



Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays*) a la aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar de zinc

Response of the corn crop (*zea mays*) to the application of different doses of zinc foliar fertilizer

Lucero Luana Dávalos Ramírez*

<https://orcid.org/0009-0002-4205-1781>
luanadavalos1405@gmail.com

Julio Cesar Karajallo Figueredo*

<https://orcid.org/0009-0001-5099-8652>
krajallojc@hotmail.com

Sandra Andino*

<https://orcid.org/0009-0004-9104-4144>
Sandra-andino@hotmail.com

Ariel Aguilera Portillo*

<https://orcid.org/0009-0004-2947-6878>
arielaguileraportillo2017@gmail.com

María del Carmen Arias Ortega*

<https://orcid.org/0009-0008-7763-303X>
ma.dc.arias@gmail.com

**Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Privada del Este, Ciudad del Este, Paraguay*

Resumen

El maíz es uno de los cultivos de interés en el Paraguay, lograr altos rendimientos es de suma importancia y esto se puede alcanzar con la aplicación del zinc (Zn). La investigación se realizó en la localidad de Minga Guazú, con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de diferentes dosis del zinc, fue de carácter experimental, utilizando el Diseño de Bloque Completos al Azar (DBCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones. El zinc se aplicó en la etapa V4, vía foliar, los tratamientos fueron, T1: Testigo, T2: 200, T3: 300, T4: 400, T5: 500 ml ha⁻¹, respectivamente. Las variables evaluadas fueron altura de plantas, longitud de mazorca, peso de 1000 semillas y rendimiento. Los principales resultados se obtuvieron con la dosis de 300 ml ha⁻¹ de zinc para todas las variables. La mayor altura fue en el T3 de 2,42 m, siendo semejante estadísticamente a T5 y T4. Mientras que para la longitud de mazorca: el T3 alcanza 19,23 cm diferenciándose del testigo, siendo estadísticamente semejante a T4 y T5. El T3 también promovió el mayor peso de mil semillas, con 396 g. El mayor rendimiento, 8.640 kg ha se logró con 300 ml ha⁻¹ de zinc. La aplicación de diferente dosis de zinc influyo sobre los parámetros evaluados.

Palabras clave: rendimiento; peso de mil semillas; altura de planta; mazorca; granos

Abstract

The maize is one of the crops of interest in Paraguay, achieving high yields is of the utmost importance and this can be achieved with the application of zinc (Zn). The research was carried out in the town of Minga Guazú, with the objective of evaluating the response of the corn crop to the application of different doses of zinc, it was of an experimental nature, using the Complete Block Design (DBCA) with 5 treatments and 4 repetitions. Zinc was applied in stage V4, via foliar, the treatments were, T1: Control, T2: 200, T3: 300,



T4: 400, T5: 500 ml ha⁻¹, respectively. The variables evaluated were plant height, ear size, weight of 1000 seeds, and yield. The main results were obtained with the dose of 300 ml ha⁻¹ of zinc for all the variables. The highest height was 2.42 m in T3, being statistically similar to T5 and T4. While for ear length: T3 reached 19.23 cm, differing from the control, being statistically similar to T4 and T5. While for ear length: T3 reached 19.23 cm, differing from the control, being statistically similar to T4 and T5. T3 also promoted the highest thousand seed weight, with 396 g. The highest yield, 8.640 kg ha⁻¹, was achieved with 300 ml ha⁻¹ of zinc. The application of different doses of zinc influenced the parameters evaluated.

Keywords: yield; thousand seed weight; plant height; cob; grain

INTRODUCCIÓN

Según Ortigoza et al. (2019) el maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas. Es el cereal más ampliamente distribuido a nivel mundial y ocupa la tercera posición en cuanto a producción total, detrás del arroz y del trigo. Sus granos sirven para la alimentación del hombre y los animales.

El maíz es uno de los cultivos de interés económico y social en el Paraguay. Se encuentra en el segundo lugar en cuanto a superficie sembradas, con una estimación de 850.000 ha con una producción de 4.500.000 t en la zafra agrícola 2020 con rendimiento de 5.294 kg ha⁻¹ (CAPECO, 2020).

Como menciona Muñoz (2015) La importancia del maíz radica en su gran aporte de hidratos de carbono específicamente los almidones que son sus componentes básicos y que son fuentes directas de energía para los diversos organismos

Obtener altos rendimientos en maíz es fundamental para que el cultivo sea económicamente viable, la fertilización es uno de los factores esenciales para asegurar la productividad, ya que el correcto aporte de nutrientes, en el período correcto, en dosis adecuadas, proporciona el máximo desarrollo de la cultura.

Según Fageria (2000) la deficiencia de Zinc es reconocida como problema nutricional mundial para la producción de los cultivos, especialmente las gramíneas son muy exigentes en este nutriente. El cultivo de maíz presenta requerimientos totales de Zn que casi duplican al de los restantes cultivos, siendo la especie que ha mostrado respuestas positivas a su agregado con mayor frecuencia. De este modo, el Zn en el área de estudio se ubica como el cuarto elemento en importancia para la nutrición del maíz, luego de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S).

Este ensayo tuvo como objetivo principal evaluar la respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de diferentes dosis del zinc partiendo de la hipótesis de que estas dosis diferentes promoverán resultados diferentes en el cultivo de maíz.

Los resultados de este ensayo serán de gran utilidad para estudiantes y productores para conocer el grado de relación y respuesta entre la aplicación foliar del Zinc con diferentes dosis y del cultivo de maíz en las condiciones de la zona.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el km 14 Monday del distrito de Minga Guazú; Departamento de Alto Paraná, a 3 km de la ruta Py 02 con coordenadas de 25°32'10.6'' S 54°44'35.3'' W. La temperatura media anual varía entre los 21° y 22° C, que corresponde a uno de los climas más bajos del país. Siendo muy cálidos en los meses de diciembre a febrero con un promedio de 27° y así también alcanza temperaturas bajas promedios de 16° en los meses de junio a agosto (Grassi, 2019).

El tipo de suelo de Minga Guazú generalmente corresponde al orden Oxisol, subgrupo taxonómico Rhodic kandiodox se caracteriza por una variedad de materiales rocosos, tales como areniscas, basaltos granito y sedimentos de estas rocas. Presentan



también diferentes paisajes como llanuras, lomadas y serranías, y con una cobertura vegetal de bosques, sabanas y praderas (Lopez et al., 1995).

El tipo de diseño fue el de Bloque Completos al azar (DBCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones totalizando 20 unidades experimentales. La dimensión total de la parcela experimental fue de 285 m² (19 metros de largo y 15 metros de ancho), divididas en unidades experimentales de 3 metros por 3 metros, totalizando 9 m². Se consideró como parcela útil 1.50 x 2.20 para evitar efecto de borde con espacio de 1 m entre bloques y 1 m entre tratamiento. El muestreo de suelo se realizó antes de la preparación del terreno, recolectando doce sub-muestras de los cuales se generará una muestra compuesta. La misma se llevó al laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Este. Mediante el cual se determinó que el suelo estudiado posee un Ph de 5,4, MO en nivel medio y Zinc: 9,60 mh/dm² (alto).

Los tratamientos que se observa en la Tabla 1, se basaron en aplicaciones de diferentes dosis de zinc vía foliares en el cultivo de maíz. El producto utilizado fue el fertilizante foliar con la siguiente composición: 20% Zinc + 1,2% Molibdeno + Aminoácidos. Se aplicó en la etapa V4, (4ta hoja) antes de que se manifiesten deficiencias, ya que como sugiere Drissi et al., (2017) las deficiencias de este elemento se manifiestan en etapas tempranas del desarrollo: V4, V5. Según el mismo autor, la dosis recomendada es de 300 ml/ha. La aplicación se realizó con pulverización a mochila de 5 l con un caudal de 100 l ha⁻¹.

Tabla 1

Dosis de Zinc aplicado en el cultivo de maíz

Tratamientos	Dosis de Zinc (ml ha ⁻¹)
T1	0
T2	200
T3	300
T4	400
T5	500

Se utilizaron semillas de maíz híbrido DKB 255 de ciclo precoz rápido, arquitectura foliar semi erecta, grano semi dentado, con tolerancia alta a cercóspora y mancha blanca, peso de 1000 semillas 342 g.

La aplicación de fertilizantes a base de Nitrógeno, Fosforo, Potasio, (NPK), de formulación 15-15-15, consistió en 250 kg ha⁻¹ en el momento de la siembra y la corrección de la acidez del suelo con cal dolomítica a razón de 1.5 t ha⁻¹

La siembra se realizó con una sembradora manual. La densidad de siembra fue correspondiente a 33,3 cm entre plantas, 45 cm/hileras, 65.000 plantas por hectárea

El control de maleza se realizó de manera manual, con azadas a partir de los primeros 20 días posteriores a la germinación hasta los 70 a 80 días, dependiendo de la frecuencia de aparición.

La cosecha se realizó de manera manual cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica, a los 147 días después de haber diso ajustada la humedad al 14 %.

Para la evaluación de la variable altura de planta se procedió a la medición de 10 plantas al azar de la parcela útil de cada unidad experimental, con cinta métrica, la unidad de medida utilizada fue el metro

Para el tamaño de la mazorca se midieron 10 mazorcas al azar de la parcela útil de cada unidad experimental utilizando una cinta métrica, la medición se realizó desde el pedúnculo hasta el ápice utilizándose el centímetro como unidad de medida.

Para la evaluación del peso de 1000 semillas se extrajo muestra de la parcela útil de cada unidad experimental y se procedió al pesaje de la muestra con una balanza de precisión, la unidad de medida utilizada fue el gramo.

En relación con el rendimiento se cosecharon las mazorcas de la parcela útil, se desgranaron mecánicamente y se obtuvo el peso del grano por unidad experimental pesado en una balanza de precisión de hasta dos dígitos y posteriormente se promedió por tratamiento, se expresó en kg ha⁻¹.

Los datos obtenidos fueron sometidos al Análisis de Varianza para determinar si existió diferencia significativa entre tratamientos y la comparación de medias fue realizada a través de prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error con el programa Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

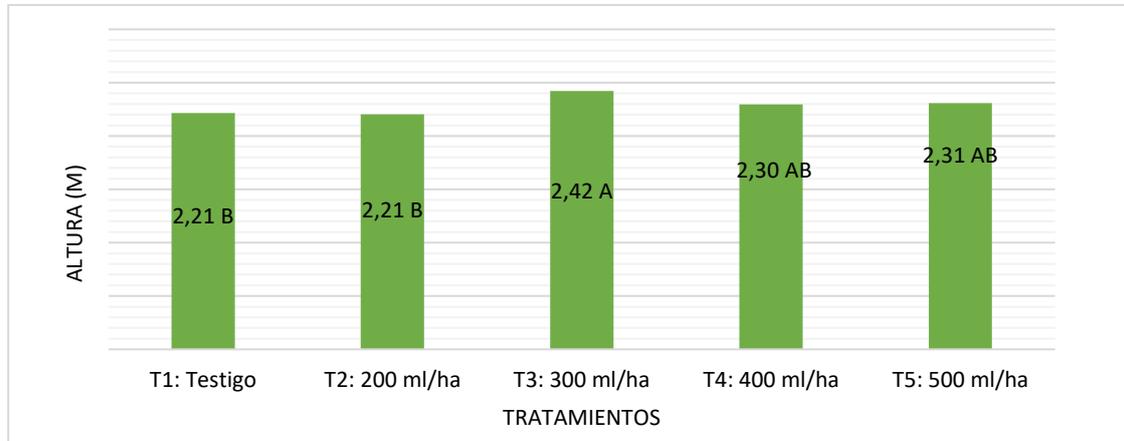
En este capítulo se presenta los resultados más representativos relacionado a las variables de investigación como altura de planta, tamaño de la mazorca, peso de mil semillas, números de entrenudos, rendimientos.

Altura de plantas

Para la variable altura de planta, el análisis de varianza detectó diferencia significativa entre los tratamientos, como se indica en la Figura 1, con un coeficiente de variación de 3,01%.

Figura 1

Altura de plantas de maíz en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar de zinc.



*Letras iguales no existe diferencia significativa al 5%.

Según los datos arrojados por el test de Tuckey al comparar las medias, se evidencia que la aplicación foliar de Zinc favoreció el crecimiento en altura con la dosis 300 mlha⁻¹, correspondiente al T3. Ya que los demás tratamientos resultaron estadísticamente semejantes al testigo, (lo que se evidencia en la comparación de medias con una de las letras iguales). La mayor altura se alcanzó con el T3: 2,42 m a pesar de ser semejante estadísticamente a los tratamientos T5: 2,31m y T4: 2,30 m. Mientras que las menores alturas resultaron de T1 y T2, ambos con 2,21 m.

Resultados similares fueron encontrados por Prado et al., (1994) en cuanto a la aplicación foliar de zinc y la respuesta positiva de la variable altura en cultivo de maíz.

También Coutinho et al., (2007) corroboraron que el zinc promovió el desarrollo vegetativo de maíz.

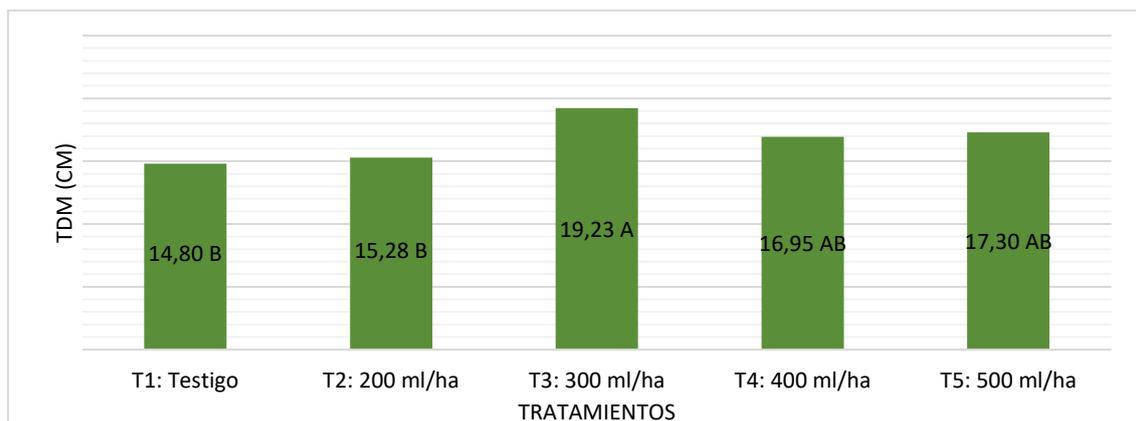
Los resultados obtenidos, en referencia a la mejor dosis se adecuan a la dosis recomendada comercialmente. El efecto de la aplicación de zinc sobre el crecimiento en altura puede atribuirse al su papel en la producción de fitohormonas de crecimiento. De hecho, Ferreira et al., (2001) mencionan que es, precursor del ácido indol acético. También su intervención en la eficiencia energética ya que mantiene activos tanto al fotosistema II, encargado de captar la luz durante el proceso de fotosíntesis (Amezcuca y Flores, 2017).

Tamaño de mazorca (TDM)

En la evaluación del tamaño de la mazorca se detectó diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, se observa en el Figura 2 que el T3 ,300 ml ha⁻¹ alcanzó la mayor longitud de mazorcas diferenciándose del testigo, siendo estadísticamente semejante a T4 y T5, con un coeficiente de variación de 9.25%.

Figura 2

Tamaño de mazorca de maíz en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar de zinc.



*Letras iguales no existe diferencia significativa al 5%.

En un ensayo realizado por Hossain et al., (2011) al fertilizar con Zinc el cultivo de maíz se llegó a un resultado equivalente en lo que respecta al aumento de la longitud de las mazorcas. Para Singh Shivay y Prasad, (2014), existió efecto positivo con el Zinc, sin embargo, solamente cuando éste fue aplicado al suelo en combinación con aplicaciones foliares.

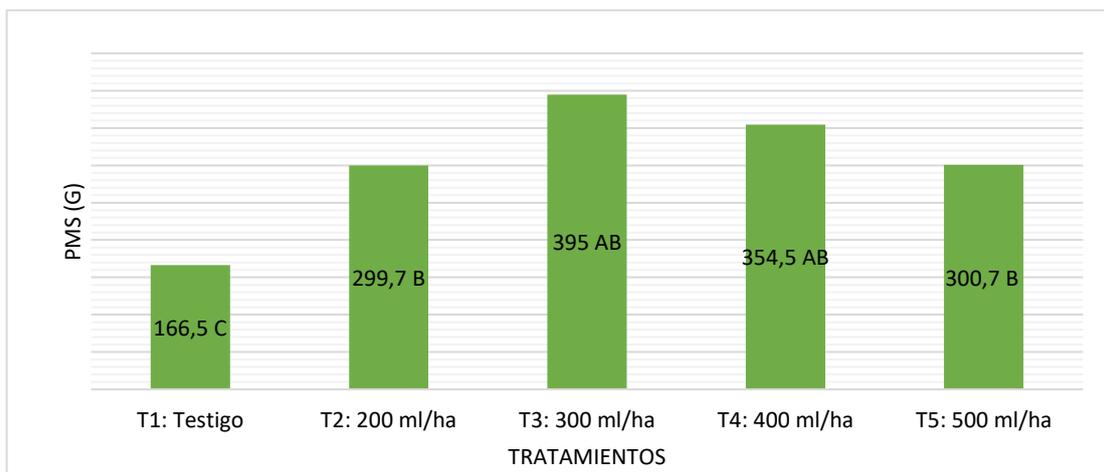
De acuerdo a Balbuena et al. (2011) la longitud de la mazorca es un componente primario del rendimiento de grano; un incremento en esta característica contribuye a un mayor rendimiento de grano por planta y, por consecuencia, por hectárea.

Peso de mil semillas (PMS)

En la Figura 3, se presenta la media del peso de 1000 granos de cada tratamiento. El análisis de varianza detectó diferencia significativa. En la comparación de medias se observa que T3 (300 ml/ha) promovió el mayor PMS a pesar de ser estadísticamente semejante al T4 (400 ml/ha), mientras que el tratamiento testigo tuvo un valor significativamente menor a los demás tratamientos, el coeficiente de variación fue de 13,93%.

Figura 3

Peso de mil semillas de maíz en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar de zinc



* Letras iguales no existe diferencia significativa al 5%.

Potarzycki y Grzebisz (2009) encontraron resultados similares para esta variable en el cultivo de maíz. Por otro lado, Nacke et al. (2011), Ferreira et al. (2001) y no hallaron diferencia significativa en el PMS

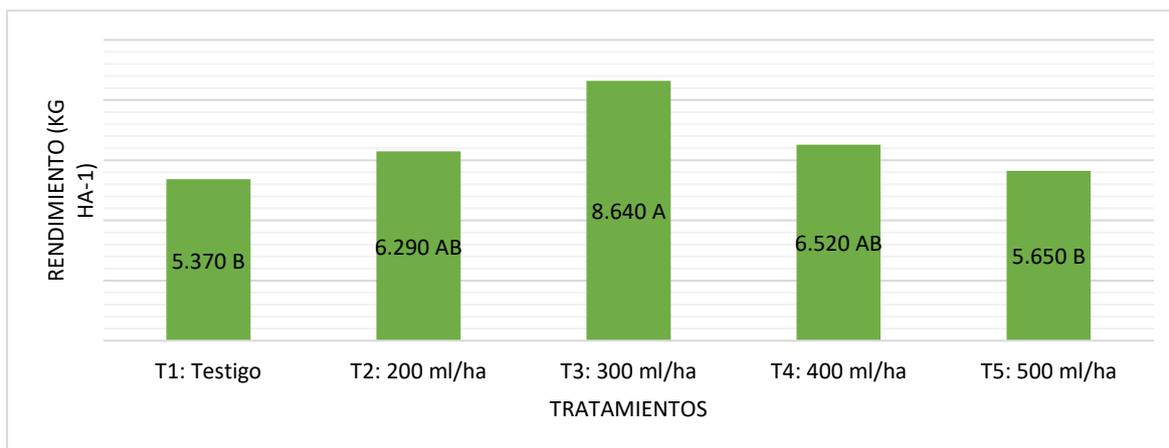
La respuesta positiva para del zinc con el aumento de peso de los granos puede deberse a la función del este elemento en el metabolismo de los carbohidratos. Roholla Mousavi et al. (2013) señala que la mayoría de las enzimas que juegan un papel en el metabolismo de los carbohidratos son activados por el zinc. Además, las enzimas anhidrasa carbónica, fructosa-1, 6-bisfosfato y aldolasa son activadas por el zinc.

Rendimiento (kg/ha)

El análisis de varianza halló diferencia significativa entre tratamientos. Los resultados de la comparación de medias se exponen en la Figura 4 con un coeficiente de variación de 16,7%.

Figura 4

Rendimiento de maíz en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar de zinc.



* Letras iguales no existe diferencia significativa al 5%.

El T3 (300 ml/ha) fue el tratamiento que promovió el mayor rendimiento, llegando a 8,640 kg/ha, siendo también el único tratamiento que se diferenció del testigo en la



evaluación de esta variable ya que el rendimiento de los demás tratamientos: T2, T4, T5 no se diferenciaron fueron estadísticamente iguales al testigo, evidenciándose por las letras iguales en la comparación de medias.

Ensayos de Shaikh et al. (2017) también encontraron resultados positivos en el rendimiento con la aplicación de Zinc.

En el caso específico de la variable rendimiento, y realizando una comparación simple de medias, se evidencia que la aplicación del zinc aumentó el rendimiento en sus diferentes dosis cuando se compara con el testigo. Sin embargo, se corrobora también que el aumento de las dosis fue directamente proporcional al aumento del rendimiento en T2 : 200 ml ha⁻¹ y T3: 300 ml ha⁻¹, cuando la dosis aumentó 400 ml ha⁻¹ (T4) y 500 ml/ha (T5) el rendimiento se redujo. Esta tendencia también se verificó en las demás variables evaluadas, además de presentarse posibles síntomas de fitotoxicidad en algunas hojas de las plantas tratadas con T5: 500 ml ha⁻¹.

Respecto a esto, Tsonev y Lidon, (2012) en su revisión mencionan que el Zinc en cantidades excesivas pueden inhibir la división celular y tener efectos sobre el normal funcionamiento de la clorofila.

CONCLUSIÓN

A partir de los resultados y discusión de la presente investigación titulada: “Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays*) a la aplicación de diferentes dosis de fertilizante foliar de zinc” se concluye lo siguiente;

La aplicación de 300 ml ha⁻¹ se destacó como el tratamiento que promovió mejor respuesta en todas las variables estudiadas.

La mayor altura fue de 2,42 m, siendo semejante estadísticamente a T5 y T4.

La longitud de mazorca alcanzo 19,23 cm diferenciándose del testigo y el mejor peso de mil semillas, con 396 g. y el mayor rendimiento fue de 8.640 kg ha⁻¹, siendo superior en 3.270 kg ha⁻¹ del testigo.

REFERENCIAS

- Amezcu Romero, J. C., y Lara Flores, M. (2017). El Zinc en las Plantas. *Ciencia*, 68(3), 28–35, pp. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf
- Balbuena, A., Robles, E., Carlos, J., Hilario, V., González, A., De, D., Pérez López, J., Nava, S. S., Laura, A., Malvaíz, F., & Contreras, C. V. (2011). Competencia entre maíz y teocinte: efecto en el rendimiento y sus componentes Field corn and teocinte competition: effect on grain yield and grain yield components. *Centro Agrícola*, 38(1), 5–12, pp. <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2011/vol38/no1/1.pdf>
- CAPECO. (2020). Area de siembra, producción y rendimiento. <http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>
- Coutinho, E. L. M., Silva, E. J. da, & Silva, A. R. da. (2007). Crescimento diferencial e eficiência de uso em zinco de cultivares de milho submetidos a doses de zinco em um Latossolo Vermelho. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 29(2), 227–234, pp. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026573011>
- Drissi, S., Ait Houssa, A., Bamouh, A., & Benbella, M. (2017). Response of corn silage (*Zea mays* L.) to zinc fertilization on a sandy soil under field and outdoor container conditions. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 145–153, pp. <https://doi.org/10.1016/J.JSSAS.2015.05.002>
- Fageria, N. K. (2000). Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4(3), 390–395, pp. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000300014>



- Ferreira, A. C. de B., Araújo, G. A. de A., Pereira, P. R. G., & Cardoso, A. A. (2001). Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agrícola*, 58(1), 131–138, pp. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000100020>
- Grassi, B. (2019). Estado del clima del Paraguay 2019. MADES-STP. www.unsplash.com
- Hossain, M. A., Jahiruddin, M., & Khatun, F. (2011). Response of maize varieties to zinc fertilization. *Bangladesh J. Agril. Res*, 36(September), 437–447, pp. <https://www.academia.edu/download/81147100/776d045c4700f9697e536670ad57fa9203f0.pdf>
- López, O., González, P., Molinas, A., Franco, E., Garcia, S., & Ríos, E. (1995). Reconocimiento de Suelos y Capacidad de Uso de las Tierras; Región Oriental. Paraguay. Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra. Convenio 3445 P.A. MAG /Dirección de Ordenamiento Ambiental. Banco Mundial. <https://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf>
- Muñoz, M. (2015). Consejo nutritivo. El Grano de Maíz y Su Aporte Nutritivo. <https://consejonutricional.com/2015/07/13/el-grano-de-maiz-y-su-aporte-nutritivo/>
- Nacke, H., Gonçalves, J., Stangarlin, J. R., Schwantes, D., Strey, L., & Nava, I. (2011). Productivity and yield components of corn fertilized with different sources and levels of zinc. *Spanish Journal of Rural Development* Nacke, H., Gonçalves, J., Stangarlin, J. R., Schwantes, D., Strey, L., & Nava, I. (2011). Productivity and Yield Components of Corn Fertilized with Different Sources and Levels of Zinc. *Spanish Journal of Rural Developm*, 71–80, pp. Disponible: <https://doi.org/10.5261/2011.gen3.07>
- Ortigoza, J., López, C., & González, J. (2019). Cultivo de maíz. In *Guía Técnica, El Cultivo Del Maiz* (Vol. 1). FCA, UNA. <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Potarzycki, J., Grzebisz, W. (2009). Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding component. *Plant Soil Environ*, 55(12), 519–527, pp. https://www.old-aj.cz/web/pse.htm?type=article&id=95_2009-PSE
- Prado, R. de, María Romualdo, L., Eduardo Rozane, D., de Aquino Vidal, A., & Valente Marcelo, A. (2008). Modos de aplicación de zinc en nutrición y producción de materia seca de la leche. *Revista Biociencia*, 24 (1). Obtenido de <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6683>
- Roholla Mousavi, S., Galavi, M., & Rezaei, M. (2013). Zinc (Zn) Importance for Crop Production-A Review. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4, 64–68, pp. www.ijappjournal.com
- Shaikh, W., Susheela, R., Sreelatha, D., Shanti, M., & Surendra, P. (2017). Growth and yield of Baby Corn (*Zea Mays* L.) As influenced by zinc fertilization. *International Journal of Chemical Studies*, 5(6), 1362–1364, pp. <https://doi.org/10.5958/0976-058X.2015.00064.5>
- Singh Shivay, Y., Prasad, R. (2014). Effect of source and methods of zinc application on corn productivity, nitrogen and zinc concentrations and uptake by high quality protein corn (*Zea mays*). *Egyptian Journal of Biology*, 16(1), 72, p. <https://doi.org/10.4314/ejb.v16i1.10>
- Tsonev, T. y Lidon, FJC (2017). ZINC EN PLANTAS: UNA RESUMEN. *Revista de Alimentación y Agricultura de los Emiratos*, 24 (4), 322–333. <https://www.ejfa.me/index.php/journal/article/view/892>