



Efecto de ácido fúlvico comercial sobre la producción de maíz (*Zea mays* L) para forraje

Effect of commercial fulvic acid on the production of corn (*Zea mays* L) for forage

Itzel Juárez Sebastián¹; Armando Arrieta González¹; Karla Lissette Silva-Martínez^{1*}; Itzcóatl Martínez-Sánchez².

¹Tecnológico Nacional de México/ITS de Tantoyuca. Desv. Lindero Tametate s/n col. La morita, C. P. 92100. Tantoyuca. Veracruz, México.

²Unidad Académica Metztlán, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Avenida Tepeyacapa S/N, C. P. 43351. Metztlán, Hidalgo, México.

*Autor de correspondencia: karla.silva@itsa.edu.mx

Recibido 10 de abril 2024; recibido en forma revisada 15 de junio 2024; aceptado 16 de noviembre 2024

RESUMEN

Se evalúa el efecto de la aplicación foliar de ácido fúlvico (Af) sobre las características cuantitativas del cultivo de maíz criollo destinado a la elaboración de forraje, dicha investigación obedece de forma paralela, a la necesidad de desarrollar tecnologías que reduzcan los costos de producción. La fase de campo se desarrolló en una empresa ganadera ubicada en el municipio de Tantoyuca, Veracruz; utilizando como germoplasma de maíz criollo de la región, bajo condiciones de secano. Se utilizaron cinco tratamientos con tres repeticiones de cada uno los cuales contenían diferentes concentraciones de Af. Las variables respuesta consideradas fueron: Área Foliar (AF), Índice de Área Foliar (IAF), Rendimiento de materia verde (Rmv), Rendimiento de materia seca (Rms), Porcentaje

demateria seca (Pms), Altura de la planta (Ap) y Diámetro del tallo (Dt). El diseño experimental fue de bloques completos al azar. Los datos del primer ciclo (primavera – verano) se sistematizaron para analizarlos mediante un ANDEVA y comparación de medias entre tratamientos de Fisher ($p < 0.05$). El análisis r que se realizó demuestra que no existe diferencia estadística entre los tratamientos ($p > 0.05$) para la variable Rmv, sin embargo para la variable Rmv el T500 Af fue superior a todos los tratamientos (29994.59 kg/ha). Con respecto al segundo ciclo en la variable Rmv el que obtuvo un mayor rendimiento fue el tratamiento T1250 (57733.58 kg/ha) al igual que en Pms con un valor de 48.46%. Con los resultados obtenidos se concluye que la aplicación foliar de ácidos orgánicos incrementa la producción de biomasa seca de maíz criollo destinado a la producción de forraje por lo que podría ser una opción económica y ecológicamente viable.

Palabras Clave: Ácidos orgánicos, ácidos húmicos, agentes quelantes, ganadería.

ABSTRACT

The effect of foliar application of fulvic acid (Af) on the quantitative characteristics of the native corn crop intended for the production of forage is evaluated. This research responds in parallel to the need to develop technologies that reduce production costs. The field phase was developed in a livestock company located in the municipality of Tantoyuca, Veracruz; using native corn from the region as germplasm, under dryland conditions. Five treatments were used with three repetitions of each one, which contained different concentrations of Af. The response variables considered were: Leaf Area (AF), Leaf Area Index (LAI), Green Matter Yield (Rmv), Dry Matter Yield (Rms), Dry Matter Percentage (Pms), Plant Height (Ap) and Stem diameter (Dt). The experimental design was randomized complete blocks. The data from the first cycle (spring – summer) were systematized to analyze them using an ANDEVA and comparison of means between Fisher treatments ($p < 0.05$). The analysis that was carried out shows that there is no statistical difference between the treatments ($p > 0.05$) for the variable Rmv, however for the variable Rmv the T500 Af was higher than all treatments (29994.59 kg/ha). With respect to the second cycle in the Rmv variable, the one that obtained the highest performance was the T1250 treatment (57733.58 kg/ha) as well as in Pms with a value of 48.46%. With the results obtained, it is concluded that the foliar application of organic acids increases the production of dry biomass of native corn destined for forage production, which is why it could be an economically and ecologically viable option.

Keywords: Organic acids, humic acids, chelating agents, livestock.

INTRODUCCIÓN

La ganadería es una actividad redituable y necesaria para cubrir la creciente demanda de proteína de origen animal que con datos de perspectiva de la (FAO, 2021) se va incrementar incluso al doble para el 2050. Se estima que para esa misma época México tendrá un tamaño poblacional de 150,837,517 habitantes y en consecuencia un gran reto para cubrir la demanda en producción de alimentos.

En las regiones tropicales las principales especies que se explotan son los rumiantes entre ellos los bovinos y los ovinos que se caracterizan por ser de tipo extensivo, en las cuales se emplean vastas extensiones de tierra para el cultivo de pastos nativos, introducidos tales como el Guinea (*Megathyrsus maximus*), estrella de áfrica (*Cynodon nlemfuensis*) Buffel (*Cenchrus ciliaris*), Insurgente (*Urochloa brizantha*) y de corte *Pennisetum purpureum*, las especies ya mencionadas por lo general se desarrollan con dificultad por deficiencia de nutrientes debido a que las especies forrajeras altamente productivas afectan el ciclo de nutrientes en los suelos tropicales, también reducen la condición de la pradera (Moreno y Grújales, 2017),

por ello se establece un proyecto en el que se pretende enriquecer a los forrajes alimento en el que se proporcionara el uso de ácidos húmicos y fúlvicos para así aumentar la cantidad y calidad del silo de maíz criollo (*Zea mays*) para que pueda ser suministrado al ganado en épocas de sequía y que se refleje en evitar la disminución en la producción de los hatos ganaderos. A su vez contribuir con algunas de las 17 metas propuestas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para el 2030 el incremento debe alcanzarse con menos recursos disponibles y contaminando menos el medio ambiente (ONU, 2023). En tal sentido el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de ácido fúlvico sobre la Productividad de maíz criollo (*Zea mays*) para forraje en verde.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó durante los ciclos agrícolas otoño-invierno y primavera-verano del año 2020-2021, en el campo experimental del rancho el Pénjamo perteneciente a la comunidad del Coyol Santa Clara ubicado en el municipio de Tantoyuca, Veracruz; entre los paralelos 21°06' y 21°40' de

altitud norte; los meridianos 97°59' y 98°24' de longitud oeste; altitud entre 10 y 300 m.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, evaluando cinco tratamientos con tres repeticiones, la unidad experimental fue de 26.88 m², de siete surcos establecidos a 0.80 m entre estos y una longitud de 4.80 m, se sembró una semilla por cada punto de siembra a cada 0.20 m entre ellos resultando un total de 24 plantas por surco, se tomó como muestra útil los tres surcos centrales con un área de 11.52 m. Los ácidos fúlvicos (Af) utilizados se obtuvieron de manera comercial K-Tionic® sustancias fúlvicas, ingrediente activo: complejo orgánico fúlvico 25.0 % en peso (equivalente a 300 gr de i.a./L). Ingredientes inertes: Diluyentes y acondicionadores 75.0 % en peso (ficha técnica).

Descripción y aplicación de los tratamientos

Los tratamientos: TControl (N 11.0% + Mg .06% +Mn .04%+ P 9.5+ K 7.6), T500 (150 g Af + N 11.0% + Mg .06% +Mn .04%+ P 9.5+ K 7.6/ha⁻¹), T750 (225 g Af+ N 11.0% + Mg .06% +Mn .04%+ P 9.5+ K 7.6/ha⁻¹), T1000 (300 g Af + N 11.0% +

Mg .06% +Mn .04%+ P 9.5+ K 7.6/ha⁻¹) y T120 (375 g Af + N 11.0% + Mg .06% +Mn .04%+ P 9.5+ K 7.6/ha⁻¹), entre paréntesis se describe el contenido exacto de ácidos orgánicos utilizados. Se aplicó la dosis recomendada en el producto de 1 Lha⁻¹, a su vez se redujo la dosis a 0.750 L ha⁻¹, 0.500L ha⁻¹, y se aumentó a 1.250 L ha⁻¹ a cada una de estas se le agregó fertilizante foliar con la dosisrecomendada en el producto 1 L ha⁻¹. Se realizaron dos aplicaciones de cada uno de los tratamientos en las etapas de crecimiento, V4 y V8 (Ritchie, Hanway y Service, 1982) en forma manual con una mochila aspersora con capacidad de 20 L, las dos aplicaciones se realizaron de manera foliar.

Preparación del suelo y siembra

Antes de realizar la siembra se llevó a cabo la preparación del suelo que consistió en un barbecho, rastreo y surcado con la finalidad de tener las condiciones apropiadas para la emergencia y el desarrollo de las plantas, la siembra se realizó de manera mecanizada y riego de temporal.

Variables a medir

Altura de la planta y diámetro del tallo: se utilizó cinta métrica y vernier respectivamente, estas mediciones se realizaron en doce plantas de la

muestra útil midiendo la altura a partir de 15 cm de la base del suelo hasta la punta de la espiga y se tomó la lectura del grosor de la planta a 15 cm de la base del suelo para lo cual la cosecha se realizó cuando se presentó el estado de madurez óptimo, el cual se determinó de manera visual al tomar algunas plantas al azar y observar el estado en el que se encontraba.

Rendimiento de materia verde: se cortaron dos plantas, a una altura de 15 cm con respecto al nivel del suelo, de los tres surcos centrales (muestra útil) de la unidad experimental, se separaron y se obtuvo el peso promedio por planta, que se multiplico por la densidad de plantas que había en 11.52 m² que corresponde al área total de la unidad experimental para obtener así el rendimiento de materia verde.

Rendimiento de materia seca: para estimar esta variable se utilizaron dos plantas cosechadas se cortaron en trozos de 3 a 5 cm, se mezclaron hasta que se constituyó una muestra homogénea, se colocó en una estufa de aire forzado a 55°C hasta que alcanzo peso constante, después se peso el contenido de materia seca y así, mediante la diferencia entre el peso inicial y el peso final, se determinó el peso promedio en materia seca por planta y se multiplico

por la población de plantas en 11.52 m² que corresponde al área total de la unidad experimental.

Porcentaje de materia seca: con los datos de peso fresco y peso seco se determinó el porcentaje de materia seca para cada unidad experimental aplicando la ecuación propuesta por AOAC (1990).

Área foliar (Af): se realizó a partir de un método directo que consiste en defoliar la totalidad de la planta se registro la longitud (L) y el ancho máximo (A) de la lamina de cada hoja verde y con estos datos se calculó el Af por hoja mediante el modelo propuesto por Motgomery (1911).

Índice de área foliar (IAF): la suma de las Af permitió conocer el área foliar total por planta (AFP) y con ella se calculó el IAF con la ecuación: $IAF = (AFP/NP) * DP / 100 \text{ dm}^2$, donde AFP= área foliar por planta (dm²),

NP= número de plantas muestreadas y DP=número de plantas por m².

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con ANDEVA de una vía, la normalidad de analizó con Shapiro–Wilk y la Homocedasticidad con Bartlett ($p < 0.05$), las medias

se compararon con Fisher ($p < 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico Statistica versión 7 (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis realizado el tratamiento que obtuvo mayor diámetro del tallo, altura, rendimiento de materia verde y seca fue el tratamiento al que se le aplicó 500 Af aunque existe similitud con otras variables, para los resultados de área foliar e índice de área foliar el tratamiento que obtuvo el mejor comportamiento fue el de 1000 Af siendo estos diferentes a los demás tratamientos, para el porcentaje de materia seca el que obtuvo un mayor resultado fue el tratamiento control aunque estadísticamente no hubo diferencia entre sí.

Cuadro 1. Media y error estándar de variables agronómicas de maíz criollo tratado con Af (ciclo otoño- invierno 2021).

Tratamiento	Rendimiento MV (kg/ha)	Rendimiento MS (kg/ha)	Porcentaje de Materia Seca	Diámetro de tallo (mm)	Altura de planta (m)	Área foliar	Índice de área foliar
Tcontrol	28073.97 ^a	12999.64 ^a	45.91 ^a	19.30 ^{ba}	3.15 ^a	0.61 ^a	3.86 ^a

T500	29994.59 ^a	13771.89 ^a	45.36 ^a	20.61 ^a	3.16 ^a	0.87 ^a	5.46 ^a
T750	25208.89 ^a	9996.82 ^a	49.61 ^a	19.66 ^{ba}	2.64 ^b	0.65 ^a	4.08 ^a
T1000	20695.5 ^a	9342.10 ^a	44.74 ^a	18.72 ^{bc}	2.56 ^b	0.05 ^b	0.35 ^b
T1250	24270.55 ^a	10576.64 ^a	44.96 ^a	17.00 ^c	2.56 ^b	0.92 ^a	5.74 ^a
Error estándar	4384.261	2037.751	2.15	0.47	0.47	0.07	0.46

Nota: medias con diferente literal por línea denotaron diferencia estadística significativa. Fisher ($p < 0.05$).

De acuerdo al análisis realizado se observa que en todas las variables los tratamientos que aportan un potencial más alto son a los que se les aplicaron las concentraciones más altas de ácido Af (1000 Af y 1250 Af). Donde en la variable diámetro existe diferencia significativa entre el tratamiento 1000 Af y el resto de los tratamientos, para la variable altura los tratamientos 1000 Af, 1250 Af Y 500 Af son iguales entre sí, pero existen diferencias con el resto de los tratamientos a excepción del tratamiento 500

Af ya que estadísticamente también comparte similitud con el tratamiento 750 Af.

Rendimiento de materia verde, materia seca y porcentaje de materia seca, con base a la prueba realizada el tratamiento con el que se obtuvo el mayor rendimiento verde y seco y porcentaje de materia seca corresponde al 1250 Af en cuanto a kg/ha siendo estadísticamente igual a los tratamientos 1000Af, 750 Af Y 500 Af.

Área foliar e índice de área foliar los valores más altos para estas variables corresponde, al tratamiento 1000 Af pero no existen diferencias estadísticas entre ningún tratamiento.

Cuadro 2. Media y error estándar de variables agronómicas de maíz criollo tratado con Af (ciclo otoño- invierno 2021).

Tratamiento	Rendimiento MV (kg/ha)	Porcentaje					Índice de área foliar
		Rendimiento MS (kg/ha)	Ente de Mat Sec a	Dia de tallo (mm)	Altura de planta (m)	Área foliar	
Tcontrol	36019.75 ^b	12974.28 ^b	34.70 ^b	19.58 ^b	2.70 ^a	0.45 ^a	34.70 ^b

T500	46738.9 ^{ab}	13015.52 ^{ab}	41.20 ^{ab}	19.58 ^b	3.02 ^{ab}	0.44 ^a	41.20 ^{ab}
T750	37313.24 ^a	19493.06 ^a	40.12 ^{ab}	19.16 ^b	2.72 ^{ab}	0.38 ^a	40.12 ^{ab}
T1000	55564.71 ^a	26559.93 ^a	47.88 ^a	23.19 ^a	3.23 ^a	0.48 ^a	47.88 ^a
T1250	57733.58 ^a	27943.05 ^a	48.48 ^a	20.22 ^b	3.09 ^a	0.47 ^a	48.46 ^a
Error	2395.229	2578.887	3.36124	0.53	0.08	0.05	3.361244
ndar			4				

Nota: medias con diferente literal por línea denotaron diferencia estadística significativa. Fisher ($p < 0.05$).

En el ciclo otoño-invierno las dosificaciones con ácidos orgánicos no presentaron efecto positivo por lo que se atribuye a los factores ambientales de invierno, ya que la temperatura influye determinante en las plantas para que se presenten y manifiesten adecuadamente los procesos como la división celular, fotosíntesis y respiración, acumulación de azúcar absorción de nutrientes, así como para los

procesos metabólicos también influye en el crecimiento y desarrollo (Cevallos-Cantos, 2022) este comportamiento en las plantas concuerda con lo publicado por Ibarra-Cantún (2012) donde hace mención que los ácidos orgánicos no causan mayores efectos en épocas invernales donde las plantas no realizan sus funciones adecuadamente.

En el ensayo realizado en el ciclo primavera-verano, existieron diferencias significativas al aplicar las dosis de mayor concentraciones de Af, ya que al aplicarlas promueven el crecimiento de las plantas de maíz (*Zea mays*) en las cuales se vio reflejado en cada una de las variables. Estos datos concuerdan con (Ramos, 2000), quienes comprobaron que al aplicar Af de manera foliar en plantas de tomate y encontraron diferencias significativas en su estudio demostrando que los Af influyen de manera directa en el desarrollo de los cultivos, Albert (2015) menciona que el usar ácidos húmicos y fúlvicos de manera foliar tienen un mayor efecto en el desarrollo vegetativo de las plantas.

Los Af tienen un efecto significativo en la altura y diámetro de la planta ya que se aprecian mayor altura y diámetro al aplicarlos, lo cual concuerda con

los estudios de Pettit (2012); Escobar (2015), quienes mencionan que el uso de Af, aplicados de manera foliar promueven el crecimiento vegetativo de las plantas, ya que son sustancias que contienen el doble de oxígeno en comparación con otros ácidos orgánicos por lo cual mejora sus funciones bioactivadoras y la absorción de nutrientes por parte de la planta. Los resultados antes mencionados coinciden con lo reportado por Sootahar et al. (2022) demostrando que la aplicación de estos ácidos aumenta la altura de la planta, la biomasa y la producción de maíz, además reportan que al usar Af en forma líquida aumenta la absorción de nutrientes en las plantas.

Se observan mayor área foliar e índice de área foliar para los tratamientos de 1000 Af dosis recomendada por la empresa, Pettit (2012) menciona que los Af aplicados al follaje pueden accionar rápidamente la entrada de nutrientes a las raíces, tallos y hojas de las plantas debido al tamaño de sus moléculas y su composición. Por otra parte, la aplicación de estos ácidos promueve la longitud de la raíz e induce el incremento de los xilemas (Serrano et al., 2015).

A mayor concentración de Af se incrementó el rendimiento de materia verde ya que los Af son excelentes portadores para realizar una aplicación de fertilizante foliar y también son activadores de diferentes procesos metabólicos y enzimáticos. La combinación de estos ácidos con macroelementos u oligoelementos y otros nutrientes para la planta de manera foliar mejoran el crecimiento de follaje en las plantas Rodríguez (2009) menciona que el uso de Af mejora el desarrollo, además muestra que las plantas tratadas con estos ácidos tienen mayor grosor. Estos ácidos al tener moléculas de menor tamaño en comparación con otros ácidos orgánicos pueden ser usados de manera foliar, al estar presente en la planta inicia a regular algunos procesos de crecimiento y desarrollo. El uso de estos ácidos incrementa el crecimiento y a su vez el rendimiento de las plantas.

CONCLUSIONES

El uso de ácidos fúlvicos favorece el desarrollo de las plantas de maíz, lo que se observa en rendimiento verde y seco, porcentaje de materia seca y kg/ha, sinónimo de optimización de crecimiento y desarrollo. Los ácidos orgánicos son una opción

viable desde punto de vista ecológico para incrementar la producción de biomasa de sorgo forrajero.

BIBLIOGRAFÍA

- Albert, M. O. (2015). Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate [Tesis]. San Vicente del Raspeig (Alicante). Universidad de Alicante.
- Cevallos-Cantos, J. J. (2022). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. Acawa en condiciones de vivero con diferentes sustratos y bioestimulantes (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).
- Escobar, P. L. (2015). Efecto de la fertilización foliar sobre la compensación de la fijación biológica de nitrógeno por *Rhizobium phaseoli* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Chapingo, México.
- FAO (Food And Agriculture Organization of the United Nations). (2019). FAOSTAT. Recuperado de: 06 ago 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>

- Ibarra-Cantún, D. (2012). Calidad e inocuidad de jitomate (*Lycopersicum esculentum* L) fresco almacenado a diferentes temperaturas: relación del contenido de azúcares y ácidos orgánicos con la adherencia de *Escherichia coli* (ECET) (Master's thesis). San Vicente del Raspeing (Alicante): Universidad de Alicante.
- Moreno, D. C. y Grújales, H.A. (2017). Caracterización de los sistemas ovinos de los trópicos alto de Colombia: manejo e indicadores productivos y reproductivos. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 64(3),36-51. pp. Ritchie, S. W., Hanway, J. J. y Service, I. S. U. C. E. (1986). How a corn plant develops.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2023). 17 objetivos del desarrollo sostenible para el año 2030. Asamblea General de las Naciones Unidas. V Agenda.Vol I. Rodríguez, F. R. (2009). Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivar Nacional. Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Pettit, R. E. (2012). Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. College Station, Texas, Unites States: Texas, Unites States: Texas&M University. Serrano, L. a. R., Castruita, M. Á. S., Cervantes, G. G., Del Carmen Potisek Talavera, M., Vidal, J. a. O., & Rangel, P. P. (2015). Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra. Interciencia, 40(5), 317–323. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/339/33937066005.pdf>
- Ramos, R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino.