

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de un Producto Orgánico en Caracteres Agronómicos y de
Calidad en Maíz

Por:

JUAN SAMUEL GUADALUPE JESÚS ALCALÁ RICO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre del 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de un Producto Orgánico en Caracteres Agronómicos y de
Calidad en Maíz

Por:

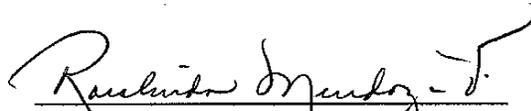
JUAN SAMUEL GUADALUPE JESÚS ALCALÁ RICO

TESIS

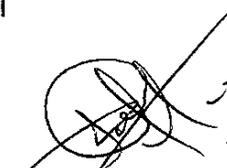
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada:


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Asesor Principal


Dr. Humberto De León Castillo
Coasesor


Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre del 2013

DEDICATORIA

A mis padres

Prof. Juan Samuel Alcalá Gutiérrez

Sra. Ana María Rico Rocha

Les doy las gracias primeramente por haberme dado la vida así como su amor infinito, cariño y consejos. Por todo el apoyo que me han brindado siempre. Por darme la mejor herencia que un padre le puede dar a su hijo “Una profesión”. Que dios los bendiga y los cuide.

A mis hermanos

Zuleyma Yoatzin Alcalá Rico

Alexis Javier Alcalá Rico

Les doy las gracias por su apoyo, y todos los momentos felices que hemos vivido juntos.

A mi abuelita

Sra. María Luisa Gutiérrez

Le doy las gracias por sus sabios consejos, por estar conmigo en todo momento y el cariño que me ha brindado.

A mi novia

América García Gordillo

Le doy las gracias por su gran apoyo y por estar conmigo en las buenas y en las malas, me ha acompañado en los momentos de felicidad para festejar y en los momentos de tristeza para consolarme. Por el gran amor que me ha brindado y el apoyo para terminar mis estudios profesionales.

A mis tíos

Ing. Juan Guadalupe Alcalá Gutiérrez

Ing. Alejandro Alcalá Gutiérrez

Sr. Faustino Alcalá Gutiérrez

Sr. Serafín Alcalá Gutiérrez

Sra. Nena Alcalá Gutiérrez

Por sus consejos, su apoyo moral que me ayudaron mucho en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro Señor, te doy humildemente las gracias por darme vida, salud y por bendecirme a cada momento.

A mi “ALMA TERRA MATER” por abrir me sus puertas y haberme permitido realizar mis estudios superiores.

A la Dra. Rosalinda por todo el apoyo brindado en la realización de este trabajo de tesis, por sus conocimientos, consejos y por su gran amistad, además de ser una excelente maestra.

Al Dr. Humberto de León Castillo por su disponibilidad en la revisión y por sus valiosas contribuciones aportadas en la revisión y mejoría de esta investigación.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por su apoyo y cooperación durante la realización de este trabajo.

A mis primos

Antonio Faustino Guadalupe Alcalá Madrigal y Alfredo Rincón Varela. Por depositar su confianza en mí y apoyarme en este proyecto de vida.

A mis amigos

Alexander (Alex), José Guadalupe (Lupe), José (chepe), José Martín (Marto). Quienes me demostraron desinteresadamente su buena amistad, y por compartir durante este tiempo grandes momentos de alegría, además de los consejos que me dieron en los momentos difíciles.

Gracias a: Doña Esperanza de Jesús Gordillo Fernández y a Don Norberto Pérez Nafate los cuales creyeron en mí y me brindaron su apoyo y amistad incondicionalmente.

Finalmente a todas las personas que directa o indirectamente ayudaron a culminar con este proyecto, cuando aportaron su “granito de arena”.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Maíz.....	4
2.1.1 Taxonomía.....	4
2.1.2 Tallo.....	5
2.1.3 Inflorescencia.....	5
2.1.4 Hojas.....	5
2.1.5 Raíces.....	6
2.1.6 Híbridos.....	6
2.2 Abonos Orgánicos.....	7
2.3 Sustancias Húmicas.....	7
2.3.1 Ácidos Húmicos.....	8

2.3.1.1 Efectos en el Suelo.....	9
2.3.2 Ácidos Fúlvicos.....	9
2.4 El Hierro.....	10
2.4.1 El Hierro en la Planta.....	10
2.4.2 Metabolismo del Hierro en las plantas.....	11
2.4.3 Deficiencias de Hierro en las Plantas.....	11
2.5 Quelatos.....	12
2.5.1 Eficacia de los Quelatos de Hierro.....	13
2.6 El Fósforo.....	14
2.6.1 El Fósforo en las Plantas.....	14
2.6.2 Factores que Afectan la Disponibilidad del Fósforo.....	15
2.6.3 Estudios de Fósforo en la Rizosfera.....	15
2.6.4 Fertilización con Fósforo.....	16
2.7 L-20 Potenciador de la Fertilidad y Mejorador de Suelos.....	16
2.7.1 Beneficios en la Planta.....	17
2.7.2 Beneficios en el Suelo.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 Ubicación del Área de Estudio.....	19
3.2 Descripción del Área.....	19
3.3 Descripción de Tratamientos.....	19
3.4 Labores Culturales.....	20
3.4.1 Preparación del Terreno.....	20
3.4.2 Siembra.....	21
3.4.3 Fertilización.....	21

3.4.4 Riego.....	21
3.4.5 Cosecha.....	21
3.5 Variables Agronómicas.....	21
3.5.1 Altura de la Planta.....	22
3.5.2 Peso Fresco de Follaje.....	22
3.5.3 Peso Seco de Follaje.....	22
3.5.4 Peso Fresco de Raíz.....	22
3.5.5 Peso Seco de Raíz.....	22
3.6 Variables de Calidad.....	23
3.6.1 Número de Hileras por Mazorca.....	23
3.6.2 Longitud de Mazorca.....	23
3.6.3 Número de Granos por Mazorca.....	23
3.6.4 Peso de 1000 Granos.....	23
3.6.5 Rendimiento.....	24
3.7 Análisis de Datos.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1 Variables Agronómicas.....	25
4.1.1 Altura de Planta.....	25
4.1.2 Peso Fresco de Follaje.....	26
4.1.3 Peso Seco de Follaje.....	26
4.1.4 Peso Fresco de Raíz.....	27
4.1.5 Peso Seco de Raíz.....	27
4.2 Variables de Calidad.....	27
4.2.1 Número de Hileras.....	28

4.2.2 Longitud de Mazorca.....	28
4.2.3 Número de Granos por Mazorca.....	28
4.2.4 Peso de 1000 Granos.....	29
4.2.5 Rendimiento.....	29
V. CONCLUSIONES.....	33
VI. LITERATURA CITADA.....	34
VII. APÉNDICE.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 3.1** Tratamientos del producto L-20, aplicado al cultivo de maíz híbrido AN-424, establecido en el municipio de General Cepeda, Coahuila en 2012.....20
- Cuadro 4.1** Cuadrados medios del ANVA para variables agronómicas en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.....30
- Cuadro 4.2** Prueba de comparación de medias de Tukey (≤ 0.05), en variables agronómicas en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.....31
- Cuadro 4.3** Cuadrados medios del ANVA para variables de calidad en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.....32
- Cuadro 4.4** Prueba de comparación de medias de Tukey (≤ 0.05), para variables de calidad en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.33
- Cuadro A1.** Tabla de medias de número de hileras por mazorca, longitud de mazorca y número de granos por mazorca en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar el comportamiento de las variables agronómicas y de calidad del cultivo de maíz (*Zea Maíz L.*) híbrido AN-424 producido con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 potenciador de la fertilidad y mejorador de suelos a campo abierto, el cual es un abono orgánico. Se evaluaron 6 dosis de aplicación en distintas fechas del abono orgánico y un testigo con fertilización química en General Cepeda, Coahuila, 2012. El trabajo fue establecido bajo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial, con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables estudiadas fueron altura de la planta, peso fresco y seco de follaje, peso fresco y seco de raíz, número de hileras por mazorca, longitud y número de granos por mazorca, peso de 1000 granos y rendimiento. Se encontró que el mejor tratamiento para las variables agronómicas es el 3 (5 L de L-20 ha⁻¹ divididos en 2 aplicaciones la primera a los 22 días después de la siembra y la segunda a los 44 días después de la siembra) ya que incrementaron la altura de planta (2.8%), peso fresco de follaje (25%), peso seco de follaje (25.97%), peso fresco de raíz (49.09%) y peso seco de raíz (56.26%) en relación al testigo. En las variables de calidad la dosis de L-20 con 9 L y una aplicación a los 22 días incrementó, longitud de mazorca, número de granos por mazorca, número de hileras y rendimiento, estas dos últimas variables también se incrementaron con la dosis de fertilización química.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es el primero en cuanto a volumen. Desde hace cincuenta años, la extensión y volumen de producción del grano mesoamericano ha ido en aumento, de seguir así, se convertirá en el grano más importante del planeta. Ello se debe a la gran cantidad de productos que se obtienen del maíz, tanto para la alimentación humana y animal, como para uso industrial.

El cultivo más importante de México es el de maíz. Durante la última década, se han producido cerca de diez y ocho millones de toneladas anuales en una extensión aproximada de ocho millones de hectáreas, lo que representa una cuarta parte de nuestra superficie cultivable. Sin embargo, esta producción resulta insuficiente para cubrir las necesidades nacionales, por lo que se importan alrededor de ocho millones de toneladas de maíz por año, cantidad que va en aumento.

Las prácticas para el manejo de la fertilidad de los suelos constituyen un componente esencial de cualquier sistema de producción agrícola cuyo objetivo sea la obtención de altos rendimientos en esta actividad; con ellas se pretende preservar, recuperar y mejorar las características de los suelos para garantizar su productividad en el tiempo, además de incorporar y reponer los nutrimentos esenciales demandados por los cultivos que el suelo no puede suplir oportunamente en la cantidad y calidad requerida. En la actualidad se

hace énfasis en la necesidad de establecer prácticas que permitan mantener el nivel de productividad de los suelos, incrementar la producción agrícola y preservar los ecosistemas en el tiempo (Matheus *et al.*, 2007).

Para satisfacer las necesidades nutricionales de cultivos como el maíz, se requieren altas cantidades de abonos (López-Martínez *et al.*, 2001), lo que implica una elevada disponibilidad de residuos orgánicos para su elaboración y condiciones adecuadas para su almacenaje y aplicación.

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas.

Tomando en consideración la gama de factores que están involucrados en el proceso de producción de este cultivo y en las formas diferentes de cómo podrían actuar sobre el desarrollo de éste, se condujo el experimento con la finalidad de evaluar y dilucidar la dosis óptima de L-20 potenciador de fertilidad y mejorador de suelos para el desarrollo del cultivo de maíz.

Por todo lo anterior, se planeó el siguiente trabajo de fertilización orgánica planteando lo siguiente:

1.1 Objetivo

Evaluar los caracteres agronómicos y la producción de maíz con la aplicación del producto orgánico L-20 con diferentes dosis y fechas de aplicación.

1.2 Hipótesis

Que en al menos alguna dosis del producto orgánico aumente los caracteres agronómicos y producción de maíz.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Maíz

El cultivo del maíz tuvo su origen, con toda probabilidad, en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta Argentina (León, 2000; Paliwal *et al.*, 2001).

La evidencia más antigua de la existencia del maíz, de unos 7 000 años, ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América (León, 2000; Paliwal *et al.*, 2001).

2.1.1 Taxonomía

La taxonomía de maíz se presenta a continuación (Carrera y Box, 2005):

Nombre común: Maíz

Nombre científico: *Zea mays*

Familia: Gramínea

Género: *Zea*

2.1.2 Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (León, 2000; Paliwal *et al.*, 2001).

2.1.3 Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta (León, 2000; Paliwal *et al.*, 2001).

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (León, 2000; Paliwal *et al.*, 2001).

2.1.4 Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas y alternas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (León, 2000; Paliwal *et al.*, 2001).

2.1.5 Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (León, 2000; Paliwal *et al.*, 2001).

2.1.6 Híbridos

Un híbrido simple es el que se obtiene cruzando dos líneas puras. El híbrido simple se cultiva principalmente en sitios donde el consumo de maíz tiene mucha demanda (Ramírez, 2006).

Bejarano (2003) menciona que la producción de maíz en el país se basa en la utilización de híbridos dobles o de tres líneas con los cuales se lleva a cabo una producción satisfactoria de semilla puesto que la misma se obtiene sobre un híbrido simple.

Pugh y Layrisse (2005) indican que los híbridos simples son obtenidos por las empresas públicas o privadas pertenecientes de las líneas progenitoras. Para la obtención de los mismos incluye el mantenimiento de las líneas parentales, realizar las cruzas posibles entre ellos, además requiere de una considerable inversión de tiempo, recursos financieros, trabajo y supervisión.

Los híbridos simples son más productivos que los híbridos triples, pero los primeros presentan mayor interacción genotipo ambiente, por lo que no son

recomendables comercialmente debido a que también su producción de semilla es más costosa (Moreno *et al.*, 2002; Espinosa *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2011).

2.2 Abonos Orgánicos

Los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada dependiendo de su composición química, procedencia y manejo, los abonos orgánicos pueden aportar cantidades importantes de nutrimentos para los cultivos, lo que reduce el uso de fertilizantes químicos (López-Martínez *et al.*, 2001). Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo (FAO, 2003) y presentan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición.

Los abonos orgánicos mejoran las características físicas y previenen la erosión del suelo, reducen la dependencia de insumos externos de alto costo económico y ambiental, enfocado a una agricultura sostenible, en donde se disminuye y elimina el empleo de agroquímicos a fin de proteger el ambiente, y la salud animal y humana (Acevedo y Pire, 2004).

2.3 Sustancias Húmicas

Porta (2003) menciona que las sustancias húmicas son el producto de la alteración de la materia orgánica, por acción microbiana y por procesos abióticos. Por otro lado, Martínez (1999) argumenta que las sustancias húmicas equivalen al producto final del proceso de descomposición que

sufren los desechos orgánicos con o sin lombrices, razón por la cual es alto el contenido de estas sustancias en la lombricomposta, lo que le facilita a la planta una mejor absorción de nutrimentos asimilables. También se asocia la presencia de estas sustancias húmicas con la actividad enzimática, además de que aporta una amplia gama de sustancias fitoregulatoras del crecimiento.

2.3.1 Ácidos Húmicos

Las sustancias húmicas (SH) tienen profundos efectos físicos, químicos y biológicos sobre el suelo, especialmente sobre aquellos que presentan malas condiciones físicas, que dificultan la producción de cultivos. Tienen un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas; además, influyen en la movilidad de compuestos orgánicos no iónicos como pesticidas y contaminantes, removiéndolos de las soluciones acuosas. Son una reserva y a la vez fuente de N, P, S y micronutrimentos para las plantas, proporcionan energía a los microorganismos, liberan CO₂, forman y mantienen la estructura del suelo, reducen los efectos de compactación y costras superficiales, reducen la erosión, mejoran la percolación y retención de agua del suelo. Los ácidos húmicos tienen una gran capacidad para retener y transportar nutrientes, metales, pesticidas, etcétera; además de ser la fuente más importante de carbono orgánico terrestre y acuático (Álvarez *et al.*, 2004; Brigante *et al.*, 2006). Los ácidos húmicos activan los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, con lo que se incrementa el contenido de clorofila, absorción de nutrientes,

crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y rendimientos de muchas plantas (Aganga y Tshwenyane, 2003).

2.3.1.1 Efectos en el Suelo

Las sustancias húmicas pueden servir de fuente de N, P y S (Akinremi *et al.*, 2000), que liberan a través de la mineralización que la materia orgánica sufre en el suelo. Esta fuente de elementos también se debe a la posibilidad de complejar metales que tienen las sustancias húmicas, (Sánchez-Andreu *et al.*, 2000). Sin embargo, este comportamiento va a estar determinado, en gran medida por el cultivo y las condiciones que lo rodean.

La Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo puede depender en más de un 80% de la materia orgánica, por tanto existe una relación directa entre CIC y el contenido en materia orgánica. Por lo general los ácidos húmicos van a adsorber preferentemente cationes polivalentes frente a monovalentes. Para iones con igual valencia, los menos hidratados tienen la mayor energía de adsorción (Stevenson, 1994).

2.3.2 Ácidos Fúlvicos

Los AH son moléculas más grandes y complejas que los AF, además, presentan contenidos más altos de nitrógeno, pero menor de grupos funcionales (Meléndez, 2003).

Los AF se distinguen de los AH por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55 por ciento) y por

su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales (Meléndez, 2003).

2.4 El Hierro

En la actualidad, existe un creciente interés por incrementar la concentración de micronutrientes en los órganos cosechados, por ejemplo, los granos de los cereales. Dicho interés no sólo responde al objetivo de incrementar los rendimientos, sino también para subsanar deficiencias nutricionales, particularmente en las poblaciones rurales de ciertos países subdesarrollados (Zhao y McGrath 2009).

El hierro puede ser encontrado en muchos estados de oxidación, las formas más comunes son +2 o +3 los cuales pueden ser fácilmente intercambiables. Esta capacidad sustenta su importancia en muchos procesos bioquímicos; sin embargo, el hierro es potencialmente muy tóxico en su forma libre dentro de las células (Galatro y Puntarulo 2007, Gálvez *et al.* 2008, Crichton 2009).

2.4.1 El Hierro en la Planta

El hierro está formado parte del 0,015% de la materia seca de la planta y la mayor parte está localizada a nivel radicular, y aunque puede parecer poca cantidad, este elemento cumple funciones importantes en la planta. Bajo condiciones normales de humedad del suelo, capacidad de campo, buena aireación y una fertilización balanceada, no se advierte una deficiencia de este elemento. (Padilla W. 2002).

El hierro es un catalizador que ayuda a la formación de clorofila y actúa como portador de oxígeno. También colabora en la formación de ciertos sistemas enzimáticos respiratorios. Debido al papel que tiene este metal para la formación de la molécula de clorofila, el Fe es un elemento esencial para la producción de energía en las plantas (Padilla W. 2002).

2.4.2 Metabolismo del Hierro en las Plantas

Dentro de la acción fotosintética el hierro está asociado con la síntesis de proteína cloroplástica y su contribución en la formación de la molécula de clorofila y los demás compuestos que intervienen en esta reacción. Es bien conocido que el cloroplasto de la célula, es la sede del pigmento de la clorofila y este orgánulo está formado por proteínas y lípidos, hierro y enzimas. En todo caso si bien es cierto el hierro no forma parte de la clorofila, si puede estar inserto en el complejo clorofilolipoprotéico. Por esta razón es que cuando el hierro está ausente no se llega a formar este complejo, razón por la cual el cloroplasto no es capaz de producir el proceso fotosintético (Padilla W. 2002).

2.4.3 Deficiencias de Hierro en las Plantas

El principal efecto de la deficiencia de hierro en hojas se produce en los cloroplastos que ven alterada su estructura y funciones. Se reduce el número de tilacoides y granas, y se altera la estructura del tilacoide (Soldatini *et al.*, 2000).

Se ha reportado que una deficiencia de hierro produce un decremento en la concentración de la clorofila, lo que afecta el fotosintético y desarrollo en las plantas (Briat *et al.*, 2009)

El efecto más evidente de la deficiencia de hierro es el color amarillento entre las nervaduras de las hojas jóvenes (Mengel *et al.*, 2001), causado por una disminución a nivel foliar de todos los pigmentos fotosintéticos que recogen la luz (clorofilas y carotenos) (Soldatini *et al.*, 2000). En los casos carenciales severos de hierro el amarilleamiento puede llegar a ser completo, apareciendo zonas necróticas, caída precoz de las hojas e incluso una defoliación total y entre otros síntomas visuales, una reducción del crecimiento de la planta que ve restringida su producción óptima y la calidad de los frutos (Álvarez-Fernández *et al.*, 2006)

2.5 Quelatos

Los quelatos son fertilizantes con alta estabilidad en condiciones de acidez o alcalinidad; son formas adecuadas y rápidas para suministrar en forma coloidal los micronutrientes catiónicos requeridos durante el ciclo, con el objeto de prevenir o corregir las deficiencias fisiológicas y metabólicas de éstos elementos, lo cual, en muchas ocasiones, no se puede llevar a cabo con eficiencia, con el uso de otros productos (Biocampo, 1998).

La disponibilidad de hierro para los cultivos establecidos en suelos calcáreos es generalmente baja. Esto provoca deficiencia de hierro en las plantas y disminución de la producción y calidad de las cosechas. Cuando la deficiencia de hierro es muy severa se presenta un amarillamiento en las hojas conocido también como clorosis férrica. Una de las formas más eficaces de corregir dicha deficiencia es la aplicación del hierro en forma de quelato Fe-EDDHA (etilendiamino-di-(o-hidroxifenilacetato férrico) al suelo (Álvarez *et al.*, 2005).

En el caso del Fe los quelatos deben incrementar la solubilización de Fe del suelo y transportarlo hacia la raíz de la planta. Ahí deben ceder el Fe y la parte orgánica del quelato debe volver a solubilizar más hierro. En este sentido los quelatos actúan de modo bien diferente al resto de los fertilizantes (Lucena, J. 2004).

2.5.1 Eficacia de los Quelatos de Hierro

La eficacia de un quelato férrico desde el punto de vista agrícola es directamente proporcional a su capacidad para mantener hierro en forma disponible para las plantas, en cantidad y durante el tiempo necesario para que esta lo tome, la diferencia entre la eficacia de los distintos quelatos férricos para corregir la clorosis depende de factores como la estabilidad del propio quelato, las condiciones del medio, la reactividad con los materiales edáficos, pero también de las características de la planta (Sánchez, A. 2002).

2.6 El Fósforo

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y uno de los tres macro nutrientes principales, junto al N y el K. El uso de fertilizantes fosfatados ha demostrado efectos positivos en el rendimiento de los principales cultivos agrícolas (Barbagelata *et al.*, 2000).

El fósforo es un elemento esencial para los seres vivos, debido a que forma parte de varias biomoléculas tales como ácidos nucleicos y fosfolípidos, y participa en diversas reacciones bioquímicas del metabolismo celular. En el suelo, el P proviene del material parental o puede ser introducido por medio de fertilizantes minerales o a través de residuos orgánicos, lo cual genera un aumento del P total (Scherer y Sharma, 2002; Verma *et al.*, 2005).

2.6.1 El Fósforo en las Plantas.

Comparado con otros nutrientes, el P presenta una menor disponibilidad para las plantas, lo cual lo convierte en un factor limitante para la producción agrícola. Esta baja disponibilidad se relaciona con la elevada reactividad que tiene el anión fosfato con los diversos constituyentes del suelo y de la rizosfera (Hinsinger, 2001).

Las plantas y los microorganismos captan el P en su forma inorgánica desde la solución del suelo, preferentemente como H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} . Los compuestos orgánicos de P son derivados de residuos microbianos, vegetales y animales; éstos pueden ser mineralizados por la biomasa microbiana o estabilizados en la matriz del suelo (Oehl *et al.*, 2004).

El papel fundamental del fósforo en las transferencias de energía ha sido bien comprobado. Los iones fosfóricos son capaces de recibir energía luminosa captada por la clorofila y transportarla a través de la planta. También tiene una gran importancia en el metabolismo de diversas sustancias bioquímicas (Stauffer, 2003).

2.6.2 Factores que Afectan la Disponibilidad del Fósforo

Comparado con otros nutrientes, el P presenta una menor disponibilidad para las plantas, lo cual lo convierte en un factor limitante para la producción agrícola. Esta baja disponibilidad se relaciona con la elevada reactividad que tiene el anión fosfato con los diversos constituyentes del suelo y de la rizosfera (Hinsinger, 2001).

En suelos ácidos, la mineralogía y las condiciones fisicoquímicas favorecen la adsorción de P. Por lo tanto, en estos suelos, aunque el nivel de P total sea alto, se presentan bajos niveles de P disponible (Hinsinger, 2001).

La materia orgánica genera capacidad buffer en un amplio rango de pH, lo cual es importante en los procesos de entrega de nutrientes a los cultivos (García-Gill *et al.*, 2004).

2.6.3 Estudios de Fósforo en la Rizosfera

La disponibilidad de los nutrientes en la rizosfera está controlada por el efecto combinado de las propiedades del suelo, las características de las

distintas especies vegetales y las interacciones raíz - microorganismos (Wang *et al.*, 2004; Rengel y Marschner, 2005).

2.6.4 Fertilización con Fósforo.

El fertilizante fosfatado debería ser colocado a la siembra y lo más cerca de las semillas. Lo más aconsejable es hacerlo por debajo y al costado de la línea de siembra. En suelos bien provistos de P, en donde se realizan aplicaciones de P de reposición, las diferencias entre aplicar al voleo o en líneas a la siembra, se reducen considerablemente. En planteos de siembra directa (con menores temperaturas medias de suelo y menores aportes de P por mineralización) la fertilización a la siembra, adquiere más trascendencia aún. (INTA-FAO, 2001).

2.7 L-20 Potenciador de la Fertilidad y Mejorador de Suelos

Promueve el transporte y retranslocación de macro y micronutrientes así como la respuesta específica de mecanismos moleculares de transporte de fósforo desde el xilema, floema y tejido en crecimiento como brotes y raíces (LIDAG, 2011).

El incremento en la homeostasis del fósforo y microelementos, conlleva a la optimización de la relación raíz-brote y la dirige al crecimiento de la fitomasa por la mayor cantidad de carbono asimilado en los tejidos fotosintéticos. A su vez, los cotransportadores de fósforo se llevan para producir un flujo de entrada positivo al citoplasma vegetativo y su captación energizada por sodio y potasio,

mantiene los niveles citoplasmáticos en cantidades esenciales para el óptimo funcionamiento enzimático (LIDAG, 2011).

LIDAG (2011) menciona que las evaluaciones a nivel de campo en el ejido “El Diezmo”, municipio de Cortazar, Guanajuato, mostraron resultados satisfactorios con la adición de L-20 al paquete tecnológico de la región para la producción de maíz (*Zea mays L.*) el estudio con el híbrido Puma (ASGROW) en donde el T₁, L-20 (6L.ha⁻¹+ fertilización normal) tuvo un rendimiento de 21.85% superior al testigo T₂ (fertilización normal).

2.7.1 Beneficios en la Planta

- Es absorbido rápidamente por las raíces.
- Incrementa la emergencia y viabilidad.
- Induce reserva alimenticia.
- Fortalece los mecanismos fisiológicos de la planta, promoviendo mayor desarrollo vegetativo y producción.
- Favorece el desarrollo radicular.
- Incrementa la tolerancia a la sequía.
- Aumenta la tolerancia a bajas temperaturas.
- Favorece los mecanismos de floración y fructificación.
- Influye en la fecundación y la precocidad.
- Incrementa la producción de los cultivos en suelos salinos.
- Aumenta el peso de las cosechas.

2.7.2 Beneficios en el Suelo

- Bloquea y solubiliza las sales nocivas.
- Modifica el pH de la rizosfera de las plantas.
- Disminuye la presión osmótica.
- Mejora la textura y estructura.
- Favorece las condiciones biológicas.
- Inmoviliza metales pesados.
- Contrarresta el efecto de altas dosis de nitrógeno.
- Facilita la disponibilidad de Fe, Zn, y Mn.
- Favorece el aprovechamiento de N, K, S, Ca, y Mg.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del Área de Estudio

La investigación se realizó en la parcela 17 Ejido El Pilar antes La Gloria, municipio de General Cepeda, Coahuila, ubicado en 25°22'35" N y 101°28'30" O, y a una altitud de 1,410 msnm en un valle rodeado por serranías y ubicado en una zona predominantemente desértica. Se encuentra a 65 km al suroeste de la ciudad de Saltillo.

3.2 Descripción del Área

Se caracteriza por un clima semiseco, templado durante la mayor parte del año, y su temporada de lluvias comprende las estaciones de primavera y verano principalmente y con una precipitación media anual de 400 a 500 mm.

3.3 Descripción de Tratamientos

El producto L-20 potenciador de la fertilidad y mejorador de suelos contiene Fosforo 24.17%, Hierro 0.18% y acondicionadores y solubilizantes 75.65% (sustancias húmicas).

Se evaluaron 7 tratamientos de L-20 (Cuadro 1), en un diseño de bloques completamente al azar con 3 repeticiones, donde cada repetición consto de un

surco a doble hilera de 15 m de longitud, 0.8 m entre surcos, 0.2 m entre hileras y 22.7 cm entre plantas, se dejaron 2.5 m en las orillas como bordos.

Cuadro 3.1 Tratamientos del producto L-20, aplicado al cultivo de maíz híbrido AN-424, establecido en el municipio de General Cepeda, Coahuila en 2012.

Tratamiento	Dosis/ha	Aplicación	Fecha de aplicación (DDS)
1	10 L	3	1ª a los 22 2ª a los 44 3ª a los 66
2	7 L	3	1ª a los 22 2ª a los 44 3ª a los 66
3	5 L	2	1ª a los 22 2ª A los 44
4	9 L	1	1ª a los 30
5	7 L	1	1ª a los 30
6	5 L	1	1ª a los 30
7	Testigo químico (120-60-40)	12	1 aplicación por semana

DDS= días después de la siembra

3.4 Labores Culturales

3.4.1 Preparación del Terreno

Se barbechó con un arado superficial con el fin de reducir la erosión, eliminar malezas, exponer las plagas a la intemperie, conservar la humedad y hacer más eficientes los fertilizantes. Se rastreó para desboronar los terrones, después se procedió a realizar el surcado de 50 m de largo y 0.8 m entre surcos.

3.4.2 Siembra

Se sembró el maíz híbrido AN-424 en forma directa el 5 de julio de 2012 en surcos.

3.4.3 Fertilización

La fertilización es radicular por medio de fertirriego la cual fue realizada de acuerdo a lo establecido en el Cuadro 1.

3.4.4 Riego

Se utilizó un sistema de riego por goteo con una distancia entre goteros de 0.30 m y se aplicaron los riegos de acuerdo a las condiciones climáticas y a las exigencias del cultivo de maíz.

3.4.5 Cosecha

La cosecha fue realizada el 25 de octubre de 2012 en forma manual en donde las mazorcas eran colocadas en arpillas previamente etiquetadas según el tratamiento y el número de repetición.

3.5 Variables Agronómicas

Se realizaron 2 muestreos para determinar las variables agronómicas, para ello se extrajeron 3 plantas al azar por cada repetición, a las cuales se les determinaron las siguientes variables:

3.5.1 Altura de la Planta (AP)

Para determinar la altura de planta se utilizó una cinta métrica (cm), la lectura se hizo desde la base del tallo hasta la hoja nueva.

3.5.2 Peso Fresco de Follaje (PFF)

Se cortó la planta desde la base del tallo y se pesó una balanza analítica de la marca AND EK-1200i.

3.5.4 Peso Seco de Follaje (PSF)

Las plantas fueron llevadas al laboratorio de Análisis de minerales y cultivo de tejido del departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y de cada planta se cortaron 15 cm, se depositó en estufas de secado Modelo HDP-334 a 65°C hasta la liberación del agua después se retiran para pesarlas, posteriormente se realizaron cálculos para obtener el peso seco total de la planta.

3.5.4 Peso Fresco de Raíz (PFR)

Se corta la raíz de la base del tallo, se lava y se pesa en la balanza analítica de la marca AND EK-1200i.

3.5.5 Peso Seco de Raíz (PSR)

Las muestras de raíz fueron colocadas en una estufa Modelo HDP-334 a una temperatura de 64° C durante tres días para su secado en el laboratorio de Análisis de minerales y cultivo de tejido del departamento de horticultura de la

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; transcurridas los tres días se retiraron para pesarlas.

3.6 Variables de Calidad

Para determinar las variables agronómicas, se extrajeron 10 plantas al azar por cada repetición, a las cuales se les determinaron:

3.6.1 Número de Hileras por Mazorca (H)

Se contó el número de hileras en 10 mazorcas de cada una de las repeticiones de cada tratamiento.

3.6.2 Longitud de Mazorca (LM)

Se determinaba la longitud de cada mazorca midiendo con regla graduada en cm.

3.6.3 Número de Granos por Mazorca (NG)

Cada mazorca se desgranaba y se contaba el número de granos.

3.6.4 Peso de 1000 Granos (PMG)

Se pesaron los granos que contenía cada una de las mazorcas, que posteriormente se pesaron en una balanza analítica de la marca AND EK-1200i y por medio de cálculos se obtuvo el peso de 1000 granos.

3.6.5 Rendimiento (R)

El peso de granos por mazorca obtenido en una balanza analítica de la marca AND EK-1200i, se multiplicó por 110,000 plantas, lo que corresponde a una hectárea (ha) de terreno.

3.7 Análisis de datos

Los datos se analizaron con el programa estadístico de la UANL en base al modelo de bloques completamente al azar.

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

μ = media general

α_i = i ésimo tratamiento

β_j = j ésima repetición.

ϵ_{ij} = error del i ésimo tratamiento y la j ésima repetición.

Se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables se evaluaron con el paquete estadístico de la UANL.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para dar cumplimiento a los objetivos anteriormente planteados, así como la comprobación de las hipótesis planteadas, este capítulo incluye los resultados y la discusión del análisis de varianza (ANVA) de las diferentes variables evaluadas.

4.1 Variables Agronómicas

4.1.1 Altura de Planta

En AP se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) solo en el segundo muestreo, lo que indica que las diferentes dosis y fechas de aplicación del L-20 influyen en la altura de planta (Cuadro 2), se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) siendo los tratamientos 3 (5L en 2 aplicaciones) y 5 (7L en 1 aplicación) son los de mayor altura y en relación al testigo se incrementó en 2.18% (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con lo reportado por Castañeda y Martínez (2011) en el cual se observó una respuesta significativa a los diferentes tratamientos de fertilización química, orgánica y orgánica-mineral en cuanto a la altura de las plantas de maíz; el mejor tratamiento con respecto a esta variable fue donde se utilizó humus de lombriz que es la fertilización orgánica.

4.1.2 Peso Fresco de Follaje

En PFF se encontró que hubo diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos lo que significa que las diferentes dosis y fechas de aplicación del L-20 influyen en el peso fresco de follaje (Cuadro 2), se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), siendo el tratamiento 6 (5L en 1 aplicación) el mejor en el primer muestreo con un incremento de 26.19% en relación al testigo y el tratamiento 3 (5L en 2 aplicaciones) fue el mejor en el segundo muestreo con un 25% de incremento en relación al testigo (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con lo reportado por Fortis *et al.*, (2009) al obtener los mayores rendimientos de forraje con vermicompost (64 t ha^{-1}) y biocompost (56 t ha^{-1}) los cuales son abonos orgánicos al igual que el L-20 y al igual se comparó con los rendimientos de una fertilización química (48 t ha^{-1}).

4.1.3 Peso Seco de Follaje

En PSF se encontró que hubo diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos lo que significa que las diferentes dosis y fechas de aplicación del L-20 influyen en el peso seco de follaje (Cuadro 2), se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) siendo el tratamiento 6 (5L en 1 aplicaciones) el mejor en el primer muestreo con un incremento en relación al testigo de 26.46% y el tratamiento 3(5L en 2 aplicaciones) fue el mejor en el segundo muestreo con un 25.97% de incremento en relación al testigo (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con lo reportado por Fortis *et al.*, (2009) donde los mayores rendimientos de forraje en materia seca correspondieron a la

vermicompost (13 t ha⁻¹) y a la biocompost (11 t ha⁻¹) comparándolo con los rendimientos utilizando fertilización química.

4.1.4 Peso Fresco de Raíz

En PFR se encontró que hubo diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos, lo que significa que las diferentes dosis y fechas de aplicación del L-20 influyen en el peso fresco de raíz (Cuadro 2), se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) siendo el tratamiento 6 (5L en 1 aplicación) el mejor en el primer muestreo con un 30.83% de incremento en relación al testigo y el tratamiento 3 (5L en 2 aplicaciones) el mejor en el segundo muestreo con un 49.09% de incremento en relación al testigo (Cuadro 3).

4.1.5 Peso Seco de Raíz

El ANVA para peso seco de raíz (PFR) indicó que hubo diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos lo que significa que las diferentes dosis y fechas de aplicación del L-20 influyen en el peso seco de raíz del primer muestreo (Cuadro 2), siendo el tratamiento 6 (5L en 1 aplicación) el mejor con un 54.92% de incremento en relación al testigo y el tratamiento 3 (5L en 2 aplicaciones) fue el mejor en el segundo muestreo con un 56.26% de incremento en relación al testigo (Cuadro 3).

4.2 Variables de Calidad

4.2.1 Número de Hileras

El (H), encontró que no hubo diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos y repeticiones por lo que el producto no modifica en ninguna la variable en discusión y el resultado es confiable por los bajos valores del coeficiente de variación (Cuadro 4). Esta variable coincide con lo obtenido con Cantarero *et al.*, (2002) según el análisis estadístico realizado a través de Tukey al 95% al número de hilera no encuentran diferencias significativas por efecto de cada uno de los tratamientos con fertilización orgánica y con fertilización química.

4.2.2 Longitud de Mazorca

El ANVA en (LM) encontró que no hubo diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos y repeticiones por lo que no se hace la comparación de medias de Tukey, lo que significa que las diferentes dosis y fechas de aplicación del L-20 no influyen en la longitud de mazorca el resultado es confiable por los bajos valores del coeficiente de variación (cuadro 4). Estos resultados coinciden con Cantarero *et al.*, (2002) según el análisis estadístico realizado a través de Tukey al 95% a la longitud de mazorca no encuentran diferencias significativas por efecto de cada uno de los tratamientos con fertilización orgánica y con fertilización química.

4.2.3 Número de Granos por Mazorca

El ANVA para número de granos por mazorca (NG) indicó que no hubo diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos y repeticiones por lo que no se hace la comparación de medias de Tukey, lo que significa que las diferentes dosis y

fechas de aplicación del L-20 no influyen en la longitud de mazorca el resultado es confiable por los bajos valores del coeficiente de variación (Cuadro 4). Esto coincide con Cantarero *et al.*, (2002) en el cual no hubo diferencias significativas entre tratamientos pero se aprecia que los mayores valores numéricos los presento los tratamientos orgánicos de 20 y 10 t/ha de gallinaza.

4.2.4 Peso de 1000 Granos

El ANVA para PMG encontró que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) lo que significa que las diferentes dosis y fechas de aplicación del L-20 influyen en el peso de 1000 granos (Cuadro 4), se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), siendo el tratamiento 2 (7L en 3 aplicaciones) el mejor con un 3.03% de incremento en relación al testigo (Cuadro 5). Estos resultados coinciden con lo reportado por Cantarero *et al.*, (2002) donde los tratamientos orgánicos a base de gallinaza presentaron los mayores valores numéricos en cuanto a la variable peso de 100 granos al compararlos con los tratamientos del ensayo mineral (fertilización química).

4.2.5 Rendimiento

El ANVA en (R) indicó que hubo diferencia ($P \leq 0.05$), lo que significa que las diferentes dosis y fechas de aplicación del L-20 influyen en el rendimiento (Cuadro 4), se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey, siendo el tratamiento 7 (testigo) el mejor aunque es estadísticamente igual a los demás con excepción del tratamiento 1 (10 L en 3 aplicaciones) el cual tiene un 12% de rendimiento menor que el testigo (Cuadro 5). Esta variable coincide con

López-Martínez *et al.*, (2001) el cual dice que el tratamiento de fertilización química (120-40-00 de N-P-K) presentó el rendimiento más alto de grano (6.05 t ha⁻¹), pero el abono orgánico de composta (5.66 t ha⁻¹) mostró similares resultados por lo que son estadísticamente iguales.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del ANVA para variables agronómicas en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.

FV	GL	M1			M2		
		AP	PFF	PSF	AP	PFF	PSF
		CM	CM	CM	CM	CM	CM
TRAT	6	0.09 NS	60194.21 *	2589.21*	0.13 **	139890.67 *	8945.33**
BLOQUES	2	0.04 NS	4706.13 NS	316.27 NS	0.13 **	110924 *	185.63 NS
ERROR	12	0.07	15111.25	688.08	0.02	20108.33	125.21
TOTAL	20						
C.V.		21.28%	31.19%	31.97%	5.02%	10.02%	2.65%

FV	GL	M1		M2	
		PFR	PSR	PFR	PSR
		CM	CM	CM	CM
TRAT	6	1547.99 **	103.91 **	38685.21 *	13110.11**
BLOQUES	2	45.25 NS	23.01 NS	28583.13 NS	87.64 NS
ERROR	12	96.28	11.40	11905.31	83.16
TOTAL	20				
C.V.		20.11%	37.65%	33.39%	6.24%

NS= No significativo; *= Significativo; **= Altamente significativo; FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; C.V.= Coeficiente de variación; M1= Muestreo 1; M2= Muestreo 2; AP= Altura de planta; PFF=Peso fresco de follaje; PSF=Peso seco de follaje; PFR= Peso fresco de raíz; PSR= Peso seco de raíz.

Cuadro 4.2 Prueba de comparación de medias de Tukey (≤ 0.05), variables agronómicas en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.

TRATAMIENTO	M1			M2		
	PFF	PSF	AP	PFF	PSF	
1	285.00 B	61.52 AB	2.23 C	1054.67 C	350.10 D	
2	295.67 B	58.23 B	2.32 BC	1335.67 BC	405.64 BC	
3	293.67 B	61.12 B	2.75 A	1759.33 A	528.10 A	
4	301.33 B	63.54 AB	2.59 ABC	1438.33 ABC	420.05 BC	
5	439.67 AB	93.19 AB	2.72 A	1528.33 AB	437.10 B	
6	658.00 A	136.38 A	2.66 AB	1466.67 AB	423.03 B	
7	485.67 AB	100.30 AB	2.69 AB	1320.00 BC	390.96 C	

TRATAMIENTO	M1		M2	
	PFR	PSR	PFR	PSR
1	39.00 BC	7.03 BC	238.33 AB	120.77 D
2	34.50 BC	3.41 C	337.67 AB	150.60 C
3	24.17 C	5.15 BC	514.00 A	257.77 A
4	32.17 BC	4.60 C	181.33 B	51.56 E
5	61.67 AB	14.31 AB	421.33 AB	198.95 B
6	88.67 A	19.50 A	333.33 AB	130.48 CD
7	61.33 AB	8.79 BC	261.67 AB	112.7403 D

M1= Muestreo 1; M2= Muestreo 2; AP= Altura de planta; PFF= Peso fresco de follaje; PSF= Peso seco de follaje; PFR= Peso fresco de raíz; PSR= Peso seco de raíz.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios del ANVA para variables de calidad en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.

FV	GL	H	LM	NG	PMG	R
		CM	CM	CM	CM	CM
TRAT	6	1.82 NS	2.37 NS	14370 NS	0.0047 *	5408426.50 *
BLOQUES	29	2.18 NS	2.7 NS	5589.66 NS	0.0010 NS	1915374.38 NS
ERROR	174	2.08	3.84	17105.40	0.0017	2158003.50
TOTAL	209					
C.V.		9.17%	11.89%	16.04%	12.93%	15.99%

NS= No significativo; *= Significativo; **= Altamente significativo; FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; C.V.= Coeficiente de variación; H= Número de hileras por mazorca; LM= Longitud de mazorca; NG= número de granos por mazorca; PMG= peso de 1000 granos; R= rendimiento.

Cuadro 4.4 Prueba de comparación de medias de Tukey (≤ 0.05), para variables de calidad en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.

TRATAMIENTO	PMG (kg)	R (Kg ha ⁻¹)
1	0.31 BC	8524.48 B
2	0.33 A	9501.43 AB
3	0.30 C	8820.18 AB
4	0.31 C	9454.36 AB
5	0.33 AB	9380.64 AB
6	0.30 C	8955.90 AB
7	0.32 ABC	9684.25 A

PMG= peso de 1000 granos; R= rendimiento.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis establecidos con la aplicación de L-20 en el cultivo de maíz la dosis de 5 L en 2 aplicaciones incrementó las variables agronómicas como la altura de planta, peso fresco de follaje, peso seco de follaje, peso fresco de raíz, peso seco de raíz.

En las variables de calidad la dosis de L-20 de 9 L con una aplicación produjo incremento, longitud de mazorca, número de granos por mazorca número de hileras y rendimiento, estas dos últimas variables también se incrementaron con la dosis de fertilización química.

Con la aplicación de 5 L en 2 aplicaciones es una buena opción para el productor sobre todo para la obtención de forraje y se aplicaría menos producto; con la aplicación de 9 L en una aplicación se mejoran las variables de calidad, con lo se ahorra mano de obra. Además el producto es una buena alternativa en la producción de alimentos más saludables.

VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, I. C. y R. Pire. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (Carica papaya L.). *Interciencia* 29: 274-279.
- Aganga, A. A. and Tshwenyane, S. O. 2003. Lucerne, lablab and *Leucaena leucocephala* forages: Production and utilization for livestock production. *Pakistan Journal of Nutrition* 2: 46-53.
- Álvarez-Fernández, A., S. García-Marco, and J. J. Lucena. 2005. Evaluation of synthetic iron (III)-chelates (EDDHA/Fe³⁺, EDDHMA/Fe³⁺ and the novel EDDHSA/Fe³⁺) to correct iron chlorosis. *Europ. J. Agron.* 22: 119-123.
- Álvarez-Fernández, A., Abadía, J., Abadía, A. 2006. Iron deficiency, fruit yield and fruit quality. In *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*. Barton, L. L., Abadía, J. (Eds.) Springer, The Netherlands. pp: 85-101.
- Álvarez-Solís, E. Díaz-Pérez, N. S. León-Martínez, J. Guillén-Velásquez. 2010. Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana*, 28(3):239-245, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. México.
- Álvarez, R. A.; Goulet, P. and Garrido, J. 2004. Characterization of the porous structure of different humic fractions. *Colloids and surface*. pp. 129-135.
- Barbagelata, P. y Papparotti, O. 2000. Estrategias de fertilización fosforada en maíz en siembra directa. AAPRESID. Jornada de intercambio técnico de maíz, 15-18.
- Bejarano A. 2003. Descripción y principio del híbrido simple de maíz amarillo. Fonaiap 1. *Agronomía Trop.* 53(4): 61-69.
- Biocampo, 1998. Manual técnico de productores, México, S.A. de C.V. pp16-26.
- Briat, J.-F., C. Duc, K. Ravet, y F. Gaymard. 2009. Ferritins and iron storage in plants. *Biochim. Biophys. Acta*:1-9.

- Brigante, M.; Zanini, G. y Avena, M. 2006. Efecto de ácidos carboxílicos en la cinética de disolución de ácidos húmicos. Sección E. Química de sólidos, superficies, interfaces y materiales. Bahía Blanca, Argentina. pp. 1.
- Cantarero y Martínez. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). Variedad NB-6. Universidad Nacional Agraria. Managua-Nicaragua. pp. 37-40.
- Castañeda y Martínez. 2011. Efecto de la fertilización química y orgánica en el crecimiento del maíz (*Zea mays L.*) cv. victoria en condiciones controladas. Universidad Veracruzana. Facultad De Ciencias Agrícolas. pp. 32.
- Cerrato, M. E., H. A. Leblanc y C. Kameko. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical* 3: 183-197.
- Crichton, R. 2009. Iron metabolism: From molecular mechanisms to clinical consequences. 3er Edition edition. John Wiley & Sons. pp. 17-80.
- Espinoza A., Sierra M., Gómez N. 2003. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el inifap en el escenario sin la pronase. *Agronomía Mesoamericana*. 14(1): 117-121.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Manejo del suelo: producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín*(56): 180. Roma, Italia.
- Fortis Hernández, Leos Rodríguez, Preciado Rangel, Orona Castillo, García-Salazar, García Hernández y Orozco-Vidal. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, vol. 27, núm. 4.
- Galatro, A., y S. Puntarulo. 2007. Mitochondrial ferritin in animals and plants. *Front. Biosci.* 12: 1063-1071.
- Gálvez, N., B. Fernández, P. Sánchez, R. Cuesta, M. Ceolín, M. Clemente-León, S. Trasobares, M. López-Haro, J. J. Calvino, O. Stéphan, y J. M. Domínguez-Vera. 2008. Comparative Structural and Chemical Studies of Ferritin Cores with Gradual Removal of their Iron Contents. *J. Am. Chem. Soc.* 130:8062–8068.
- García-Gill, J.C., Ceppi, S. B., Velasco, M. I., Polo, A. and Senesi, N. 2004. Long- term effect of amendment whit municipal solid waste compost on the elemental and acidic functional group composition and pH-buffer capacity of soil humic acids. *Geoderma*. 121:135-142.

- Hinsinger, P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant Soil*. 237: 173-195.
- INTA-FAO. 2001. Proyectos Sistemas Integrado de Manejo de la Fertilidad de los suelos, GCP/Nic./025/NOR. Manejo Integrado de los Suelos en Nicaragua. Managua, Nicaragua. 130 pp.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3ª ed. Editorial IICA. San José de Costa Rica. 522 p.
- LIDAG, S.A. de C.V. 2011. Laboratorio de Investigaciones y Diagnósticos Agropecuarios. L-20[®] potenciador de la fertilidad y mejorador de suelos. Niza #3102, Col. Narvarte, Monterrey, Nuevo León, C.P. 64830. Tel/Fax (81) 8359-5858 y 8359-5810. E-mail: info@lidag.com y ventas@lidag.com
- López-Martínez, J. D., A. Díaz-Estrada, E. Martínez-Rubín y R. D. Valdez-Cepeda. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19:293-299.
- Lucena, J. J. 2004. Effect of bicarbonate, nitrate and other environmental factors on iron deficiency chlorosis. A review. *J. Plant Nutr.* 23(11-12):1591-160.
- Martínez C., C. 1999. Potencial de la lombricultura, elementos básicos para su desarrollo. Segunda reimpresión en español. Editorial Lombricultura Técnica Mexicana. Texcoco, Estado de México, México. p. 90-96
- Meléndez, G. 2003. Taller de Abonos Orgánicos. Residuos orgánicos y la materia orgánica del suelo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Pp: 6-81.
- Mengel, K., Kirkby, E. A., Kosegarten, H., Appel, T. 2001. Iron. In *Principles of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp: 553-571.
- Moreno P. E., Lewis B. D., Cervantes S. T., Torres F. J. L. 2002. Aptitud combinatoria de líneas de maíz de valles altos en suelos con alto y bajo contenido de nitrógeno. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25(3): 253-259.
- Nwoke, O. C., Vanlauwe, B., Diels, J., Sanginga, N., Osonubi, O. and Merckx, R. 2003. Assessment of labile phosphorus fractions and adsorption characteristics in relation to soil properties of Wet African savanna soils. *Agr. Ecosyst. Environ.* 100: 285-294.

- Oehl, F., Frossard, E., Fliessbach, A., Dubois, D. and Oberson, A. 2004. Basal organic phosphorus mineralization in soils under different farming systems. *Soil Biol. Biochem.* 36: 667-675.
- Padilla W. 2002. "Libro de Suelos. Quito-Ecuador". 151-154 pp.
- Paliwal, R.; Grandos, G.; Lafitte, R.; Violic, A. 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Editorial FAO. Roma, Italia. 392 pp.
- Porta C., J. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ª edición. Ed. Mundiprensa. México, D. F. p. 166-1667.
- Pugh T. y Layrisse A. 2005. Utilización de generaciones avanzadas de híbridos simples como progenitores de híbridos dobles de maíz. *Agronomía Trop.* Vol. 55(1): 103-116.
- Ramírez L. 2006. Mejora de plantas alógamas. Universidad Pública de Navarra. Depto. de Producción Agraria. P.1-33.
- Rengel, Z. and Marschner, P. 2005. Research review Nutrient availability and management in the rhizosphere: exploiting genotypic differences. *New Phytol.* 168: 305–312.
- Sánchez, A. 2002. "Mejora en la eficacia de los quelatos de hierro sintéticos a través de sustancias húmicas y aminoácidos". Universidad de Alicante. pp. 42-55.
- Sánchez-Andreu, J. Juárez, M. Sánchez, A. 2000. Incidencia de sustancias húmicas y aminoácidos en la calidad del fruto del limón cv fino. VII Simposio Nacional-IV Ibérico sobre nutrición mineral de las plantas: Nutrición mineral en una agricultura mediterránea sostenible. *Actas.* Vol. 2, 11-17
- Scherer, H. W. and Sharma, S. P. 2002. Phosphorus fractions and phosphorus delivery potential of a luvisol derived from loess amended with organic waste. *Biol. Fert. Soils.* 35: 414-419.
- Soldatini, G. F.; Tognini, M.; Castagna, A.; Baldan, B.; Ranieri, A. 2000. Alterations in thylakoid membrane composition induced by iron starvation in sunflower plants. *J. of Plant Nutrition.* 23: 1717-1732.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. J. Wiley and Sons, New York, NY. Agbenin, J.O. 496 p.
- Torres F. J. L., Morales R. E. J., González H. A., Laguna C. A., Córdova O. H. 2011. Respuesta de híbridos trilineales y probadores de maíz en valles altos del centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(6): 829-844

- Verma, S., Subehia, S. K. and Sharma, S. P. 2005. Phosphorus fractions in an acid soil continuously with mineral and organic fertilizer. *Biol. Fert. Soils*. 41: 295-300.
- Wang, Z. Y. Kelly, J. M. and Kovar, J. L. 2004. In Situ Dynamics of Phosphorus in the Rhizosphere Solution of Five Species. *J. Environ. Qual.* 33:1387–1392
- Zhao, F, McGrath, S. 2009. Biofortification and phytoremediation. *Current Opinion in Plant Biology*. 12:373–380

VII. APÉNDICE

Cuadro A1. Tabla de medias de número de hileras por mazorca, longitud de mazorca y número de granos por mazorca en maíz híbrido AN-424 con diferentes dosis y fechas de aplicación de L-20 en General Cepeda, Coahuila, 2012.

TRATAMIENTO	H	LM	NG
1	15.53	16.21	487.14
2	15.68	16.73	518.36
3	15.85	16.25	523.63
4	15.87	16.83	558.42
5	15.53	16.27	518.77
6	15.52	16.30	534.67
7	16.18	16.78	537.13

H= Número de hileras por mazorca; LM= Longitud de mazorca; NG= número de granos por mazorca.