



**XXII JORNADAS JÓVENES
INVESTIGADORES**
VALPARAÍSO / CHILE 2014

Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO

Universidad de
Playa Ancha

SEPTIEMBRE 29, 30 Y 1 DE OCTUBRE

7. Ingeniería Mecánica y de la Producción

Efecto de distintas formulaciones de NPK bajo riego y en condiciones normales en el cultivo de la soja (*Glycinemax*)

Peralta Paiva, Elida Auxiliadora; Ortiz Acosta, Orlando

Universidad Nacional del Este

Facultad de Ingeniería Agronómica/Canindeyú

Salto del Guairá, Paraguay

leli_182008@hotmail.com; orlantizpy@yahoo.com

RESUMEN

El cultivo de la Soja provee el N que requiere mediante la fijación simbiótica, inicia días después de la siembra, la disponibilidad del N en las primeras etapas del cultivo puede lograr respuestas positivas. El objetivo del trabajo fue evaluar la aplicación de distintas formulaciones de (NPK) bajo riego y en condiciones normales del cultivo de la soja, se realizó en la ciudad de Salto del Guairá, departamento de Canindeyú, con diseño de parcela dividida con bloque al azar, el tratamiento principal fue el riego; A1 (Sin riego), A2 (Con riego) y tratamiento secundario las formulaciones de NPK; B1(00-00-00), B2(00-20-10) y B3(08-20-10), totalizando 6 tratamientos y 4 bloques, los tratamientos utilizados fueron T1:A1B1; T2:A1B2; T3:A1B3; T4:A2B1; T5:A2B2; T6:A2B3, se analizó la variable altura de las plantas, donde el T6 con 83,25 cm presentó diferencia significativa en relación al T2 con 74,5 cm; en la cantidad de vainas por planta, en el tratamiento principal el A2 con 30 vainas presentó diferencia altamente significativa en relación al A1 con 18,25 vainas y en el secundario el B3 con 31,25 vainas presentaron diferencias altamente significativas con respecto al B1 con 18,25 vainas; en la cantidad de nódulos por planta el tratamiento secundario el B3 con 17,25 presentó diferencia significativa en relación al B2 con 13,25 nódulos; en el rendimiento peso de los granos, el T6 con 3.355 kg/ha mostró diferencia altamente significativa en relación al T4 con 1.602 Kg/ha.

Palabras clave:

Soja, Nitrógeno, Formulación, Riego

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la Soja es el primer rubro agrícola del Paraguay, tuvo un crecimiento vertiginoso en los últimos tiempos y para lograr un máximo rendimiento debe considerarse ciertos factores como ser la fertilización y la disponibilidad de los nutrientes.

Sánchez (2004) señala que para lograr un rendimiento de 3.000 kg/ha de semilla, puede extraer 205 kg de N, 55 kg de P y 135 kg de K. Álvarez (2007) menciona que la soja cubre sus requerimientos de N a través de la fijación del N, comienza 30 días después de la siembra, previo a este momento requiere provisión de N mineral del suelo, para desarrollar un área foliar suficiente para abastecer a los nódulos para que comiencen su actividad de fijación. Andriulo (2010) indica que los nódulos proporcionan después de 2 semanas de crecimiento de las plantas, 20 a 30 kg/ha de N pueden hacer el trabajo mientras se establece la simbiosis.

Según Zoritay Duarte (2004) la diferencia de rendimiento está originada en la cantidad de recursos la mayor parte de la variabilidad está asociada a la oferta de agua. Palacios (2002) la agricultura de riego es más productiva que la de temporal o secano. Según Losada (2005) el riego por aspersión es la lluvia artificial que se produce al pulverizarse el agua que se descarga desde conductos a presión.

Teniendo controlado la cantidad de agua necesaria que garantice la disponibilidad de los nutrientes, la aplicación de pequeñas dosis de N en el momento de la siembra puede lograr respuestas positivas en el rendimiento, por ello el objetivo del trabajo es evaluar la aplicación de distintas formulaciones de (NPK) bajo riego y en condiciones normales del cultivo de la Soja.

- **OBJETIVOS**

- **Objetivo General**
 - Evaluar la aplicación de distintas formulaciones de fertilizante (N P K) bajo riego y en condiciones normales del cultivo de la Soja.
- **Objetivos Específicos**
 - Comparar la altura de las plantas de cada tratamiento.
 - Comparar la cantidad de vainas por planta, entre los distintos tratamientos.
 - Enumerar la cantidad de nodulaciones por planta en cada tratamiento.
 - Determinar el rendimiento mediante el peso de los granos del cultivo de la Soja obtenidos en los distintos tratamientos.

- **MATERIALES Y MÉTODOS**

- **Localización**

El trabajo se realizó en la ciudad de Salto del Guairá, departamento de Canindeyú, Paraguay. El clima de la región es subtropical, durante el año existe periodo mayor de lluvia, 1685mm de precipitación por año, se considera un clima caluroso, alta temperatura con una media 21,5° C y alta humedad, viento predominante de la región es el noreste.¹

- **Instalación del sistema de riego**

El sistema de riego utilizado fue el de aspersión tipo frontal, dispuesta por una barra de 2.80 m de ancho, con 7 aspersores rotativos separados 40 cm uno del otro, propulsada manualmente, el agua se bombea partir de un tanque a través de una manguera que comunicaba a la barra de los aspersores.

1. Datos proveídos por la estación meteorológica del Refugio Biológico Mbaracayú. Salto del Guairá. Paraguay

- **Calibración del sistema de riego**

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2002) se puede utilizar ciertas fórmulas para la calibración de un sistema de riego, dichas formulas son:

- **Determinación del volumen aplicado**

$$\text{Volumen aplicado(l/ha)} = \frac{\text{Caudal (l/min)} \times 600}{\text{Velocidad (km/h)} \times \text{Ancho de banda}}$$

- **Determinación del Caudal (l/min)**

Fueron recogidas la pulverización de varios picos durante 1 minuto, posteriormente se determinó un promedio y se multiplicó por la cantidad de picos.

- **Determinación del ancho de banda**

Se determinó la distancia entre los picos y se multiplicó por el número de picos.

- **Determinación de la velocidad de desplazamiento**

Se registró en segundos el tiempo que se demoró en recorrer una distancia de 30m, varias veces, posteriormente se promediaron los resultados, se aplicó la siguiente fórmula para determinar la velocidad:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia recorrida(m)} \times 3,6^4}{\text{Tiempo (Sg)}}$$

o **Delimitación de las parcelas**

La dimensión de la parcela fue de 16,5 m de ancho y 29,2 m de largo, cada unidad experimental tuvo 3 m de ancho y 3,20 m de largo, con una distancia de 1,5 m entre cada unidad experimental y entre cada bloque 2 m, para determinar la parcela útil se eliminó 0,5 m de cada lado de la unidad experimental totalizando 6,75 m² de parcela útil.

o **Inoculación en la semilla**

Se realizó la inoculación del *Bradyrhizobium japonicum* con un inoculante líquido, utilizando la dosis de 150 ml/kg de semilla.

o **Siembra y fertilización**

La siembra se realizó de forma manual, con 40 cm entre hilera y con 20 plantas por m lineal totalizando 500.000 plantas por hectárea, la aplicación del fertilizante se realizó en forma manual variando la formulación de acuerdo a cada tratamiento con una dosis de 250 kg por hectárea de (NPK).

- **Cuidados Culturales**

El control de las malezas se realizó una extracción manual para evitar competencia, se utilizó insecticida para el control de hormigas.

- **Establecimiento del calendario de riego**

Se utilizó una metodología propuesta por Palacios(2002) el cual menciona que el requerimiento del riego se determina teniendo en cuenta el porcentaje de desarrollo del cultivo y datos meteorológicos, los cuales fueron proveídos por la estación meteorológica del Refugio Biológico Mbaracayú ubicado a 5km de la parcela, se utilizaron las siguientes ecuaciones.

- Calculo de la evapotranspiración máxima

La ecuación para estimar la evapotranspiración máxima es:

$$ETx = kc \times EVT$$

Dónde:

EVT es evapotranspiración potencial; ETx es evapotranspiración máxima del cultivo; Kc es coeficiente de corrección por desarrollo del cultivo

- Calculo de la lluvia efectiva

La lluvia efectivase determinó mediante a la siguiente ecuación:

$$Cp = \frac{\frac{ET}{P}}{1,53 + 0,8 \times \frac{ET}{P}}$$

Dónde:

Cp es el coeficiente de conversión de la lluvia aprovechable; Et la evapotranspiración máxima del cultivo; P la precipitación observada.

- Requerimiento de riego del cultivo

El requerimiento del riego se determinó mediante la siguiente ecuación

$$RR = ETx - Pe$$

Dónde:

RR es el requerimiento de riego; ETx es la evapotranspiración máxima del cultivo; Pe es la precipitación aprovechable se tiene a partir de: $Pe = Cp \times P$

- **Diseño y análisis experimental**

El diseño implementado fue el de parcela dividida con bloque al azar, se tuvo como tratamiento principal al riego y a las formulaciones de NPK como secundario, totalizando seis tratamientos y cuatro bloques, teniendo un total de 24 unidades experimentales.

Tratamientos a ser implementados

Cuadro N°1. Tratamientos a ser implementados. Salto del Guairá, Paraguay. 2014

TRATAMIENTOS		
Total de Tratamientos	A: Riego	B: Formulación de NPK
T1= A1, B1	Sin riego	Formulación 00-00-00
T2= A1, B2	Sin riego	Formulación 00-20-10
T3= A1, B3	Sin riego	Formulación 08-20-10
T4= A2, B1	Con riego	Formulación 00-00-00
T5= A2, B2	Con riego	Formulación 00-20-10
T6= A2, B3	Con riego	Formulación 08-20-10

Andriulo (2010) indica que los nódulos proporcionan N después de 2 semanas decrecimiento de las plantas. Entonces, 20 a 30 kg/ha de N pueden hacer el trabajo mientras se establece la simbiosis. Por ello se utilizó la formulación 8-20-10 para proveer N al cultivo de forma temprana.

- **Análisis de Datos**

Se implementó Análisis de Varianza para verificar diferencia significativa entre los tratamientos, al comprobarse se aplicó el Test de Tukey al 5%.

- **Variables evaluadas**

- **Altura de la planta:** Fueron escogidas al azar 10 plantas dentro de la parcela útil y se procedió a la medición, desde la base del tallo hasta la última hoja, luego se estableció un promedio para cada tratamiento.

- **Cantidad de vainas por plantas:** Se evaluó el número de vainas por planta mediante un muestreo al azar de 10 plantas que fueron extraídas de los surcos laterales de cada parcela útil.
- **Cantidad de nodulaciones por planta:** Se evaluó la cantidad de nodulación mediante un muestreo al azar de 5 plantas de los surcos centrales de cada parcela. Fueron extraídas las raíces con su pan de tierra (30 cm de profundidad y 20 cm de cada lado) y lavadas cuidadosamente sobre un tamiz de 1 mm y se cuantificó la cantidad de nódulos.
- **Rendimiento mediante el peso de los granos del cultivo:** Se cosecharon manualmente las plantas que se encontraron dentro de la parcela útil, fueron secadas durante cinco días de tiempo seco y trilladas posteriormente.

- **RESULTADO Y DISCUSIÓN**

- **Altura de la planta**

En la variable altura de la planta, el ANAVA verifico diferencia significativa para los tratamientos principales y secundarios, se comprobó interacción, por ello se analizó el efecto de los tratamientos secundarios Formulación en cada tratamiento principal Riego. En el cuadro 2 se puede observar la comparación de los tratamientos para la variable altura, donde en el tratamiento A1 el T2 (00-20-10) obtuvo una media de producción estadísticamente superior de 74,5cm, con respecto al T3 (08-20-10) con 62 cm, en el A2 (Con riego) el T6(08-20-10) logró 83,25 cm, una media de producción estadísticamente superior a la media de producción de los demás tratamientos, mientras que al comparar el efecto del tratamiento principal en las formulaciones, en todas se obtuvo mayor rendimiento con la aplicación del riego.

Esto pudo darse debido a la disponibilidad del N mediante el riego en momentos tempranos del cultivo, el N favorece el crecimiento de la planta, su disponibilidad depende de la presencia del agua que se encarga de mantener disponibles los nutrientes del suelo permitiendo la absorción de los mismos. Esto concuerda con las

afirmaciones hechas por Zorita y Duarte (2004), que el agua constituye el medio de transporte de los nutrientes y es uno de los principales factores limitantes.

Cuadro N° 1. Altura del cultivo de la Soja. Salto del Guairá, Paraguay. 2014

Factores Principales	Factores secundarios Formulación								
	B1 (00-00-00)		B2 (00-20-10)		B3 (08-20-10)				
A1 (Con riego)	T1	53,75	bB	T2	74,5	aA	T3	62	bB
A2 (Sin riego)	T4	67	a A	T5	65,5	a A	T6	83,25	b A

C.V. a: 9,03 % C.V. b: 9,32 %

^{a,b}Promedios con letras minúsculas iguales en cada línea, no difieren entre sí ($p < 0,05$) por el Test de Tukey.

^{A,B}Promedios con letras mayúsculas iguales en cada columna, no difieren entre sí ($p < 0,05$) por el Test de Tukey.

o **Cantidad de vainas por planta**

En el gráfico 2 se presenta los resultados obtenidos para variable cantidad de vainas por planta. Se registró diferencia altamente significativa en el tratamiento principal Riego y en el secundario Formulación, no se registró interacción.

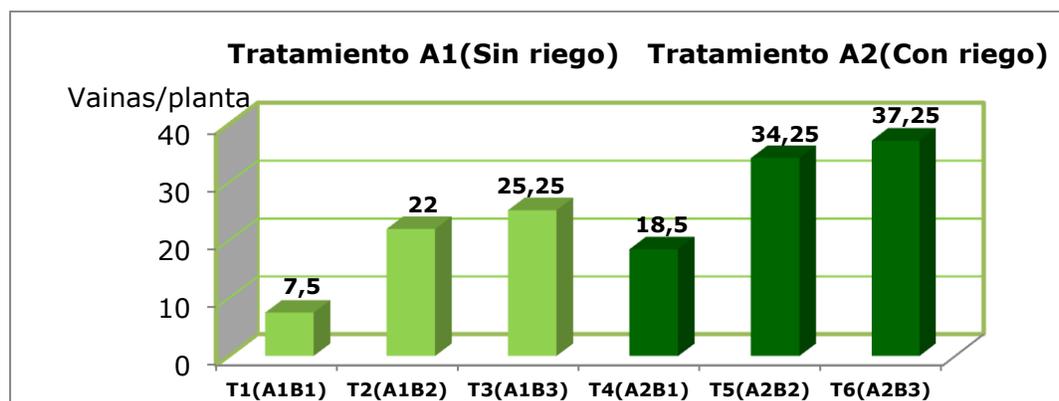


Gráfico N° 1. Cantidad de vainas por plantas. Salto del Guairá, Paraguay. 2014

El cuadro 3 muestra la comparación de medias de los tratamientos principales A1 (Sin riego) y A2 (Con riego) se observa que el A2 presentó una media de producción estadísticamente superior de 30 vainas por planta con relación al A1 con una producción de 18,25 vainas por planta. En la comparación de medias de los

tratamientos secundarios Formulación, el B3 (08-20-10) presentó una media de producción estadísticamente superior de 31,25 vainas por planta, con respecto a las demás formulaciones. Estos resultados pueden deberse al aumento de la disponibilidad de nutrientes que aumentan conforme aumenta la formulación y al aumento de la disponibilidad del agua. Esto coincide con Zorita y Duarte (2004) quienes mencionan que gran parte de las diferencias de rendimiento generalmente está originada en la cantidad de recursos que las plantas tienen disponibles para crecer en cada sitio.

Cuadro N° 2. Cantidad de vainas por planta. Salto del Guairá, Paraguay. 2014

Factor principal	Producción de vainas
A2 (Con riego)	30 a
A1 (Sin riego)	18,25 b

C.V. a: 4,39 %

Factor secundario	Producción de vainas
B3 (08-20-10)	31,25 a
B2 (00-20-10)	28,1 b
B1 (00-00-00)	13 c

C.V. b: 13,9 %

^{a,b}Valores de medias con letras iguales, no difieren entre sí ($p < 0,05$) por el Test de Tukey.

• **Cantidad de nodulaciones por planta**

En la variable cantidad de nodulaciones por planta, el ANAVA presentó diferencia significativa en el tratamiento secundario formulación, pero no registró interacción. Al evaluar de forma independiente los tratamientos secundarios formulación en el cuadro N° 5 se observa la comparación de media, en el cuál el B3(08-20-10) presentó una media estadísticamente superior de 17,25 nódulos por planta, con relación al B2(00-20-10) con una media de 13,25 nódulos por planta. Esto se pudo dar debido a la disponibilidad de pequeñas cantidades de N mediante la fertilización en la primera etapa vegetativa de la planta, momento en el cuál todavía no es capaz de cubrir sus requerimientos de N a través de la fijación simbiótica del N atmosférico, la aplicación de pequeñas cantidades de N no inhibe la absorción del N atmosféricos. Esto coincide con González (2003) quien indica que la inhibición

nodular depende de la dosis y de la localización del fertilizante N, se acepta alrededor de 40 kg/ha, dicha cantidad no inhibe la nodulación.

Cuadro N° 3. Cantidad de nodulaciones por planta. Salto del Guairá, Paraguay. 2014

Factor secundario	Producción de vainas
B3 (08-20-10)	17,25 a
B2 (00-20-10)	13,25 b
B1 (00-00-00)	12 b

C.V.b: 19%

^{a,b}Valores de medias con letras iguales, no difieren entre sí ($p < 0,05$) por el Test de Tukey.

- **Rendimiento mediante el peso de los granos**

En el gráfico N° 3 se presenta los distintos tratamientos de la variable peso de los granos, el ANAVA registró diferencias altamente significativas en el tratamiento principal y secundario, confirmó interacción del tratamiento principal riego y secundario formulación.

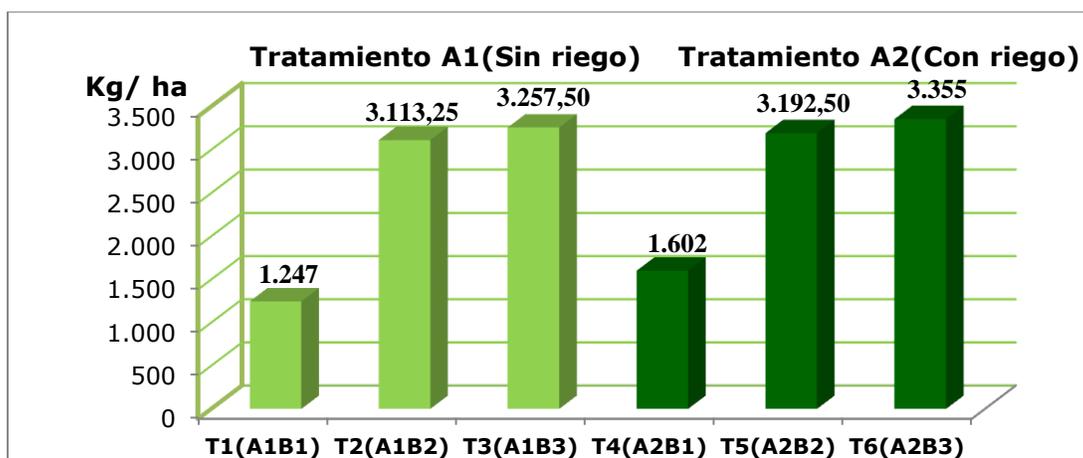


Gráfico N° 2. Peso de los granos del cultivo. Salto del Guairá, Paraguay. 2014

En el cuadro N°6 se puede observar que el tratamiento A1 (Sin riego) el T3 (08-20-10) obtuvo una media de producción estadísticamente superior de 3.257,5 kg/ha,

con respecto al T2(00-20-10) con una producción de 3.113,25 kg/ha, en el tratamiento A2(Con riego), el T6(08-20-10) con una producción estadísticamente superior de 3.355 kg/ha con respecto al T5(00-20-10) con 3.192,5 kg/ha.

Estos resultados pueden deberse a la provisión del N mineral en el suelo que permitió el desarrollo de un área foliar suficiente como para abastecer a los nódulos para que estos comiencen su actividad de fijación, permitiendo el aumento de la fotosíntesis, de la captación de dióxido de carbono y de energía, esto coincide con Berlijn (1992) quien indica que la aplicación de N tendrá como resultado que las especies inician su crecimiento más temprano. Mientras que al comparar el efecto de los tratamientos principales A1 (Sin riego) y A2 (Con riego) en las distintas formulaciones, se pudo observar que en el B1(00-00-00) el A2 obtuvo mayor rendimiento, esto se pudo dar debido a que esta formulación no incorpora nutrientes al cultivo, por la cual el riego es un factor primordial para mantener disponible los nutrientes y permitir la máxima absorción de los nutrientes que se puedan encontrar en el suelo. Esto coincide con Palacios (2002) quien afirma que el agua constituye el medio de transporte de los nutrientes.

Cuadro N° 4. Peso de los granos del cultivo kg/ha. Salto del Guairá, Paraguay. 2014

Tratamiento Principal	Tratamiento secundario Formulación								
	B1 (00-00-00)			B2 (00-20-10)			B3 (08-20-10)		
A1 (Sin riego)	T1	1.247	c B	T2	3.113,25	b A	T3	3.257,5	a A
A2 (Con riego)	T4	1.602	c A	T5	3.192,5	b A	T6	3.355	a A

C.V.a: 2,5%

C.V. b: 2,87%

^{a,b}Promedios con letras minúsculas iguales en cada línea, no difieren entre sí ($p < 0,05$) por el Test de Tukey.

^{A,B}Promedios con letras mayúsculas iguales en cada columna, no difieren entre sí ($p < 0,05$) por el Test de Tukey.

• CONCLUSIÓN

En la variable altura de las plantas se constató interacción, el T6 (A2B3) con 83,25 cm logro una diferencia significativa en relación al T5 (A2B2) con 65.5 cm de altura.

En la variable cantidad de vainas por planta, el A2(Con riego) obtuvo diferencia altamente significativa de 30 vainas por planta, en el tratamiento secundario el B3(08-20-10) con 31,25 vainas por planta fue estadísticamente superior a las demás formulaciones. En la variable cantidad de nodulaciones, en el tratamiento secundario formulación el B3(08-20-10) presentó diferencia significativa con relación a las demás formulaciones. En el rendimiento mediante el peso de los granos del cultivo, el T6(A2B3) con 3.355 kg/ha presentó diferencia altamente significativa con respecto al tratamiento T4 (A2B1) con 1.602 kg/ha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, R. (2007). *Fertilización de Cultivos de Granos y Pasturas*. Argentina: Facultad de Agronomía.
- Andriulo, A. (2010). *Guía de Buenas Prácticas para el Manejo de los Nutrientes N y P en la Pampa Ondulada*. Argentina: Autor.
- González, N. (2003). *Algunos elementos de juicio para interpretar el fenómeno de la nodulación en soja*. Recuperado de <http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/nodulacion.pdf>.
- Losada, V. A. (2005). *El Riego Fundamentos Teóricos*. Méjico: Mundi Prensa.
- Moyano, N.S., Moreno, M.T., y Cubero, J.I. (2004). *Las Leguminosas de Grano en la Agricultura Moderna*. España: Mundi Prensa Libros.

- Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2002). *Uso y manejo seguro de plaguicidas en Paraguay*: Autor.
- Palacios, V. E. (2002). *¿Por qué, cuándo, cuánto y cómo regar? Para lograr mejores cosechas*. Méjico: Trillas.
- Sánchez, P. A. (2004). *Cultivos Oleaginosos*. Méjico: Trillas.
- Zorita, M. D., y Duarte, G. A. (2004). *Manual Práctico para la Producción de la Soja*. Argentina: Hemisferio Sur.