



Aplicación de diferentes dosis de molibdeno sobre la producción de la soja (*Glycine max* L.)

Application of different doses of molybdenum on soybean production (*Glycine max* L.)

Lourdes Romina Encina Espinola

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Privada del Este, Paraguay

0009-0005-6429-5092 | encinalourdes1@gmail.com

Diana Lisset Doldán Franco

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Privada del Este, Paraguay

0009-0009-9516-967X | dianadoldanfranco99@gmail.com

Balbino Rodas

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Privada del Este, Paraguay

0009-0004-2400-4855 | balbino.rodas1616@gmail.com

Ariel Aguilera Portillo

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Privada del Este, Paraguay

0009-0004-2947-6878 | arielaguileraportillo2017@gmail.com

Resumen

El cultivo de la soja es uno de los rubros, conjuntamente con el maíz, trigo entre otros más importante en la agricultura paraguaya, siendo el principal en la generación de divisas del país y de mayor peso para la economía nacional. En los últimos años la fertilización foliar constituye una de las técnicas muy utilizadas debido a su efectividad y eficiencia, para suplir las necesidades de micronutrientes. La presente investigación se realizó con el objetivo de analizar los efectos de diferentes dosis de Molibdeno y su relación sobre los parámetros de crecimientos y rendimiento del cultivo de soja (*Glycine max* L.), siendo conducida en el distrito de Santa Fe del Paraná, Alto Paraná, en una propiedad privada, en la que se utilizó el diseño experimental de bloques completamente aleatorio con 5 dosis de molibdeno y 4 repeticiones, totalizando 20 unidades experimentales. Los tratamientos fueron; T1 testigo, T2 0,150 l ha⁻¹, T3 0,250 l ha⁻¹, T4 0,350 l ha⁻¹, T5 0,450 l ha⁻¹ de Molibdeno aplicado en el estado fenológico V4. Las variables evaluadas son altura de planta, número de vainas por planta, peso de mil granos y rendimiento de granos. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), a través del cual se constató que ninguna de las cuatro variables presentó resultados estadísticos significativos. Los rangos de altura de plantas fueron de 1,07 a 1,13 m; vainas por planta 82,43 a 88,00 unidades; peso de mil granos de 137 a 144 g y rendimiento por hectárea de 2662,5 a 2789,6 kg. La altura de planta número de vainas por planta, peso de mil semillas y rendimiento no fueron afectado por la utilización de molibdeno vía foliar aplicado en el estadio V4.

Palabras clave: fertilización, vainas, rendimiento.

Aplicación de diferentes dosis de molibdeno sobre la producción de la soja (*Glycine max* L.)

Abstract

Soybean cultivation, along with corn and wheat, is one of the most important crops in Paraguayan agriculture. It is the country's main source of foreign currency and a key contributor to the national economy. In recent years, foliar fertilization has become a widely used technique due to its effectiveness and efficiency in meeting micronutrient needs. This research was carried out with the objective of analyzing the effects of different doses of Molybdenum and its relationship on the growth and yield parameters of the soybean crop (*Glycine max* L.), being conducted in the district of Santa Fe del Paraná, Alto Paraná, in a private property, in which the experimental design of completely randomized blocks was used with 5 doses of molybdenum and 4 repetitions, totaling 20 experimental units. The treatments were: T1 control, T2 0.150 l ha⁻¹, T3 0.250 l ha⁻¹, T4 0.350 l ha⁻¹, T5 0.450 l ha⁻¹ of Molybdenum applied at the V4 phenological stage. The variables evaluated were plant height, number of pods per plant, thousand-grain weight and grain yield. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA), through which it was found that none of the four variables presented statistically significant results. Plant height ranged from 1.07 to 1.13 m; pods per plant, 82.43 to 88.00 pods; thousand-kernel weight, 137 to 144 g; and yield per hectare, 2662.5 to 2789.6 kg. Plant height, number of pods per plant, thousand-grain weight and yield were not affected by the use of foliar molybdenum applied at the V4 stage.

Key Words: fertilization, pods, yield

Introducción

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la producción mundial de soja proyectada para el cierre de la campaña 2024/25 se situaría en 425,40 millones de toneladas, lo que representa un incremento de 30,67 millones de toneladas en comparación con la campaña previa. Paraguay bajó dos lugares tanto en el ranking mundial de productores como de exportadores de soja, por lo que se posiciona como el octavo mayor productor y el sexto mayor exportador del grano (CAPECO, 2023).

El molibdeno (Mo) es muy importante para la fijación biológica de nitrógeno por formar parte de la enzima nitrogenasa, esto sintetizada por bacterias en la simbiosis. El Mo es considerado uno de los elementos esenciales para las plantas (Martens y Westermann 1991).

Melgar (2011), afirma que se necesita de una adecuada disponibilidad de molibdeno en el suelo para que el proceso de fijación ocurra, su función es doble ya que se requiere en la planta y para la fijación biológica del nitrógeno. Ciampitti y Garcia (2007), comentaron que el molibdeno pese a los requerimientos bajos por unidad de rendimiento es esencial, que oscilan a los 7g por tonelada de rendimiento, sin embargo, las plantas pueden tolerar altas concentraciones de este nutriente llegando hasta los 1 g/kg de materia seca.

La presente investigación tiene como objetivo estudiar el efecto de diferentes dosis de molibdeno aplicado en forma foliar sobre la producción de soja, mientras que los objetivos específicos son analizar la altura de planta (AP), cantidad de vaina (CV), peso de mil semillas (PMS) y rendimiento (R).

Metodología

El experimento se llevó a cabo en la colonia Paraguasil, perteneciente al distrito de Santa Fe del Paraná, localizada en el departamento del Alto Paraná, cuyas coordenadas son 25°11'09.3"S 54°40'56.6"W. La parcela está ubicada a unos 50 km de Ciudad del Este y a 15km de la supercarretera Itaipú.

El suelo de la zona corresponde a la textura arcillosa del orden Oxisol, suborden Udox y subgrupo Rhodic Acrudox, se caracterizan por ser suelos profundos, de color rojo, poseen una alta permeabilidad que pueden considerarse como altamente resistentes a la erosión hídrica, pendientes suaves. La fertilidad es baja, aunque tiene una moderada capacidad de intercambio catiónico, pero con buenas propiedades físicas (López et al., 1995). Los principales resultados de análisis de suelos fueron pH, 5,7; calcio 5,4 cmolc dm⁻³, magnesio 1,8 cmolc dm⁻³, fósforo, 33,2 mg dm⁻³, potasio 0,39 cmolc dm⁻³.

El tipo de clima de la zona es el subtropical húmedo, se destaca por presentar temperatura media anual que oscila entre 21 y 22 °C y una precipitación media anual alrededor de 1650 a 1700 mm (Huespe et al., 1995).

Aplicación de diferentes dosis de molibdeno sobre la producción de la soja (*Glycine max L.*)

La investigación es de carácter experimental con un diseño de bloques completos al azar, que constó de 5 dosis de molibdeno con 4 repeticiones, totalizando 20 unidades experimentales; cada unidad experimental tuvo una dimensión de 6 metros de largo y 4 metros de ancho, totalizando 24 m², siendo la parcela útil de 12 m², la dimensión total de la parcela fue de 646 m².

Los tratamientos se basaron en aplicaciones foliares al cultivo de soja Tabla 1. La concentración del Molibdeno en el producto fue de 20,25%. Las dosis utilizadas fueron establecidas a partir de las recomendaciones del producto para el cultivo de soja; 0,250-0,300 l ha⁻¹.

Dichas aplicaciones fueron realizadas en el estado vegetativo V4, teniendo en cuenta las recomendaciones de Moraes et al., (2008), quienes observaron que en la etapa vegetativa V4 se produjeron aumentos significativos en la soja tras la aplicación foliar de molibdeno.

Tabla 1. Dosis Molibdeno, aplicado al cultivo de soja. UPE-2024.

Tratamientos	Dosis de Molibdeno (l ha ⁻¹)
T 1	0
T 2	0,150
T 3	0,250
T 4	0,350
T 5	0,450

Se procedió a la aplicación a través de una mochila pulverizadora con presión de 3 bar, pico de color amarillo, con un ángulo de 110 grados (grado de inclinación), el caudal utilizado fue 150 l/ha y el tamaño de gotas 226 a 335 micras, para evitar derivas se tuvo en cuenta la velocidad del viento, que en dicho momento fue de 3km/h.

La variedad utilizada fue la M 5947 Ipro, que se caracteriza por su buena capacidad de ramificación, sistema radicular vigoroso, excelente comportamiento al estrés hídrico y arquitectura erecta de planta. Su ciclo es de aproximadamente 125 días. El color de la floración es purpura, presenta resistencia al Cancro del tallo (*Diaporthe* spp), resistencia moderada a la Mancha de ojo de rana (A.C. *Cercospora* sojina) y resulta susceptible a *Phytophthora*.

La siembra fue posterior a la cosecha del cultivo de trigo, en fecha 24 de octubre del año 2022, se realizó a través de maquinarias con una separación de 45 cm entre hileras y 10 cm entre plantas, totalizando una densidad de plantas de 222.222 por hectárea.

Las malezas fueron controladas de manera manual en los primeros 20 a 80 días, según la frecuencia de aparición y evitando que estas generen competencia con el cultivo. Los Productos como fungicidas e insecticidas se aplicaron de forma mecanizada, según el tipo de plaga presente, su incidencia y de acuerdo con el nivel de daño detectado, a continuación, se mencionan los productos aplicados en V3 se aplicó Glifosato 1.5 kg ha⁻¹ – Cletodin 0.8 l ha⁻¹ – aminoácido 0.8 l ha⁻¹. En V6: Difeconazole 0.5 l ha⁻¹, en R2: Fungicida bixafren, protioconazole y trifloxistrobin 0.5 l ha⁻¹– Mancozeb 1.5 kg ha⁻¹ y fosfito de cobre 0.4l ha⁻¹, mientras que en R4 se aplicaron Fenpropimorf 300ml ha⁻¹ – Insecticida Bifentrin + thiametoxan 300 ml ha⁻¹. En R6: Fungicida Picostrobin + Ciproconazole 300 ml/ha Insecticida Imidacloprid + lamdacialotrina 300 ml ha⁻¹ en R8: Herbicida Paraquat 2.7 l ha⁻¹.

Una vez que la soja alcanzo la madurez fisiológica se realizó la cosecha de manera manual, aproximadamente a los 125 días después de la siembra. Las variables del estudio se recabaron en la cosecha, teniendo en cuenta la parcela útil, utilizando cinta métrica, balanza de precisión y para separar las vainas y semillas se utilizaron bolsas de plásticos identificadas con el tratamiento y la repetición.

Las vainas fueron cuantificadas, tomando 15 plantas al azar de la parcela útil y contando, realizando esto en cada parcela.

Para la medición de la altura, al momento de la cosecha fueron tomadas al azar 15 plantas de cada parcela útil, los resultados arrojados fueron expresados en centímetros. Con ayuda de una cinta métrica se procedió a medir desde al ras de suelo hasta la yema apical de la planta.

Con la ayuda de una balanza de precisión, se procedió a pesar 1000 granos que fueron extraídos al azar de cada parcela útil, posteriormente la medida fue expresada en gramos.

Para definir el rendimiento por hectárea, se pesó los granos cosechados de la parcela útil, calculado con la conversión en kg/ha, teniendo en cuenta la humedad, ajustada a 14%.

Los datos recolectados fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA) del diseño bloque completo al azar, utilizando el programa INFOSTAT.

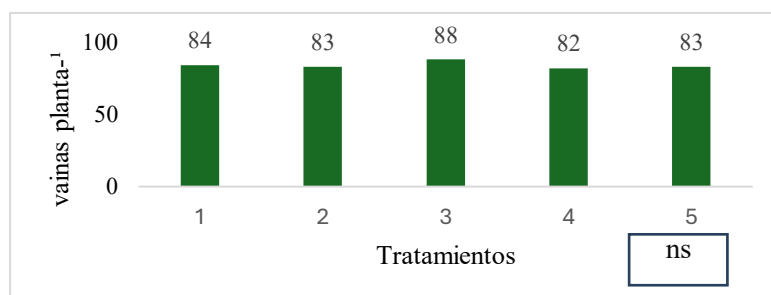
Aplicación de diferentes dosis de molibdeno sobre la producción de la soja (*Glycine max L.*)

Resultados

En esta parte se presentan los resultados de todas las variables estudiadas, AP, VP, PMS y R de semillas mediante representaciones gráficas a fin de facilitar la interpretación de estos.

Conforme al ANOVA, se observa que no existió diferencia significativa entre los tratamientos en cantidad de vainas por planta, que estuvo entre 82 y 88 unidades, ver Figura 1, con un coeficiente de variación de 7,12%,

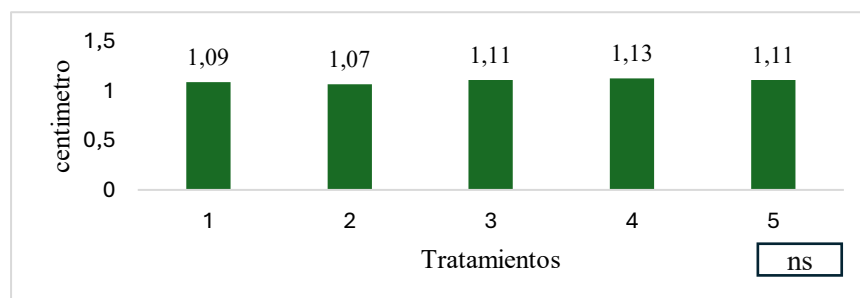
Figura 1. Vaina por planta de soja (*Glycine max L.*), aplicando diferentes dosis de Molibdeno. Ciudad de Santa Fe del Paraná – Paraguay 2023.



ns: No Significativo ($p > 0,05$)

Según la Figura 2, se observa que, de acuerdo con el ANOVA, no existió diferencias significativas para la variable AP, que estuvo entre 1,07 y 1,13 metros, con un coeficiente de variación de 4,09%.

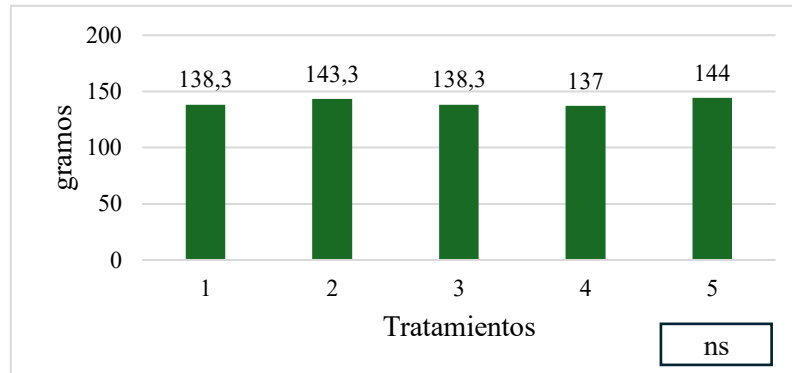
Figura 2. Altura de la planta de soja (*Glycine max L.*), obtenidas mediante la aplicación de diferentes dosis de Molibdeno. Ciudad de Santa Fe del Paraná – Paraguay 2023.



ns: No significativo ($p > 0,05$)

De acuerdo con el ANOVA, no existió diferencias significativas entre los tratamientos en relación al peso de 1000 semillas por que el p-valor es mayor a 0,05 y con un CV: 3 %. Según la Figura 3 oscilo entre 137 y 144 gramos.

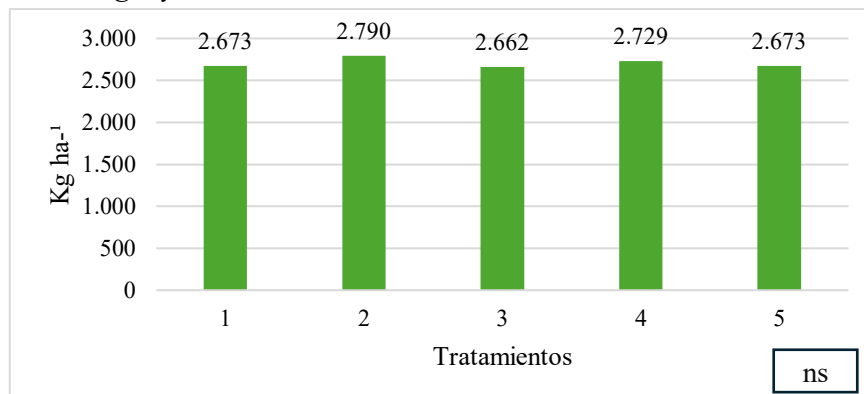
Figura 3. *Peso de 1000 granos de soja (Glycine max L.), obtenidas mediante la aplicación de diferentes dosis de Molibdeno. Ciudad de Santa Fe del Paraná – Paraguay 2023.*



ns: No significativo ($p > 0,05$)

Los datos de la Figura 4, conforme al ANOVA, demuestran que no existió diferencias significativas entre los tratamientos en la variable de rendimiento de grano de soja, con CV: 10%.

Figura 4. *Valores de variable de rendimiento de soja por hectárea (Glycine max L.), obtenidas mediante la aplicación de diferentes dosis de Molibdeno. Ciudad de Santa Fe del Paraná – Paraguay 2023.*



ns: No significativo ($p > 0,05$)

Aplicación de diferentes dosis de molibdeno sobre la producción de la soja (*Glycine max L.*)

Discusión

En relación al número de vaina no hubo efecto del molibdeno, generalmente este parámetro está muy relacionado con la variedad, los resultados coinciden con lo descrito por Marcondes y Caires (2005), quienes no encontraron incremento en el número de vainas por planta cuando se aplicó molibdeno en dosis de 0 y 48 g ha⁻¹. Del mismo modo Nascimento (2004), no observó la influencia de Mo sobre la cantidad de vainas por planta. Igualmente, Soratto (2000), estudiando el comportamiento de la leguminosa bajo la aplicación de Mo foliar, verificó que hubo efecto significativo en el número de vainas por planta.

La altura de planta no fue afectada por la aplicación de diferentes dosis de molibdeno, dicho resultado difiere de Milani (2008), en donde observó que la altura de la planta varió significativamente, la diferencia que se aplicó en R5.2 y R5.4.

Con respecto a peso de mil semillas, tampoco se encontró diferencia significativa, lo que difiere de Barbosa et al. (2005), que en sus estudios realizados encontraron resultados positivos respecto a la aplicación de Mo en el peso de 1000 granos, a partir de semillas tratadas con el mismo y aplicación foliar, efectuado en dos años consecutivos y con diferentes variedades.

El rendimiento promedio fue de 2.705 kg ha⁻¹, la aplicación foliar de molibdeno no afectó a dicha variable, contrariamente a los resultados obtenidos, Amorim et al. (1997), encontraron que a través de la aplicación foliar de Mo ha sido posible aumentar el rendimiento de la soja. Del mismo modo, Berger et al. (1996) comprobaron que la dosis foliar de 80 y 90 g ha⁻¹ de Mo proporciona mayor rendimiento en las leguminosas y que el mejor momento para su aplicación está entre los 14 y 28 días después de la emergencia (V2 -V3).

Asimismo, Polvani (2012), también agrega que la ganancia de productividad fue progresiva con fertilización foliar utilizando la dosis de 20 g. ha⁻¹ de Mo, donde obtuvieron un aumento de 600 kg ha⁻¹ con fertilización foliar, en comparación con el testigo.

Conclusión

Generalmente la aplicación de molibdeno es más eficiente cuando se aplica vía semillas, en este caso en particular la aplicación vía foliar no afectó las variables evaluadas, cantidad de vainas por plantas, altura de planta, peso de mil semilla y rendimientos de la soja.

Para la soja el molibdeno es un micronutriente esencial, por lo que requiere de una cantidad adecuada para ayudar en la fijación de nitrógeno, un proceso que permite a las plantas absorber dichos elementos. Es importante tener en cuenta que, en general, la

aplicación foliar de micronutrientes es utilizada como corrección de deficiencias de las mismas.

Referencias

- Amorim, R.S.S.; Taketa, S.T.; Senna, L.F.N.; Dorneles, M.S. & Jacob-Neto, J. Efecto de aplicación foliar de sal de cocina y Mo en la nodulación de la soja. Disponible en: Congresso Brasileiro De Ciencia Do Solo, Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, 1997.
- Barbosa, G.F.; Arf, O.; De Sá, M.E.; Do Nascimento, M.S., Orioli Júnior, V.; Fonseca, A.E.; Costa, R.S.S. Efeitos de doses de nitrogênio e de molibdênio na qualidade fisiológica das sementes e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) de inverno em sistema de plantio direto. Informativo ABRATES, v.15, n.1/2/3, p.106, 2005.
- Berger, P.; Vieira, C.; Araújo, G. Efectos de dosis y tiempos de aplicación de molibdeno en el cultivo de frijol. Investigación Agropecuaria Brasileña, Brasília, v.31, n.7, p.473-480, 1996.
- CAPECO (Cámara paraguaya de exportadores y comercializadores de cereales y oleaginosas). 2023. Ranking de exportadores de soja (en línea). Consultado 15 abr. 2023. Disponible en <https://capeco.org.py/2023/01/13/paraguay-desciende-dos-lugares-en-el-ranking-mundial-de-mayores-productores-y-exportadores-de-soja/#:~:text=Paraguay%20baj%C3%B3%20dos%20lugares%20tanto,Comercializadores%20de%20Cereales%20y%20Oleaginosas%20>
- Ciampitti, I., Garcia, F. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, oleaginosos e industriales. Archivo Agronómico 11. 2007. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-fertilizacin-con-cobalto-y-molibdeno-soja.pdf>
- Huespe, H.; Spinzi, L.; Curiel, M.; Burgos, S. 1995. Atlas ambiental de la región oriental del Paraguay. San Lorenzo, PY: CIF / FCA / GTZ. 2 v, 68 p.
- López, O. G., Erico, E. G., De Llamas, P. A., Molinas, A. S., Franco, E. S., García, S., y Ríos, E. O. (1995). Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región oriental del Paraguay. Asunción - Paraguay: VOL. 1. Consultado en 12 de Abril de 2022. Disponible en: <https://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf>
- Marcondes, J.A.P. y Caires, E.F. (2005). Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja. Bragantia, vol. 64, n. 4, p. 687-694. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000400019>.

Aplicación de diferentes dosis de molibdeno sobre la producción de la soja (*Glycine max* L.)

- Martens, DD; Westermann, DT. 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In Michelson, SH. Micronutrients in Agriculture. 2 ed. Madison, US, SSSA. p. 549-584.
- Milani, G.L.; Oliveira, J.A.; Silva, L.H.C.; Pinho, E.V.R.V. & Guimarães, R.M. (2008) Nodulação e desen-volvimento de plantas oriundas de sementes de soja com altos teores de molibdênio. Revista Brasileira de Sementes, vol. 30, n. 2, p. 19- 27.3
- Melgar, R. (2011). Molibdeno y Cobalto: Dos micronutrientes esenciales en la producción de soja. Revista Fertilizar, 26-29 p.
- Moraes, L. M. F., Lana, R. M. Q, Mendes, C., Mendes, M., Monteiro, A., Alves, J. F., (2008). Redistribución del molibdeno aplicado via foliar em diferentes momentos del cultivo de soja. Consultado el 03 de mayo de 2022. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/VMr8gkWdpFJ5ZLRqx5QLGXF/?format=pdf&lang=pt>
- Nascimento, M. S.; ARF, O.; SILVA, M. G. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 26, n. 2, p. 153-159, 2004.
- Polvani, Rafael Leibanteet et al. Respostas da soja inoculada a diferentes doses de molibdênio. 2012.
- Soratto, R. P.; Silva, T. R. B.; Chidi, S. N.; Arf, O.; Sá, M. E.; Buzetti, S. Feijoeiro irrigado e a aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. Cultura Agronômica, v. 9, n. 1, p. 115-132, 2000.