105,86 b
Dosis ^{NS}	60 kg ha ⁻¹	109,62 a
	40 kg ha ⁻¹	109,20 a
	0 kg ha ⁻¹	107,10 a
	20 kg ha ⁻¹	106,26 a
MG:		108,04
CV (5%):		2,69
DMS (Fc A):		2,13
DMS (Fc B):		4,05

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. **: Diferencia altamente significativa. NS: Diferencia no significativa. MG. Media general. C.V(%): Coeficiente de variación; DMS (%): Diferencia mínima significativa. Fc: Factor.

Por su parte en el factor (B) dosis, no se registró diferencias estadísticas, sin embargo, se registra diferencias agronómicas mínimamente siendo superior la dosis de 60 kg ha⁻¹ alcanzando una media de 109,62 cm de altura, lo que indica que la fertilización pudo haber afectado mínimamente la altura de la oleaginosa. Según menciona Reyes (2001), el fósforo como el potasio son unos de los 3 nutrientes primarios esenciales para el crecimiento de la planta, son elementos primarios porque la planta lo requiere en cantidades altas y esenciales, siendo indispensable para el crecimiento, desarrollo y reproducción de la planta y no puede ser reemplazado por otro nutriente.

Por otro lado, Somorriba (2003), indica que la altura de la planta es un carácter genético influenciado por diversos factores; clima, suelo y manejo agronómico del cultivo. De tal manera que la falta de ambos nutrientes en el tratamiento testigo pudo haber afectado el crecimiento de la planta.

Los resultados reflejados en la tabla 3, muestran que la variable de altura al final del ciclo presentó diferencias significativas en el factor A, ocupando la mayor altura el KCl con la aplicación de potasio. Algunos estudios indican que no es la cantidad de nutrientes en el suelo lo que determina su productividad, sino la capacidad del suelo para renovar la existencia de nutrientes una vez que han sido removidos de la solución del suelo (Arzola et al, 2001). Asimismo, la aplicación de fertilizantes responde de una manera eficaz, este cumple un rol fundamental una vez aplicado, se reincorpora en el suelo los nutrientes absorbidos por las plantas para regenerar nuevamente su utilización, excepto cuando se aumenta más de lo debido este incide directamente en la producción.

Número de vainas por planta

La comparación de medias respecto al número de vainas por planta se puede observar en la tabla 4, (Test de Tukey al 5 %) y en ella se verifica que no se obtuvieron diferencias significativas a nivel estadístico para ambos factores, sin embargo, se registraron diferencias mínimas agronómicamente entre los factores estudiados. El mayor número de vainas en el factor (A) nutrientes, obtuvo el P_2O_5 alcanzando una media de 35,10 vainas por planta sin diferir estadísticamente con el KCl, que llegó a una media de 36,56 vainas por planta.

Tabla 4. Comparación de medias para la determinación del número de vainas por planta Concepción, 2020.

Factores	Descripción	Número de vainas por planta
Nutrientes ^{NS}	KCl	35,10 a
	P_2O_5	33,56 a
Dosis ^{NS}	40 kg ha ⁻¹	36,12 a
	20 kg ha ⁻¹	35,41 a
	60 kg ha ⁻¹	33,23 a
	0 kg ha ⁻¹	32,56 a
MG:		34,33
CV (5%):		8,27
DMS (Fc A):		2,08
DMS (Fc B):		3,95

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. NS: Diferencia no significativa. MG. Media general. C.V(%): Coeficiente de variación; DMS (%): Diferencia mínima significativa. Fc: Factor.

El análisis demuestra que no hubo interacciones entre nutrientes y dosis, indicando

que no existieron diferencias estadísticas, señalando que ambos factores actuaron independientemente.

De igual manera en el factor (B) dosis, no se registró diferencias significativas estadísticamente, no obstante, se observa diferencias ínfimas agronómicamente siendo levemente superiores la dosis 40 kg ha⁻¹, pudiendo llegar a una media de 36,12 vainas por planta. El menor número de vainas alcanzó la dosis donde no se aplicó ningún tipo de nutrientes con una media de 32,56 vainas por planta, concordando con lo manifestado por Barroso, (2004), quien menciona que los componentes del rendimiento (vainas/planta, granos/vaina, y peso de 100 granos), no se ven influenciados estadísticamente por la aplicación de fósforo ni de potasio, aunque en el caso de las vainas/planta hay un mejor comportamiento donde se aplica el fósforo.

El número de vainas por plantas es influenciado por los factores ambientales en la época de floración (temperatura, viento y agua) y por el estado nutricional en la fase de formación de vainas y granos “efecto de competencia” y siempre está relacionado con el rendimiento (Mezquita, 2000).

Se puede considerar que el principal factor sería el climático, ya que se registraron, principalmente después del primer mes desde la siembra, periodos largos de falta de agua, principalmente en el inicio de la floración y durante el llenado de los granos, llevando al cultivo a un fuerte estrés hídrico, sin recuperación para desarrollar su potencial de productividad pudiendo éste llegar a 4000 kg ha⁻¹, sin embargo el déficit hídrico no afectó de manera directa en los parámetros de rendimiento pudiendo alcanzar el 50 % de su rendimiento, es decir 2166,67 kg ha⁻¹.

El número de vainas por planta está en dependencia del número de flores que tenga la planta (Tapia et al., 2000). Sin embargo, un mayor número de vainas por planta puede provocar reducción en el número de granos por vainas, peso en los granos y, por lo tanto, reducir el rendimiento. Además, se menciona que el número de vaina por planta es uno de los parámetros que mayor relación tiene con el rendimiento y está en dependencia del número de flores que tenga la planta.

Por su parte, White (2005) señala que el número de vainas por planta es un componente cuantitativo del rendimiento que difiere entre las variedades por ser poligénicos. Por lo tanto, a mayor número de vainas menor tamaño y peso

de grano por planta, lo que afectaría directamente el rendimiento del cultivo.

Peso de mil granos

La comparación de medias respecto al peso de 1000 semillas de soja se puede observar en la tabla 5 (Tukey al 5 %) y en ella se verifica que no hubo diferencias estadísticas en ambos factores, pese a eso se registra diferencias mínimas agronómicamente entre los factores ensayados. El análisis de varianza no reveló interacciones entre nutrientes y dosis, las cuales no presentaron diferencias estadísticas, revelando que ambos factores actuaron independientemente.

El mejor resultado agronómicamente en el factor (A) nutrientes, proporcionó el KCl, logrando una media de 163,68 g sin diferir estadísticamente con el P₂O₅, el cual logró una media de 153,87 g. El promedio general de 1000 semillas fue de 158,78 gramos. El peso del grano es una característica controlada por un gran número de factores genéticos (Vernetti, 2004) a esto manifiesta Macías (2011), el peso del grano puede describirse como una función de su tasa o ritmo de crecimiento y la duración del periodo de llenado, ambos atributos están gobernados genéticamente a la variedad considerada y varía de acuerdo a las condiciones ambientales.

Tabla 5. Comparación de medias para la determinación peso de 1000 granos de soja con la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes. Concepción, 2020.

Factores	Descripción	Peso de 1000 granos (g)
Nutrientes ^{NS}	KCl	163,68 a
	P ₂ O ₅	153,87 a
Dosis ^{NS}	40 kg ha ⁻¹	165,50 a
	20 kg ha ⁻¹	160,12 a
	60 kg ha ⁻¹	159,62 a
	0 kg ha ⁻¹	149,87 a
MG:		158,78
CV (5%):		8,59
DMS (Fc A):		10,03
DMS (Fc B):		19,02

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. NS: Diferencia no significativa. MG. Media general. C.V(%): Coeficiente de variación; DMS (%): Diferencia mínima significativa. Fc: Factor.

Según Padilla (2009), el ambiente influye gravemente en las características agronómicas como altura de planta, duración de ciclo, y peso de 1000 semillas, y por lo tanto las variedades,

pueden presentar valores diferentes en función de lugar y año. La caída en los rendimientos producto de una deficiencia de P, se debe en general a una disminución en el número de granos, el peso de los granos, por el contrario, raramente es afectado. El número de granos del cultivo de soja se determina durante la formación de las vainas, esto es, entre la floración y el comienzo del llenado de los granos. Para poder maximizar el rendimiento, es importante que durante esta etapa el cultivo pueda hacer un uso eficiente de los recursos del ambiente disponibles, como por ejemplo la radiación solar.

Rendimiento

La comparación de medias de la determinación de rendimiento se puede observar en la tabla 6 (Tukey al 5 %) y en ella se verifica que no hubo diferencias estadísticas en el factor (A) nutrientes, pese a eso se registra que diferencias mínimas agronómicamente.

En cuanto al factor B, se puede visualizar diferencias estadísticas altamente significativas, siendo superior la dosis de 20 kg ha⁻¹ con 1901,75 kg ha⁻¹ y el menor rendimiento fue de 1432,62 kg ha⁻¹, estos resultados coinciden con Ferraris (2011), quien revela que la soja para producir 3000 kg ha⁻¹ absorbe cantidades apreciables de macro y micro nutrientes. El rendimiento de la soja es un componente determinado por el genotipo, la ecología y el manejo de plantación (Blandon y Arvizu, 2010).

Tabla 6. Comparación de medias para la determinación del rendimiento de soja con la aplicación de diferentes dosis de fertilizantes. Concepción, 2020.

Factores	Descripción	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Nutrientes ^{NS}	KCl	1803,43 a
	P ₂ O ₅	1761,50 a
Dosis ^{**}	20 kg ha ⁻¹	1901,75 a
	40 kg ha ⁻¹	1898,25 a
	0 kg ha ⁻¹	1897,25 a
	60 kg ha ⁻¹	1432,62 b
MG:		1782,46
CV (5%):		10,10
DMS (Fc A):		132,40
DMS (Fc B):		250,96

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. NS: Diferencia no significativa. **: Diferencia altamente significativa. MG. Media general. C.V(%): Coeficiente de variación; DMS (%): Diferencia mínima significativa. Fc: Factor.

Según Valencia (2005), el rendimiento depende del potencial genético y de las condiciones de manejo, por esta razón, la siembra debe estar incluida directamente a recomendaciones técnicas específicas para lograr los mayores beneficios económicos. Era de esperarse que, al encontrarse con la deficiencia hídrica en los parámetros de crecimiento el rendimiento y producción de granos se limitaría.

Cubilla et al. (2007), mencionan que los cultivos responden a la aplicación de fósforo, a excepción de zonas donde ocurre déficit hídrico, en las cuales los rendimientos son mucho menores. Tapia y Camacho (2009) señalan que el rendimiento determina la eficacia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio, unido también al potencial genético que estas tengan. Por otro lado, Campton (2008), afirma que el rendimiento del grano es influenciado por los factores biológicos y ambientales que correlacionan entre sí para luego expresarse en producción por hectárea.

Estos resultados obtenidos en el experimento donde las dosis 20 kg ha⁻¹ y 40 kg ha⁻¹ reflejaron los mayores rendimientos se debe a que por razones de solubilidad, estos fertilizantes estuvieron con mayor eficacia y disponibles para el cultivo. Somarriba (2003), plantea que, para lograr beneficios en la producción de soja, resultado de la aplicación de fertilizantes, es conveniente considerar el momento de aplicación, puesto que la soja tiene un ciclo vegetativo medio en comparación a otros cultivos, por tanto, la aplicación del fertilizante debe hacerse en el momento oportuno.

Lo obtenido puede explicarse entre otras razones por el incremento de los elementos primarios en el suelo, donde el fósforo y potasio juega un rol fundamental y ha sido evaluado por algunos autores como el elemento principal en el crecimiento vegetativo y producción de altos rendimientos de la soja (Socorro y Martín, 2006). Sin embargo, la cantidad de nutrientes disponible en el suelo es muy baja en comparación con la cantidad total del fósforo en el suelo. Por lo tanto, en muchos casos, los fertilizantes de fósforo deben ser aplicados para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo.

CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos en el experimento y en las condiciones en que fue llevado a cabo este trabajo, se concluye que:

Las dosis de fertilizantes utilizados en el experimento, influyeron significativamente

sobre las determinaciones altura de planta y rendimiento, destacándose en factor A y B en ambas determinaciones, sin embargo, hubo diferencias agronómicas mínimamente encontradas en las demás determinaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera P., B. R. (2016). *Biofertilizantes y su efecto sobre el crecimiento y rendimiento de la soja (Glycine max (L.) Merrill)* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Este]. Facultad de Ingeniería Agronómica Sede Itakyry.
- Alvarado, D. N. (2001). *Transformación de tres del sistema tradicional de producción del cultivo del ajonjolí (Sesamum indicum L.) en la variedad Mejicana, hacia una producción sostenible* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Barcelona]. Universidad Nacional Agraria.
- Arzola, P. N., Fundadora, H. O., & Machado, A. J. (2001). *Suelo, planta y abonado* (1.^a ed.). Editorial Pueblo y Educación.
- Barroso, R. (2004). *La roca fosfórica de Trinidad de Guedes: una alternativa en la fertilización de suelos ácidos bajos en fósforo* [Tesis de maestría, Universidad de Camagüey].
- Blandón, L., & Arvizu, L. (2010). *Efecto de los fertilizantes orgánicos y sintéticos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de soja (Glycine max L.)* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria].
- Campton, L. (1985). La investigación en sistemas de producción con sorgo en Honduras. *Aspectos Agronómicos. INISOKM, CIMMYT, México, DF.*
- Cubilla, M. M., Amado, T. J. C., Wendling, A., Eltz, F. L. F., & Mielniczuk, J. (2007). Calibração visando a fertilização com fósforo para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(6), 1463–1474. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600023>
- Díaz Coronel, T. G., Sabando Ávila, F. A., Vásquez Montúfar, G. H., & Zambrano Montes, S. (2009). Evaluación productiva y calidad del grano de los cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades de la provincia de Los Ríos. *Ciencia y Tecnología*, 2(1), 15–23. <https://doi.org/10.18779/cyt.v2i1.79>
- Ferraris, G., & Couretot, L. A. (2013). Fertilización fosforo azufrada en soja: estrategias basadas en dosis, localización y momentos de aplicación. UCT Agrícola, INTA EEA Pergamino.
- INBIO/UIP. (2011). *Un recorrido por la agricultura y su gente en Paraguay: Tierra y conocimiento*. Instituto de Biotecnología Agrícola.
- López, G., González, E., De Llamas, P., & Franco, E. (1994). *Suelo, capacidad de uso de la tierra y ordenamiento territorial*. MH – MAG.
- Macdonald, G. K., Bennett, E. M., Potter, P. A., & Ramankutty, N. (2011). Desequilibrios agronómicos de fósforo en las tierras de cultivo del mundo. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3086–3091. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010808108>
- Macías, L. (2011). *Evaluación agronómica de líneas promisoras de soja (Glycine max (L.) Merrill) en varios ambientes de la cuenca baja del río Guayas* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Manabí].
- Mezquita, B. E. (2000). *Influencia de algunos componentes morfológicos en el rendimiento de la soja (Glycine max)* [Tesis de maestría, Escuela Nacional Agraria, Chapingo].
- Padilla, V. (2009). Características agronómicas de la soja. Stoller Argentina.
- Reyes, J. (2001). Historia de la protección del maíz. En *Memoria simposio internacional de sanidad vegetal*. ESA VE/UNA.
- Romo, D. (2008). *Efecto de cinco leguminosas como abonos verdes y cultivos de cobertura, para la producción de maíz duro (Zea mays L.) en el sector de Mascarilla – Carchi* [Tesis de grado, PUCE-SI].
- Socorro, M., & Martín, D. (2006). *Granos*. Editorial Pueblo y Educación.
- Somarriba, C. (2003). *Texto de granos básicos*. Universidad Nacional Agraria.
- Tapia, H., & Camacho, A. (2009). *Manejo integrado de producción de frijol (Phaseolus vulgaris L.) soja (Glycine max) basado en labranza cero*. GTZ.

- Tapia, H., Camacho, A., Ocon, I., & Jimenez, M. (2000). Manejo fitosanitario integrado para la producción de la soja. En *Resúmenes de la XXX Reunión Anual*, San Pedro Sula, Honduras, 46–52.
- Valencia, A. (2005). *Fertilizantes y fertilización*. Editorial Reverté.
- Verneti, F. (2004). *Genética y mejoramiento*. Fundación Cargill.
- White, J. W. (2005). *Conceptos básicos de la soja, investigación y producción*. CIAT.