

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICRONUTRIENTES Y NITRATO - AMONIO EN LOS CONTENIDOS DE CLOROFILA Y EN LA DEPURACIÓN DE H₂O₂ EXÓGENO, EN EL CULTIVO DE FRUTA BOMBA (*CARICA PAPAYA*, L.)

EFFECT OF THE APPLICATION OF MICRONUTRIENTS AND NITRATE-AMMONIUM IN THE CONTENTS OF CHLOROPHYLL AND IN THE DEPURATION OF H₂O₂ EXOGENOUS, IN THE CULTIVATION OF FRUTA BOMBA (*CARICA PAPAYA*, L.)

Raúl Fernández¹, Ángel Suárez²,

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Ave. Delta s/n y Ave. Kennedy, Ciudadela Universitaria, Guayaquil – Ecuador, Teléfono: 0985079557,

E-Mail: fraulricardo@yahoo.comIng,

²Empresa Provincial de la Industria Alimentaria, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

El término clorosis indica la falta de clorofila y otros pigmentos, tanto en hojas como en frutos de plantas con deficiencias de Fe. Los cultivos afectados por clorosis presentan reducción del vigor, cantidad y calidad de la producción sufriendo alteraciones el proceso normal de maduración. La prevención de la clorosis está adquiriendo gran relevancia ya que, como consecuencia de la intensificación del cultivo, la necesidad de nutrientes es mayor y los síntomas de la deficiencia de Fe se observan cada vez más.

En la investigación se determinaron las causas que provocan la aparición de clorosis férrica en Fruta Bomba (*Carica Papaya*, L.) en las áreas estudiadas, estableciéndose diferentes tratamientos para su corrección, evaluándose los resultados del efecto de aplicaciones combinadas de micronutrientes y nitrato - amonio en los contenidos de clorofila y en la depuración de H₂O₂ exógeno como alternativa para corregir los efectos de este tipo de clorosis.

Como resultados fundamentales se tienen la determinación de la influencia de formulaciones de micronutrientes en los contenidos de clorofila (SPAD). Se corroboró la influencia de estos micronutrientes en la depuración de peróxido de

hidrógeno (H₂O₂) exógeno, Existió una correlación positiva entre el contenido de clorofila y la depuración de peróxido de hidrógeno exógeno, lo que coincide con resultados obtenidos por diversos autores, para una resistencia superior al 70 %, las plantas necesitaron 55 SPAD o más.

Los resultados del trabajo son factibles de aplicar en áreas destinadas al cultivo de la Fruta Bomba en la provincia de Pinar del Río.

Palabras claves: Corofila, clorosis, Fruta Bomba (*Carica Papaya*, L.), micronutrientes, nutrientes.

SUMMARY

The chlorosis term indicates the absence of chlorophyll and other pigments, so much in leaves as in fruits of plants with deficiencies of faith. The affected cultivations for chlorosis present reduction of the vigor, quantity and quality of the production by suffering alterations the normal process of ripeness. The prevention of the chlorosis is acquiring great relevance since, as consequence of the intensification of the cultivation, the need of nutrients is major and the symptoms of the deficiency of faith are observed more and more.

In the investigation decided the causes they cause the appearance of ferric chlorosis in Fruta Bomba (*Carica Papaya*, L.) in the affected areas, by establishing different treatments for your correction, by evaluating the results of the effect of applications combined of micronutrients and nitrate-ammonium in the contents of chlorophyll and in the depuration of H₂O₂ exogenous as alternative to correct the effects of this type of chlorosis.

As a main result have the determination of the influence of formulations of micronutrients in the contents of chlorophyll (SPAD). It corroborated to him the influence of these micronutrients in the depuration of peroxide of hydrogen (H₂O₂) exogenous, existed a positive correlation between the content of chlorophyll and the depuration of peroxide of exogenous hydrogen, which coincides with results obtained for diverse authors, for a major resistance to 70%, the plants needed 55 SPAD or more.

The results of the work are feasible to apply in the appointed to areas to the cultivation of the Fruta Bomba in the province of Pinar del Río.

Key words: Chlorophyllous, Chlorosis, Dazed Fruit (Fruta Bomba) , nutrients, micronutrients,

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la Fruta Bomba (*Carica Papaya* L.) se proyecta en la provincia de Pinar del Río hacia el incremento progresivo, producto a la creciente demanda para la industria, el consumo fresco y el turismo, disponiéndose en este territorio de suelos con problemas de pH y altos contenidos de carbonatos, los cuales provocan clorosis férrica y por consiguiente bajos rendimientos y calidad de los frutos.

En la actualidad se presentan una serie de síntomas y deficiencias en este cultivo las cuales conllevaron a la realización de este estudio, buscando determinar las causas fundamentales que provocan estas deficiencias y las posibles soluciones a tal problemática.

Los factores que más inciden en la clorosis férrica son; la baja movilidad del hierro producto al elevado pH del suelo y la presencia de bicarbonato, mantenida por la caliza activa del suelo, exceso de agua, alto nivel de fósforo, alto contenido de nitratos, sistema radicular insuficiente, deficiencias de hierro, entre otras causales. Ha sido criterio de los productores y técnicos de la provincia relacionados con este cultivo, que la deficiencia se produce por una baja disponibilidad de Fe en estos suelos, junto con una reducción en la absorción y translocación dentro de la planta.

El término clorosis indica la falta de clorofila y otros pigmentos, tanto en la hoja como en el fruto de las plantas que sufren esta deficiencia de Fe. El cultivo afectado por la clorosis presenta una reducción del vigor, cantidad y calidad de la producción (PEDRAJAS, 1999), alterándose su proceso normal de maduración. De hecho, la prevención de la clorosis férrica en los cultivos está adquiriendo gran relevancia ya que, como consecuencia de la intensificación del cultivo, la necesidad de nutrientes es mayor y los síntomas de la deficiencia de Fe se observan cada vez más en los cultivos FERNÁNDEZ-ESCOBAR,[et al.], (1993).

IZQUIERDO, (2007) estudió el efecto de los microelementos que intervienen en la síntesis de la clorofila para combatir clorosis, así como el efecto de las formas nítricas y amoniacaes, donde obtuvo resultado significativo en el incremento del contenido clorofílico y en la resistencia al estrés. Pero se desconocen sus efectos en la clorosis férrica del Papayo, por lo que es necesario estudiar los efectos de algunos micronutrientes y de las formas nítrica y amoniacal del nitrógeno como sustancias mejoradoras de la asimilación del hierro y del contenido clorofílico así como anti - estrés en dicho cultivo.

MÉTODOS

La clasificación genética del Papayo propone la existencia de varios tipos o variedades, tales como: Maradol roja, Nika III, Tainung No.1, No2, No3, entre otras.

El presente estudio estuvo dirigido a la variedad Maradol Roja por las siguientes razones: su cultivo está ampliamente difundido en Cuba y en la mayor parte de los Estados mexicanos, donde se obtienen rendimientos superiores a las 200t/ha, su fruto se comercializa dentro y fuera del país, teniendo una gran aceptación, utilizándose esta variedad en la obtención de semillas por presentar de forma más frecuente el tipo de flor (Tipo IV Elongata). Actualmente se ha llegado al hermafroditismo casi perfecto ya que el tipo de flor hermafrodita ideal es el tipo IV precisamente.

Los frutos son de tamaño mediano (1.6 a 2.2 Kg.) el diámetro medio es de 13,6 cm. y el grueso de la pared de 9.2 cm., de consistencia extraordinaria y aún madura se puede notar la dureza exterior, la época de siembra se enmarca entre noviembre - febrero para la obtención de semillas y se extiende hasta junio para el consumo, la cosecha se inicia a partir de los 6 o 7 meses de plantada, obteniéndose según estadísticas al respecto rendimientos superiores a las 200t/ha.

El Papayo prospera en la mayoría de los suelos tropicales, siempre que los mismos posean una buena capacidad de retención de humedad y cumplan los requisitos siguientes:

- PH (6.0 - 7.0) de ligeramente ácido a ligeramente básico.
- Textura – friable, desde Loam arenoso hasta arcillas bien estructuradas (10-30%)
- Buen drenaje interno y externo.
- Profundos (Profundidad adecuada 0.6 m)
- Pedregosidad (hasta 50% apropiados)
- Naturaleza calcárea (sin Caco3).
- Alto Contenido de M.O (>2.0 %)
- Fértiles.

Las plantas absorben generalmente del suelo, a través de las raíces, trece elementos esenciales para su desarrollo. Estos elementos se dividen según la cantidad en que son necesitados por las plantas, en macroelementos o elementos abundantes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.) y en microelementos o elementos trazas (hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro).

Cada uno de estos elementos esenciales tiene funciones específicas vitales, por lo que la falta de alguno de ellos crea trastornos metabólicos que afectan el desarrollo normal de la planta. La carencia o el exceso de elementos esenciales se refleja en forma de síntomas característicos para cada uno de ellos, principalmente a través de las hojas.

En Cuba los tipos de suelos que se corresponden con las exigencias del cultivo son ferralíticos rojos sobre caliza dura (varios subtipos) y Redzina roja (II clasificación genética de los suelos en Cuba), ellos se correlacionan con los litosoles (clasificación FAO- UNESCO), también son óptimos los fluvisoles eutriscos.

Las exigencias de los nutrientes obedecen al siguiente orden decreciente.

$K > N > Ca > P > Mg > Fe > Mn > B > Zn > Cu$

En suelos de origen calcáreos y reacción alcalina (pH 7.3 a 8.5) la mayoría de las especies que en ellos se cultivan presentan el grave problema de clorosis, fenómeno que es provocado por la baja disponibilidad de algún microelemento. Las clorosis más comunes son la férrica y de zinc.

La importancia de los elementos hierro y zinc en la fisiología y desarrollo de los cultivos ha sido ampliamente estudiada. WATANABE y OLSEN, (1965); SALISBURY y ROSS, (1969); CLARKSON y HAMSOM, (1980); MENGEL y KIRKBY, (1987) y BLACK, (1993) detallan las funciones y procesos metabólicos, enzimáticos y nutrimentales en donde intervienen estos elementos resaltando su esencialidad para lograr óptimo desarrollo y producción de los cultivos.

Aunque no se ha cuantificado con exactitud, la magnitud del problema, la clorosis de las plantas que crecen en los suelos calcáreos es inducida y sus causas son complejas. Entre los factores que intervienen se han señalado:

- Altos contenidos de carbonato y bicarbonato solubles, pH elevado, exceso de humedad, alto contenido de elementos pesados y antagonismo con otros elementos (BROWN y JONES, 1975; WALLACE, 1978; WALLACE y MULLER, 1978; PATIL, 1980; BROWN y HOLMES, 1995).

El experimento se llevó a cabo en parcelas pertenecientes a la Empresa de Semillas ubicadas en la localidad "La Guabina" municipio de Pinar del Río (Figura 1). En suelos cambisols pardos con carbonatos, durante la temporada diciembre 2007 hasta abril 2008, se seleccionó un campo con síntomas de deficiencia de hierro.



Figura 1: Parcelas de Fruta Bomba (*Carica Papaya L.*) objeto de estudio

Condiciones del suelo:

N	----- 74.7	Kg /ha	-----	Bajo
P	----- 7.3	Kg/ha	-----	Muy bajo
K	----- 235.8	Kg /ha	-----	Bajo
Ca	----- 8465.0	Kg /ha	-----	Alto
Mg	----- 1200.0	Kg/ha	-----	Alto

⇒ Baja fertilidad.

⇒ Capacidad Agrológica (Clase IV)

⇒ PH/ H2O----- 7.7

⇒ pH/HCl ----- 7.0

⇒ M. O ----- 1.64%

Para el establecimiento de los tratamientos se tuvo como referencia los estudios realizados con anterioridad por IZQUIERDO, (2006). En la ejecución de este experimento se utilizó un diseño de bloque al azar con arreglo bifactorial, donde en el factor A se estudiaron cuatro formulaciones de micronutrientes y en el factor B dos formas del nitrógeno para un total de 8 combinaciones con tres repeticiones. Los tratamientos que se estudiaron se describen a continuación:

Factor A: Formulaciones de micronutrientes

- Testigo sin micronutrientes.
- Fe.
- Zn-Cu-B-Mo-Mg.
- Zn-Cu-B-Fe-Mo-Mg.

Factor B: Formas del nitrógeno.

- Nitrógeno nítrico.
- Nitrógeno amoniacal.

Los micronutrientes Zn-Cu-Fe fueron quelados con EDTA, el molibdeno (Mo) se aplicó en forma de molibdato de amonio y el boro en forma de ácido bórico. Las dosis usadas fueron las recomendadas por IZQUIERDO, (2006). Los suplementos nitrogenados cada 30 días se realizaron con nitrato de potasio y sulfato de amonio según la forma de nitrógeno del tratamiento del factor B a razón de 180 gramos de nitrógeno por planta, los productos fueron aplicados por aspersión foliar con una asperjadora manual "MATABI" de 16 litros y para evitar contaminaciones entre los tratamientos se usó un paraban de tela para evitar el arrastre de las gotas por el viento.

Las atenciones culturales se realizaron acorde a lo establecido en la tecnología de cultivo del Papayo (INIVIT, 1999) excepto aquellas que fueron afectadas por los factores en estudio.

Las mediciones y observaciones se realizaron antes de la aplicación de los tratamientos y 30 días después, para lo cual se seleccionaron al azar 3 plantas en el área de cálculo de cada parcela. El contenido de clorofila con el SPAD-502 y la depuración de peróxido de hidrógeno exógeno fue determinada por el método de WILEKENS y COL, (1997) modificado por IZQUIERDO, (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 2 muestra la influencia de las formulaciones de micronutrientes en los contenidos de clorofila (SPAD) en hojas antes de la aplicación y 30 días después, donde se aprecia que la inclusión de los micronutrientes Zn-Cu-B-Fe-Mo y del Mg como macronutriente en un mismo tratamiento incrementó significativamente los contenidos de clorofila, aunque desde la inclusión de Fe se obtuvo diferencia significativa con el testigo sin micronutrientes esto pudo estar dado, a que el Fe y muchos de los otros elementos que forman parte o participan en la síntesis de clorofila debieron estar afectados en su absorción o asimilación por las condiciones del suelo, factor este que se evitó al aplicar dichos elementos nutritivos por aspersión foliar. Resultados similares obtuvo IZQUIERDO (2006), en el cultivo del tabaco, planteando el mismo que los micronutrientes aplicados en los tratamientos se encontraban en niveles suficientes en el suelo, pero que las condiciones de éste impedían la absorción y asimilación por las raíces.

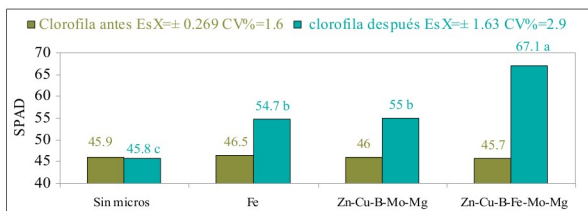


Figura 2. Influencia de las formulaciones de micronutrientes en el contenido de clorofila (SPAD) anterior a la aplicación y 30 días después.

En la figura 3 se expone la influencia de la combinación de los micronutrientes con nitrato y amonio en el contenido de clorofila (SPAD) anterior a la aplicación y 30 días después, en la cual resultó evidente el efecto del amonio y el nitrato solo al aplicar Fe con los demás micronutrientes incluido el magnesio como macroelemento en el contenido de clorofila, donde el tratamiento con amonio incrementó el contenido de esta cuando se incluyeron todos los micronutrientes y el magnesio como macronutriente corroborando lo planteado por MENGUEL, (1995), que el amonio tiene un efecto sinérgico en la asimilación del hierro.

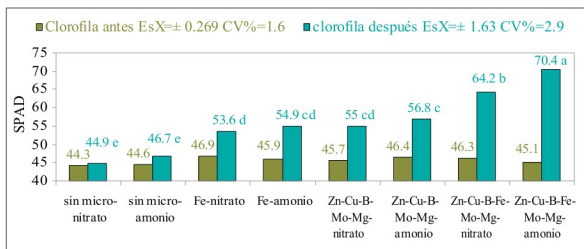


Figura 3. Influencia de la combinación de los micronutrientes con nitrato y amonio en el contenido de clorofila (SPAD) anterior a la aplicación y 30 días después.

En la figura 4 se aprecia la influencia de los micronutrientes en la depuración de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) exógeno (%), donde la combinación que incluyó los micronutrientes Zn-Cu-B-Fe-Mo y el macronutriente Mg incrementó significativamente la depuración de H_2O_2 , además se obtuvo al incluir el Fe o los otros micronutrientes un incremento en la capacidad depuradora con respecto al testigo sin micronutrientes.

En la figura 5 se percibe la influencia de la combinación de micronutrientes con amonio y nitratos en la depuración de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) exógeno (%) anterior a la aplicación de los tratamientos y 30 días posteriores a ésta, en este caso el amonio presentó un efecto positivo con la

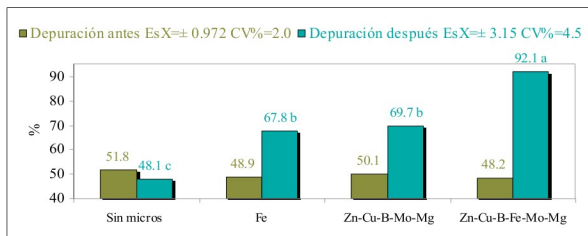


Figura 4. Influencia de las formulaciones de micronutrientes en la depuración de H_2O_2 hidrógeno exógeno (%) anterior a la aplicación y 30 días después.

aplicación de todos los tratamientos que aplicaron micronutrientes, no resultó así para el caso del contenido de clorofila, figura 3 resultados similares obtuvo BLANDON, (2008) y lo atribuyó a que las plantas al estar estresadas priorizan la síntesis de enzimas depuradoras de peróxido de hidrógeno, pudiendo ser ésta la causa de los bajos efectos de la correcciones férricas en la planta según MENGUEL (1995), por otra parte WILEKENS y COL, (1997) plantean que la catalasa es una peroxidasa que en su estructura posee tres unidades de cuatro anillos pirrólicos y en su centro la molécula de Fe, similar a la clorofila y según Peterson et al., (1993) las plantas estresadas reducen el contenido de clorofila, por los que la clorofila y la catalasa deben coincidir en sus rutas biosintéticas, lo que debe explicar las variaciones en la relación entre clorofila y depuración de H_2O_2 y tomando en cuenta lo que plantea KUME y KITA, (1997) que para contrarrestar el daño que ocurre durante el estrés, en la célula se sintetiza una serie de enzimas removedoras/repadoras para proteínas, lípidos y ADN. Finalmente como los niveles de estrés oxidativos pueden variar de tiempo en tiempo, los organismos son capaces de readaptarse a esas fluctuaciones, con la inducción de la síntesis de enzimas antioxidantes y enzimas removedoras/repadoras, por todo esto y por los resultados obtenidos parece ser necesarios para corregir cualquier deficiencia nutricional e incluir elementos que favorezcan el sistema de enzimas depuradoras de peróxido de hidrógeno, elemento este que se incrementa bajo condiciones de estrés, para ello muchos autores proponen además la aplicación de aminoácidos y péptido en específico la albúmina.

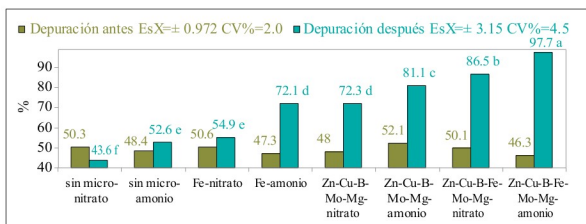


Figura 5. Influencia de la combinación de los micronutrientes con nitrato y amonio en la depuración de H_2O_2 de hidrógeno exógeno (%) anterior a la aplicación y 30 días después.

Existió una correlación positiva entre el contenido de clorofila y la depuración de peróxido de hidrógeno exógeno, lo que corroboró los resultados obtenidos por IZQUIERDO, (2007) y BLANDON, (2008), esta relación refuerza la suposición de que la clorofila y la catalasa, principal enzima depuradora de H_2O_2 coinciden en sus rutas biosintéticas para una resistencia superior al 70 %, las plantas necesitaron 55 SPAD o más.

CONCLUSIONES

- Los micronutrientes incrementaron el contenido clorofílico y la resistencia al estrés. La aplicación Zn-Cu-B-Fe-Mo como micronutrientes y el macronutriente Mg constituyó el mejor tratamiento.
- La resistencia al estrés nutricional se incrementó con todos los tratamientos que incluyeron combinaciones de micronutrientes con amonio, el contenido de clorofila se incrementó solo con la aplicación de amonio combinado con Zn-Cu-B-Fe-Mo-Mg.
- Las plantas al estar estresadas priorizan la síntesis de enzimas depuradores de peróxido de hidrógeno, reduciendo el contenido de clorofila, siendo esta la causa de los bajos efectos de las correcciones férricas en ellas.
- Las plantas de *Carica Papaya* L. Var. Maradol roja requerirán de 55 SPAD o más para una resistencia al estrés nutricional superior al 70 %.

BIBLIOGRAFÍA

- BLACK, Charles. (1993): Soil fertility evaluation and control. Lewis publishers, Inc. 2000 Corporate Blvd., M.W. Boca Rafon, Florida 33431.
- BLANDÓN, Franco. (2008): Fertilización del Cafeto. Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café – PROCAFÉ. El Salvador, 2008. Consultado en Febrero de 2012. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/fertilizacion-cafeto-t2031/078-p0.htm>
- BROWN, John y HOLMES, Richard. (1995): Iron. The limiting element in a chlorosis. Part. I. Availability and utilization of iron dependent upon nutrition and plant species. *Plant Physiology* 30: 451-457.
- BROWN, John y JONES, Williams. 1975. Phosphorus efficiency as related to iron inefficiency in sorghum. *Agron. J.* 67: 468-472. Brown, J.C., J.E. Ambler, R.L. Chaner y C.O. Foy. 1972.
- CLARKSON, David. y HANSON, John. 1980. The mineral nutrition of higher plants. *Ann. Rev. of Plant Physiology* 31: 239-298.
- CUBA. INIVIT (Instituto Nacional de Investigaciones de Viandas Tropicales). (1999): “Tecnología del cultivo de la papaya (Carica Papaya L.) en las condiciones de Cuba”. Ministerio de la Agricultura, 1999.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, Ricardo, BARRANCO, D. y BENLLOCH, MANUEL. (1993). “Overcoming iron chlorosis in olive and peach trees using a low-pressure trunk-injection method”. *Hortic. Sci.* 28:192-194.
- IZQUIERDO Antonio. /2006): Informe final Proyecto Mancha verde. IIT San Antonio de los Baños La Habana. 2006
- IZQUIERDO Antonio, (2007): “Diagnostico nutricional y de la madurez”. Informe de resultado científico Instituto de Investigaciones Tropicales. San Antonio de los Baños. La Habana. 2007
- KUME NORIAKI, Kita Tura. (1997): “Endothelial activation in atherogenesis roles of oxidized low density lipoproteins and lipophosphatidyl’choline. *Atherosclerosis* 1997; 134 (1-2): 201
- MENGUEL, Konrad, (1995): Iron availability in plant tissues -iron chlorosis on calcareous soil. *Nutrition in Soils and Plants.* 389-397
- MENGEL, Konrad y KIRKBY, Ernest. 1987. Principles of plant nutrition. 4th edition. International Potash Institute. P.O. Box. Ch-3048 Worblaufen-Bern. Switzerland
- PEDRAJAS, V. (1999): Propiedades del suelo que influyen en la clorosis férrica en olivo (*Olea europea L.*) var. Picual. pp. 95. Trabajo Profesional Fin de Carrera. ETSIAM-Universidad de Córdoba, España. 1999
- PATIL, Jay Deep. 1980. Effect of calcium carbonate and organic matter on the growth and concentration of iron and manganese in sorghum (*Sorghum bicolor*). *Plant Soil* 60: 295-300.

- PETERSON, Adrian, [et al]. (1993) : « Neb Guide: Using a Chlorophyll Meter to Improve N Management”. Cooperative Extension, Institute of agriculture and Resources, University of Nebraska – Lincoln. No. G93 – 1171 – A
- SALISBURY, Frank y ROSS, Cleon. 1969. Mineral nutrition of plants. pp. 191-208. In: Plant physiology. Wadsworth Publishing Co. Inc.
- WALLACE, A. 1978. Influence of phosphorus on zinc, iron, manganese and copper uptake by plants. Soil Sci. 26: 336-341.
- WALLACE, Alfred y MULLER, R. 1978. Complete neutralization of a portion of calcareous soil as a means of preventing iron chlorosis. Agron. J. 70: 888-891.
- WATANABE, F, LINDSAY S, y OLSEN'S 1965. Nutrient balance involving phosphorus, iron and zinc. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 562-565.
- WILLEKENS, Hilde y CHAMNONGPOL, Sangpen. (1997): Catalasa is a sink for H₂O₂ and is indispensable for stress defence in C₃ plants.