

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTOS DEL SULFATO FERROSO ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
SOBRE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO
EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
MARIN, N. L.

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA
MANUEL ESCALANTE PEREZ

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1985

T

SB327

E8

C.1



1080061697

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTOS DEL SULFATO FERROSO ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
SOBRE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO
EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
MARIN, N. L.

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA
MANUEL ESCALANTE PEREZ

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1945 22 *Jm*

T
SB 327
E8



Biblioteca Central
Misma Solidaridad
F. Tesis



040.631
FA10
1985
C.5

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Sr. José Escalante Tristán

Sra. Josefina Pérez de Escalante

Con cariño y gratitud, por el apoyo
que siempre me brindaron para llegar
a la culminación de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

Con el cariño de siempre.

A MIS SOBRINOS:

Erika Fabiola

Juan Carlos

AGRADECIMIENTO

Manifiesto mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

A los compañeros que me prestaron su ayuda durante el desarrollo del experimento.

Muy en especial a mi asesor, Ing. Agr. M.C. Cesáreo Guzmán Flores por la revisión del escrito, y por sus consejos y atinada asesoría durante el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Agr. M.C. Marco Vinicio Gómez Meza por su ayuda prestada en el análisis estadístico.

Este trabajo forma parte del Programa de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo para las zonas bajas del Estado de Nuevo León. Centro de Investigaciones Agropecuarias, U. A. N. L.

INDICE

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	Página.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
REVISION DE LITERATURA	6
Origen	6
Distribución e importancia	7
Clasificación taxónomica	8
Características botánicas	8
Ciclo vegetativo	8
Raíz	9
Tallo	9
Hojas	9
Flor	9
Fruto	10
Semilla	10
Nutrición mineral de plantas	12
Clasificación de los elementos esenciales	12
Macronutrientes	14
Micronutrientes	15
El fierro en el suelo	16
Papel que desempeña el fierro en las plantas	17
Absorción y transporte del fierro	20
Síntomas de deficiencia del fierro en las plantas.	24
Sintomatología de la clorosis férrica en legumino- sas	25

Como corregir la clorosis férrica	26
Algunas causas de la clorosis férrica	29
Reacción (pH) del suelo y la disponibilidad del -- Fierro	32
Efecto de las concentraciones de las soluciones du rante las aspersiones sobre el tejido vegetal	34
MATERIALES Y METODOS	36
Genotipo bajo estudio	36
Características del genotipo	36
Tratamientos estudiados	37
Diseño experimental	39
Siembra	39
Labores culturales	39
Muestreos	40
Variables estudiadas	41
Variables morfológicas	41
Tallos	41
Número de nudos del tallo principal	41
Ramas	41
Ramas del primer orden	41
Número de nudos de las ramas del primer orden.	41
Ramas del segundo orden	41
Número de nudos de las ramas del segundo or--- den	41
Organos reproductivos	42
Fruto	42

	Página.
Número de vainas normales	42
Número de vainas vanas	42
Número de granos normales	42
Número de granos abortados	42
Variables fisiológicas	42
Peso seco por órgano	42
Peso seco del pericarpio	42
Peso seco de grano	42
Variables ambientales	43
Temperatura	43
Precipitación	43
RESULTADOS	44
Variables morfológicas	44
Nudos del tallo principal	44
Ramas del primer orden	46
Ramas del segundo orden	46
Nudos de ramas del primer orden	48
Nudos de ramas del segundo orden	51
Vainas por planta	53
Vainas (normales y vanas) por planta	53
Granos por vaina	55
Variables fisiológicas	55
Peso seco del pericarpio por planta	55
Peso seco de grano por planta	57
Variables ambientales	57
Presencia de necrosis por efecto de las aplicacio-	

	Página.
nes	60
DISCUSION	61
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFIA CITADA	73
APENDICE	64

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS DEL APENDICE	Página.
Cuadro 1, 2 y 3. Análisis de varianza de nudos del tallo principal/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente	65
Cuadro 4, 5 y 6. Análisis de varianza de ramas de primer orden/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente	66
Cuadro 7, 8 y 9. Análisis de varianza de ramas de segundo orden/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente	67
Cuadro 10, 11 y 12. Análisis de varianza de nudos de ramas de primer orden/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente.	68
Cuadro 13, 14 y 15. Análisis de varianza de nudos de ramas de segundo orden/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente.	69
Cuadro 16, 17 y 18. Análisis de varianza de vainas/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente	70
Cuadro 19. Análisis de varianza de vainas vanas/planta a los 107 días después de la siembra	71
Cuadro 20. Análisis de varianza de peso seco del pericarpio/planta, a los 107 días después de la siembra	71
Cuadro 21. Análisis de varianza de peso seco de grano/	

planta, a los 61, 67 y 107 días después de la -
siembra 72

FIGURAS

Figura 1. Producción de nudos del tallo principal ----
(T. P.) del genotipo "Delicias 71 Selección Be-
navides No. 4", bajo cuatro concentraciones de
Sulfato de fierro asperjado foliarmente 45

Figura 2. Producción de ramas de primer (1er.) orden/-
planta del genotipo "Delicias 71 Selección Bena-
vides No. 4", bajo cuatro concentraciones de --
Sulfato de fierro asperjado foliarmente 47

Figura 3. Producción de ramas de segundo (2do.) orden/
planta del genotipo "Delicias 71 Selección Bena-
vides No. 4", bajo cuatro concentraciones de --
Sulfato de fierro asperjado foliarmente 49

Figura 4. Producción de nudos de ramas de primer (1er.)
) orden/planta del genotipo "Delicias 71 Selec-
ción Benavides No. 4", bajo cuatro concentraci-
ones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente. 50

Figura 5. Producción de nudos de ramas de segundo ----
(2do.) orden/planta del genotipo "Delicias 71 -
Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concen-
traciones de Sulfato de fierro asperjado foliar-
mente 52

Figura 6. Producción de vainas/planta del genotipo "De

FIGURAS	Página.
licias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente	54
Figura 7. Producción de vainas (normales y vanas)/planta del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente	56
Figura 8. Producción de granos (abortados y normales)/vaina del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente	56
Figura 9. Producción de peso seco del pericarpio/planta del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente	58
Figura 10. Producción de peso seco de grano/planta del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente	58
Figura 11. Precipitación, temperatura máxima, media y mínima prevalecientes durante el estudio	59

RESUMEN

El presente estudio se efectuó en Marín, N.L., en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Los objetivos que se plantearon fueron los siguientes:

- 1.- Definir los rangos de concentración de las soluciones para las aspersiones de Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) en frijol (Phaseolus vulgaris L.).
- 2.- Estudiar los efectos del mismo compuesto ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) sobre los componentes del rendimiento.

El genotipo utilizado para el estudio, fué "Delicias 71 Selección Benavides No. 4" cuyo hábito de crecimiento es semi determinado.

La siembra se realizó a chorrillo en el fondo del surco con semilla embebida. Después de la emergencia de las plántulas se realizó un aclareo, dejando una distancia aproximada de 5 cms. entre ellas.

Las variables estudiadas fueron las siguientes: número de nudos del tallo principal, número de ramas de primero y segundo orden por planta, número de nudos de ramas de primero y segundo orden por planta, vainas (normales y vanas) por ---

planta, granos (normales y abortados) por vaina, peso seco -- del pericarpio y peso seco de grano por planta.

En general, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1.- Las concentraciones de 1.5% y 3.0% causaron necro--
sis, principalmente sobre el tejido foliar, aunque -
sin repercusiones en la producción de órganos repro-
ductivos.
- 2.- No hubo efecto de la Fertilización foliar sobre los
componentes del rendimiento estudiados.
- 3.- Por lo anterior, el primer objetivo del presente tra
bajo quedo parcialmente definido.

INTRODUCCION

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es una leguminosa que se consume en grandes cantidades en México, y que junto con el maíz (Zea mays L.) esta considerado como base de la dieta alimenticia de nuestra población.

Este cultivo reviste gran importancia en el país debido a que al igual que la mayoría de las leguminosas, es reconocido como una rica fuente de proteínas y carbohidratos, necesarios para una correcta nutrición de la población.

Por lo general, los rendimientos de esta leguminosa han sido y continúan siendo muy bajos, debido a una serie de factores tanto socioeconomicos como políticos, que se reflejan en serias deficiencias técnicas.

En años anteriores, como en la actualidad, se puede decir que entre las causas técnicas que determinan los rendimientos tan bajos del frijol a nivel nacional son las mismas, las cuales no se han logrado solventar, y son las siguientes:

- 1.- Se cultiva principalmente bajo condiciones de temporal.
- 2.- El agricultor acostumbra sembrar el frijol asociado con otros cultivos.
- 3.- No se utilizan las variedades (mejoradas) recomenda-

das para la región en que éste (el agricultor) vive.

- 4.- Los fertilizantes son de uso limitado en este cultivo.
- 5.- Las plagas no se combaten en forma eficiente, y se permite que las malezas compitan con el frijol en luz, humedad y nutrientes.
- 6.- Falta de maquinaria e implementos agrícolas para la preparación del suelo, labores culturales, cosecha, etc.
- 7.- El agricultor no controla a tiempo, o no sabe como controlar las deficiencias nutricionales que presenta este cultivo, como son las clorosis.

Dentro de esto último, uno de los problemas de este cultivo, el cual se ha considerado grave en la región del Noroeste de México es el relacionado con el amarillamiento de la planta atribuido a anormalidades de suministro y metabolismo del fierro, asociado con un alto contenido de Carbonato de calcio y un pH elevado de los suelos.

Como consecuencia de lo anterior se han realizado trabajos de investigación encaminados a resolver el problema, básicamente tratando de corregir dichas alteraciones mediante -

aplicaciones de fierro tanto al suelo como al follaje. En algunos de éstos se observó que a concentraciones del 2.0% se presentaban "quemaduras" en las hojas, las cuales aparentemente no afectan el rendimiento.

Por lo tanto, debido a lo mencionado anteriormente, es que se planteo el presente experimento, dentro del cual se plantearon los siguientes objetivos:

- 1.- Definir los rangos de concentración de las soluciones para las aspersiones de Sulfato Ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) en frijol.
- 2.- Estudiar los efectos del mismo compuesto ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) sobre los componentes del rendimiento.

REVISION DE LITERATURA

Frijol (Phaseolus vulgaris L.)

ORIGEN

El frijol (Phaseolus vulgaris L.) es nativo del área de México-Guatemala, y se ha venido cultivando en México por más de 4,000 años, datos arqueológicos encontrados en Río Zape, - Durango; en la región de Ocampo, Tamaulipas, y en el Valle de Tehuacán, Puebla, así lo indican, Brooks et al., 1962, Kaplan y Mac Neish, 1960, y Kaplan, 1965, respectivamente, citados - por Miranda, 1966.

Asimismo, Miranda (1966), señala que exploraciones botánicas realizadas en México, han mostrado que las variedades silvestres de Phaseolus vulgaris L., (frijol común), crecen - a lo largo de la Sierra Madre Occidental, en una franja de -- transición ecológica situada entre los 500 y los 1,800 metros sobre el nivel del mar.

Por otra parte, Chapman y Carter (1976), señalan que hay pruebas de que varios tipos de judías o alubias secas comestibles, evolucionaron en México y Sudamérica, donde fueron do-- mesticadas y cultivadas hace más de 4,000 y quizás 6,000 a--- ños.

DISTRIBUCION E IMPORTANCIA

Engleman (1979), señala que después del descubrimiento de América en 1492, muchas variedades cultivadas de Phaseolus vulgaris, y P. coccineus, fueron introducidas a Europa, África y Asia.

Asimismo, Litzenberger (1974), indica que Phaseolus vulgaris, y otras especies de frijol son cultivadas en México, América Central y el Caribe, Sudamérica y Asia, en menor extensión, África.

Chapman y Carter (1976), por otra parte, señalan que los Estados Unidos de América, Brasil, México, Yugoslavia e Italia, integran las naciones productoras de este cultivo (frijol).

Litzenberger (1974), señala que el frijol es la más importante de las "leguminosas de grano comestibles" en términos de consumo mundial. Asimismo, indica que los frijoles (y otras legumbres de grano comestible) son altos en proteína total, 20 a 25%, y así proporcionan un balance en la dieta de los humanos basada en cereales de grano y otros cultivos feculados. También sirve como un sustituto o como una "extensión" de la escasa proteína animal.

Asimismo, Chapman y Carter (1976), señalan que el frijol o judías continúan siendo una importante fuente de proteínas en América Central y del Sur.

CLASIFICACION TAXONOMICA

La clasificación taxónomica del frijol es la siguiente:

Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilionoideae
Tribu	Phaseoleae
Subtribu	Phaseolineae
Género	<u>Phaseolus</u>
Especie	<u>vulgaris</u>

En México, junto con la anterior especie de frijol, la más importante desde el punto de vista agrícola, existen otras domesticadas como son:

- P. coccineus, L. Frijol ayocote
- P. lunatus L. Frijol lima
- P. acutifolius, Gray. Frijol tepary (Miranda, citado por Robles, 1976; Chapman y Carter, 1976).

CARACTERISTICAS BOTANICAS

Ciclo vegetativo.

La planta es anual o perenne como en P. coccineus y P. lunatus (Mela, 1971; Chapman y Carter, 1976; Miranda, citado por Robles, 1976).

Raíz.

El sistema radicular es pivotante, con raíces primarias y secundarias. Asimismo, la raíz es de tipo fibroso o tuberoso como en *P. coccineus* (Mela, 1971; Chapman y Carter, 1976; Miranda, citado por Robles, 1976).

Tallo.

Es herbáceo, de crecimiento determinado, semideterminado o indeterminado. Puede alcanzar hasta 40 cms. en las variedades de grano, y más de 2 metros en las de enrame; siendo delgado, ramoso, voluble y de sección cuadrangular (Mela, 1971; Chapman y Carter, 1976).

Hojas.

Los dos primeros pares de hojas son simples, y a partir del tercer par las hojas son pinnadas trifoliales, acovado-agudadas cuando jóvenes y escotadas en su base después (Mela, 1971; Chapman y Carter, 1976; Miranda, citado por Robles, 1976).

Flor.

Es una flor papilionácea (de forma similar a la de la mariposa). Las flores son blancas o amarillentas, y se agrupan en racimos cortos que aparecen en la axila de las hojas o bien en la porción terminal de la planta (Chapman y Carter, 1976; Mela, 1971).

Son pediceladas, constan de 5 sépalos, 5 pétalos, 10 es-

tambres y un pistilo. El cáliz es gamosépalo.

Los sépalos difieren morfológicamente y en conjunto forman la corola. El pétalo más grande, situado en la parte superior de la corola, se llama "estandarte", y los dos pétalos restantes reciben el nombre de "alas". En la parte inferior se encuentran dos pétalos unidos por los bordes laterales, formando la "quilla" (Miranda, citado por Robles, 1976; Chapman y Carter, 1976).

Los estambres son diadelfos, y cada estambre consta de filamento y antera; 9 filamentos están soldados en la mayor parte de su longitud, y el décimo es libre.

En el centro de la flor se encuentra el pistilo, el cual está compuesto de un ovario superior simple, con un largo estilo, y estigma algo romo de forma abotonada, que frecuentemente es pegajoso (Miranda, citado por Robles, 1976; Chapman y Carter, 1976).

Fruto.

Es una vaina (llamada también legumbre) con dos suturas, cuando está maduro es dehiciente y puede abrirse por la sutura ventral o la dorsal. Parte del estilo permanece a manera de filamento en la punta de la vaina, formando el ápice (Miranda, citado por Robles, 1976; Chapman y Carter, 1976).

Semilla.

Nacen alternadamente sobre las márgenes de las dos pla--

centas ubicadas en la parte ventral de la vaina, están unidas a la placenta por medio del funículo, y éste deja una cicatriz en la semilla que se llama hilio; a un lado del hilio se encuentra el micrópilo y al otro lado el rafe.

Carece de endospermo y consta de testa y embrión (Miranda, citado por Robles).

NUTRICION MINERAL DE PLANTAS

La investigación ha demostrado que ciertos elementos son necesarios para el normal desarrollo de las plantas. Estos elementos deben estar presentes en formas utilizables para las plantas, y en concentraciones óptimas para su desarrollo (- Buckman y Brady, 1970).

Clasificación de los elementos esenciales.

Existen dos criterios principales los cuales distinguen si un elemento es esencial o no es esencial para cualquier -- planta:

Primero: un elemento es esencial si la planta no puede - completar su ciclo de vida en ausencia del elemento.

Segundo: un elemento es esencial si puede manifestarse - en formas o partes de alguna molécula o constituyente de la planta (Epstein, 1972, citado por Salisbury y Ross, 1978).

Se ha demostrado que son 16 los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas.

De los cuales el carbono y el oxígeno, son obtenidos por las plantas directa e indirectamente del aire, y el hidrógeno se deriva directa e indirectamente del agua del suelo. Todos

los demás elementos esenciales, excepto en algunos casos, como el nitrógeno del aire del suelo, asimilada indirectamente por las leguminosas, son obtenidos de los sólidos del suelo (Millar, Turk y Foth, 1971).

Los elementos esenciales se dividen en dos grupos, basándose en la cantidad requerida por las plantas: Macronutrientes y Micronutrientes (Bennet, 1965; Buckman y Brady, 1970; Millar, Turk y Foth, 1971).

Macronutrientes: Son los elementos que se necesitan en cantidades relativamente elevadas (en concentraciones mayores de 1000 ppm. en base a materia seca), llamados también elementos mayores o macroelementos.

Son siete (además del oxígeno, el hidrógeno y el carbono):

Nitrógeno	(N)	Calcio	(Ca)
Fósforo	(P)	Magnesio	(Mg)
Potasio	(K)	Azufre	(S)
		Fierro	(Fe)

Micronutrientes: Son los elementos que se necesitan en muy pequeñas cantidades (en concentraciones de 100 ppm. o menos en base a materia seca), llamados también oligoelementos, microelementos, elementos traza, elementos catalíticos o elementos menores.

Son seis:

Zinc	(Zn)	Molibdeno	(Mo)
------	--------	-----------	--------

Cobre	(Cu)	Boro	(B)
Manganeso	(Mn)	Cloro	(Cl)

(Bennet, 1965; Buckman y Brady, 1970; Millar, Turk y Foth, 1971; Trocme y Grass, 1979; Salisbury y Ross, 1978).

Según otros autores como Wallace, citado por Molina (1960), el fierro ocupa una posición intermedia incluyéndose a veces entre los elementos mayores, pero cuando se trata de problemas en el campo es más conveniente agruparle entre los elementos menores.

MACRONUTRIENTES

Estos elementos, constituyen principalmente proteínas, paredes celulares o estructuras mecánicas. También desempeñan funciones en complejas reacciones químicas, pero la mayor parte de los elementos están presentes en protoplasmas o en componentes estructurales (Schütte, 1966).

Por ejemplo, el nitrógeno es esencial para la formación de las proteínas, es el componente básico del protoplasma y entra en la composición de la clorofila. El fósforo tiene que ver principalmente con relaciones de energía en la planta. También forma un compuesto que es utilizado como medio de almacenamiento de la energía que proviene del sol (Bennet, 1965).

Por otra parte, según Buckman y Brady (1970), el crecimiento de las plantas puede ser retardado por varias causas;

porque haya escasez de ellos (macroelementos) en el suelo, - porque resulten asimilables demasiado lentamente, o porque - no estén adecuadamente equilibrados por los otros elementos nutritivos.

MICRONUTRIENTES

Excepto el hierro, en muchos suelos pueden verse vestigios fugaces de todos ellos, y su índice de asimilación por las plantas aparece por lo general muy bajo (Buckman y Brady, 1970).

La escasez de uno o más de estos elementos frecuentemente, aunque no siempre, afecta a las plantas, dándoles a éstas un color clorótico, bronceado o moteado, alterando su hábito de desarrollo o causando la muerte de los puntos de crecimiento, con lo que la planta adopta una apariencia arrosada (Russell y Russell, 1959).

La función de los elementos menores, como grupo, en el desarrollo de las plantas, es principalmente de activación o de catálisis (Bennet, 1965; Schütte, 1966). Algunos de estos elementos, entran como parte de los compuestos de las plantas, o tienen influencias en ellos. Por ejemplo, el cobre, el hierro y el molibdeno son capaces de actuar como "transportadores de electrones" en sistemas enzimáticos que lleven a cabo reacciones de oxidación-reducción en las plantas.

Por otra parte, al parecer tales reacciones, esenciales

04022

para el desarrollo y reproducción de las plantas, no se verifican en ausencia de dichos micronutrientes (Bennet, 1965; - Buckman y Brady, 1970).

EL FIERRO EN EL SUELO

El fierro es uno de los elementos minerales más abundantes del suelo, y se encuentra sobre todo en la forma de óxidos, a los cuales se debe en gran parte el color rojo y el color café de los suelos (Molina, 1960; Thompson, 1966).

El hecho más sobresaliente en el comportamiento del hierro en el suelo, es la capacidad del elemento para formar -- compuestos con diferente grado de oxidación; de ellos, dos -- de los más importantes coexisten en el suelo: se trata del -- óxido ferroso (FeO , hierro bivalente) y el óxido férrico (-- Fe_2O_3 , hierro trivalente) (Adler, 1965).

Gaucher (1971), señala que los compuestos trivalentes -- de hierro más frecuentes son: la hematita (Fe_2O_3), la goethi -- ta ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), la estilpnosiderita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), el hidrato -- férrico [$\text{Fe}(\text{OH})_3$] y la magnetita u óxido magnético ----- (Fe_3O_4).

Asimismo, en medio anaerobio y reductor, se encuentran compuestos bivalentes de hierro los cuales son: el óxido ferroso (FeO), el hidrato ferroso [$\text{Fe}(\text{OH})_2$], los carbonatos y bicarbonatos ferrosos [CO_3Fe y $(\text{CO}_2)_2\text{Fe}$], los sulfuros -- (FeS), y otros (Gaucher, 1971; Molina, 1960).

Por otro lado, el hierro del terreno en estado asimilable por las plantas es marcadamente alterado por el ambiente. Por ejemplo, la materia orgánica en un suelo ácido normalmente contribuye al aumento de hierro soluble, pero aparentemente no sucede igual en una tierra alcalina. Asimismo, los carbonatos y bicarbonatos que se forman por la composición del material orgánico en un suelo ácido, ayudan a la reducción y solubilización del hierro. Todo lo contrario ocurre en un suelo calcáreo o alcalino (Holmes y Brown, 1964).

PAPEL QUE DESEMPEÑA EL FIERRO EN LAS PLANTAS

El hierro por mucho tiempo ha sido reconocido como esencial para el normal desarrollo de las plantas y esta directamente conectado con la formación de la clorofila, aunque en realidad no es parte de esta molécula (Gilbert, 1953; Collings, 1958; Holmes y Brown, 1964; Miller, 1967; Stiles y Cockings, 1969).

Según Bear (1958), la necesidad de hierro de las plantas son relativamente pequeñas pero el elemento es esencial para el desarrollo y actividades de la clorofila en las plantas. Asimismo, Selke (1968), indica que una clorosis originada por falta de hierro puede corregirse tratando las hojas con soluciones de hierro. De esta manera se comprueba que la presencia de hierro es necesaria para la formación de la clorofila, aunque este pigmento no contiene hierro en su molécula.

Por otro lado, se ha observado que el contenido de cloro

fila de las plantas se relaciona con un suministro continuo de hierro. En contraste, sin embargo, parece no existir relación entre las cantidades de hierro aplicado intermitentemente y el contenido de clorofila de las plantas. Asimismo, otra función atribuida al hierro es su evidente necesidad para la enzima flavina que reduce el citocromo c (Tisdale y Nelson, 1970).

Por otra parte, según Nason y Mc Elroy (1963), citado por Devlin (1980), indican que el hierro aunque demuestra ser esencial para la síntesis como en la degradación de la clorofila es aún incierto.

Sin embargo, varios autores comparten la opinión de que el hierro interviene en la síntesis de las proteínas del cloroplasto y puede, de este modo, modificar las estructuras responsables de la síntesis de la clorofila (Gauch, 1957, citado por Devlin, 1980).

Stiles y Cockings (1969), indican que el hierro juega parte importante en la oxidación y reducción en las plantas. Asimismo, el hierro activo, también hidrata aconitato y dehidrogena succinato, los cuales efectúan la transformación del ácido cítrico a ácido isocítrico, y la oxidación del ácido succínico a ácido fumárico, respectivamente, en el ciclo del ácido tricarbóxico.

El hierro desde el punto de vista fisiológico es un catalizador que constituye con los cloroplastos un sistema oxido-

reductor (Demolon, 1972).

Según Gaucher (1971), el hierro se le encuentra particularmente en los órganos de la planta donde los cambios y la actividad fisiológica son intensos (embriones, yemas, hojas jóvenes y flores).

Además, se le considera como constituyente esencial de varias enzimas (fermentos de respiración, citocromos-oxidasa, catalasas, dipeptidasas, etc.), desempeña un importante papel catalizador en la planta, resultando ser por ello el elemento clave de diversas reacciones reductivo-oxidativas, tales como la respiración, la fotosíntesis y la reducción de nitratos y sulfatos (Stiles y Cockings, 1969; Meyer, Anderson y Böhning, 1970; Gaucher, 1971; Jacob y Uexküll, 1973).

El hierro existe en forma divalente o trivalente en los citocromos y ferredoxinas (proteínas esenciales que estimulan la reacción de fotosíntesis), en citocromos, envueltos en las mitocondrias, los cuales actúan como transportadores de electrones en el sistema de respiración; en catalasas y peroxidasas (enzimas que catalizan la descomposición de H_2O_2 tóxico en H_2O y O_2), y en la reducción de nitritos y nitratos (esenciales en el metabolismo del nitrógeno) (Galston, 1965; Salisbury y Ross, 1978).

ABSORCION Y TRANSPORTE DEL FIERRO

Las plantas obtienen el fierro de cuatro maneras distintas:

- 1.- A través de las hojas.
- 2.- De la solución del suelo.
- 3.- De iones intercambiables en la superficie de la arcilla y de las partículas de humus.
- 4.- De minerales que se descomponen con facilidad.

La mayor parte de los nutrimentos penetran en las raíces de las plantas bajo la forma de iones, ya sean aniones o cationes. El hierro, aunque es absorbido en estado férrico (ión férrico Fe^{+++}), se acepta de modo general que el estado ferroso (ión ferroso Fe^{++}), es la forma de hierro metabólicamente activa.

Desde hace muchos años se ha sabido que las plantas son capaces de absorber elementos esenciales a través de sus hojas. Por medio de la aspersión foliar, las hojas y demás partes aéreas de la planta pueden obtener todos los elementos necesarios para su nutrición. De esta manera, todas las sustancias nutritivas que se absorben por las raíces pueden también serlo por las hojas, tallos y frutos.

Las hojas jóvenes pueden absorber las sustancias nutritivas con más rapidez que las viejas, y tanto la superficie superior como la inferior absorben igualmente bien los nutrimentos.

La absorción tiene lugar mediante los estomas de las hojas, y a través de la cutícula de las mismas. De ordinario, - el movimiento de los elementos es más rápido a través de los estomas, pero la absorción total puede ser la misma a través de la cutícula. Sin embargo, algunos estudios han revelado, - que la proporción de absorción es tan elevada cuanto mayor -- sea el número de estomas que tengan las hojas (Witter, 1960; Henkes, 1970; Fisdale y Nelson, 1970; Tamhane, Motiramani y - Bali, 1978; Devlin, 1980). Rojas (1981), señala que la entrada de los fertilizantes en aspersión foliar, todavía se discute cual camino es el más importante.

Por otro lado, Witter (1960), señala que los efectos de la hora del día, humedad, luz y obscuridad, agentes humectantes, pH y portadores salinos sobre la absorción foliar, varían con cada nutrimento, y todavía no han podido definirse claramente.

Según Trocme y Gras (1979), los factores que intervienen en la absorción de las soluciones, son las siguientes:

- a) Las concentraciones demasiado elevadas producen quemaduras.
- b) El empleo de productos mojantes aumenta la superficie de absorción, reduciendo el peligro de quemaduras.
- c) La absorción se realiza mejor a temperaturas poco alvadas y en atmósfera relativamente húmeda, que impi--

den la elevación demasiado rápida de la concentración de la solución utilizada en la pulverización, - por lo tanto se reducen los riesgos de quemaduras -- cuando las pulverizaciones se efectúan al amanecer o al atardecer.

- d) La rapidez con que se absorbe un ión varía según la naturaleza del ión que le acompaña en la fórmula.
- e) La absorción es mejor en el envés.
- f) Las hojas jóvenes absorben mejor, por regla general, que las viejas; pero son más sensibles que éstas a las quemaduras.

TRANSPORTE

Rojas (1981), señala que el transporte de los iones absorbidos foliarmente, no es por el xilema sino por el floema. Asimismo, Salisbury y Ross (1978), señalan que la entrada del hierro hacia dentro del floema, y probablemente su transporte, es reducido por la formación de compuestos insolubles. En cualquier caso, una vez que es tomado del suelo (como Fe^{+2} o en algunos casos como Fe^{+3}), dentro del xilema su redistribución es severamente limitada.

Por otra parte, Bukovac y Witter (1957), citados por Longoria (1979), efectuaron aspersiones foliares en diferen-

tes tipos de plantas para determinar el grado de translocación de los nutrimentos empleando isótopos radiactivos, encontrando los siguientes resultados:

$Zn^{65} > Cu^{64} > Mn^{52-54} > Fe^{55-59} > Mo^{99}$ como intermedios en cuanto a movilidad, entre los altamente móviles al P^{32} , y como relativamente inmóvil al Ca^{45} .

Rogers y Shive, citados por Brown (1972), sugirieron -- que el transporte de fierro dentro de la planta debe ser afectado por el pH del tejido de conducción; observaron que las acumulaciones de fierro generalmente ocurren donde el pH es alto, encontrándose el fierro en formas no aprovechables.

Demolon (1972), indica que se ha comprobado que el fierro se desplaza a los puntos donde es mayor la actividad, -- así, las yemas contienen más que la madera, las hojas jóvenes más que las viejas, finalmente las flores y los embriones son excepcionalmente ricos en él.

Por último, Salisbury y Ross (1978), mencionan que el fierro es poco translocalizable ya que al entrar éste al tejido foliar rápidamente entra a formar parte de la fitoferretina, compuesto altamente insoluble que evita su remoción a otras partes del vegetal.

SINTOMAS DE DEFICIENCIA DEL FIERRO EN LAS PLANTAS

La deficiencia de hierro ha sido observada en muchas especies, siendo mucho más común en plantas frutales que en los cultivos comunes y hortalizas.

Esta deficiencia se muestra en las plantas, como una clorosis patológica, la cual se presenta primero en las partes jóvenes de la planta, y aunque es algo similar a la producida por la carencia de nitrógeno o magnesio, esta se desarrolla más aprisa cuando es consecuencia del déficit o la inactivación del hierro.

En general, las hojas jóvenes presentan una clorosis entre las nervaduras que progresa rápidamente sobre la hoja entera, adquiriendo ésta un color amarillo claro o un tinte marfileño a causa de la desaparición de la clorofila, mientras que las hojas maduras, o más viejas, no presentan señales de clorosis.

Básicamente esto es debido a la relativa inmovilidad del hierro en la planta. Así, las hojas jóvenes no pueden evocar el hierro que se encuentra en las hojas más viejas, debido a las causas que se discutieron anteriormente.

Un rasgo característico de la clorosis por falta de hierro es su típica localización entre las nervaduras, caracterizada porque la superficie de la hoja presenta normalmente un fino retículo de nervaduras verdes sobre parénquima clorótico.

Es rara la clorosis total de las hojas jóvenes. Sin em-

bargo, en condiciones de deficiencia muy aguda, las nervaduras secundarias y terciarias pueden también presentar clorosis, y en casos extremos las hojas se vuelven completamente blancas, y llegan a presentar necrosis, generalmente sobre la parte periférica del limbo (Collings, 1958; Molina, 1960; Tisdale y Nelson, 1970; Gaucher, 1971; Devlin, 1980).

SINTOMATOLOGIA DE LA CLOROSIS FERRICA EN LEGUMINOSAS

Durante las primeras dos semanas de vida, la plántula se desarrolla normalmente, hasta que se agotan las reservas nutrimentales de los cotiledones; esto ocurre en general, -- cuando emergen las primeras hojas dicotiledonarias u hojas verdaderas. Se nota en éstas que conforme aumenta el área foliar, el color amarillento se hace más intenso reduciéndose las áreas verdes a los tejidos adyacentes a las nervaduras. Algunas de estas hojas permanecen indefinidamente cloróticas, otras empiezan a presentar en los márgenes y distribuidas en el haz de la hoja, lesiones necróticas; estas lesiones se agrandan a medida que la hoja envejece hasta cubrirla así en su totalidad, lo cual trae como consecuencia la muerte y caída de las hojas afectadas.

La emisión de nuevas hojas (terciarias) se retarda y la planta presenta un aspecto raquítico, no obstante florece y forma una o dos vainas, las cuales normalmente no llegan a producir semillas. Otras plantas en la fase foliar mueren -- (Larrea, 1960).

COMO CORREGIR LA CLOROSIS FERRICA

La deficiencia de fierro puede corregirse mediante la aplicación foliar de sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) al 1 o 2%, o inyectando fosfato de hierro en los orificios que se practican en los troncos de los árboles (Bear, 1958). Aunque otros recomiendan para ello concentraciones del 2 al 6%. Asimismo, aunque más costosos que el sulfato, resultan los quelatos de fierro aplicados al suelo o al follaje (Laird y Nuñez, 1963).

Por otra parte, algunos agricultores controlan la deficiencia de fierro en árboles frutales mediante la inserción de uno o varios clavos de fierro metálico al tronco de éstos, ya que la acidez de los jugos celulares y de la solución de los haces vasculares solubiliza al fierro metálico. Indirectamente, también puede corregirse dicha deficiencia, abatiendo el pH de los suelos alcalinos mediante adiciones de azufre o yeso, y lavados (Laird y Nuñez, 1963).

Holmes y Brown (1964), señalan que los tratamientos del suelo con materiales acidificadores como el azufre y el sulfato amónico, para hacer el fierro más asimilable, han dado mejores resultados en los suelos ácidos que en los calcáreos. Asimismo, inyecciones de fierro en los árboles, mediante la colocación de cápsulas de gelatinas, en agujeros hechos en la base del árbol, que contienen citrato ferroso, citrato férrico o fosfato férrico, pueden dar buenos resultados aunque es un método que exige mucho tiempo.

Por otro lado, se han puesto en práctica otros métodos para contrarrestar la deficiencia de hierro, los cuales son: control de la humedad del suelo por el riego, drenaje eficiente, cosecha de cobertera, cultivo superficial, injerto de variedades susceptibles sobre patrones resistentes, enmiendas para favorecer la asimilabilidad del hierro y aspersiones con sales de hierro (Laird y Nuñez, 1963).

Tisdale y Nelson (1970), señalan que, en general, aplicaciones al suelo de sales ferrosas ionizables, tales como el sulfato ferroso, han probado ser ineficaces a causa de su oxidación más bien rápida a hierro férrico.

En la región de Matamoros, Tamps., algunos agricultores controlan la clorosis en los cultivos de maíz y sorgo, mediante aplicaciones foliares de sulfato ferroso, en soluciones cuyas concentraciones varían de 2.5 a 5% (Larrea, 1969).

Asimismo, en la región de Río Bravo, Tamps., 1967-1968, se llevó a cabo un experimento en el cual se trató de determinar la mejor manera de controlar la clorosis en frijol y soya, para esto se aplicó por aspersión foliar Sulfato ferroso (20% de Fe), en diferentes concentraciones (1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0% y 3.5%), encontrándose al término del experimento, que la clorosis en frijol y soya, puede controlarse adecuada y económicamente mediante aplicaciones foliares de Sulfato ferroso en soluciones del 1.5 al 2.0% (Larrea, 1969).

En la región de Monterrey, N.L., se trabajó con el culti

vo de soya, el cual presentó una deficiencia nutricional bastante fuerte, habiendola causado la insolubilidad del fierro. Esta deficiencia se corrigió mediante aplicaciones de compuestos de fierro diluidos en agua y aplicados al follaje, siendo estas aplicaciones a concentraciones del 0.75 al 1.5%. A pesar de ésto, no se llegó a controlar totalmente esta deficiencia (Garza, 1967).

En la región de General Escobedo, N.L., se llevaron a cabo dos trabajos de investigación; el primero de ellos trató sobre el control de la clorosis en soya mediante aspersiones foliares de Sulfato ferroso. Donde el tratamiento que dio mejores resultados fue el de dar dos aplicaciones de soluciones al 2.0% (Peña, 1970); y el segundo trabajo se llevó a cabo en frijol, con el propósito de estudiar los componentes del rendimiento en diferentes variedades, dentro de las cuales estaba la Delicias 71. Durante el desarrollo del cultivo se presentó una marcada clorosis producida por la deficiencia de fierro, en todas las variedades excepto en la Delicias 71; la cual se corrigió mediante aplicaciones foliares de Sulfato de fierro a razón de tres gramos por litro de agua (Nuñez, 1976).

Asimismo, en la región de Anáhuac, N.L., se sembraron diversas variedades de frijol entre las cuales estaba Negro Jampapa y Delicias 71, presentándose clorosis debida a deficiencia de fierro durante el desarrollo del cultivo en todas las variedades, excepto en las mencionadas anteriormente; la deficiencia se corrigió con Sulfato ferroso (Martinez, 1975, cita

do por Ramírez, 1981).

ALGUNAS CAUSAS DE LA CLOROSIS FERRICA

Selke (1968), establece que si circunstancialmente se observan síntomas deficitarios de hierro en los cultivos ordinarios, la causa en general, no radica precisamente en una falta o insuficiencia de hierro, sino que circunstancias especiales (por ejemplo reacción alcalina del suelo), los compuestos férricos no se encuentran en forma bastante soluble (carencia inducida del hierro), o que el hierro absorbido por la planta se ha transformado en formas inactivas.

Trabajando con fierro, Dixon (1914), citado por Steward (1959), observó que cuando el pH del medio es 7 y el contenido de fosfato es alto en las hojas, el hierro es precipitado en las nervaduras y entonces es observada una clorosis entre las nervaduras.

Asimismo, Biddulph (1951), citado por Steward (1959), establece que la deficiencia de hierro en las plantas de frijol (Phaseolus vulgaris), se debe a la translocación del hierro, la cual depende de un considerable nivel en el pH de la solución aplicada y la posición o condición del fosfato de las plantas.

Por otra parte, la clorosis por deficiencia de hierro puede ser también inducida como resultado de deficiencia de potasio, y por excesivo abonado con fosfatos en suelos neu--

tros o calizos; también se presenta sobre suelos con elevado contenido de zinc utilizable, y en algunas condiciones, en los ricos en cobre y manganeso utilizable. Asimismo, la clorosis inducida por el encalado es la más común de las provocadas por deficiencia de fierro y es también una de las deficiencias más difíciles de corregir (Russell y Walter, 1959; Holmes y Brown, 1964; Stiles y Cockings, 1969; Gaucher, ---- 1971; Gross; 1976).

Según Tisdale y Nelson (1970), la deficiencia en fierro o clorosis, se cree que es causada por un desequilibrio de iones metálicos, tales como el cobre y el manganeso; una combinación de alto pH, alta proporción de cal, elevada humedad del suelo, temperaturas frías y altos niveles de HCO_3^- en el medio que rodea a las raíces. Asimismo, en un trabajo ulterior demostraron que una alta proporción en el suelo de HCO_3^- aumenta la solubilidad del fósforo y produce como resultado un gran consumo de este elemento que interfiere en el metabolismo del fierro en las plantas.

Wallace y Lunt (1960), citados por Larrea (1969), señalan que los siguientes factores, solos o en combinación contribuyen a que se desarrolle la clorosis en las plantas:

- 1.- Abastecimiento deficiente de fierro.
- 2.- Carbonato de calcio en el suelo.
- 3.- Bicarbonatos en el suelo o en el agua de riego.
- 4.- Riegos pesados.

- 5.- Altas cantidades de metales pesados como zinc, manganeso y cobre.
- 6.- Altas o bajas temperaturas.
- 7.- Luz intensa.
- 8.- Alto nivel de nitrógeno, proveniente de nitratos.
- 9.- Proporción desbalanceada de cationes.
- 10.- Aereación deficiente.
- 11.- Adición de materia orgánica al suelo.
- 12.- Virus.
- 13.- Daño a las raíces por nematodos u otros organismos.

Matchold (1969), citado por Longoria (1973), indica que la clorosis inducida por deficiencia de fierro puede también ser ocasionada por un desequilibrio entre la síntesis y la utilización de las proteínas, ya que al ser utilizadas las dos capas de proteínas que protegen a la clorofila contenida en los cloroplastos, ésta es destruida por la acción de la luz entre otros factores, adquiriendo el tejido un color amarillento en lugar del verde característico dado por la clorofila.

Las causas de la deficiencia del hierro, aparte de un pH alto en el suelo, pueden ser en primer lugar, una mala absorción del hierro, y en segundo lugar probablemente la inactividad del sistema radicular por falta de oxígeno en el subsuelo (Anónimo, 1974).

Por último, Gros (1976), señala que la clorosis puede ser originada por una alcalinidad excesiva de la savia, que

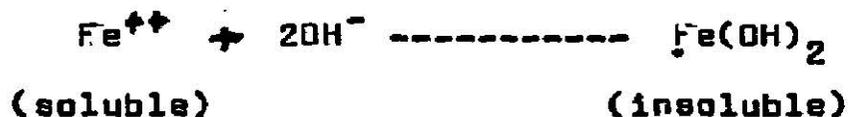
provoca la insuficiente movilidad del hierro en los tejidos de la planta.

REACCION (pH) DEL SUELO Y LA DISPONIBILIDAD DEL FIERRO

La disponibilidad del hierro para la planta va estrechamente ligada al pH del suelo, el cual en general es bastante soluble en los suelos muy ácidos (Chapman, 1939, citado por Devlin, 1980; Gilbert, 1953). Sin embargo, Bear (1958), señala que en las regiones áridas de regadío, donde los valores de pH son elevados, la asimilabilidad del hierro es baja; ya que éste se insolubiliza formando hidróxidos (Yúfera y Do-rrrién, 1973).

En suelos con reacción ácida, los elementos menores (por ejemplo, hierro y manganeso), son muy solubles. Sin embargo, bajo estas condiciones las concentraciones de uno o más de estos elementos, son a menudo, lo suficientemente altas para ser tóxicas para la mayor parte de las plantas.

En cambio, bajo condiciones alcalinas, estas pueden convertirse en el factor limitante, ya que a medida que el pH va aumentando, las formas iónicas de los cationes micronutrientes son cambiables a hidróxidos u óxidos, los cuales son insolubles. Un ejemplo puede ser el siguiente, utilizando el ión ferroso como prototipo de este grupo:



(Lancaaster, 1964; Gómez y Marín, 1967; Buckman y Brady, 1970; Jacob y Von, 1973; Millar, Turk y Foth, 1975; Gros, --- 1976; Mazliak, 1976; Salisbury y Ross, 1978).

Thompson (1966), indica que el valor crítico de pH para la solubilidad del hierro varía según la planta que se considere.

Por otro lado, Teuscher y Adler (1979), señalan que el ión férrico (Fe^{+++}) es soluble desde pH3 hasta un poco por -- arriba de pH5, y a un pH neutro o ligeramente mayor predomina el ión ferroso (Fe^{++}), igualmente soluble.

Sin embargo, Gros (1976), señala que a partir de pH5 no existe prácticamente el hierro soluble. Asimismo, Bonner y -- Galston (1970), indican que un pH de 6 o superior hace que el hierro de los componentes inorgánicos se precipiten en forma de $Fe(OH)_3$, y que se deposite como Fe_2O_3 insoluble, determinando que las plantas cultivadas en medios cuyo pH excede de 6, tienden a volverse cloróticas a causa de la deficiencia de hierro.

En suelos bien drenados, el hierro esta normalmente en estado férrico, y los compuestos férricos son muy insolubles; sin embargo, cuando el oxígeno es excluido del suelo, como en las inundaciones, estos compuestos son reducidos a la forma ferrosa soluble o aprovechable (Laird y Nuñez, 1963; Tisdale y Nelson, 1970).

La compactación del suelo puede reducir la toma de nu--- trientes, ya que afecta la disponibilidad de oxígeno para la

respiración de la raíz. Los suelos muy ácidos que están pobremente drenados contienen con frecuencia cantidades tóxicas de hierro y manganeso (Buckman y Brady, 1970; Millar, Turk y Foth, 1971).

Longoria (1975), trabajando con suelos calcáreos para corregir la clorosis férrica, encontró que mediante la inundación de los suelos se observaron notorios incrementos en el contenido de Fe-ferroso en la solución del suelo, los cuales estuvieron estrechamente correlacionados con la disminución del potencial redox de los suelos. Asimismo, encontró que con la adición de materia orgánica a los suelos inundados, el proceso de reducción y de liberación de fierro ferroso (Fe^{++}) se incrementaba.

EFECTO DE LAS CONCENTRACIONES DE LAS SOLUCIONES DURANTE LAS ASPERSIONES SOBRE EL TEJIDO VEGETAL.

Es común, cuando se tratan de corregir algunas deficiencias nutricionales por medio de aspersiones foliares que se produzca lo que comunmente se denomina "quemaduras".

Larrea (1969), trabajando con frijol, encontró que a concentraciones del 2.5%, o mayores, de Sulfato ferroso; se producían dichas "quemaduras" en el follaje.

Asimismo, Henkes (1970), y Trocme y Gras (1979), señalan que a concentraciones demasiado elevadas de nutrientes (N, P, K, Fe, Mg, y otros), aplicados foliarmente, producen "quemaduras" al follaje.

Aunque algunos autores mencionan dichas "quemaduras" debido a efectos fitotóxicos (Larrea, 1969), aparentemente el efecto de las altas concentraciones, provocan que el potencial hídrico de las gotas de la solución que se deposita sobre el tejido vegetal durante las aspersiones, disminuya, lo cual provocará que el agua sea "jalada" hacia afuera de las células.

Aunque las concentraciones de la solución sea adecuada, si ésta es asperjada en el momento que existe alta insola- ción, que provoca altas temperaturas, el agua de las gotas de- positadas empezará a disminuir por evaporación lo cual hace - que a medida que transcurre el tiempo, el potencial hídrico - de dichas gotas tenderá a disminuir provocando el fenómeno -- mencionado anteriormente.

MATERIALES Y METODOS

El presente experimento fué llevado a cabo, en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León; cuya ubicación es 25° 31' latitud norte y 100° 03' longitud oeste, con una elevación de 367.5 metros sobre el nivel del mar.

El clima predominante en la región es semiárido, BS, (h') hx' (e'), de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973); asimismo el tipo de vegetación que predomina en ésta, es el matorral espinoso.

La temperatura media anual es de 22 °C y la precipitación promedio anual es ligeramente superior a 500 mm. (Anónimo, 1982).

Las condiciones climatológicas (precipitación y temperatura) que se registraron durante el desarrollo del cultivo, son presentados en el Apéndice.

Genotipo bajo estudio.

El genotipo utilizado fué "Delicias 71 Selección Benavides No. 4". La semilla de este genotipo fué facilitada por el Banco de Germoplasma del Programa de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Características de este genotipo, según Gonzalez y Guz-

mán (1983):

Días a Floración	47
Hábito de Crecimiento	II (indeterminado erecto arbustivo)
Color de la Flor	Blanca
Color de la testa	Pinto bayo café
Días a Madurez Fisiológica	103
Color del tallo	Verde
Tamaño de Semilla	Chica
Rendimiento	2833 Kg/Ha. bajo riego

Asimismo, una característica que se le atribuye al genotipo anteriormente citado, es la de no ser susceptible a manifestar síntomas visibles de deficiencias férricas en suelos calcáreos o con problemas de pH alcalino.

Tratamientos estudiados (T):

T1. Testigo.

T2. Fertilización foliar con Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) al 0.5%.

T3. Fertilización foliar con Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) al 1.5%.

T4. Fertilización foliar con Sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) al 3.0%

La fuente utilizada para efectuar los tratamientos citados anteriormente, fué el reactivo analítico Sulfato ferroso

($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), cuya concentración es del 100% de Fe.

El T2, se aplicó a una dosis de 37.5 gr/7.5 lts. de agua destilada.

El T3, se aplicó a una dosis de 112.5 gr/7.5 lts. de agua destilada.

El T4, se aplicó a una dosis de 225.0 gr/7.5 lts. de agua destilada.

La fertilización se efectuó con una aspersora manual de mochila, con capacidad para 15 litros de solución.

Se realizó una primera aplicación a los 67 días después de la siembra, coincidiendo con los primeros días del período de fructificación (cuando menos el 50% de las plantas presentaban una vaina). Para la aplicación se dieron dos rociadas, una lenta y otra rápida, a lo largo del surco, con el fin de cubrir lo mejor posible el follaje.

La segunda aplicación se realizó a los 14 días después de la primera aplicación.

Las aplicaciones se realizaron cuando el cielo se presentó nublado o medio nublado, la primera aplicación se realizó a las 4:00 Hrs. PM., con una temperatura ambiental de 26 °C; y la segunda aplicación se realizó en la mañana a las 9:00 Hrs. con una temperatura ambiental de 28 °C.

DISEÑO EXPERIMENTAL

La distribución de los tratamientos, se hizo de acuerdo con un diseño de bloques al azar con 6 repeticiones.

En cada tratamiento la parcela experimental consistió de cuatro surcos de 3.5 metros de largo y de 0.70 metros de distancia entre ellos, formando un área de 9.8 M^2 cada parcela.

La parcela útil estuvo determinada por los dos surcos centrales, eliminando 0.25 metros en cada cabecera de los surcos.

Siembra.

La siembra se realizó a chorrillo en el fondo del surco, con semilla embebida (húmeda), el día 2 de septiembre de 1982, e inmediatamente después de ésta se regó.

Asimismo, se realizó un aclareo, el cual fue mínimo debido a que las plántulas emergieron, en su mayoría, a una distancia aproximada de 5 cms. entre ellas; siendo ésta la distancia requerida para el experimento.

Labores Culturales.

Se realizaron dos deshierbes durante el desarrollo del cultivo, a los 30 y 55 días después de la siembra. Estos se realizaron a mano y con azadón.

Se dio solamente un riego de auxilio por gravedad, a los 33 días después de la siembra, mediante el uso de sifones.

Los materiales utilizados para aplicar los riegos fueron azadones, palas y sifones.

Muestreos.

Para la evaluación de las variables, que más adelante se enlistan, se llevaron a cabo tres muestreos, los cuales se realizaron a los 67, 81 y 107 días después de la siembra.

Para cada muestreo se seleccionaban cuatro plantas aleatoriamente, las cuales tenían competencia completa, es decir estaban dentro de la parcela útil.

Asimismo, al momento de la cosecha (3er. muestreo), se cosecharon las plantas sobrantes de la parcela útil.

Las plantas muestreadas se cortaban al ras del suelo, posteriormente se colocaban individualmente en bolsas de papel, y eran llevadas al laboratorio, disectándose en sus diferentes órganos para así poder analizar las variables estudiadas.

Posteriormente, después de haber obtenido los datos requeridos para el análisis morfológico del crecimiento, los órganos de cada planta analizada se colocaban todos en la bolsa debidamente identificada, colocándose después en un cuarto de secado por 3 o 4 días a una temperatura de 70 °C aproximadamente.

VARIABLES ESTUDIADAS

Las plantas se disectaron en los siguientes órganos: tallo principal; ramas de primero, segundo y tercer orden (si se presentaban), y vainas; determinándose las siguientes variables:

1.0 Morfológicas.

1.1.0 Tallo

1.1.1 Número de nudos del tallo principal.

Se determinó considerando como primer nudo en donde se insertan los cotiledones, y como último nudo donde se encontraba la yema apical.

1.2.0 Ramas.

1.2.1 Ramas del primer orden.

Se refiere a aquellas que se desarrollaban a partir del tallo principal.

1.2.2 Número de nudos de las ramas del 1er. orden.

Estos se contaban a partir del primer nudo de la rama considerada hasta donde se encontraba la yema apical.

1.2.3 Ramas del segundo orden.

Se refiere a aquellas que se desarrollaban a partir de las ramas del 1er. orden.

1.2.4 Número de nudos de las ramas del 2do. orden.

Se determinaron de la misma forma que en las ramas del

ler. orden.

1.3.0 Organos Reproductivos.

1.3.1 Fruto.

Se consideró fruto desde que se desprendían los pétalos y quedaba expuesta la vaina.

1.3.2 Número de vainas normales.

Se refiere a las vainas que presentaban cuando menos un grano lleno o bien formado.

1.3.3 Número de vainas vanas.

Se refiere a las vainas que presentaban solamente granos abortados o mal formados ("chupados").

1.3.4 Número de granos normales.

Se refiere a los granos sanos (normales) o bien formados con un tamaño regular.

1.3.5 Número de granos abortados.

Se refiere a los granos "chupados" o mal formados de tamaños reducidos, generalmente con una coloración café.

11.0 Fisiológicas.

11.1.0 Peso seco por órgano.

11.1.1 Peso seco del pericarpio.

11.1.2 Peso seco de grano.

111.0 Ambientales.

111.1.0 Temperatura.

Se consideraron las temperaturas diarias, máxima y mínima durante el ciclo del cultivo.

111.1.1 Precipitación

Se consideró la frecuencia, fecha y cantidad de ésta, durante el ciclo del cultivo.

Los datos de estas variables analizadas, se obtuvieron de la caseta meteorológica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, situada dentro de la misma Facultad.

RESULTADOS

El cultivo se desarrolló en forma normal, con excepción de que a los 56 días después de la siembra se presentaron daños de liebres (Lepus sp.), las cuales devoraron las partes tiernas o brotes de las plantas. Estos daños fueron relativamente ligeros en las repeticiones IV, V y VI, y muy ligeros en el resto del experimento. Aún con lo anterior se consideró al material susceptible de estudio.

A los 48 días después de la siembra se presentó la Flora ción, y 59 días después de ésta se realizó la cosecha.

A continuación se presentan los resultados sobresalientes obtenidos de cada uno de los órganos, y posteriormente se hará una discusión breve y general de los mismos.

VARIABLES

1.0 Variables morfológicas.

1.1 Nudos del tallo principal.

A los 67 días después de la siembra, momento de iniciados los tratamientos, era pequeña la diferencia en el número de nudos del tallo principal, entre las parcelas asignadas a cada tratamiento, siendo ésta de un nudo entre los tratamientos con el máximo y el mínimo valor; 7 días después, los valores se habían incrementado ligeramente a excepción del tratamiento 4 el cual permaneció constante. La diferencia en el número de nudos entre los tratamientos con el máximo y el míni-

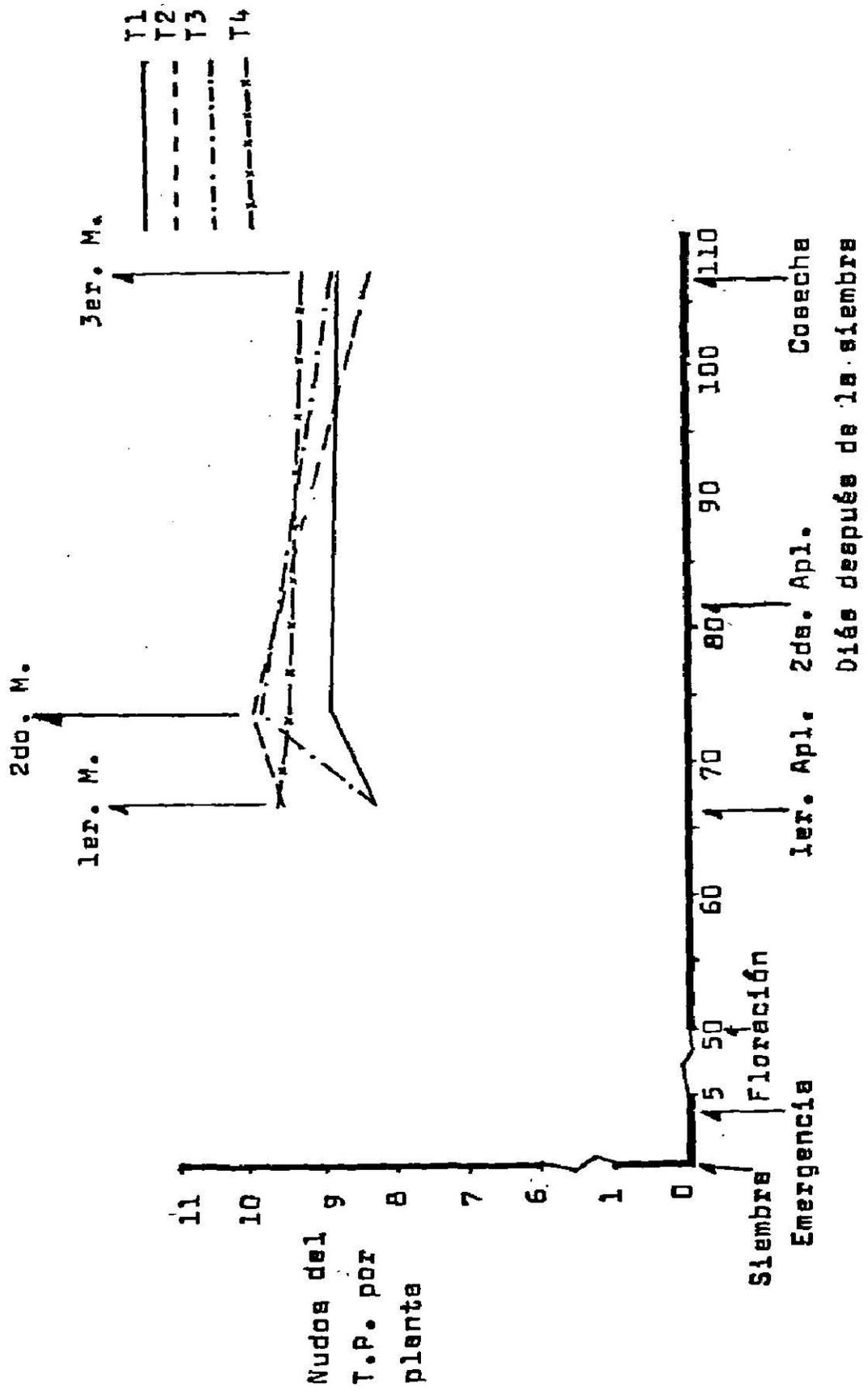


Fig. 1 Producción de nudos del tallo principal (T.P.) del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concen- traciones de Sulfato de Hierro esperjado foliarmente.

no valor se mantenía.

A los 107 días después de la siembra, 26 días después de la segunda aspersion foliar, los valores de todos los tratamientos se habían reducido ligeramente como en el caso de los tratamientos 2 y 3, o se mantenían constantes como en los tratamientos 1 y 4 (Fig. 1).

El análisis estadístico indica que no hubo diferencias significativas, en esta variable, entre los tratamientos en ninguna etapa del cultivo (Cuadros 1, 2 y 3 del Apéndice).

1.2 Ramas del primer orden.

A los 67 días después de la siembra, el número de ramas de primer orden por planta de las parcelas asignadas a cada tratamiento era de 5; 7 días después los valores se incrementaron ligeramente siendo de 2 ramas la diferencia entre los tratamientos que presentaron el máximo (T-3) y el mínimo (T-4) valor, 26 días después de la segunda aspersion foliar, los valores de todos los tratamientos se habían reducido (Fig. 2).

Al igual que en el caso precedente, el análisis estadístico indica que no hubo diferencias significativas, en esta variable, entre los tratamientos en ninguna etapa del cultivo (Cuadros 4, 5 y 6 del Apéndice).

1.3 Ramas del segundo orden.

Los resultados nos indican que la tendencia en la producción de ramas de segundo orden es similar a las del primer or

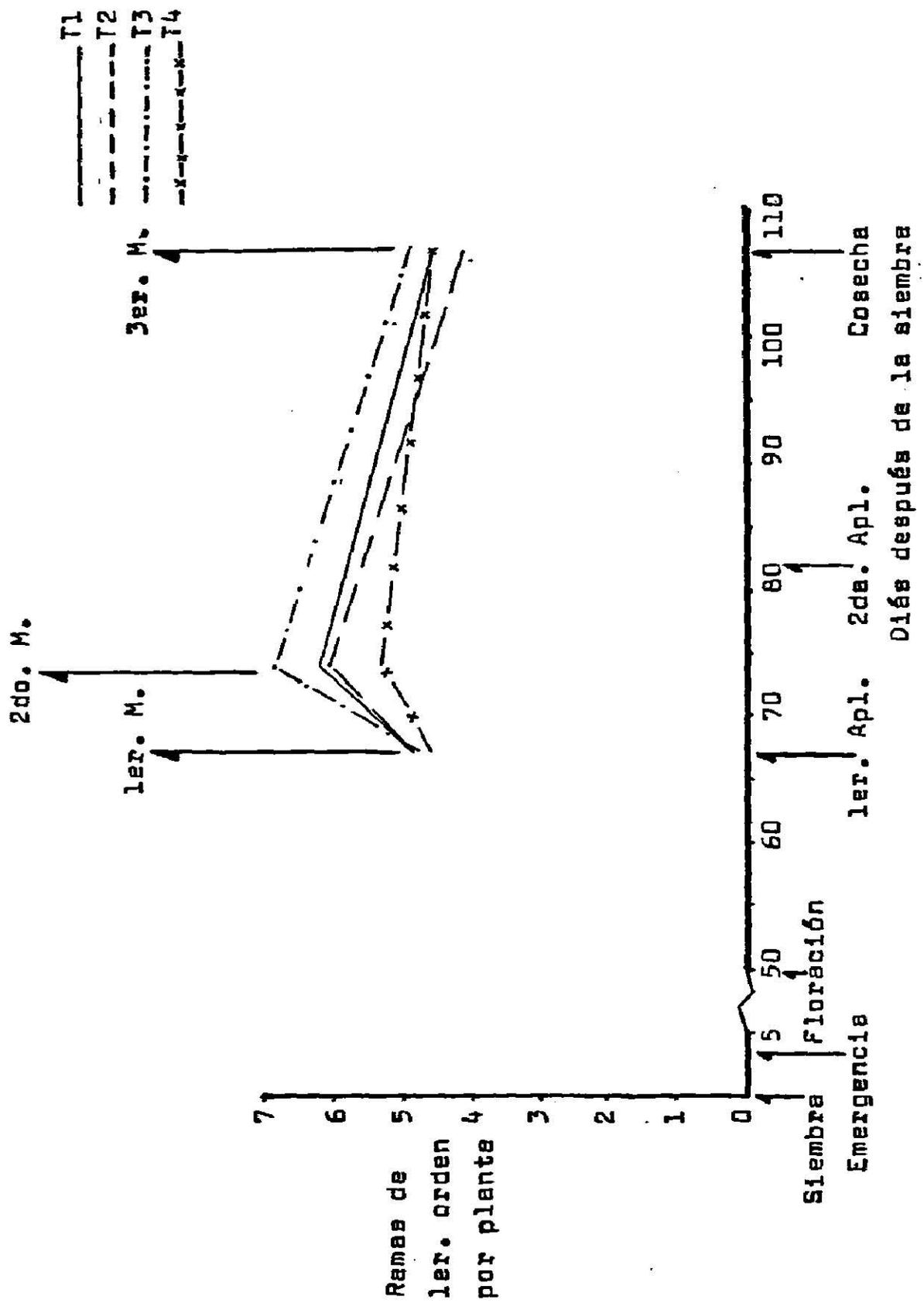


Fig. 2 Producción de ramas de primer (1er.) orden por planta del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de Hierro asperjado foliarmente.

dan, aunque con valores más reducidos.

A los 67 días después de la siembra momento del inicio de los tratamientos, en general las plantas asignadas a cada tratamiento presentaban únicamente 2 ramas del segundo orden; 7 días después los valores se incrementaron ligeramente siendo el máximo encontrado de 3 ramas para el tratamiento 3, y el mínimo de 2 para las plantas testigo. A los 33 días después, 26 días después de la segunda aspersión foliar, los valores se habían reducido, siendo en todos los casos cercanos a uno (Fig. 3).

El análisis estadístico indica que no hubo diferencias significativas, en esta variable, entre los tratamientos en ninguna etapa del cultivo (Cuadros 7, 8 y 9 del Apéndice).

1.4 Nudos de ramas del primer orden.

A los 67 días después de la siembra, el valor de esta variable era de 12 nudos para las parcelas asignadas al tratamiento 3, siendo éste el mínimo valor que se presentó, mientras que el tratamiento 2 con un valor de 15 nudos era el que presentaba el máximo, los tratamientos restantes presentaban valores intermedios; 7 días después se habían incrementado todos los valores, siendo la diferencia de 3 nudos entre los tratamientos con el máximo (T-3) y el mínimo (T-1) valor.

Posteriormente, a los 107 días después de la siembra y 26 después de la segunda aspersión foliar, todos los valores se habían reducido, manteniendo el tratamiento 3 el máximo valor con 15.5 nudos mientras el tratamiento 2 presentó el míni

- T1
- - T2
- · - T3
- x - T4

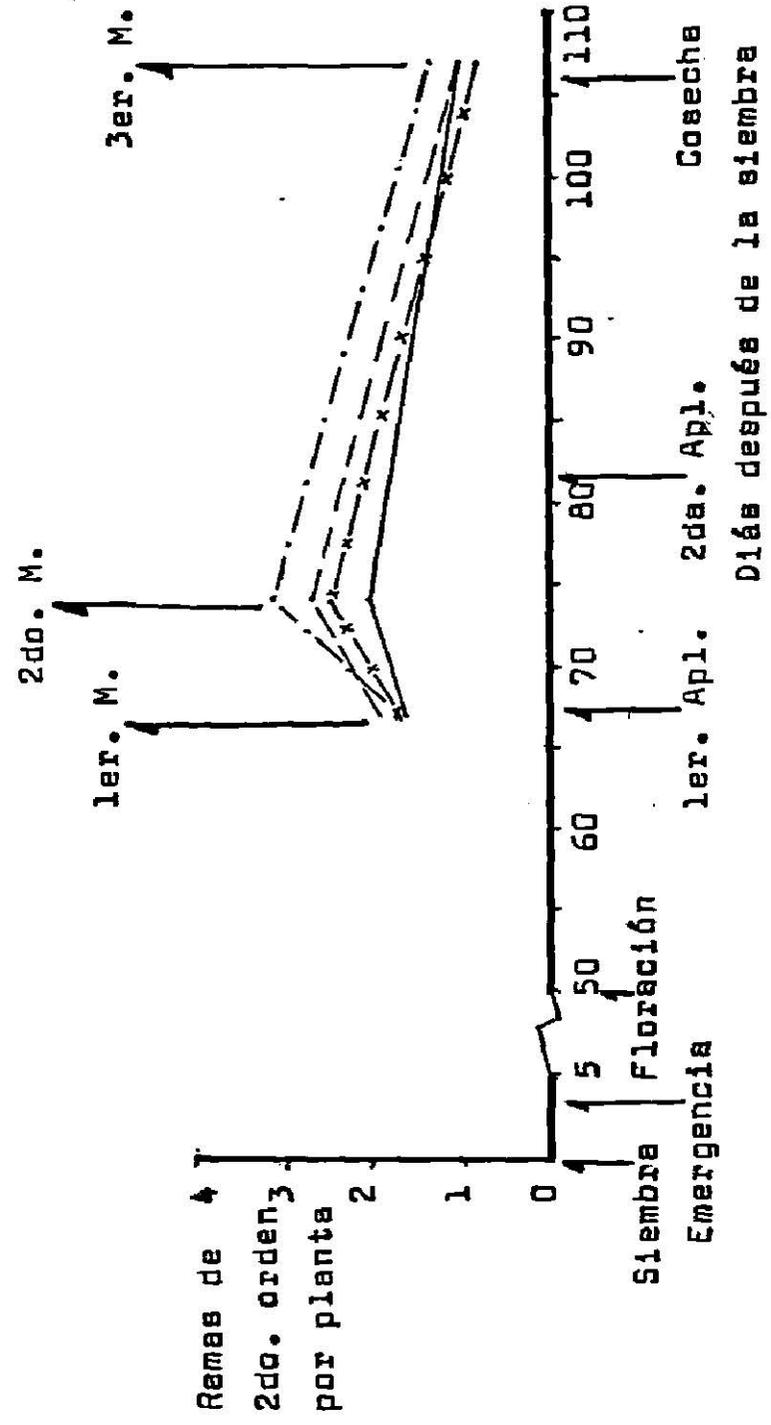


Fig. 3 Producción de ramas de segundo (2do.) orden por planta del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de Hierro asperjado foliarmente.

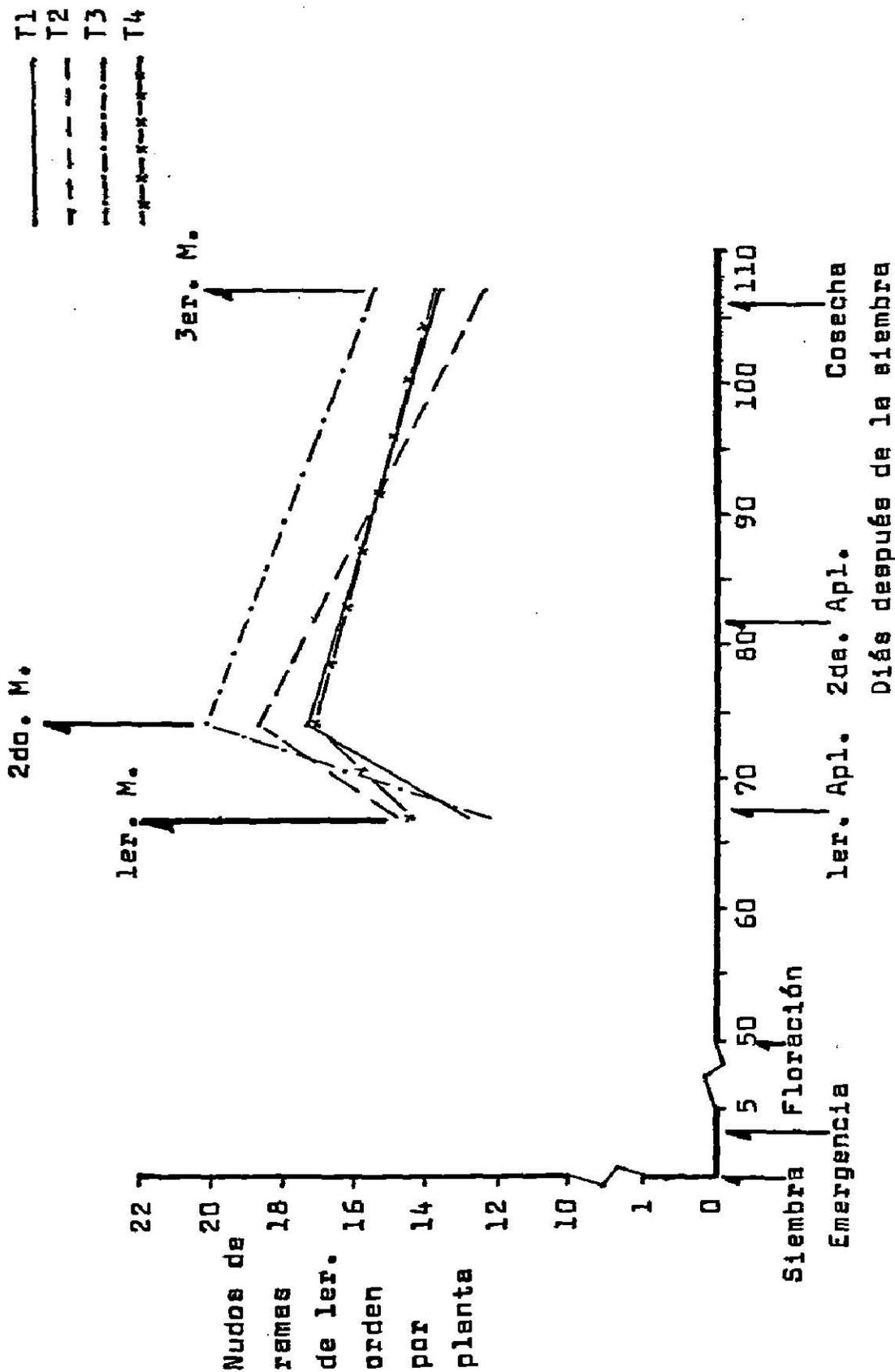


Fig. 4 Producción de nudos de ramas de primer (1er.) orden por planta del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de Hierro esperjadas foliarmente.

no valor con 12.4 (Fig. 4).

Al igual que en el caso anterior, el análisis estadístico indica que no hubo diferencias significativas, en esta variable, en ninguna etapa del cultivo (Cuadros 10, 11 y 12 del Apéndice).

1.5 Nudos de ramas del segundo orden.

Las tendencias obtenidas sobre esta variable presentan la misma tendencia en el caso de los nudos de las ramas del primer orden.

Al momento de iniciar los tratamientos, 67 días después de la siembra, las parcelas asignadas a cada tratamiento presentaban casi los mismos valores, aproximadamente entre 2.5 y 3 nudos; 7 días después, todos éstos se habían incrementado presentándose el máximo valor en el tratamiento 3 aproximadamente de 4.7 nudos, y el mismo para el testigo, y el tratamiento 2 con 3.8 nudos.

Al final del crecimiento, a los 107 días después de la siembra y 26 días después de la segunda aspersión foliar, los valores de todos los tratamientos se habían reducido, manteniendo el tratamiento 3 el máximo valor con 2.4 nudos y el tratamiento 4 el mínimo con 1.2, siendo intermedios los tratamientos restantes (Fig. 5).

El análisis estadístico indica que no se presentaron diferencias significativas, en esta variable, entre los tratamientos en ninguna etapa del cultivo (Cuadros 13, 14 y 15 del

- T1 
- T2 
- T3 
- T4 

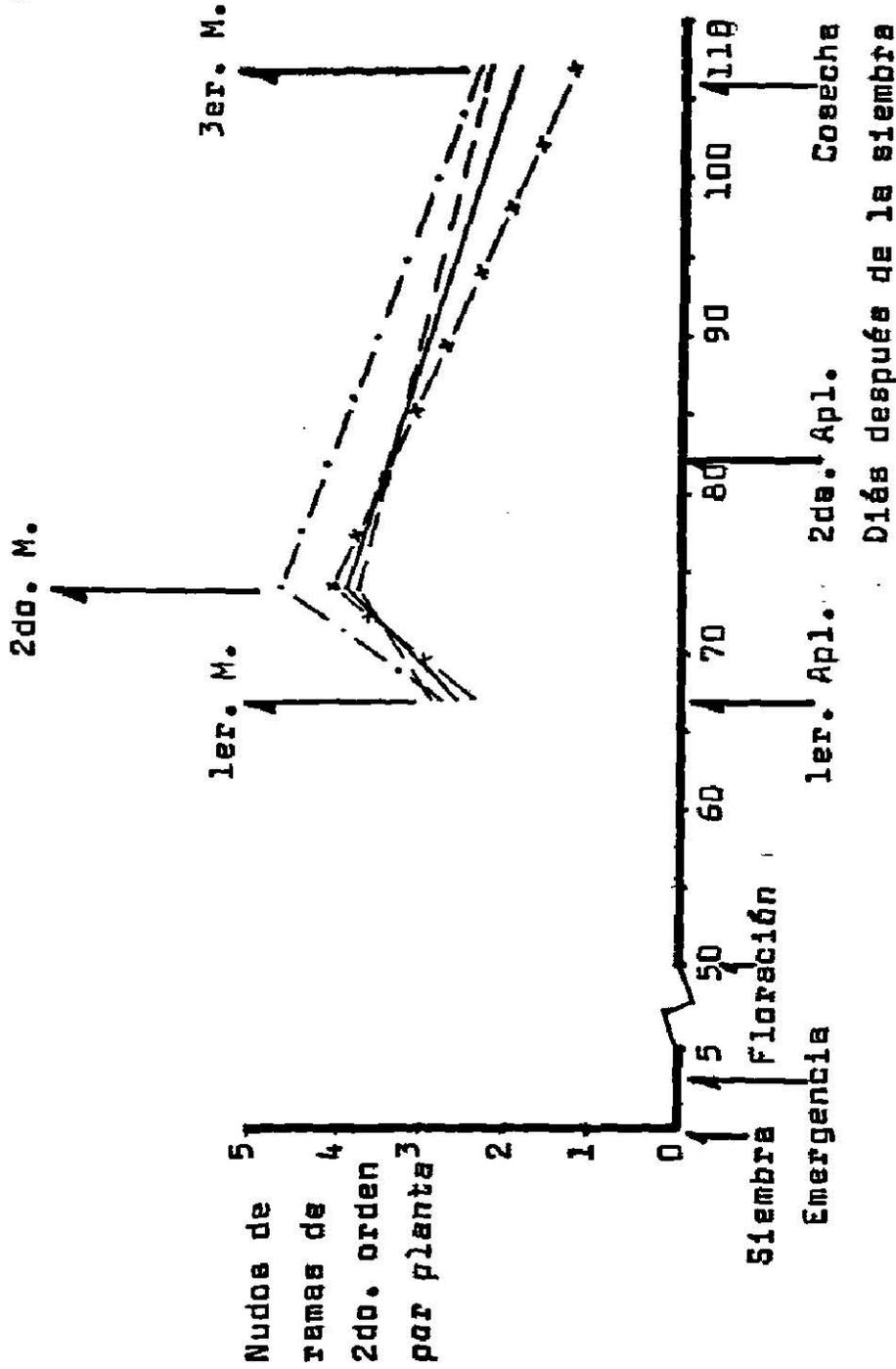


Fig. 5 Producción de nudos de ramas de segundo (2do.) orden por -
 planta del genotipo "Delicias" 71 Selección Benavides No. -
 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de Hierro asper-
 jado foliarmente.

Apéndice).

1.6 Vainas por planta.

A los 67 días después de la siembra, cuando se iniciaron los tratamientos, las plantas ya presentaban fruto, el valor de las vainas por planta era de 11 en los tratamientos 2 y 4, siendo el máximo valor, mientras que el mínimo fué cercano a 5 vainas/planta en el caso de las parcelas asignadas al tratamiento 3. Enseguida se presentó un fuerte incremento siendo ahora el último tratamiento mencionado anteriormente el que presentaba los máximos valores, ligeramente superior a 26 vainas/planta mientras que el mínimo lo presentaron el tratamiento 2 y el testigo, con valores cercanos a 21 vainas/planta.

Después de la segunda aspersion foliar, 107 días después de la siembra, todos los valores se habían reducido considerablemente manifestándose una pequeña diferencia entre ellos, presentando las plantas testigo el mínimo valor con 9.5 vainas/planta (Fig. 6).

El análisis estadístico indica que no se presentaron diferencias significativas, en esta variable, entre los tratamientos en ninguna etapa del cultivo (Cuadros 16, 17 y 18 del Apéndice).

1.7 Vainas (normales y venas) por planta.

No se presentó gran diferencia entre el número de vainas/planta entre los diferentes tratamientos, el que presentó la mayor cantidad fué el tratamiento 2 con 8.4 vainas/planta

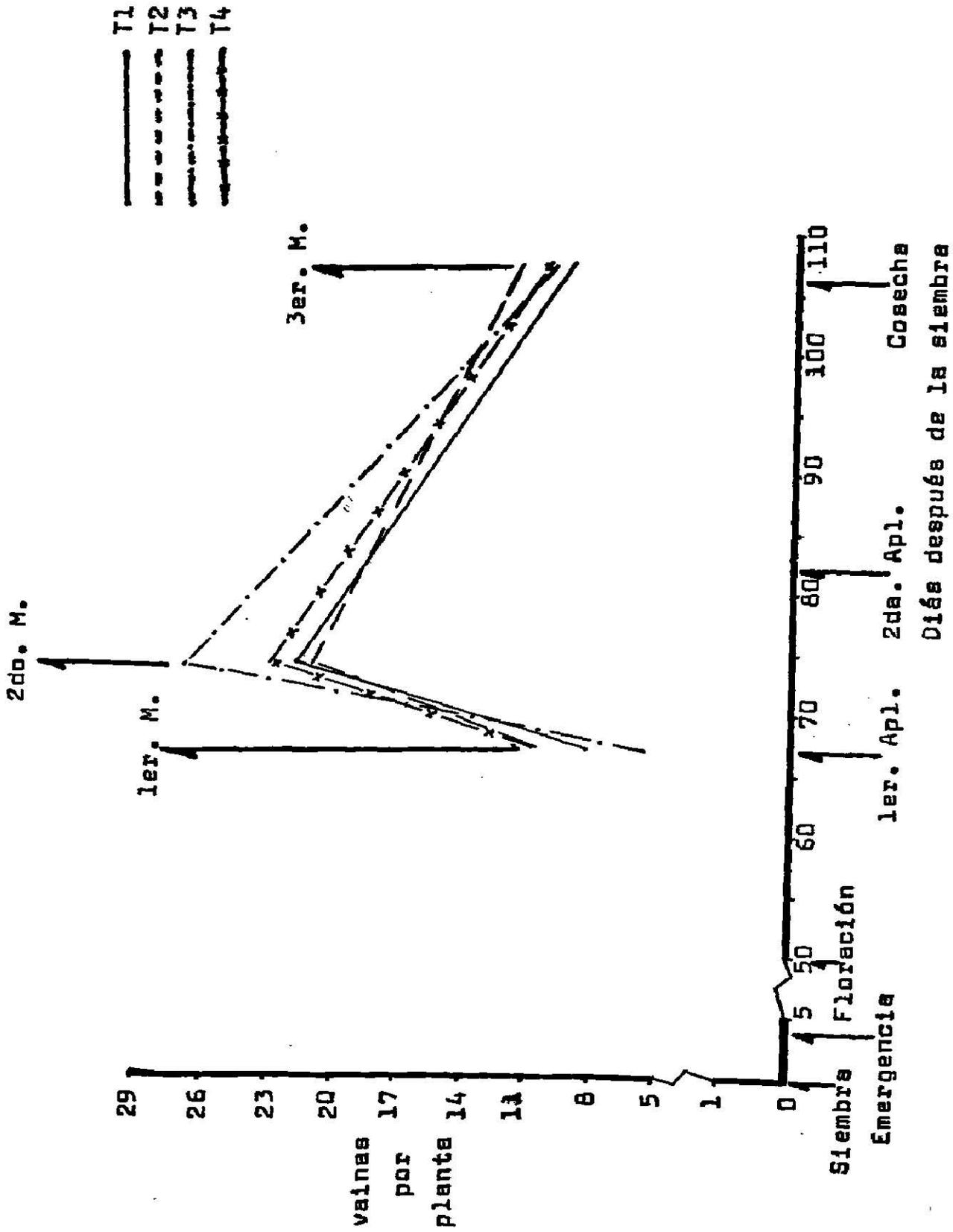


Fig. 6 Producción de vainas por planta del genotipo "Delicias 71 - Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente.

mientras que el que presentó el menor valor fué el tratamiento 3 con 6.8, el resto de los tratamientos presentaron valores intermedios.

El tratamiento 3 presentó el 56.3% de vainas vanas siendo el que presentó el máximo valor en este sentido, mientras que el tratamiento 1 con 38.5% fue el que presentó la menor cantidad de vainas vanas (Fig. 7).

Al igual que en todos los casos anteriores, el análisis estadístico indica que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para estas variables (Cuadros 18 y 19 del Apéndice).

1.8 Granos por vaina.

Como se puede observar en la Fig. 8, prácticamente no hubo diferencias entre los tratamientos, presentando estos valores cercanos a 4 granos normales/vaina.

El tratamiento 2 presentó el máximo valor de 1.6 granos abortados, y el mínimo fue para el tratamiento 3 con 0.9, --- mientras que el resto de los tratamientos presentaron valores intermedios.

11.0 Variables fisiológicas.

11.1 Peso seco del pericarpio por planta.

Con respecto a esta variable, fue mínima la diferencia entre los tratamientos, siendo el máximo valor de 1.5 para el tratamiento 2 y el mínimo para las plantas testigo con 1.2 --

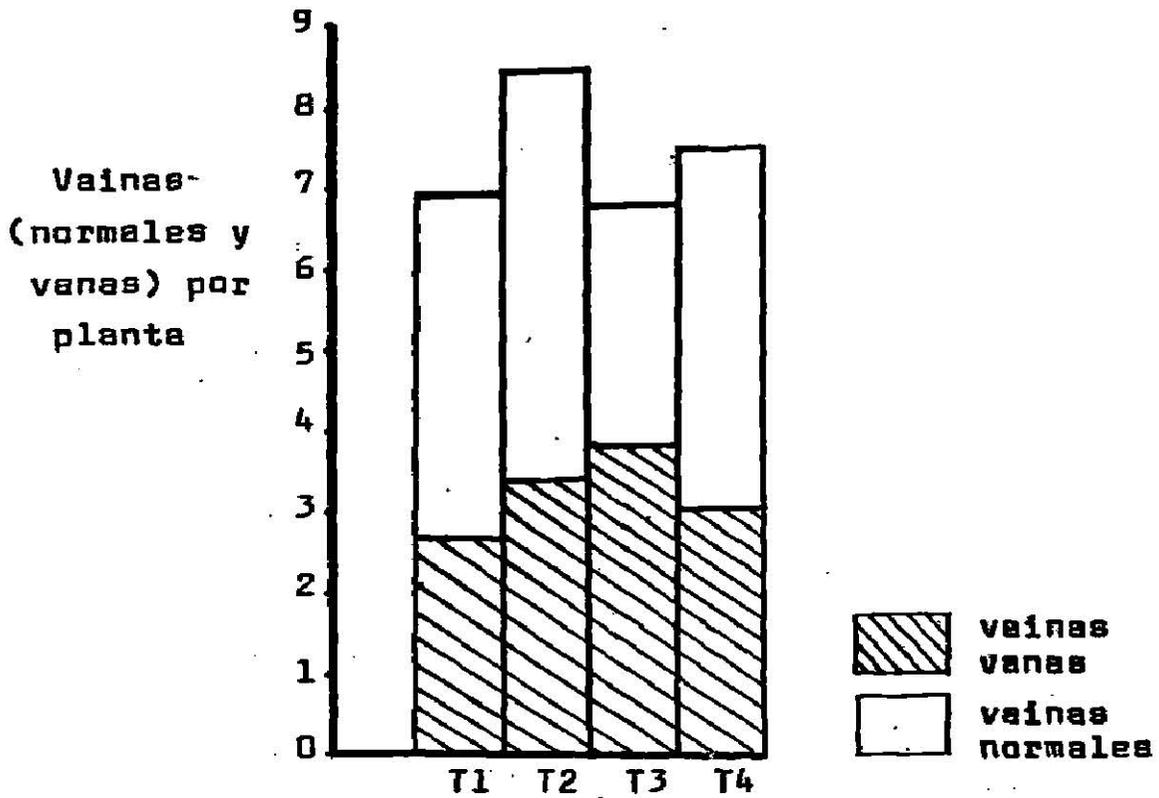


Fig. 7 Producción de vainas (normales y vanas) por planta del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente.

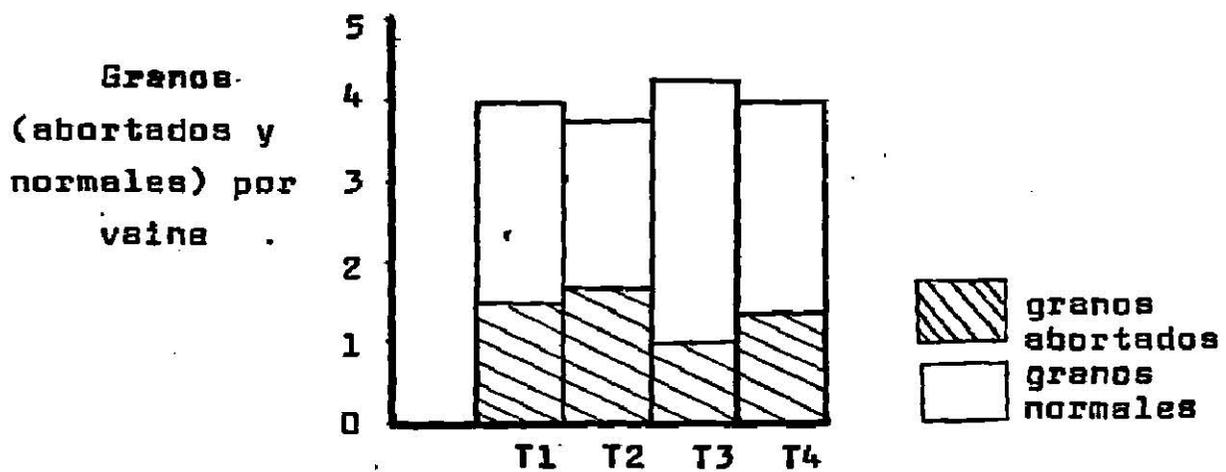


Fig. 8 Producción de granos (abortados y normales) por vaina del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente.

gramos (Fig. 9).

El análisis estadístico indica que no hubo diferencias significativas, en esta variable, entre los tratamientos para esta variable (Cuadro 20 del Apéndice).

11.2 Peso seco de grano por planta.

En relación a esta variable, el tratamiento 2 fue el -- que presentó el máximo valor con 5.4 gramos aunque en reali-- dad no hubo mucha diferencia con el que presentó el mínimo -- que era el tratamiento 1 con 4.6 gramos (Fig. 10).

De la misma manera, el análisis estadístico indica que no se presentaron diferencias significativas entre los trata-- mientos para esta variable (Cuadro 21 del Apéndice).

11.0 Variables ambientales.

Las condiciones ambientales como la precipitación plu-- vial y la temperatura máxima, media y mínima que prevalecte-- ron durante el estudio se presentan en la Fig. 11.

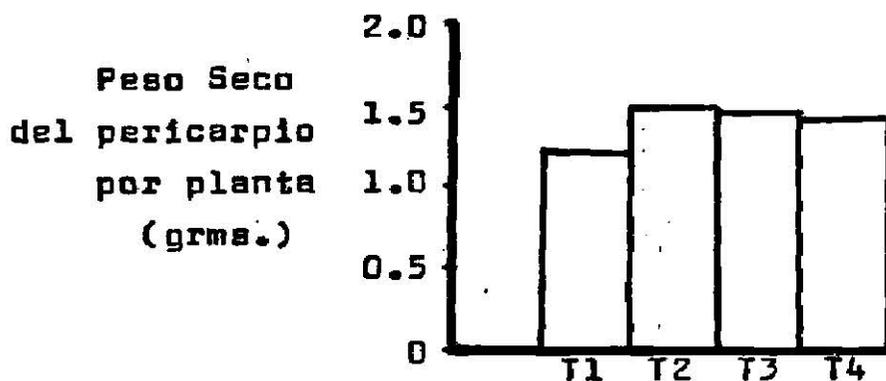


Fig. 9 Producción de Peso Seco del pericarpio por planta del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente.

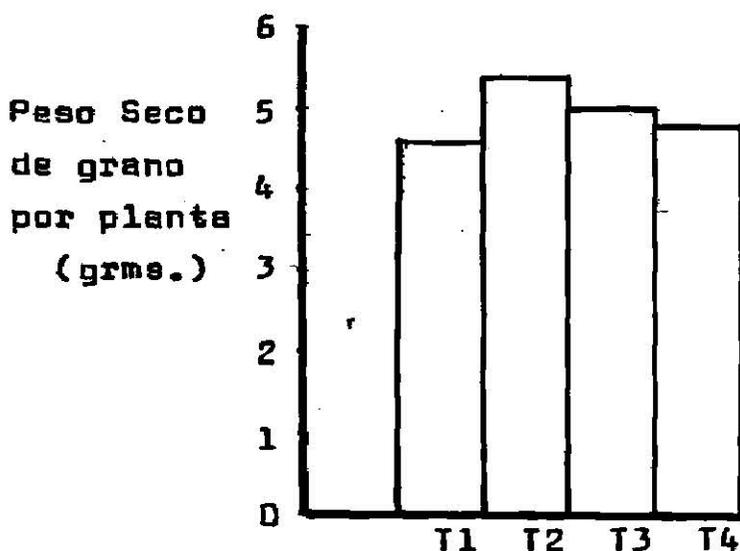


Fig. 10 Producción de Peso Seco de grano por planta del genotipo "Delicias 71 Selección Benavides No. 4", bajo cuatro concentraciones de Sulfato de fierro asperjado foliarmente.

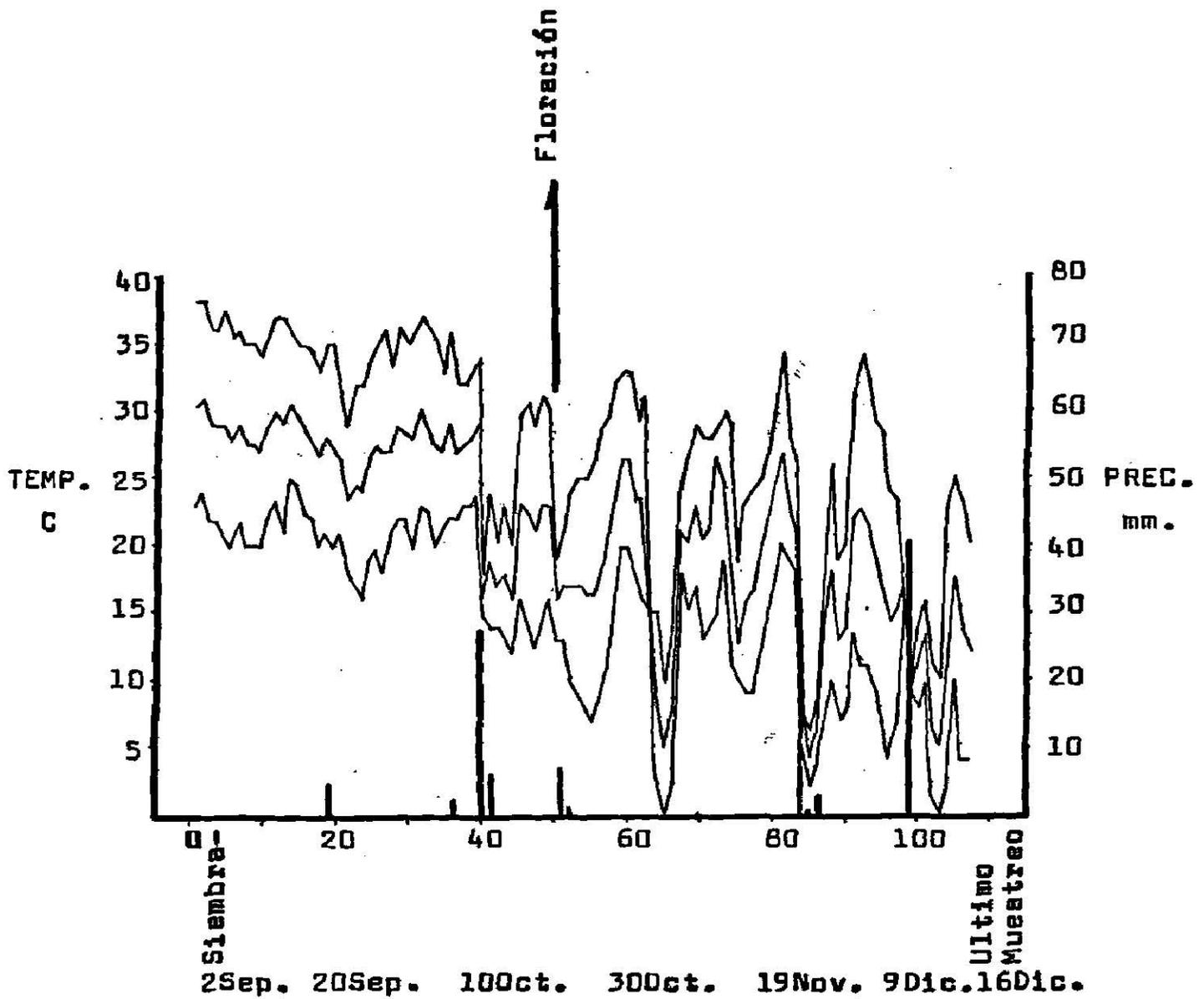


Fig. 11 Precipitación, temperature máxima, media y mínima prevalectes durante el estudio.

PRESENCIA DE NECROSIS POR EFECTO DE LAS APLICACIONES

Se observaron zonas necróticas en el follaje de las plantas a las cuales se les aplicó el tratamiento 3 y 4, mientras que en el tratamiento 2 no hubo presencia de este fenómeno al igual que en las plantas testigo.

En el tratamiento 4 fueron más evidentes dichas necrosis o "quemaduras" presentándose esto en el 40 a 50% de las hojas del estrato superior del total de las plantas; en cambio en el tratamiento 3 las "quemaduras" se presentaron ligeramente en el borde de las hojas del mismo estrato superior, aunque - esto sucedía en no más del 30% de las plantas.

DISCUSION

En general los resultados anteriores nos sugieren que no hubo efecto de los tratamientos sobre los componentes del rendimiento estudiados, en virtud de que las plantas asignadas a cada tratamiento siguieron el mismo comportamiento y los mismos valores de las variables que estimaron al mismo. Lo anterior coincidió con Carrillo (1983), Nava (1982), y en el caso de los órganos reproductivos parcialmente con Flores (1983), no coincidiendo con Ramírez (1981). Por otra parte, cabría la posibilidad de que el aumento en el contenido de clorofila -- del follaje, que obviamente se presentó ya que las plantas -- fertilizadas presentaban una coloración verde más intensa que las plantas testigo, podría haber inducido una mayor acumulación de materia seca, aunque ésto se descompensó con el necrosamiento de tejido foliar, en detrimento de la fotosíntesis.

Por otra parte, si se presentaron efectos de las concentraciones sobre las plantas tal como obtuvo Larrea (1969) en sus estudios. Fue claro que las concentraciones del 1.5 y --- 3.0% produjeron potenciales hídricos tan bajos que provocaron la deshidratación de los tejidos que entraron en contacto con ellas, siendo más drástico ésto en las partes terminales, tal como lo menciona Trocme y Gras (1979), puesto que ahí los tejidos suculentos deben de tener un potencial hídrico mayor además de que en estos estratos superiores es donde más efi---cientemente se depositan las aspersiones.

Es obvio que las necrosis o "quemaduras" producidas no -
tuvieron efecto sobre la producción de órganos reproductivos
puesto que las plantas testigo y las fertilizadas con la me--
nor concentración no presentan una mayor presencia de frutos,
que las asperjadas con las soluciones más concentradas (T3 y
T4), lo cual nos podría hacer pensar que las zonas de la fuen
te de Carbohidratos están en exceso en comparación con la de-
manda de los mismos.

CONCLUSIONES

1.- Las concentraciones de 1.5 y 3.0% causaron necrosis, principalmente sobre el tejido foliar, aunque sin repercusiones en la producción de órganos reproductivos.

2.- No hubo efecto de la Fertilización foliar sobre los componentes del rendimiento.

3.- Por lo anterior el primer objetivo del presente trabajo quedó parcialmente definido.

RECOMENDACIONES

Se sugiere hacer estudios sobre la dosis del Sulfato Ferroso en aspersiones foliares dentro del rango de concentración del 1.0 al 4.0% en virtud de las consideraciones anteriores, y de que las recomendaciones actuales se encuentran dentro de esos rangos, sin previamente haber sido estudiados bajo las condiciones de la zona de influencia del Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

A P E N D I C E

Cuadros 1, 2 y 3. Análisis de varianza de nudos del tallo - principal/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente.

C.1

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	8.341	2.780	1.494	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	14.727	2.945			
Error	15	27.910	1.861			
Total	23	50.978	2.216			

C.V.:16.66%

C.2

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	4.741	1.580	0.821	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	39.714	7.943			
Error	15	28.883	1.926			
Total	23	73.337	3.189			

C.V.:18.57%

C.3

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	2.638	0.879	0.599	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	24.330	4.866			
Error	15	22.010	1.467			
Total	23	48.978	2.129			

C.V.:16.39%

Cuadros 4, 5 y 6. Análisis de varianza de ramas de ler. orden/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente.

C.4

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	0.177	0.059	0.055	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	6.245	1.249			
Error	15	16.185	1.079			
Total	23	22.607	0.983			

C.V.:20.29%

C.5

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	7.677	2.559	1.651	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	6.716	1.343			
Error	15	23.247	1.550			
Total	23	37.641	1.637			

C.V.:20.64%

C.6

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	1.955	0.652	1.816	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	2.880	0.576			
Error	15	5.383	0.359			
Total	23	10.217	0.444			

C.V.:14.42%

Cuadros 7, 8 y 9. Análisis de varianza de ramas de 2do. orden/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente.

C.7

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	0.326	0.109	0.198	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	7.122	1.424			
Error	15	8.237	0.549			
Total	23	15.685	0.682			

C.V.:42.26%

C.8

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	3.302	1.101	1.294	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	7.427	1.485			
Error	15	12.760	0.851			
Total	23	23.490	1.021			

C.V.:38.80%

C.9

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	0.783	0.261	1.216	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	1.043	0.209			
Error	15	3.218	0.215			
Total	23	5.043	0.219			

C.V.:44.02%

Cuadros 10, 11 y 12. Análisis de varianza de nudos de ramas de 1er. orden/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente.

C.10

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	28.768	9.589	2.427	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	78.192	15.638			
Error	15	59.258	3.951			
Total	23	166.218	7.227			

C.V.:19.68%

C.11

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	35.941	11.980	0.921	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	113.552	22.710			
Error	15	195.208	13.014			
Total	23	344.701	14.987			

C.V.:21.00%

C.12

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	23.030	7.677	1.222	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	50.201	10.040			
Error	15	94.264	6.284			
Total	23	167.495	7.282			

C.V.:19.32%

Cuadros 13, 14 y 15. Análisis de varianza de nudos de ramas de 2do. orden/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente.

C.13

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	0.882	0.294	0.109	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	18.165	3.633			
Error	15	40.423	2.695			
Total	23	59.470	2.586			

C.V.:59.64%

C.14

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	2.866	0.955	0.285	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	30.327	6.065			
Error	15	50.285	3.352			
Total	23	83.478	3.629			

C.V.:45.54%

C.15

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	4.507	1.502	1.253	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	11.985	2.225			
Error	15	17.985	1.199			
Total	23	33.620	1.462			

C.V.:63.49%

Cuadros 16, 17 y 18. Análisis de varianza de vainas/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra respectivamente.

C.16

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	114.601	38.200	2.104	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	182.475	36.495			
Error	15	272.329	18.155			
Total	23	569.405	24.757			

C.V.:55.74%

C.17

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	107.924	35.975	1.308	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	494.479	98.896			
Error	15	412.489	27.499			
Total	23	1014.891	44.126			

C.V.:28.28%

C.18

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	17.088	5.696	1.250	n.s. 3.29	n.s. 5.42
Repetición	5	140.615	28.123			
Error	15	68.360	4.557			
Total	23	226.063	9.829			

C.V.:29.60%

Cuadro 19. Análisis de varianza de vainas vanas/planta, a los 107 días después de la siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	4.711	1.570	0.421	n.s.	n.s.
Repetición	5	15.758	3.152		3.29	5.42
Error	15	55.950	3.730			
Total	23	76.420	3.323			

C.V.:55.58%

Cuadro 20. Análisis de varianza de peso seco del pericarpio/planta, a los 107 días después de la siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	0.237	0.079	0.283	n.s.	n.s.
Repetición	5	8.495	1.699		3.29	5.42
Error	15	4.187	0.279			
Total	23	12.919	0.562			

C.V.:53.57%

Cuadro 21. Análisis de varianza de peso seco de grano/planta, a los 61, 67 y 107 días después de la siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fcal.	Ftab.	
					.05	.01
Tratamientos	3	1.685	0.562	0.142	n.s.	n.s.
Repetición	5	100.423	20.085		3.29	5.42
Error	15	59.285	3.952			
Total	23	161.393	7.017			

C.V.: 55.67%

F.V. = Fuentes de Variación

G.L. = Grados de Libertad

S.C. = Suma de Cuadrados

C.M. = Cuadrados Medios

Fcal. = F Calculada

Ftab. = F Tabulada

C.V. = Coeficiente de Variación

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1.- ANONIMO. 1967. Pruebas con tejidos: armas contra el hambre oculta. Agricultura de las Américas.
- 2.- ANONIMO. 1974. Síntomas de carencias en los frutales. - Ministerio de Agricultura. 2da. Edición. Madrid. p. 44, 46.
- 3.- ANONIMO. 1981. Frijol y Chicharo. 1er. Edición. Ed. Trillas. México. p. 11.
- 4.- ANONIMO. 1982. Antecedentes y objetivos del campo. Estación Experimental Agropecuaria. Facultad de Agronomía, U. A. N. L. Area de Fitotecnia. Marín, -- N. L., México.
- 5.- BEAR, F. E. 1958. Suelos y fertilizantes. Trad. Jorge - Bozal. 1er. Edición. Ed. Omega. Barcelona. p. -- 363, 364.
- 6.- BEAR, F. E. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Trad. José Abeijón Veloso. 1er. Edición. Ed. Omega. Barcelona. p. 82. - 84, 308.
- 7.- BENNET, F. W. 1965. El uso de los fertilizantes. La Hacienda. p. 50, 52.
- 8.- BERGER, K. G. 1967. Micronutrientes ¿Son de mucha necesidad?. La Hacienda. p. 38.
- 9.- BUCKMAN, H. O. y N. C. BRADY. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. R. Salord Basceló. -- 1er. Edición. Ed. Montaner y Simon. Barcelona. -

p. 19-22, 477, 480-482, 484.

- 10.- COLLINGS, G. H. 1958. Fertilizantes comerciales. Sus fuentes y usos. Trad. Eleuterio Sánchez Buedo. 1er. Edición. Ed. Salvat. Barcelona. p. 363-370.
- 11.- CHAPMAN, S. R. y L. P. CARTER. 1976. Producción agrícola. Principios y prácticas. 1er. Edición. Ed. Acribia. Barcelona. p. 345, 346, 377, 378.
- 12.- CHAPMAN, H. D. y P. F. PRATT. 1979. Métodos de análisis para suelos y plantas. 2da. Edición. Ed. Trillas. México. p.87.
- 13.- CARRILLO H., J. G. 1983. Efectos del Sulfato ferroso (FeSO_4) en tres épocas de aplicación, sobre los componentes del rendimiento en frijol. Tesis --- (sin publicar) Ing. Agr. Fitotecnista. Facultad de Agronomía, U. A. N. L. Monterrey, N. L.
- 14.- DE LA PEÑA M., M. 1970. Control de la clorosis en Soya (Glycine max L.) mediante aspersiones foliares de Sulfato ferroso (FeSO_4) en la región de Gral. Escobedo, N. L. Tesis Ing. Agr. Fitotecnista. -- Facultad de Agronomía, U. A. N. L. Monterrey, -- N. L. p. 26.
- 15.- DEMOLON, A. 1972. Crecimiento de vegetales cultivados. Trad. José Pérez Malla. 2da. Edición. Ed. Omega. Barcelona. p. 330-332.
- 16.- DEVLIN, R. M. 1980. Fisiología Vegetal. Trad. Xavier Llimona Pagés. 2da. Edición. Ed. Omega. Barcelona. p. 311, 312.

- 17.- ENGLEMAN, M. E. 1979. Contribuciones al conocimiento -
del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en México. --
1er. Edición. Chapingo, México. p. 83.
- 18.- FASSBENDER, H. W. 1975. Química de suelos, con énfasis
en suelos de América Latina. 1er. Edición. Ed. -
Turrialba. Costa Rica. p. 37.
- 19.- FLORES B., J. T. 1983. Efecto del Sulfato ferroso ----
(FeSO₄) y de la aplicación exógena de ácido gibe-
relico sobre los componentes del rendimiento en
frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis (sin publi-
car) Ing. Agr. Fitotecnista. Facultad de Agronomía,
U. A. N. L. Monterrey, N. L.
- 20.- FOTH, H. D., L. M. TURK y C. MILLAR. 1971. Fundamentos
de la ciencia del suelo. Trad. Ramón Fernández -
González. 1er. Edición. Ed. Continental. México.
p. 29, 30, 324, 325, 330, 331.
- 21.- GALSTON, A. W. 1965. The life of the green plant. 2da.
Edithion. Englewood Cliffs, N. J., Prentice ----
Hall. p. 57.
- 22.- GARZA C., E. 1967. Prueba de adaptación y rendimiento
de seis variedades de frijol soya (Glycine max)
para la región de Monterrey, N. L. Tesis Ing. --
Agr. Facultad de Agronomía, U. A. N. L. Monte---
rrey, N. L. p. 37.
- 23.- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasifi-
cación climática de Köppen. U. N. A. M. 2da. ---
Edición. México.

- 24.- GARCIA L., R. 1978. Amarillamiento de la soya (Glycine max L.) por deficiencia de fierro y efectos de la inundación del suelo. Tesis de Maestro en -- Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, - México. p. 9-11.
- 25.- GARCIA M., H. J. 1979. Evaluación de tolerancia y su-- ceptibilidad del sorgo (Sorghum bicolor L. Mo--- ench) a la clorosis férrica y algunos mecanis-- mos de adaptación. Tesis de Maestro en Cien---- cias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méxi-- co. p. 8, 10.
- 26.- GAUCHER, G. 1971. Tratado de pedología agrícola. El -- suelo y sus características agronómicas. Trad. J. Pérez Malla. 1er. Edición. Ed. Omega. Barcel-- lona. p. 97, 98, 364, 365.
- 27.- GHOLSTON, L. E. y J. D. LANCASTER. 1964. pH: la llave que abre la productividad del suelo. La Hacien-- da. p. 23.
- 28.- GILBERT, F. A. 1953. Mineral nutrition of plants and -- animals. Norman, Okla., University of Oklahoma Press. 5ta. Edithion. p. 50, 51.
- 29.- GOMEZ, J. A. y G. MARIN M. 1967. El análisis del suelo puede usarse con más provecho. La Hacienda. p. 39.
- 30.- GRCS, A. 1976. Abonos. Guía práctica de la fertiliza-- ción. Trad. Alonso Domínguez Vivancos. 6ta. Edi-- ción. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. p. 285, 298, --

- 31.- GONZALEZ V., R. T. y J. L. J. GUZMAN R. 1983. Crecimiento de las hojas y su relación con el desarrollo de las plantas de tres genotipos de hábito de crecimiento semideterminado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Marín, N. L. Tesis -- Ing. Agr. Fitotecnista. Facultad de Agronomía, U. A. N. L. Monterrey, N. L.
- 32.- HENKES, R. 1970. ¿Fertilización foliar en gran escala? Agricultura de las Américas. p. 23.
- 33.- JACOB, A. y H. VON UEXKOLL. 1973. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. L. López Martínez. 4ta. Edición. Ed. Euroamericanas. México. p. 60-62.
- 34.- JUSCAFRESCA, A. J. 1963. Las plantas necesitan micronutrientes. La Hacienda. p. 23.
- 35.- LAIRD, R. y NUÑEZ. 1963. Apuntes de fertilidad. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 155, 156, 159.
- 36.- LARREA R., E. 1969. Clorosis en leguminosas de grano en el Norte de Tamaulipas. Agricultura Técnica en México. SAG. INIA. 2(10) 468-471.
- 37.- LONGORIA G., G. A., S. ALCALDE B. y R. GARCIA L. 1975. Prevención de la clorosis férrica en suelos cálcicos mediante la liberación de Fe^{+2} por tratamientos de preinundación. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 145, 155.

- 38.- LONGORIA G., G. A. 1973. Prevención de la clorosis férrica en suelos calcáreos mediante tratamientos de inundaciones. Tesis de Maestro en Ciencias. Chapingo, México. p. 5.
- 39.- MILLER, E. V. 1967. Fisiología Vegetal. Trad. Francisco Latorre. 1er. Edición. Ed. Hispanoamericana. México. p. 138.
- 40.- MIRANDA C., S. 1966. Origen de Phaseolus vulgaris L. - (frijol común). Vol. I. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 99.
- 41.- MAZLIAK, P. 1976. Fisiología Vegetal. Nutrición y metabolismo. 1er. Edición. Ed. Omega. Barcelona. -- p. 290, 294, 304.
- 42.- MEYER, B. S., D. B. ANDERSON y R. H. BOHNING. 1970. -- Introducción a la Fisiología Vegetal. Trad. --- Luis Gilberto y Roberto Pitterberg. 2da. Edi--- ción. Ed. Universitaria. Argentina. p. 193, 339 y 340.
- 43.- NAVA ESPEJO, F. G. 1982. Efectos de la Fertilización - foliar con quelatos de fierro (Fe-EDTA) sobre - los componentes del rendimiento de una variedad de Phaseolus vulgaris L. de hábito semideterminado creciendo en suelo "alcalino". Tesis Ing. Agr. Fitotecnista. Facultad de Agronomía, U. A. N. L. Monterrey, N. L. p. 19-20.
- 44.- NUÑEZ R., R. 1976. Estudio de componentes del rendi--- miento en 4 variedades de frijol (Phaseolus vul

garis L.) sembradas a 4 densidades en Gral. Escobedo, N. L. Ciclo tardío. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, U. A. N. L. Monterrey, N. L. p. 32, 33.

- 45.- PRICE, C. A. y E. F. KARALI. 1963. El hierro es indispensable para las plantas. La Hacienda.
- 46.- RAMIREZ C., L. 1981. Efectos del Sulfato ferroso ($FeSO_4$) sobre los componentes del rendimiento de una variedad de hábito semideterminado de frijol (Phaseolus vulgaris L.), creciendo en suelo alcalino. Tesis Biólogo. Facultad de Agronomía, U. A. N. L. Monterrey, N. L. p. 32.
- 47.- RICHTER, G. 1972. Fisiología del metabolismo de las plantas. Trad. Ludwig Muller. 1er. Edición. Ed. Continental. México. p. 237.
- 48.- ROBLES S., R. 1976. Producción de granos y forrajes. 1er. Edición. Ed. Limusa. México. p. 554, 555.
- 49.- ROJAS G., M. 1981. Fisiología Vegetal Aplicada. 2da. Edición. Ed. McGraw-Hill. México. p. 110, 117.
- 50.- RUSSELL, J. E. y E. W. RUSSELL. 1968. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Trad. Gaspar González y González. 2da. Edición. Ed. Aguilar. España. p. 59-61.
- 51.- SALISBURY, F. B. y C. W. ROSS. 1978. Plant Physiology. Belmont, Calif., Wadsworth Pub. 2da. Edithion. p. 82, 90, 92.
- 52.- SALINAS P., R. A. 1976. Efectos de 4 fechas de siembra

en la producción de seis variedades de frijol - (Phaseolus vulgaris L.) en la región de General Escobedo, N. L. Tesis Ing. Agr. Facultad de --- Agronomía, U. A. N. L. Monterrey, N. L. p. 44.

- 53.- SAUCHELLI, V. 1957. Los elementos vestigiales son esenciales en la Agricultura. La Hacienda. p. 53.
- 54.- SCHOTTE H., K. 1966. Biología de los microelementos y su función en la alimentación. Trad. Justo Nombela y José María Iturbe. 1er. Edición. Ed. Tegnos. España. p. 8, 9, 11.
- 55.- STEWARD, F. C. 1959. Plant Physiology. Plants in relation to water and solutes. Vol. II. Academic -- Press. New York and London, U. S. A. p. 430.
- 56.- STILES, W. y E. C. COCKINGS. 1969. An introduction to principles of plant physiology. Methuen. 3er. - Edithion. London, England. p. 302-304.
- 57.- TAMHANE, R. V., D. P. MOTIRAMANI y Y. P. BALI. 1978. - Suelos, su química y su fertilidad. Trad. Aurelio Romeo del Valle. 1er. Edición. Ed. Diana. - México. p. 289, 295, 302.
- 58.- TEUSCHER, H. y R. ADLER. 1979. El suelo y su fertilidad. Trad. Rodolfo Vera y Zapata. 4ta. Edición. Ed. Continental. México. p. 282, 283, 292, 293, 370.
- 59.- TISDALE, S. L. y W. L. NELSON. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. Jorge Balasch y - Carmen Piña. 2da. Edición. Ed. Montaner y Si---

mon. Barcelona. p. 40, 41, 104, 351-354.

- 60.- TRAVES S., G. 1962. Abonos. Vol. II. 1er. Edición. Ed. SINTES. Barcelona. p. 209.
- 61.- TROCME, S. y R. GRAS. 1979. Suelo y fertilización en fruticultura. 2da. Edición. Ed. Mundi-Prensa. - España. p. 21, 63, 64, 265, 267.
- 62.- THOMPSON, L. M. 1966. El suelo y su fertilidad. Trad. Ricardo Clará Camprubí. 3er. Edición. Ed. Reverté. México. p. 107, 308.
- 63.- VELASCO M., H. A. 1960. Elementos de fertilidad. Ed. - Universidad de Coahuila. México. p. 18, 22, 33, 34, 48.
- 64.- WITTER, S. H. 1960. La alimentación foliar. Agricultura de las Américas. p. 50.
- 65.- WITTER, S. H. 1964. Use fertilización foliar. La Hacienda. p. 43.
- 66.- YUFERA, E. P. y J. M. CARRASCO D. 1973. Química Agrícola. 1er. Edición. Ed. Alhambra. España. p. 226.

