PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

Ingeniería Agronómica

Efecto de P, S y N sobre la nodulación en el cultivo de soja en Arrecifes, provincia de Buenos Aires.

Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero Agrónomo

Autor: Rafaela Ramos Oleastro
Profesor Tutor: Ing. Agr. Inés Davérède, PhD
Fecha: 02 julio de 2019

Agradecimientos:

- A la familia Manzini por haberme permitido utilizar su propiedad y sus instalaciones para poder realizar el ensayo.
- A mi tutora de tesis Ing.Agr. Inés Davérède, quien me ayudó en todas las etapas desde el inicio al final, con excelente predisposición.
- A Fernando Perez Eseiza, Ailin Borracci, y Patricio Manzini por la ayuda brindada en la etapa de cosecha del ensayo.
- A mi familia por haberme brindado la oportunidad y las herramientas para estudiar Ingeniería Agronómica.
- Al Ing.Agr. Matias Muñoz por su ayuda constante en la etapa final y análisis del ensayo.

Indice

Portada……..
1. Introducción 5
2. Hipótesis:..... 7
3. Materiales y Métodos 7
3.1 Sitio Experimental..... 7
3.2 Diseño Experimental 7
3.3 Tratamientos..... 8
3.4 Precipitaciones durante el ensayo 8
3.5 Cosecha 8
3.6 Análisis Estadístico..... 9
4. Resultados y Discusión..... 9
4.1 Diámetro de Nódulos 9
4.2 Peso de Nódulos: 10
4.3 Cantidad de nódulos 11
5. Conclusiones 13
6. Bibliografía 14
7. Anexos..... 16
Tabla de Análisis de la Varianza..... 16
Tabla de Resultados 21
Fotos..... 22

1. Introducción

Hace muchos años que se está analizando el crecimiento de la población mundial, comenzando con la Teoría de Malthus publicada en el año 1803 que predijo que el crecimiento de la población va a ser más rápida que la posible oferta alimenticia que el mundo podría aportar, exceptuando que se tomen medidas tecnológicas para aumentar la producción de los alimentos. La FAO (2009), 200 años después, calculó que para lograr satisfacer la demanda de la población esperada para el 2050, la producción de alimentos debería aumentar un 70%, remarcando el aumento en la demanda de cereales a 3000 millones de toneladas para ese mismo año (La Nación, 2009). También reportó un aumento en la demanda de productos básicos agrícolas como maíz, trigo, colza y caña de azúcar con la producción de biocombustibles. Por lo tanto, es de suma importancia que se produzcan alimentos de manera eficiente, sustentable y de altos rindes. La Argentina es el primer exportador de harina y aceite de soja y prevé para la campaña 2018/2019 de soja una producción de 53 millones de toneladas. De esta manera, se destaca la importancia que tiene el cultivo a nivel mundial y país ya que aportaría 1,6% del PBI nacional (Bertello, 2018).

El cultivo de soja (*Glycine max)* se encuentra dentro de la familia Fabaceas, leguminosas, con un gran contenido de aceite y proteína. A su vez, es uno de los cultivos que tiene mayor requerimiento de nitrógeno (N). Como leguminosa, tiene la capacidad de fijar N de la atmosfera (FBN) mediante una asociación simbiótica con bacterias *Bradyrhizobium sp.*

El cultivo de soja debe acumular alrededor de 80kg de N por tonelada de grano producido (Salvagiotti, 2009). Además, no solo el N es un nutriente esencial para el cultivo, sino que también lo son el fósforo (P) y el azufre (S). Para producir una tonelada de soja, se requieren 8 kg de P y 7 kg de S (Garcia, 2005). A pesar de que el N es uno de los nutrientes más importante para los cultivos, el P es el segundo de suma importancia (Vence et al., 2000). El P tiene un rol fundamental en el crecimiento de la planta como la exploración radical, nodulación y en la FBN propiamente dicha (Singh et al., 2005; Schulze et al., 2006). Además, influye en el número, ubicación y tamaño de los nódulos generados, de manera que afecta la eficiencia de la FBN (Garcia, 2004). La deficiencia del N puede generar una reducción del área foliar, una disminución en el número de hojas, número de nódulos y ramas (Chaudhary et al., 2008). En cuanto al S, es un nutriente de menor importancia, pero en varias situaciones, el cultivo requiere importantes cantidades ya que tiene altos requerimientos de aminoácidos conteniendo S para la biosíntesis de proteínas en granos (Scherer y Lange, 1996). Como el metabolismo de N y S están asociados, una deficiencia de S provoca síntomas similares a los generados por una deficiencia nitrogenada (Fontanetto, 2011).

Los cultivos con capacidad de FBN tienen más susceptibilidad a la deficiencia del P y S que aquellos que no fijan N (Israel, 1987; Sulieman et al., 2013). De hecho, la deficiencia de P y S podría afectar la capacidad de nodulación directamente (Divito y Sadras, 2013). Esto se debe a los altos requerimientos que tienen las plantas con capacidad de FBN al necesitar altos contenidos de ATP para el funcionamiento de la enzima nitrogenasa que es crucial para la actividad de nódulos (Ribet y Drevon, 1995; Al-Niemi et al., 1997). Dicha enzima, es crítica en la simbiosis ya que es responsable de la transformación del N presente en la atmósfera en sustancias aprovechables para la planta.

El P tiene un rol en la biosíntesis de membranas, transmisión de señales y desarrollo general del nódulo. (Al- Niemi et al., 1997). En cuanto al S, además de estar relacionado con el contenido de la enzima nitrogenasa, influye en la cantidad de leghemoglobina que se encuentra dentro de nódulos cuya función es mantener los niveles de oxígeno bajos para evitar la inactivación de la enzima mencionada. (Becana et al, 2018). En consecuencia, se esperaría que ante un aporte de P y S aumente la eficiencia de nodulación. Los nódulos más eficientes son aquellos de mayor tamaño (mediano – grandes) que se ubican en la raíz principal durante los estadios V3-R6 (Perticari, INTA).

Hay distintas maneras de aportar N y esas son por fertilización nitrogenada e inoculación con las bacterias *Bradyrhizobium japónica* cuya asociación simbiótica aporta entre el 50-70% N de los requerimientos del cultivo siempre y cuando no haya alguna limitación ambiental (Salvagiotti et al., 2008). Los requerimientos restantes son extraídos del suelo, con posibles balances negativos de N en el suelo. Esto remarca la importancia de maximizar la FBN, teniendo en cuenta que existe una relación inversa entre la nodulación y el N disponible en el suelo (Salvagiotti et al., 2009).

El N absorbido por la planta al comienzo del desarrollo del cultivo es lento, pero cuando se encuentra en R1, es decir al inicio de floración, comienza a aumentar la tasa de absorción de N hasta el llenado de grano (Salvagiotti et al., 2009). El proceso de FBN es sensible a excesos y deficiencias hídricas en el cultivo (Salvagiotti et al., 2009).

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto de P y S aplicados conjuntamente en pre siembra y el agregado de N en V6 sobre el peso, diámetro y número de los nódulos tanto en las raíces laterales como en la principal, como indicadores de una buena simbiosis para lograr una exitosa FBN.

2. Hipótesis:

- La fertilización con P y S aumentará el número de nódulos en la raíz principal, el número de nódulos en las raíces secundarias, el tamaño de los nódulos en la raíz principal y el tamaño de los nódulos en las raíces laterales.

- La fertilización con N disminuirá la cantidad, tamaño y peso de los nódulos, ya sea en la raíz principal cómo en las raíces laterales.

3. Materiales y Métodos

3.1 Sitio Experimental

El ensayo se realizó en un Argiudol Típico de clase II, Serie Urquiza, en el establecimiento "San Alberto" que está situado a 30 km de Arrecifes, provincia de Buenos Aires, durante la campaña 2017/2018. La principal producción está destinada a la actividad agrícola. Se utiliza la técnica de siembra directa hace más de 20 años con un plan rotacional de cultivos de soja-trigo/soja-maíz con el fin de mantener la sustentabilidad de la empresa y lograr conservar los suelos como a su vez la rotación de fitosanitarios aplicados.

3.2 Diseño Experimental

El diseño fue en parcelas divididas en cuatro bloques al azar de tres variedades de soja y tres tratamientos, totalizando 36 unidades experimentales de 15 m^2. Las variedades se sembraron en franjas de 15m x 3m y los tratamientos se asignaron a las franjas, siendo las unidades experimentales de 5m x 3m. Las variedades fueron Biosoja 4.11 y Biosoja 4.51 de Bioceres Semillas y Don Mario 4612.

Previo a la siembra y para el barbecho corto, el 1 de septiembre se realizaron pulverizaciones terrestres con *RoundUp Control Max* (1,3 kg ha^{-1}), 2,4D al 50% (0,6L ha^{-1}) y metsulfurón (5 g ha^{1}). Luego, el 15 de octubre se volvió a realizar una aplicación con la misma dosis de RoundUp Control Max, 2,4D al 50% (0,8 L ha^{-1}), 120cc ha^{-1} de haloxifop, 100cc ha^{-1} de flumioxazin (*Sumisoya)* y 0,5L ha^{-1} de aceite vegetal. La función de la segunda aplicación fue la de preparar el terreno para la siembra del cultivo, con adecuada acumulación de agua, nutrientes y dejándolo libre de malezas tales como *Conyza bonaerensis y C. sumatriensis* ("Rama Negra"), *Sonchus oleraceus* y otras más. Se volvió a realizar otro control con insecticidas el primero de febrero ante la presencia de *Anticarsia sp.* y *Rachiplusia nu.*

3.3 Tratamientos

El 5 de octubre, 40 días previos a la siembra, se aplicó al voleo el P y S con una mezcla de 167 kg ha^{-1} de Superfosfato Simple y 100 kg ha^{-1} de Superfosfato Triple. Se aplicó a todas las parcelas salvo las parcelas testigo con las dosis que se mencionan en la Tabla 1. Las dosis duplicaron las de los productores de la zona, que típicamente no fertilizan con más de 15-20 kg P ha^{-1} y 10 kg S ha^{-1} (*Inés Davérède, com. pers.*).

Tabla 1: Dosis y Tratamientos utilizados en el ensayo.

Tratamiento	Aplicaciones y Dosis
I	testigo
II	35kg P ha^{-1} + 20 kg S ha^{-1}
III	35 kg P ha^{-1} + 20 kg S ha^{-1} + 138 kg N ha^{-1}

La siembra se realizó el 24 de noviembre con una sembradora Crucianelli Pionera con una distancia entre surcos de 35 cm, a una densidad de 400.000 pl ha^{-1} (para obtener a cosecha 360.000 pl ha^{-1}). Se realizó la fertilización nitrogenada con 300 kg de urea granulada de liberación lenta al voleo el 27 de diciembre, cuando el cultivo se encontraba en V6. A su vez, previo a la cosecha en R3, se aplicaron 10 mm de agua con una manguera para evitar un severo déficit hídrico antes del muestreo de plantas.

3.4 Precipitaciones durante el ensayo

La campaña 2017-2018 fue atípica ya que ocurrieron escasas precipitaciones. Se registraron desde la siembra a la cosecha solo 217 mm con las mayores precipitaciones en el mes de diciembre. Estas precipitaciones no cubrieron los requerimientos del cultivo, pudiendo haber afectado los resultados del ensayo.

3.5 Cosecha

Las plantas de cada unidad experimental se cosecharon el 2 de febrero, cuando el cultivo se encontraba en R3. Se seleccionó este estadio fenológico ya que la soja desarrolla la máxima cantidad de nódulos entre los estadios R1 y R5 al ser el período de mayor demanda de N y de mayor tasa de fijación biológica. Después de R5, los hidratos de carbono son destinados hacia los granos y los nódulos senescen.

Se seleccionaron 3 plantas al azar por cada tratamiento logrando obtener 36 muestras de plantas. La extracción de las plantas fue realizada con una pala ya que se debía dejar aproximadamente 15-20 cm de profundidad para lograr obtener toda la raíz sin dañarla. Luego fueron llevadas al laboratorio donde se separó la parte aérea de la raíz. Se

separaron los nódulos de la raíz principal y de las raíces laterales para realizar el conteo y a su vez se midió el diámetro de los mismos. Una vez hecho esto, se secaron las partes (raíz, nódulos de raíz principal y nódulos de raíces laterales) a 60°C hasta peso constante para pesarlos secos (Anexo). Luego se contaron y midieron las variables de interés tanto para la raíz principal como lateral; el peso de los nódulos, el conteo de los mismos y finalmente el diámetro.

3.6 Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza de las variables medidas de; peso, diámetro y número de los nódulos tanto en las raíces laterales como en la principal, con el programa Infostat con un error alfa de 0,05. Se utilizó el método de Tukey para identificar las variables con diferencias significativas.

4. Resultados y Discusión

Los tres tratamientos promediaron 16,3 nódulos en la raíz principal con un diámetro de 3,3 mm. Según Perticari (2016), en llenado de granos se deben encontrar entre 40 y 50 nódulos por planta, de los cuales 12 se deberían contar en la parte superior de la raíz primaria y deberían medir entre 6 y 8 mm. Los valores observados en este ensayo resultaron inferiores a los mencionados por Perticari, probablemente a causa de las condiciones de sequía durante el ensayo.

4.1 Diámetro de Nódulos

El diámetro promedio de los nódulos de la raíz principal superó en 0,8 mm a los de las raíces laterales. A pesar de haber hipotetizado que la adición de P y S aumentaría el diámetro de los nódulos, en la raíz principal no hubo diferencias significativas de este tratamiento con el testigo. La aplicación de N disminuyó el diámetro de los nódulos de la raíz principal un 13% (0,44 mm; p-valor: 0,0009, CV: 7,18), afirmando la segunda hipótesis. Es importante destacar que los nódulos de mayor tamaño son más deseables porque tienden a resistir más la sequía que los de menor tamaño debido a que poseen mayor permeabilidad (King y Purcell, 2001).

En cuanto a los nódulos de las raíces laterales, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, promediando 2,56 mm.

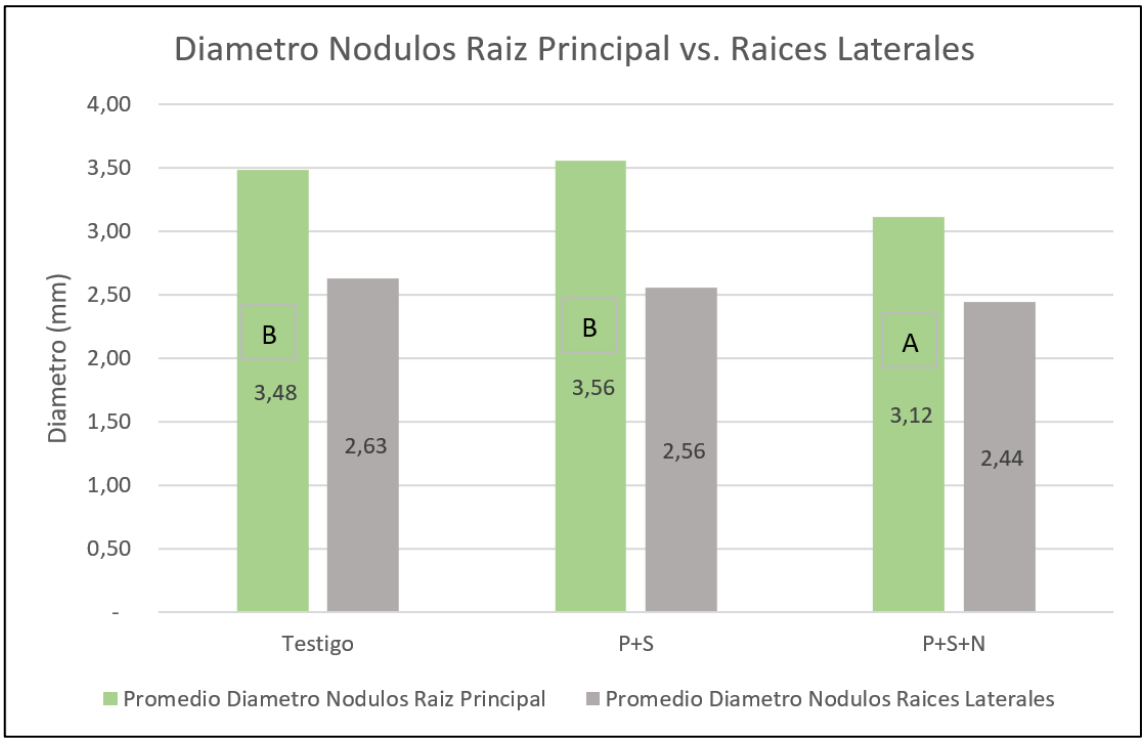

Figura 1: Promedio de resultados del diámetro de los nódulos para un cultivo de soja cultivado bajo condiciones de estrés hídrico en Arrecifes, provincia de Buenos Aires, en la campaña 2017/2018. (Testigo: Sin Aplicar; P+S: 35kg P ha^{-1} + 20 kg S ha^{-1}; P+S+N: 35kg P ha^{-1} + 20 kg S ha^{-1}+ 138 kg N ha^{-1}).

4.2 Peso de Nódulos:

El peso de los nódulos en la raíz principal no difirió entre el testigo y P+S, promediando 16 mg entre ambos (Fig. 2). El tratamiento testigo tampoco difirió del tratamiento P+S+N, promediando 13,2 mg. Por el contrario, el peso de los nódulos de la raíz principal del tratamiento P+S superó al tratamiento P+S+N en 5,5 mg o 49%, tal como se hipotetizó.

En cuanto al peso de los nódulos de las raíces laterales, la aplicación de P+S no aumentó el peso de los nódulos, pero la aplicación de urea sí lo disminuyó en 2.1 mg o 24% comparado al promedio entre los otros dos tratamientos (p-valor: 0,01; CV: 19%). La aplicación de 138kg N probablemente inhibió la actividad de fijación biológica y también el crecimiento de los nódulos (Salvagiotti, 2008).

Los nódulos de la raíz principal resultaron de mayor diámetro y a su vez de mayor peso que los de las raíces laterales. En el tratamiento P+S, los nódulos en la raíz principal superaron en 8,1 mg a aquellos presentes en las raíces laterales.

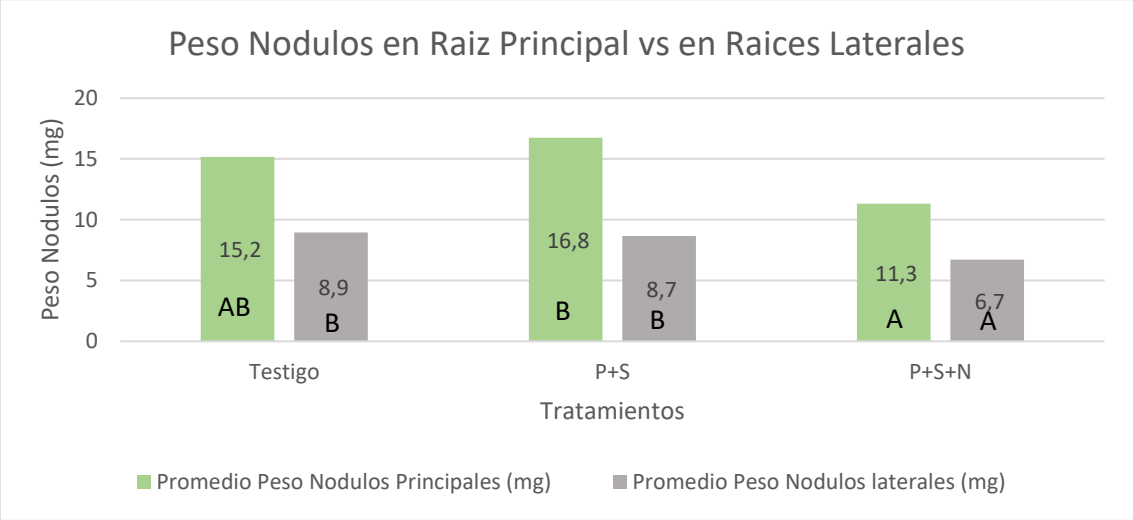

Figura 2: Promedio de resultados del peso de los nódulos para un cultivo de soja cultivado bajo condiciones de estrés hídrico en Arrecifes, provincia de Buenos Aires, en la campaña 2017/2018 (testigo: Sin Aplicar; P+S: 35kg P ha^{-1} + 20 kg S ha^{-1}; P+S+N: 35kg P ha^{-1} + 20 kg S ha^{-1}+ 138 kg N ha^{-1}).

4.3 Cantidad de nódulos

Se observaron 10% más de nódulos en las raíces laterales que en la raíz principal (Fig.3). Sin embargo, el peso de los nódulos y su diámetro fueron menores que en la raíz principal.

Como fue previsto, la aplicación de P y S promedió 19,3 nódulos en la raíz principal, un 22% más que el resto de los tratamientos (p-valor: 0,02), que no difirieron entre sí y promediaron 14,9 nódulos.

El número de nódulos en las raíces laterales fue un 72% mayor en el tratamiento P+S que en el tratamiento P+S+N, pero no hubo diferencias entre los tratamientos testigo y P+S+N y entre los tratamientos P + S y testigo.

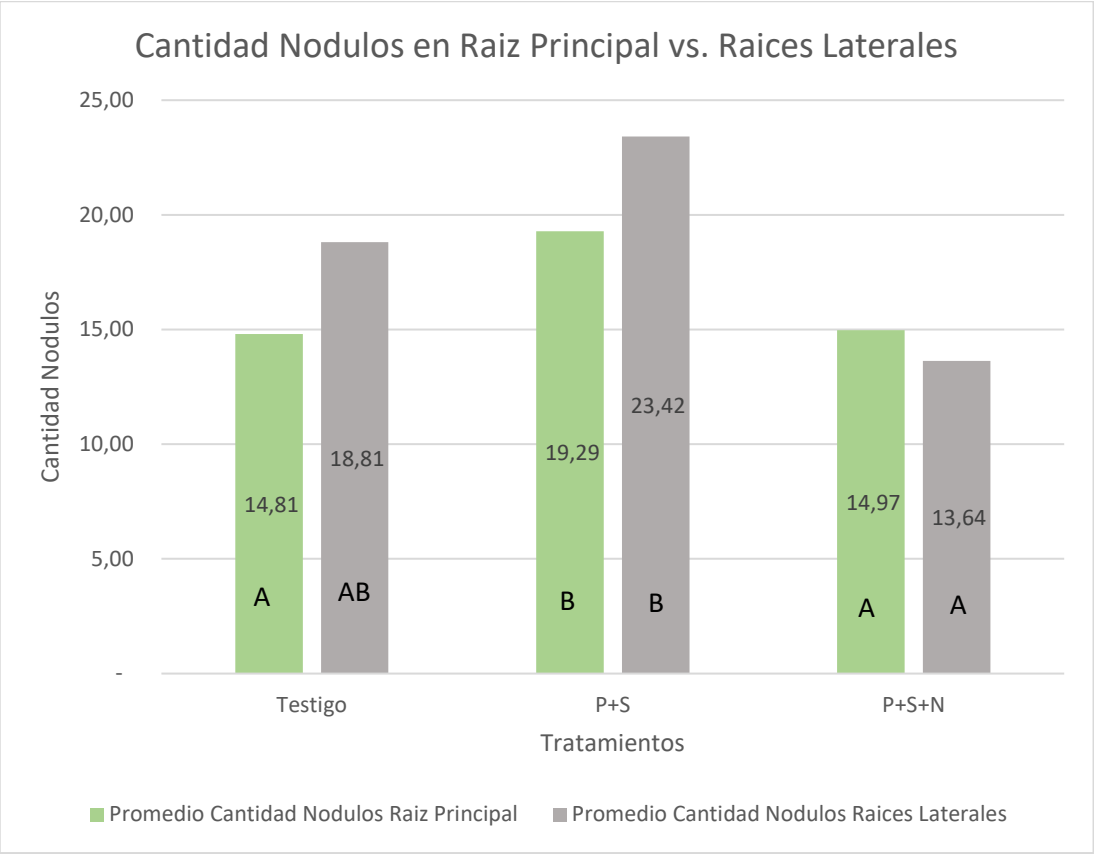

Figura 3: Promedio de resultados de la cantidad de los nódulos presentes para un cultivo de soja cultivado bajo condiciones de estrés hídrico en Arrecifes, provincia de Buenos Aires, en la campaña 2017/2018. (Testigo: Sin Aplicar; P+S: 35kg P ha^{-1} + 20 kg S ha^{-1}; P+S+N: 35kg P ha^{-1} + 20 kg S ha^{-1}+ 138 kg N ha^{-1}).

Es importante enfatizar que los nódulos que se conocen como los más “eficientes” según la FBN, son aquellos que son de mayor tamaño (medianos-grandes) y que se encuentran en la raíz principal durante los estadios de V3-R6. Los nódulos menos eficientes son aquellos que se encuentran en las raíces laterales de menor tamaño y tienden a detener la FBN antes de la floración (Perticari, INTA). Si las precipitaciones durante el ensayo hubieran sido normales, seguramente el número, diámetro y peso de los nódulos hubiera sido mayor.

5. Conclusiones

En un año en condiciones de baja oferta hídrica al cultivo de soja, la aplicación de una dosis alta de P y S no aumentó el peso de los nódulos de la raíz principal, como se había anticipado. La aplicación de 300 kg de urea en V6 sumada a la aplicación de P y S, sin embargo, produjo una merma en el peso de los nódulos de las raíces laterales como fue planteado en la segunda hipótesis.

La aplicación de P y S incrementó en 4,4 el número de nódulos en la raíz principal con respecto al resto de los tratamientos. El agregado de N al P+S redujo el número de nódulos, igualándolo al testigo. La cantidad de nódulos obtenidos en las raíces laterales siguió un patrón similar, aunque no hubo diferencias entre el testigo y el tratamiento P+S.

La aplicación de N en V6 tendió a disminuir el diámetro de los nódulos de la raíz principal mientras que con la aplicación de P y S no hubo diferencias significativas en comparación al testigo.

En síntesis, el agregado de N provocó una tendencia a la disminución del diámetro de los nódulos de la raíz principal y también el peso de los nódulos en las raíces laterales. Del mismo modo, el agregado de P + S aumentó la cantidad de nódulos en la raíz principal.

En un año seco, la aplicación de P + S aumentó el número de nódulos en la raíz principal y por lo tanto podríamos inferir que aumentó la FBN. Por otro lado, el agregado de N en V6 no resultó una práctica favorable para la FBN. Evidentemente, el ensayo se debería repetir en otros años para corroborar estos resultados.

6. Bibliografía

Abbasi, K. Majid, T. Waleed, A. Zaheer, A. Nasir, R. (2012). Soybean yield and chemical composition in response to phosphorus-potassium nutrition in Kashmir. Agronomy Journal.104: 1476-1484.

Becana, M. Wienkoop, S. Metamoros, M. (2018). Sulfur Transport and Metabolism in legume Root Nodules.Frontiers in Plant Science. 9:1434.

Chaudhary, M. Adu-Gyamfi, J. Saneoka,H. Nt, N. (2008).The effect of phosphorus deficiency on nutrient uptake, nitrogen fixation and photosynthetic rate mashbean, mungbean and soybean. Acta Physiol Plant.30: 537-544.

Diaz-Zorita, M. Fernandez Canigia, V. (1999). Patrones de nodulación de soja en relación con propiedades de suelos bajo tres sistemas de labranza. Revista Facultad de Agronomía N°104: 53-60.

Divito A, Sadras, V. (2013). How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes. Field Crops Research. 156: 161-171.

Fontanetto, H. (2004). Inoculación y fertilización con fosforo y azufre sobre la nodulación y los rendimientos de soja. Información técnica de cultivos de verano. Campaña 2004.INTA. N°102.http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/miscelaneas/102/misc102_p46.pdf

Fontanetto, H. Keller, O. Sillon, M. Albrecht, J. Giailevra, D. Negro, C. Belotti, L. (2011). Manejo de la Fertilización de la soja en regiones templadas. Publicación Miscelanea INTA. N°121.

Fontanetto, H. Diaz Zorita, M. Vivas, H. (2004). Inoculación y fertilización con fosforo y azufre sobre la nodulación y los rendimientos de soja. Publicación Miscelanea, INTA. N°102.

Fornasero, L. Toniutti, M. (2015). Evaluación de la nodulación y rendimiento del cultivo de soja con la aplicación de distintas formulaciones de inoculantes. Revista FAVE 14.

Garcia, F. (2005). Soja: Criterios para la fertilización del cultivo. Revista Informaciones Agronómicas del Cono Sur. N°27:2-3

Garcia, F. (2004). Soil Fertility management for soybean in Argentine. VII World Soybean Research Conference. IV International Soybean Proceeding and Utilization Conference; III congress Mundial de Soja (Brasilian Soybean Congress):392-399

Gates, C. Muller, J. (1979). Nodule and plant development in the soyabean, *Glycine max*. Merr. Growth response to nitrogen, phosphorus and sulfur. Australian Journal of Botany. 27:203-215.

Israel, D. (1987). Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. Plant Physiol. 84: 835-840.

King, A. Purcell, L. (2001). Soybean nodule size and relationship to nitrogen fixation response to water deficit. Crop Science.41:1099-1103.

La Nación. (2018). Estima la FAO que se deberá producir un 70% más de alimentos para 2050. La Nación. https://www.lanacion.com.ar/economia/estima-la-fao-que-se-debera-producir-un-70-mas-de-alimentos-para-2050-nid1177960.

La Nación. (2018). Prevén una cosecha récord con exportaciones extra por US$5200 millones. Enero, 2018. https://www.lanacion.com.ar/2175670-preven-cosecha-record-del-campo-exportaciones-extras.

Perticari, A. (2016). El aporte de la fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de soja en Argentina. EEAA Oliveros. Para mejorar la producción. 54:145-150.

Perticari, A. (2016). Impacto de la fijación biológica de nitrógeno en la producción de soja.Fertilizando.http://www.fertilizando.com/articulos/Impacto%20Fijacion%20Biologica%20Nitrogeno%20en%20Produccion%20de%20Soja.asp

Ribet J, Drevon J. (1995).Increase in permeability to oxygen and in oxygen uptake of soybean nodules under limiting phosphorus nutrition. Physiol. Plant 94: 298-304.

Salvagiotti, F. Capurro, J. Enrico, JM. (2009).El manejo de la nutrición nitrogenada en soja. EEA Oliveros, INTA.

Salvagiotti, F. Cassman, K. Specht, J. Walters, D. Weiss, A. Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans. Field crops research. 108:1-13.

Salvagiotti, F. Guglielmone, P. (2015). La fijación biológica de nitrógeno, un avance en clave ambiental para optimizar los rindes en la soja. INTA.https://inta.gob.ar/documentos/la-fijacion-biologica-de-nitrogeno-un-avance-en-clave-ambiental-para-optimizar-los-rindes-en-la-soja

Scherer, H. Lange, A. (1996). N2 fixation and growth of legumes as affected by Sulphur fertilization. Biology Fertility Soils.23: 449-453.

Schulze, J. Temple, G. Temple, S. Beschow, H. Vance, C. (2006). Nitrogen Fixation by White Lupin under Phosphorus Deficiency. Annals of Botani. 98: 731-740.

Singh, K. Ali, M. Srinivasarao, C. (2005). Root growth, nodulation, grain yield, and phosphorus use efficiency of lentil as influenced by phosphorus, irrigation, and inoculation. Soil Sci. Plant Anal. 36:1919–1929.

7. Anexos

Tabla de Análisis de la Varianza

Cantidad Nódulos Raíz Principal

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cantidad Nodulos Raiz Prin..	36	0.48	0.33	27.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	506.54	8	63.32	3.12	0.0124
VARIEDAD	286.72	2	143.36	7.07	0.0034
TRATAMIENTO	173.77	2	86.88	4.29	0.0242
VARIEDAD*TRATAMIENTO	75.25	4	18.81	0.93	0.4622
Error	547.17	27	20.27		
Total	1053.71	35			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.56736

Error: 20.2657 gl: 27

VARIEDAD	Medias	n	E.E.		
2	12.77	13	1.26	A	
1	17.17	11	1.37	A	B
3	19.44	12	1.30		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.55675

Error: 20.2657 gl: 27

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
1	14.80	12	1.30	A	
3	14.97	12	1.30	A	
2	19.61	12	1.33		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=10.78960

Error: 20.2657 gl: 27

VARIEDAD	TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
2	3	9.25	4	2.25	A	
2	1	11.67	4	2.25	A	B
1	1	14.25	4	2.25	A	B
1	3	16.00	4	2.25	A	B
2	2	17.40	5	2.01	A	B
3	1	18.50	4	2.25	A	B
3	3	19.67	4	2.25	A	B
3	2	20.17	4	2.25		B
1	2	21.28	3	2.60		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cantidad Nódulos Raíces Laterales

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cantidad Nódulos Raíces La..	36	0.33	0.14	41.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	788.86	8	98.61	1.69	0.1474
VARIEDAD	162.12	2	81.06	1.39	0.2671
TRATAMIENTO	585.79	2	292.90	5.01	0.0141
VARIEDAD*TRATAMIENTO	59.44	4	14.86	0.25	0.9045
Error	1578.16	27	58.45		
Total	2367.02	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.75672

Error: 58.4504 gl: 27

VARIEDAD	Medias	n	E.E.	
2	15.82	13	2.13	A
3	19.39	12	2.21	A
1	20.86	11	2.33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.73870

Error: 58.4504 gl: 27

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
3	13.64	12	2.21	A	
1	18.81	12	2.21	A	B
2	23.62	12	2.26		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=18.32391

Error: 58.4504 gl: 27

VARIEDAD	TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
2	3	10.08	4	3.82	A
2	1	14.50	4	3.82	A
1	3	15.08	4	3.82	A
3	3	15.75	4	3.82	A
3	1	19.75	4	3.82	A
1	1	22.17	4	3.82	A
3	2	22.67	4	3.82	A
2	2	22.87	5	3.42	A
1	2	25.33	3	4.41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Diámetro Nódulos Raíces Laterales

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Diámetro Nódulos Raíces La..	36	0.32	0.11	11.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.05	8	0.13	1.57	0.1818
VARIEDAD	0.63	2	0.32	3.76	0.0363
TRATAMIENTO	0.22	2	0.11	1.30	0.2897
VARIEDAD*TRATAMIENTO	0.21	4	0.05	0.61	0.6579
Error	2.27	27	0.08		
Total	3.33	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29439

Error: 0.0842 gl: 27

VARIEDAD	Medias	n	E.E.		
3	2.41	12	0.08	A	
1	2.50	11	0.09	A	B
2	2.72	13	0.08		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29370

Error: 0.0842 gl: 27

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3	2.44	12	0.08	A
2	2.54	12	0.09	A
1	2.64	12	0.08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.69544

Error: 0.0842 gl: 27

VARIEDAD	TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3	3	2.18	4	0.15	A
1	3	2.42	4	0.15	A
3	2	2.45	4	0.15	A
1	2	2.46	3	0.17	A
3	1	2.59	4	0.15	A
1	1	2.61	4	0.15	A
2	2	2.70	5	0.13	A
2	1	2.71	4	0.15	A
2	3	2.74	4	0.15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Diámetro Nódulos Raíz Principal

Variable	N	R²	R² Aj	CV	
Diámetro Nódulos Raíz Prin..	36	0.54	0.41	9.39	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.22	8	0.40	3.99	0.0031
VARIEDAD	1.07	2	0.53	5.28	0.0116
TRATAMIENTO	1.38	2	0.69	6.81	0.0040
VARIEDAD*TRATAMIENTO	0.81	4	0.20	2.01	0.1207
Error	2.73	27	0.10		
Total	5.95	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32245

Error: 0.1010 gl: 27

VARIEDAD	Medias	n	E.E.		
3	3.19	12	0.09	A	
1	3.38	11	0.10	A	B
2	3.60	13	0.09		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32170

Error: 0.1010 gl: 27

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
3	3.12	12	0.09	A	
1	3.48	12	0.09		B
2	3.57	12	0.09		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.76174

Error: 0.1010 gl: 27

VARIEDAD	TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
1	3	2.98	4	0.16	A		
3	3	3.06	4	0.16	A	B	
3	2	3.14	4	0.16	A	B	C
1	1	3.30	4	0.16	A	B	C
2	3	3.31	4	0.16	A	B	C
3	1	3.37	4	0.16	A	B	C
2	2	3.71	5	0.14	A	B	C
2	1	3.78	4	0.16		B	C
1	2	3.86	3	0.18			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Peso Individual Nódulos Raíz principal

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso Individual Nódulos Ra..	36	0.38	0.20	27.27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2.6E-04	8	3.2E-05	2.07	0.0751	
VARIEDAD	3.7E-05	2	1.9E-05	1.20	0.3168	
TRATAMIENTO	1.9E-04	2	9.3E-05	6.03	0.0069	
VARIEDAD*TRATAMIENTO	3.0E-05	4	7.5E-06	0.48	0.7477	
Error	4.2E-04	27	1.5E-05			
Total	6.7E-04	35				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00399

Error: 0.0000 gl: 27

VARIEDAD	Medias	n	E.E.	
1	0.01	11	1.2E-03	A
3	0.01	12	1.1E-03	A
2	0.02	13	1.1E-03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00398

Error: 0.0000 gl: 27

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
3	0.01	12	1.1E-03	A	
1	0.02	12	1.1E-03	A	B
2	0.02	12	1.2E-03		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00942

Error: 0.0000 gl: 27

VARIEDAD	TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.
1	3	0.01	4	2.0E-03	A	
3	3	0.01	4	2.0E-03	A	
2	3	0.01	4	2.0E-03	A	
1	1	0.01	4	2.0E-03	A	
3	1	0.02	4	2.0E-03	A	
3	2	0.02	4	2.0E-03	A	
2	1	0.02	4	2.0E-03	A	
2	2	0.02	5	1.8E-03	A	
1	2	0.02	3	2.3E-03	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Peso Individual Raíces Lat

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Peso Individual Raíces Lat..	36	0.60	0.48	19.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.1E-04	8	1.4E-05	5.07	0.0006
VARIEDAD	6.5E-05	2	3.2E-05	12.13	0.0002
TRATAMIENTO	2.7E-05	2	1.3E-05	4.96	0.0147
VARIEDAD*TRATAMIENTO	1.7E-05	4	4.3E-06	1.59	0.2044
Error	7.2E-05	27	2.7E-06		
Total	1.8E-04	35			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00166

Error: 0.0000 gl: 27

VARIEDAD	Medias	n	E.E.		
1	0.01	11	5.0E-04	A	
3	0.01	12	4.7E-04	A	
2	0.01	13	4.6E-04		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00166

Error: 0.0000 gl: 27

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
3	0.01	12	4.7E-04	A	
2	0.01	12	4.8E-04		B
1	0.01	12	4.7E-04		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00392

Error: 0.0000 gl: 27

VARIEDAD	TRATAMIENTO			Medias	n	E.E.		
1	3	0.01	4	8.2E-04	A			
3	3	0.01	4	8.2E-04	A	B		
1	1	0.01	4	8.2E-04	A	B	C	
1	2	0.01	3	9.4E-04	A	B	C	
3	1	0.01	4	8.2E-04	A	B	C	

3	2	0.01	4	8.2E-04	A	B	C
2	2	0.01	5	7.3E-04		B	C
2	3	0.01	4	8.2E-04			C
2	1	0.01	4	8.2E-04			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla de Resultados

VARIEDAD	TRATAMIENTO	BLOQUE	Parcela	Peso Raiz	Peso Nodulos Principales	Peso Nodulos laterales (g)	Cantidad Nodulos Raiz Principal	Cantidad Nodulos Raices Laterales
2	2	1	1	1,59	0,37	0,33	19,33	30,00
3	1	1	2	1,53	0,17	0,12	10,33	14,67
1	3	1	3	1,51	0,14	0,06	17,00	16,33
1	2	2	4	2,13	0,54	0,28	26,50	37,33
3	1	2	5	1,32	0,21	0,11	24,33	15,33
2	1	2	6	1,02	0,04	0,08	4,67	9,00
3	3	3	7	1,18	0,28	0,08	18,33	12,67
1	1	3	8	1,56	0,23	0,12	14,33	17,67
2	3	3	9	1,45	0,15	0,12	9,33	11,33
1	3	4	10	1,75	0,17	0,06	20,00	10,33
3	1	4	11	1,35	0,32	0,25	18,00	26,33
2	3	4	12	1,87	0,06	0,06	5,67	9,00
2	3	1	13	1,03	0,16	0,09	12,33	12,00
3	2	1	14	0,96	0,23	0,22	19,33	23,33
1	1	1	15	1,15	0,18	0,15	10,33	17,33
1	1	2	16	1,55	0,07	0,08	10,33	11,00
3	2	2	17	1,44	0,18	0,2	14,00	21,00
2	3	2	18	1,60	0,14	0,11	9,67	8,00
3	1	3	19	1,23	0,37	0,21	21,33	22,67
2	2	3	20	1,48	0,26	0,19	15,67	19,00
2	1	3	21	1,28	0,2	0,12	10,33	9,33
1	2	4	22	1,68	0,33	0,16	16,33	18,67
3	2	4	23	1,20	0,5	0,21	21,67	24,00
2	1	4	24	2,10	0,27	0,25	16,67	29,00
2	1	1	25	1,54	0,33	0,13	15,00	10,67
3	3	1	26	0,96	0,2	0,06	21,00	10,00
1	2	1	27	1,53	0,27	0,14	21,00	20,00
1	3	2	28	1,90	0,07	0,07	7,67	19,33
3	3	2	29	1,79	0,15	0,06	19,00	16,33
2	2	2	30	1,47	0,34	0,21	18,67	27,67
3	2	3	31	1,01	0,32	0,15	25,67	22,33
1	3	3	32	1,24	0,21	0,08	19,33	14,33
2	2	3	33	1,14	0,26	0,1	18,00	11,67
1	1	4	34	1,94	0,34	0,34	22,00	42,67
3	3	4	35	1,34	0,25	0,18	20,33	24,00
2	2	4	36	1,85	0,29	0,24	15,33	26,00

Fotos

Foto 1: Raíces de una planta de soja recién cosechada en R3, donde están visibles sus nódulos en Arrecifes, provincia de Buenos Aires, campaña 2017-2018.

Foto 2: Nódulos del cultivo de Soja, separados de su raíz para realizar el conteo y medición del diámetro.

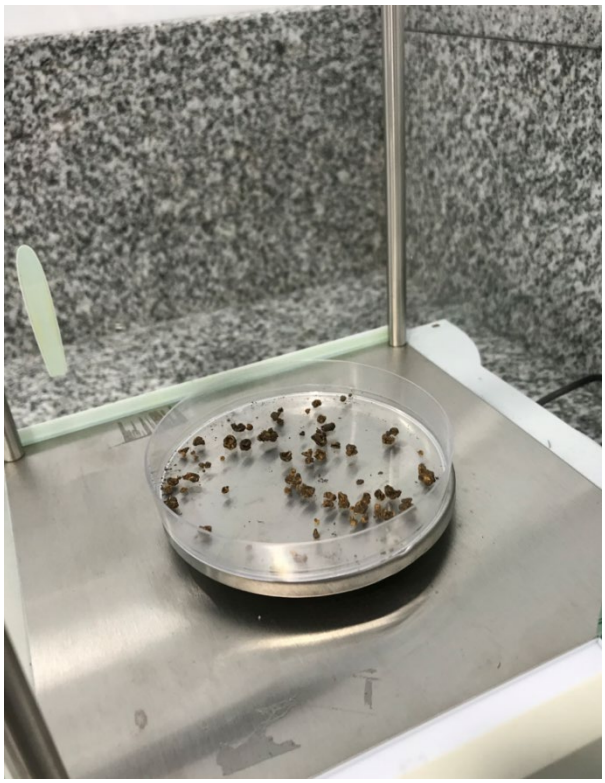

Foto 3: Nódulos en balanza para ser pesados y obtener un valor promedio. B