

Artículo Original

Fertilización con boro en maíz, sésamo y trigo en suelos de diferentes texturas

Fertilization with boron in corn, sesame and wheat in soils of different textures

***Diego Augusto Fatecha Fois**¹ , **Gabriela de Jesús Roa Rodríguez**¹ ,
Jimmy Walter Rasche Alvarez¹ 

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay

RESUMEN

El boro es un elemento indispensable metabólica y estructuralmente en el crecimiento de un cultivo, cuya disponibilidad depende de factores físicos y químicos del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de dosis de boro sobre características agronómicas de los cultivos de maíz, sésamo y trigo en dos suelos de texturas diferentes. El experimento fue realizado utilizando macetas de 5 kg de suelo en el invernadero del Área de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Departamento Central, en el periodo comprendido entre noviembre de 2018 y julio de 2019. Se implementó un diseño completamente al azar con un esquema bifactorial, donde el factor 1 correspondió a los suelos de diferentes texturas (franco arenoso y franco arcillo arenoso) y el factor 2 a las dosis de boro (0, 5, 10, 15 y 20 mg kg⁻¹), con 5 repeticiones. El promedio de las variables fueron sometidas a análisis de varianza, luego evaluados mediante el test de Tukey al 5 % de probabilidad de error y análisis de regresión. El cultivo de maíz presentó diferencias significativas en cuanto a la altura de planta, siendo mayor en el suelo de textura franco arcillo arenoso con una media de 70,1 cm, mientras que la masa seca aérea presentó disminución con dosis crecientes de B. El cultivo de sésamo presentó interacción entre los factores dosis y textura del suelo para las variables altura y materia seca, la altura máxima para la textura franco arcillo arenoso fue de 87,73 cm con dosis óptima de 2,25 mg de B, mientras que la textura franco arenosa disminuyó 2,7 cm por cada mg de boro aplicado, por efectos de toxicidad con dosis superiores a 5 mg kg⁻¹. El cultivo de trigo presentó interacción entre dosis y textura para la altura de la planta notándose una disminución en el suelo franco arcillo arenoso en función a las dosis por efecto de toxicidad, mientras que contrariamente la textura franco arenosa fue en aumento, la materia seca no presentó diferencias estadísticamente significativas siendo la dosis de B recomendada para maíz dosis mínimas inferiores a 5 mg kg⁻¹; sésamo 5 mg kg⁻¹ mientras que para el cultivo de trigo 10 mg kg⁻¹.

Palabras clave: Trigo, maíz, sésamo, ácido bórico, fertilización boratada.

***Autor correspondiente:** **Diego Augusto Fatecha Fois.** Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay. Email: dfatecha@agr.una.py

Fecha de envío: 14/10/2025 **Aceptación:** 3/11/2025.

Proceso de revisión: Evaluación por pares a doble ciego.

Editora responsable: Graciela María Patricia Velázquez de Saldivar  Universidad del Cono Sur de las Américas, UCSA.



ABSTRACT

Boron is a metabolically and structurally indispensable element in the growth of a crop, whose availability depends on physical and chemical factors of the soil. The objective of this work was to evaluate the effect of applying doses of boron on agronomic characteristics of corn, sesame and wheat crops in two soils with different textures. The experiment was carried out using 5 kg pots of soil in the greenhouse of the Soil and Territorial Planning Area of the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of Asunción, San Lorenzo, Central Department, in the period between November 2018 and July of 2019. A completely randomized design was implemented with a bifactor scheme, where factor 1 corresponded to soils of different textures (sandy loam and sandy clay loam) and factor 2 to boron doses (0, 5, 10, 15 and 20 mg kg⁻¹), with 5 repetitions. The average of the variables was subjected to analysis of variance, then evaluated using the Tukey test at 5% probability of error and regression analysis. The corn crop presented significant differences in terms of plant height, being higher in the sandy clay loam texture soil with an average of 70,1 cm, while the aerial dry mass showed a decrease with increasing doses of B. The crop of sesame presented an interaction between the factors dose and soil texture for the height and dry matter variables, the maximum height for the sandy clay loam texture was 87,73 cm with an optimal dose of 2,25 mg of B, while the texture sandy loam decreased 2,7 cm for each mg of boron applied, due to toxicity effects with doses greater than 5 mg kg⁻¹. The wheat crop presented an interaction between dose and texture for the height of the plant, with a decrease in the sandy clay loam soil being noted depending on the doses due to the toxicity effect, while on the contrary the sandy loam texture was increasing, the dry matter was not presented statistically significant differences, with the recommended dose of B for corn being minimum doses lower than 5 mg kg⁻¹; sesame 5 mg kg⁻¹ while for wheat cultivation 10 mg kg⁻¹.

Keywords: wheat, corn, sesame, boric acid, boron fertilization.

INTRODUCCIÓN

El boro (B) representa un micronutriente esencial para las plantas, con funciones metabólicas y estructurales (Condori 2016) y cuya deficiencia causaría anomalías tanto en el crecimiento como en la reproducción de los cultivos, por lo tanto, en caso de deficiencia de la disponibilidad de B en el suelo resulta fundamental realizar fertilización para cubrir las necesidades nutricionales de los cultivos (Gutiérrez-Soto y Torres-Acuña 2013). Las plantas necesitan de B durante su desarrollo y crecimiento, específicamente en su división celular, en el metabolismo de ácidos nucleicos, germinación de granos de polen, crecimiento del tubo polínico, en la síntesis de aminoácidos y proteínas y en el transporte interno de azúcares de nitrógeno (N) y fósforo (P) (Mascarenha et al. 2014), a su vez favorece la retención floral y cuajado de vainas (Mazzilli 2011).

Las plantas pueden presentar deficiencia de B, con síntomas que aparecen primero con un crecimiento anormal o retardado de los puntos apicales, donde las hojas más jóvenes se deforman, arrugan, volviéndose más gruesas con coloración azul verdosa oscura, con clorosis en los bordes internervales, así como los tallos se vuelven más frágiles y quebradizos y se restringe la formación de flores y vainas (Melgar et al. 2011), a su vez pueden presentar síntomas de toxicidad, con quemaduras en los márgenes y puntas de las hojas, muerte descendente de los brotes jóvenes, abundante secreción de resina en la axila de la hoja como también presencia de lesiones corchosas de coloración marrón a lo largo del tallo y los peciolos (Brown y Hu, 1998).

En la mayoría de suelos tanto de textura arenosa como arcillosa de Paraguay la disponibilidad de B es baja (Rolón, 2020), cuya diferencia entre ambos suelos se basa en la retención y la absorción de dicho nutriente. En suelos arcillosos la retención es mayor, aunque el contenido sea bajo, lo cual no significa que las plantas absorban en mayor cantidad de B en suelos donde el elemento es mayormente retenido en las arcillas, siendo la materia orgánica importante ya que presenta una fuerte adsorción del ión borato disponible en el suelo (Condori 2016), mientras que en suelos arenosos contienen menos cantidad de B disponible ya que se lixivian con mayor facilidad y se desplazan a las capas más profundas (Raimundi et al. 2013). En suelos de reacción ácida, la fuente primaria de B proviene de la alteración y descomposición de la materia orgánica (MO), siendo las fuentes secundarias, las aguas de lluvia, agua de irrigación, el agua de mares y abonos (Walter 2016).

La concentración total de B en el suelo varía entre 20 a 200 mg kg⁻¹, la mayoría del cual es inaccesible para las plantas (Daroub & Snyder 2007). Los niveles críticos de B en el suelo varían de acuerdo a las condiciones del valor de pH del suelo, del clima, entre otros factores, siendo así el B asimilable estimativo en suelos calizos (1 mg kg⁻¹), en suelos arcillosos (0,8 mg kg⁻¹), suelos frances (0,5 mg kg⁻¹), y para suelos arenosos (0,3 mg kg⁻¹) (Vera 2001). La mayor biodisponibilidad de B en el suelo se encuentra entre valores de pH de 5,5 a 7,0, cuya disponibilidad disminuye a valores cercanos a la neutralidad, debido a la baja solubilidad del anión borato a pH 7, sin embargo, al disminuir estos valores el borato se convierte en ácido bórico que es la forma disponible para las plantas (Souza et al. 2010).

Fageria (2000) ha observado toxicidad en los cultivos de arroz, poroto, maíz, soja y trigo en rangos de 3 a 8,7 mg de B kg⁻¹ de suelo, con mayores rendimientos de materia seca de la parte aérea, cuando los mismos estuvieron entre 0,4 a 4,7 mg de B kg⁻¹ de suelo. Entretanto Souza et al. (2007) utilizaron dosis de B (0, 2, 4, 6 y 12 mg kg⁻¹) en plantas de maíz, en diez suelos distintos del estado de Pernambuco, Brasil, encontrando niveles críticos y tóxicos en el suelo entre 0,4 a 2,3 mg de B kg⁻¹ y 1,8 a 8,3 mg de B kg⁻¹ respectivamente; y a su vez niveles críticos y tóxicos en el tejido vegetal entre 13,8 a 126,6 mg kg⁻¹ y 43,3 y 372,2 mg kg⁻¹ respectivamente.

González et al. (2019) aplicó dosis de B de 0,10, 20, 30 y 40 mg de B kg⁻¹ en un suelo arenoso y arcilloso, con cultivos de trigo, soja y sésamo, observando toxicidad a partir de dosis superiores a 10 mg kg⁻¹, afectando la altura de planta y rendimiento de masa seca área. En tanto Aguilar (2020) evaluando el efecto residual en los cultivos de maíz y trigo, no observó efecto por la residualidad en los mismos parámetros de crecimiento evaluados. Por su parte Aguayo et al. (2015) aplicaron B de forma foliar con dosis de 2,8 g ha⁻¹ a 10,2 g ha⁻¹ de B en el cultivo de soja, sin efecto en la altura de planta, pero promoviendo un aumento en el número de vainas y rendimiento de granos. Asimismo, Rubio y Vanzetti (2014) que aplicaron B de forma foliar con dosis de 0, 30, 60, 120 y 240 B mg kg⁻¹ en el cultivo de soja, pero sin encontrar respuesta en el rendimiento de granos. En tanto González et al. (2017) luego de la aplicación 2 kg ha⁻¹ de B tampoco observó respuesta en el cultivo de trigo. Brunes et al. (2015) utilizando tetraborato de Na con dosis de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 kg ha⁻¹ de B en el cultivo de trigo, determinaron que la dosis de 2,49 kg ha⁻¹ de B favorece la producción de granos. Agüero (2022) observaron un incremento del 26% en el rendimiento de granos de soja por la aplicación de 75 kg ha⁻¹ de B con 85 kg ha⁻¹ de Mg.

Por tal, el objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de dosis de boro sobre algunos parámetros de crecimiento en los cultivos de maíz, sésamo y trigo en dos suelos de texturas diferentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y caracterización del área experimental

Esta investigación se realizó en el invernadero del Área Suelos y Ordenamiento Territorial, localizado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA-UNA), en la ciudad de San Lorenzo, departamento Central, en el periodo comprendido entre noviembre de 2018 y julio de 2019.

Diseño experimental y tratamientos

Se implementó un diseño completamente al azar, en un esquema bifactorial, donde el factor 1 correspondió al suelo de texturas diferentes, uno franco arcillo arenoso proveniente del distrito de Piribebuy, departamento de Cordillera, y otro franco arenoso, perteneciente al distrito de San Lorenzo, departamento Central, el factor 2 correspondió a las dosis de B comprendidas por 0, 5, 10, 15 y 20 mg kg⁻¹, con cinco repeticiones, totalizando 50 unidades experimentales. Fueron evaluados los cultivos de maíz, sésamo y trigo. La fuente de B utilizada fue ácido bórico con 17,5 % de B, aplicado por única vez en los cultivos de maíz, sésamo y evaluado el efecto residual en el cultivo de trigo.

Implantación y manejo del experimento

Previo al establecimiento del experimento primeramente se realizó un análisis de suelo, a modo de determinar los parámetros químicos de ambos suelos utilizados, para lo cual fueron enviadas muestras de ambos suelos al laboratorio de suelos de la FCA-UNA, para su posterior análisis (Tabla 1).

Tabla 1. Características químicas del suelo utilizados en el experimento con dosis de B. San Lorenzo, Central 2018.

Textura	pH	M.O. %	Ca ⁺²	Mg ⁺ ₂		K ⁺	Na ⁺	P	Al ⁺³	Sat. Al %
				cmol _c /kg						
Franco arcillo arenoso	5,4	1,64	1,32	0,82	0,02	0,01	2,82	0,94	43	
Franco arenoso	5,5	0,42	0,43	0,18	0,09	0,01	6,3	0,87	61	

Fuente: FCA-UNA. 2018

La preparación del suelo consistió en tamizar cada tipo de suelo, posteriormente fertilizado con dosis de N, P₂O₅, K₂O, yeso agrícola y cal agrícola, con el objetivo de acondicionar el suelo a niveles adecuados de fertilidad antes de la siembra de los cultivos. Luego se procedió a cargar 5 dm⁻³ de suelo en cada maceta con volumen, aplicando el B ocho días antes de realizar la siembra,

La siembra de los cultivos fue realizada de forma manual, en el caso del maíz fueron colocados 5 semillas por maceta dejando 3 plantas, para el sésamo fue realizado a chorillo y luego se procedió al raleo dejando 7 plantas por maceta, en tanto para el cultivo de trigo se colocaron 10 semillas, dejando 7 plantas por maceta. El riego se realizó en forma diaria con frecuencia de tres veces al día, debido a las elevadas temperaturas ocurridas durante el ciclo de los cultivos de maíz y sésamo, mientras que, para el cultivo de trigo, solamente una vez al día debido a temperaturas más bajas.

La variedad de maíz utilizada fue Karapé pyta con un ciclo de 90 a 120 días, con alto requerimiento de luz solar, la variedad de sésamo utilizada fue Escoba blanca, de ciclo largo, 120 días, sensible al fotoperíodo, de porte alto, tipo gigante y la variedad de trigo fue la Itapúa 80, variedad precoz, de altura mediana, moderadamente resistente al acamado, maduración promedio de 115 días, resistente a roya de la hoja.

El control de plagas fue realizado de acuerdo a su grado de aparición, para los cultivos de maíz y sésamo a los 14 días después de la siembra, se utilizó cipermetrina 1 mL en 500 mL de agua, volviendo a fumigar a los 39 DDS. Las plagas más comunes fueron orugas, chinches, hormigas.

La cosecha de cada cultivo se realizó manualmente a los 60 días después de la siembra, en etapa de floración procediendo a cortar las plantas al ras del suelo de cada unidad experimental. Las variables evaluadas fueron la altura de la planta y la cantidad de materia seca.

Variables evaluadas

Altura de planta

Se midió con cinta métrica, desde la base del tallo hasta el ápice, promediándose los resultados de cada unidad experimental. Dicha medición se realizó al momento de la cosecha, dejándolas secar de tal manera a poder determinar materia seca del maíz, sésamo y trigo.

Materia seca de parte aérea

Se cortaron las plantas al ras del suelo, tanto del maíz, sésamo y trigo de cada unidad experimental, dejando en el invernadero colocándose en estufa a 60 °C hasta peso constante, luego se procedió a pesar cada unidad experimental con una balanza de precisión de un decimal.

Análisis estadístico de datos

El promedio de los datos obtenidos de las variables evaluadas, fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), a fin de determinar si hubo o no diferencias significativas entre tratamientos, donde las variables que presentaron efecto significativo se realizó comparación de medias mediante el test de Tukey al 5% de probabilidad de error experimental y posterior análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cultivo de maíz

El cultivo de maíz presentó efecto significativo en cuanto a la textura del suelo para ambas variables, mientras que la aplicación de dosis de B influyó en el rendimiento de materia seca aérea. La altura de planta y la materia seca en el suelo franco arenoso fueron de 64,0 cm y 63,4 g, respectivamente, 6,0 cm y 33,1 g inferiores al suelo franco arcillo arenoso que presentaron valores de 70,1 cm y 96,5 g ambos (Tabla 2). Esta diferencia pudo deberse a la baja capacidad de adherencia de este nutriente en suelos de textura arenosa, por ende, la disponibilidad sería menor, ya que el valor de pH del suelo en ambas texturas fue corregido, estando en rangos de disponibilidad en relación al nutriente. No se observó interacción entre dosis de B y la textura del suelo.

Tabla 2. Altura de planta y materia seca del cultivo de maíz con aplicación de dosis de boro en suelos de textura franco arenoso y franco arcillo arenoso. San Lorenzo 2019.

Textura del suelo	Altura de la planta (cm)	Materia seca (g maceta ⁻¹)
Franco arenosa	64,0 a	63,4 a
Franco arcillo arenoso	70,1 b	96,5 b
CV(%)	13,80	21,11

Medias seguidas por diferentes letras en las columnas difieren estadísticamente ($p > 0,05$)

La altura de planta no fue afectada en cuanto a las dosis de B tanto en el suelo franco arenoso como en el franco arcillo arenoso. (Figura 1). Contrariamente Aguilar (2020) observó aumento lineal en la altura de planta de trigo de 0,098 cm por cada mg de B aplicado. En tanto la aplicación de B en otros cultivos muestra que el girasol alcanza una altura máxima de 129 cm con la aplicación de 3 mg kg⁻¹ de B para luego disminuir su altura de planta por toxicidad (Pereira, 2021). En tanto Ruiz Diaz (2022) en el cultivo de poroto (*Phaseolus vulgaris*) encontró disminución en la altura de planta cuando fueron aplicada dosis mayores a 12 mg kg⁻¹ de B.

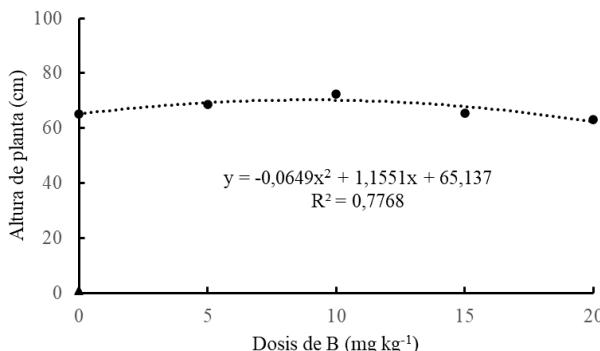


Figura 1. Altura de planta de maíz en función a dosis de B aplicados en suelo franco arenoso y franco arcillo arenoso. San Lorenzo 2019.

En tanto la producción de materia seca del maíz disminuye 1,4 g maceta⁻¹ por cada mg de B aplicado (Figura 2) notándose que el aumento de las dosis ocasiona una disminución en el mismo, posiblemente por efectos de toxicidad causada por este elemento en dosis mínimas inferiores a 5 mg kg⁻¹. En ese contexto Fageria (2000) aplicando dosis de 4,7 mg kg⁻¹ de B en el cultivo de maíz, observó la mayor altura y producción de materia seca y efecto tóxico con dosis mayores a 8,7 mg kg⁻¹ de B.

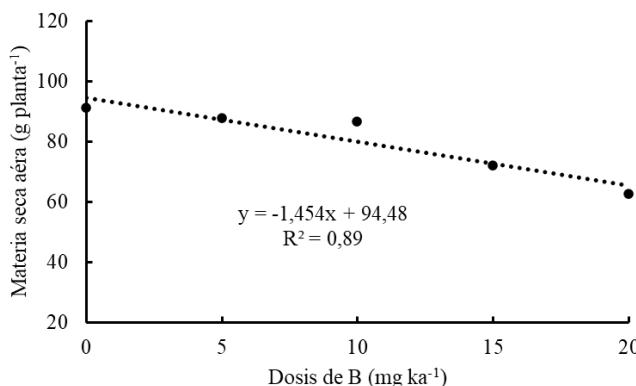


Figura 2. Materia seca de maíz en función a dosis de B aplicados en suelo franco arenoso y franco arcillo arenoso. San Lorenzo 2019.

Coincidentemente Melgar et al. (2001) aplicando B de forma foliar en el cultivo de maíz, observaron un aumento lineal en el crecimiento vegetativo hasta una dosis máxima de 0,5 kg de B ha⁻¹ donde en dosis superiores se observó un decrecimiento en el rendimiento de la materia seca aérea. En tanto Ventimiglia y Torrens (2015) encontraron que aplicando también de forma foliar 2 L⁻¹ de B ha⁻¹ promovieron un aumento en el rendimiento de granos de maíz con un valor máximo de 13248 kg ha⁻¹. Por su parte Anchundia (2018) quien utilizó dosis de 0,5 L ha⁻¹ de B en el maíz, alcanzó una altura máxima de 2,34 m y un rendimiento máximo de 6274 kg ha⁻¹.

Cultivo de sésamo

La respuesta observada en la altura de planta del cultivo de sésamo en función a las dosis de B fue de interacción entre las distintas texturas del suelo, obteniéndose un valor mayor en el suelo de textura franco arcillo arenosa con 87,7 cm; con una dosis óptima de 2,25 mg de B, kg⁻¹, a su vez 1,4 cm superior en altura de planta comparado al suelo de textura franco arenosa que obtuvo 86,33 cm, donde hubo disminución de 2,7 cm por cada mg de B aplicado, posiblemente por efectos de toxicidad (Figura 3).

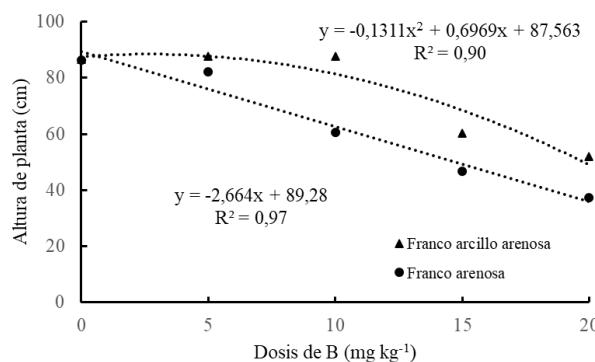


Figura 3. Altura de planta de sésamo en función a dosis de B aplicados en suelo de textura franco arcillo arenoso y franco arenoso. San Lorenzo, 2019

Coincidentemente González et al. (2021), observaron disminución en la altura del sésamo, pero recién cuando fueron aplicados dosis superiores a 23 mg kg⁻¹ de B. Por su parte Hamideldin & Hussein (2014) aplicaron B de forma foliar en dosis de 20, 30 y 40 mg kg⁻¹; observaron una altura máxima alcanzada de 177 cm, no observándose efecto de toxicidad en plantas.

La producción de materia seca aérea presentó una mayor producción en el suelo de textura franco arcillo arenosa con 92,4 g maceta⁻¹, muy superior a lo obtenido en el suelo franco arenoso con una producción de 53,6 g maceta⁻¹ con disminución en el crecimiento vegetativo a partir de 5 mg kg⁻¹ de B, donde a partir de cada mg de B aplicado disminuyen entre 1,9 y 3 g de materia seca aérea respectivamente a medida que aumentó las dosis de B aplicadas (Figura 4).

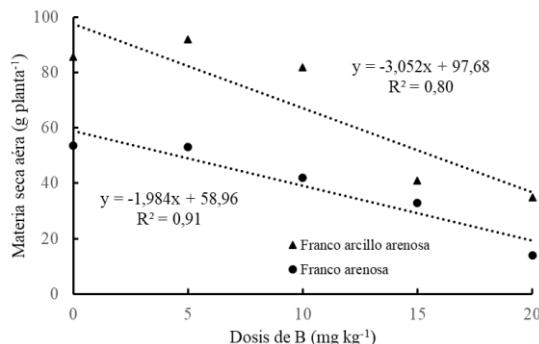


Figura 4. Materia seca de sésamo en función a dosis de B aplicados en suelo franco arenoso y franco arcillo arenoso. San Lorenzo 2019.

Cultivo de trigo

La aplicación de 15,7 mg kg⁻¹ de B provocó el mayor valor de altura de planta del cultivo de trigo en el suelo de textura franco arcillo arenosa con 38,1 cm, superior en 2,3 cm al suelo de textura franco arenosa que obtuvo 35,8 cm, donde por cada g de B aplicado aumentó 0,19 cm de altura de planta (Figura 5). Asimismo, fue observada interacción entre dosis de B y textura del suelo, notándose una disminución en el suelo franco arcillo arenoso en función a las dosis de B por efecto de toxicidad, no así en el suelo arenoso, presentándose un efecto contrario donde la misma aumenta en función al aumento de dosis de B.

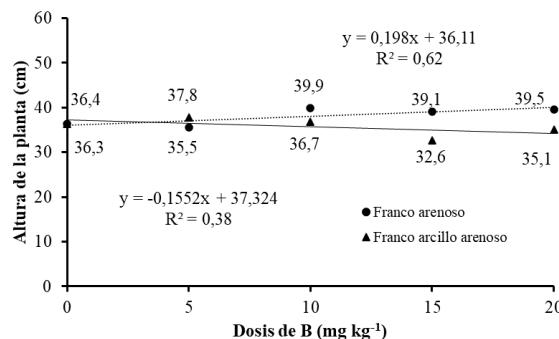


Figura 5. Altura de planta de trigo en función a dosis de B aplicados en suelo de textura franco arcillo arenoso y franco arcillo arenoso. San Lorenzo, 2019.

La menor toxicidad en el suelo más arenoso pudo deberse también a que como es un experimento en maceta y en el caso del trigo se observa el efecto residual, atendiendo que las macetas eran regadas una o dos veces al día ocurrió un mayor lavado del boro a camadas más profundas depositándose en el fondo de la maceta por lo cual las raíces pudieron crecer en un ambiente libre de exceso de boro, comparado con el suelo más arcilloso en el cual pudo haber mayor cantidad de boro, en cantidades inclusive tóxicas para el cultivo de trigo.

La materia seca aérea del trigo no presentó diferencias significativas en los suelos de texturas diferentes cuyos valores variaron apenas entre 10,1 a 10,5 g maceta⁻¹ (Tabla 3).

Tabla 3. Materia seca del cultivo de trigo con aplicación creciente de boro en suelos franco arenoso y franco arcillo arenoso. San Lorenzo 2019.

Textura del suelo	Materia seca (g maceta ⁻¹)
Franco arenosa	10,1 ^{ns}
Franco arcillo arenoso	10,5
CV(%)	15,03

CV (%): Coeficiente de variación. ns: no significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En ese contexto Ashagre et al. (2014) constataron que utilizando dosis mayores a 0,25; mg L⁻¹ de B la materia seca aérea se vio disminuida significativamente. Asimismo, González et al. (2021) mencionan que dosis superior a 11 mg kg⁻¹ de B provoca toxicidad en plantas de trigo.

CONCLUSIONES

La producción de materia seca aérea y la altura de planta de los cultivos de maíz y sésamo se ven afectados con la aplicación de dosis superiores a 5 mg kg⁻¹ de boro.

La altura de planta del trigo disminuye con dosis superiores a 10 mg kg⁻¹ de boro en el suelo franco arcillo arenoso y aumenta en el suelo franco arenoso.

La producción de materia seca aérea del trigo no fue influenciada por las dosis de boro en ambos suelos.

Contribución de autores

Diego Augusto Fatecha: Participó del análisis e interpretación de datos, redacción del manuscrito, revisión crítica del manuscrito y aprobación de su versión final. Gabriela de Jesús Ro: Participó de la instalación del trabajo, recolección y obtención de resultados, análisis e interpretación de datos. Jimmy Walter Rasche Alvarez: Participó del análisis e interpretación de datos, redacción del manuscrito, revisión crítica del manuscrito y aprobación de su versión final.

Conflictos de interés

Ninguno de los autores del manuscrito posee algún conflicto de intereses que deban ser declarados.

Financiación:

propio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, M. (2020). Residualidad de la aplicación de boro en características agronómicas del trigo y maíz en suelos de diferentes texturas. Tesis Ing. Ag. San Lorenzo, Paraguay, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. 44 p.

Aguayo, S; Rasche; JW; Britos; CS; Karajallo; JC; González, AL. (2015). Fertilización foliar con boro en el cultivo de la soja. *Investigación Agraria* 17(2):129-137.

Agüero, A. (2022). Niveles de fertilización con boro y magnesio en el cultivo de la soja Glycine max L., Tesis. Ing. Agr. Facultad Ciencias de la Producción – UNCA. Carrera Ingeniería Agronómica. Filial Santa Rosa del Aguaray. 50p.

Anchundia N. (2018). Efectos de la fertilización de boro y zinc en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L), en la zona de Babahoyo. Los Ríos, Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. 65p.

Brown, P.H.; Hu, H. (1998). Phloem boron mobil- ity in diverse plant species. *Botanica Acta* 111: 331- 335.

Brunes, AP; Oliveira S de; Lesmes, SE; Tavares, LC; Gehling, VM; Dias, LW; Villela, FA. (2015). Adubação boratada e produção de sementes de trigo. *Ciência Rural, Santa Maria* 45(9): 1572-1578.

Condori, M. (2016). Estudio de niveles de boro y arsénico en suelo agrícola en el distrito de Cocachacra valle de tambo. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 123p.

Daroub SH; Snyder, GH. (2007). The chemistry of plant nutrients in soil. In Datnoff, LE; Elmer, WH; Huber, DM. eds. *Mineral nutrition and plant disease*. EEUU, St. Paul, APS Press. p. 1-7.

Fageria, NK. (2000). Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja, e trigo em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 4 (1): 57-62.

González, AN; Osorio, LR; Rasche, JW; Leguizamón, CA; Fatecha, DA. (2019). Fertilização com boro em trigo, soja e gergelim solos de diferentes texturas. *Cultivando o Saber* 12(2):149-160.

González, A; Szostak. A; Morel, J. (2017). Fertilización del cultivo de trigo con micronutrientes boro, cobre, zinc y cloro en un suelo arcilloso rojo bajo siembra directa en Capitán Miranda- Paraguay. *Tecnología Agraria* 2(1):24-28.

Gutiérrez-Soto, M V; Torres-Acuña, J. (2013). Síntomas asociados a la deficiencia de boro en la palma aceitera (*Elaeisguineensis* JACQ.) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 24(2):441-449.

Mascarenha, A; Esteves, J; Wutke, E; Gallo, P. (2014). Micronutrientes em soja no estado de São Paulo. *Nucleus* 11(1): 179-198.

Mazzilli, S. (2011). Evaluación de la respuesta a la aplicación de micronutriente en soja sobre el rendimiento de grano. http://www.lageycia.com/archivos/research_72_file.pdf

Melgar, R; Lavandera, J; Torres, M; Ventimiglia, L. (2001). Respuesta a la fertilización con boro y zinc en sistemas intensivos de producción de maíz. *Ciencia del suelo* 19(2): 109-114.

Pereira, S. (2021). Efectos de la fertilización con boro en los cultivos de trigo y girasol en suelos de diferentes texturas. Tesis Ing. Ag. San Lorenzo, Paraguay, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. 44 p.

Souza L, JCP de; Araujo, CW; Da Costa, JG; Andrade, M. (2007). Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa de vegetação. *Revista Brasileira Científica* (31):73-79.

Souza, L; Ferreira, R; Alvarez, V; Alburquerque, V. (2010). Efeito do pH do solo rizosférico de plantas de soja inoculadas com *BradyrhizobiumJaponicum* na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. *Revista Brasileira de Ciência do solo* 34(5):1641-1652.

Raimundi, DL; Moreira, GC; Turri, LT. (2013). Modos de aplicação de boro na cultura da soja. *Cultivando o Saber* 6(2):112-121.

Rolón, M. (2020). Disponibilidad de micronutrientes en suelos de la región oriental del Paraguay. Tesis Ing. Ag. San Lorenzo, Paraguay, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. 55 p.

Rubio, F; Vanzetti, G. (2014). Disponibilidad de boro en un suelo de Justiniano Posse y respuesta a la aplicación foliar en soja. Córdoba, AR, Universidad Nacional de Córdoba. 11 p.

Ruiz Diaz, C. (2022). Fertilización con boro en girasol (*Helianthus annuus* L.) y poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelos de diferentes texturas. Tesis Ing. Ag. San Lorenzo, Paraguay, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. 44 p.

Ventimiglia, L; Torrens, L. (2015). Efecto del zinc, boro y otros nutrientes en el rendimiento del maíz. Estación experimental agropecuario pergaminio. 54 p.

Walter, PA. (2016). Presencia de boro en las aguas de riego del valle Calchaquí (Salta, Argentina), variable limitante para la producción agrícola y el desarrollo. Salta, AR. Universidad Nacional de Salta. 133 p.