

Concentración nutrimental en hojas de aguacate ‘Hass’ con síntoma de moteado*

Nutritional concentration in ‘Hass’ avocado leaves with mottled symptom

Edgardo Federico Hernández-Valdés^{1§}, Salvador Aguilar-Campoverde¹, Verónica Aguiñaga-Taylor² y Rosa Elena Pérez-Sánchez¹

¹Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas esq. Berlín s/n. Col. Viveros. Uruapan, Michoacán, México. C. P. 60190. Tel. 01 452 523-64-74. (sagular59@yahoo.com), (rosa_elenap@yahoo.com). Uruapan, Michoacán, México. ²Laboratorio de Diagnóstico Vegetal CICLUS. Calle 28 de abril Núm. 70-C, Facc. San Francisco Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. C. P. 60157. Tel. 01 452 119-80-10. (veronat@yahoo.com.mx). [§]Autor para correspondencia: efhvaldes@yahoo.com.

Resumen

El llamado “moteado de las hojas” en el cultivo de aguacate está ampliamente distribuido en las zonas de producción más importante de México, y se desconoce los factores involucrados en la aparición de este síntoma foliar. Por ello, se contrastó el contenido nutrimental en hojas de aguacate ‘Hass’ colectadas de árboles sin la presencia del moteado (tratamiento A), contra hojas que tampoco manifestaran el síntoma pero provenientes de árboles con el daño foliar (tratamiento B) y hojas con la presencia del síntoma (Tratamiento C). Se encontró que, aquellas hojas con “moteados” intervenales tuvieron menor concentración de N, P, K, y Mn, respecto a las que no presentaron el síntoma, mientras que las concentraciones de Ca, Mg, Fe, Zn, Cu y B hojas con y sin moteado fueron similares.

Palabras clave: *Persea americana* Mill., clorosis intervenal, deficiencia foliar.

Introducción

En los huertos de aguacate en Michoacán, México, se encuentra ampliamente distribuido el daño foliar denominado “moteado de las hojas” (Mottle leaf), que se

Abstract

The problem called as “mottled leaves” in avocado crop is widely spread in the most important production zones from Mexico, and it is unknown which factors are involved in this foliar symptom appearance. By this reason, the nutritional content in ‘Hass’ avocado foils collected from trees without mottled presence (treatment A) was collated against leaves that either showed the symptom although coming from trees with foliar damage (treatment b) and leaves with symptom presence (Treatment C). It was found that those leaves with interveinal “mottled” had least N, P, K, and Mn concentration with regards the ones that show no symptom, while Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and B concentrations in leaves with and without mottling were similar.

Key words: *Persea americana* Mill., interveinal chlorosis, foliar deficiency.

Introduction

In the avocado orchards from Michoacán, Mexico, it is widely spread the foliar damage called “Mottle leaf”, which is evinced like interveinal chlorosis in young leaves

* Recibido: septiembre de 2011
Aceptado: febrero de 2012

manifiesta como una clorosis interveinal en las hojas jóvenes (Barroso *et al.*, 1985), además de hojas terminales muy pequeñas con márgenes necróticos y entrenudos cortos en casos avanzados (Malo, 1976). A medida que el daño es más severo los brotes pueden presentar defoliación y muerte progresiva lo que reduce drásticamente el rendimiento, e incluso causa la muerte de los árboles (Salazar, 2002).

Durante 1910 el doctor A. J. Cook, profesor de biología en Pomona Collage, reconoció un daño similar en hojas de cítricos, al cual denominó “decadencia de árboles de naranja naval en California” que posteriormente cambió a “moteado de las hojas”. Este síntoma se intensificaba cuando los suelos eran muy duros por periodos considerables entre riegos, además se presentaba en aquellos huertos donde los riegos inundaban el terreno (Horne, 1933). Sin tener aún claro el origen de este problema, años después se reportó que las aplicaciones abundantes de materiales orgánicos, junto con un adecuado suministro de nitrógeno, y una condición favorable de humedad son importantes en la prevención del moteado de hojas. En evaluaciones posteriores en cítricos, se encontró una importante disminución del daño foliar por la aplicación de varias unidades de sulfato de zinc al suelo o por aspersiones al follaje (Horne, 1934).

Debido a que en varias especies de árboles frutales, incluyendo los cítricos, son afectadas con un síntoma similar, en el cultivo de aguacate se ha recurrido a la aplicación de materiales que contienen Zn para corregir este síndrome, con respuestas favorables al aplicarlo foliarmente en forma de sulfato (Parker, 1936). Se reporta también, que las aplicaciones de Zn vía solución nutritiva sobre cultivo en arena, pueden corregir el moteado de las hojas e incrementar su tamaño y la intensidad de color verde así como el crecimiento de la plantas de aguacate (Brusca y Haas *et al.*, 1959).

Es por ello que como parte del manejo del cultivo de aguacate en Michoacán se realicen aplicaciones de 0.5 kg de sulfato de zinc por árbol al suelo, con el fin de disminuir el daño ocasionado por este síntoma (Sánchez *et al.*, 2001). Sin embargo, existe otro estudio en donde las aspersiones en las hojas de sulfato de zinc no fueron efectivas para corregir la deficiencia foliar de Zn, tampoco de incrementar la producción de fruto, ni el tamaño del mismo (Salazar *et al.*, 2008). De acuerdo con Aguilera *et al.* (2004) en Michoacán, la concentración de Zn en hojas de aguacate generalmente se encuentra desde niveles normales hacia arriba de lo normal (índices Kenworthy de 80-120 y > 120, respectivamente), lo cual pone en duda que realmente este elemento sea el causante de dicho síntoma.

(Barroso *et al.*, 1985), besides very small terminal leaves with necrotic edges and short buds in severe cases (Malo, 1976). In the extent damage is more severe the shoots can show defoliation and progressive deterioration which dramatically decreases yield, and even cause trees' death (Salazar, 2002).

During 1910 doctor A. J. Cook, biology professor at Pomona College, identified similar damage in citrus leaves, which were called “decline of navel orange tree in California” and further changed to “mottle leaf”. This symptom intensifies when soils were very hard during long periods between irrigations, also arose on orchards where irrigation flood the land (Horne, 1933). Without having the exact origin of this disease, years later it was reported that abundant application of organic materials, together with suitable nitrogen supply and favorable humidity condition are important to prevent mottled leaves. In further assessments of citric trees, it was found an outstanding decrease of foliar damage thanks to application of several units of zinc sulfate to soil and by spraying it to foliage (Horne, 1934).

Due in several species of fruit trees, including citric trees, are affected by a similar symptom, avocado crops have been applied with materials that contain Zn to prevent this problem, with good results when applied to foliage in sulfate (Parker, 1936). It is also reported that Zn applications by nutritious solution on sand crop, can prevent mottled leaves and increase their size and green color intensity as well as avocado plants growth (Brusca and Haas *et al.*, 1959).

By this reason, as part of avocado crop handling in Michoacán there are applications of 0.5 kg of zinc sulfate per tree to the soil, with the aim to diminish damage caused by this symptom (Sánchez *et al.*, 2001). However, there is another study in which spraying zinc sulfate to leaves was not effective to correct foliar deficiency, neither increase fruit yield, nor its size (Salazar *et al.*, 2008). According to Aguilera *et al.* (2004) in Michoacán, Zn concentration in avocado leaves generally is found from normal to above levels (Kenworthy indexed from 80-120 and > 120, respectively), which puts in doubt that this element is really causing such symptom.

Despite Salazar (2002) acknowledges mottled leaves as lack of Zn on them, Barroso *et al.* (1985) and Tapia *et al.* (2007) described lack of manganese (Mn) like a fading of interveinal zones but keeping green the areas surrounding nerves, and in the extent that becomes more severe, such

A pesar que Salazar (2002) reconoce al moteado de las hojas como una falta de Zn en las hojas, Barroso *et al.* (1985) y Tapia *et al.* (2007) describieron la falta de manganeso (Mn) como un empaldecimiento de las áreas intervenales de las hojas permaneciendo verdes las zonas contiguas de los nervios, y a medida que se hace más aguda, dichas áreas adquieren una coloración amarilla más intensa. Por su parte Wallihan y Miller (1968) en plántulas sometidas a diferentes niveles de Mn, demostraron que los síntomas por falta del nutrimento presentan un patrón de clorosis similar al causado por Zn.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar la concentración de nutrimentos presentes en hojas de aguacate 'Hass' con síntoma de "moteado", contrastándolas contra hojas que visualmente no presentaron el daño.

Materiales y métodos

El presente estudio fue realizado en huertos de aguacate 'Hass' ubicados en el municipio de San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México (19° 25' 05" latitud norte, 102° longitud oeste 07' 50" longitud oeste). Se estableció un diseño experimental en bloques al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones. En cada huerta se seleccionaron cinco árboles con apariencia sana, considerándose éste como follaje verde oscuro y sin daño aparente por falta de nutrimentos que provocaran clorosis interveinal en sus hojas (tratamiento A). Cerca de los árboles de donde se tomaron hojas para el tratamiento A, se ubicaron otros cinco árboles con por lo menos la mitad de su copa con daño de moteado en sus hojas, seleccionando de él hojas sin daño (tratamiento B) y hojas con daño visible (tratamiento C). De cada árbol, se colectaron cuatro hojas con las características mencionadas, para tener finalmente 20 hojas de cada tratamiento por huerto. Los bloques fueron huertos a diferentes altitudes dentro del municipio, ubicados a 1 400, 1 780, 1 880, 2 184 y 2 438 msnm.

Las hojas se llevaron a laboratorio para su lavado en agua desionizada, luego con ayuda de un sacabocado de 1 cm de diámetro, se obtuvieron círculos de zonas intervenales de cada hoja, asegurando tener muestra de la clorosis entre las venas para el tratamiento C, mientras que para los otros dos tratamientos los círculos de regiones intervenales fueron de un color verde oscuro. Se procedió a dar un enjuague de las porciones de tejido foliar con ácido clorhídrico 0.1 N,

areas acquire a more intense yellow coloration. On the other hand, Wallihan and Miller (1968) in seedlings submitted to different Mn levels, demonstrated that symptoms by lack of this element showed a chlorosis pattern similar to the one caused by Zn.

Therefore, the aim of this work was to define concentration of nutriments that exist in 'Hass' avocado leaves with mottled symptom, contrasting them with leaves that showed no visual damage.

Materials and methods

This study was made in 'Hass' avocado orchards located in the municipality of de San Juan Parangaricutiro, Michoacán, Mexico (19° 25' 05" north latitude, 102° 07' 50" west longitude). A randomized block experimental design with three treatments and five repetitions was set. In each orchard five apparently health trees were selected, i. e., with dark green foliage and without apparent damage due lack of nutriments that could cause interveinal chlorosis in their leaves (treatment A). Near those trees whose leaves were used for treatment A, other five trees were located with at least half of the canopy with mottled leaves damage, selecting leaves without damage (treatment B) and with visible damage (treatment C). From each tree, four leaves with the mentioned characteristics were collected, to finally obtain 20 leaves of each treatment by orchard. Blocks were orchards at different heights within the municipality, located at 1 400, 1 780, 1 880, 2 184 and 2 438 masl.

The leaves were taken to laboratory for deionized water washing, and then with help of 1 cm diameter punch, circular samples of interveinal zones of each leaf were obtained, being sure of getting chlorosis between veins for treatment C, while for other two treatments the circles of interveinal zones had dark green color. Then all foliar tissue portions were rinsed with 0.1 N hydrochloric acid and final wash with deionized water. Afterwards tissue was dried at 70 °C during 48 h, milled and processed with 40 mesh. Total N was determined by microkjeldhal, and by humid digestion (sulfuric acid + hydrogen peroxide) the solution to quantify P by colorimetry (ascorbic acid and ammonium molybdate) was achieved, K by flame emission; Ca, Mg, Fe, Mn and Zn by atomic adsorption and B by colorimetry (Azomethine-H). Results were analyzed by randomized block experimental

y un lavado final con agua desionizada. Después el tejido fue secado a 70° C durante 48 h, molido y tamizado por malla 40. El N total se determinó por microkjeldhal, y a través de digestión húmeda (ácido sulfúrico + peróxido de hidrógeno) se logró obtener la solución para la cuantificar P por colorimetría (ácido ascórbico y molibdato de amonio); K por emisión de llama; Ca, Mg, Fe, Mn y Zn por absorción atómica y B por colorimetría (Azometina-H). Los resultados se analizaron a través de un diseño experimental de bloques al azar con cinco repeticiones. Una vez encontradas diferencias significativas entre tratamientos, se realizó una comparación de medias por Tukey ($Pr < 0.05$).

Resultados y discusión

Macronutrientes

En el Cuadro 1 se observa un comportamiento muy similar de los niveles de N, P y K para las hojas con apariencia sana, independientemente que provinieran de árboles sanos o enfermos (tratamientos A y B, respectivamente). Sin embargo, estos dos tipos de hojas superaron estadísticamente en concentración, de estos nutrientes, a aquellas que presentaban el síntoma de moteado (tratamiento C). La concentración de Ca y Mg fue similar en hojas con y sin el síntoma de clorosis intervenal.

Cuadro 1. Concentración de macronutrientes en hojas de aguacate ‘Hass’ colectadas con diferentes condiciones de moteado foliar.

Table 1. Macronutrients concentration in leaves from ‘Hass’ avocado collected with different conditions of mottled foliar.

Tratamiento	Árbol	Hoja	N	P	K g kg ⁻¹	Ca	Mg
A	Sano	Sana	15.6 a [†]	1.4 a	6.7 a	14.4 a	9.4 a
B	Enfermo	Sana	14.7 a	1.3 a	5.9 a	13.8 a	8.6 a
C	Enfermo	Enferma	12.6 b	1.1 b	4.1 b	11.2 a	8.4 a

[†]Letras distintas por columnas indican diferencia estadística significativa ($Pr < 0.05$).

Micronutrientes

De acuerdo con el Cuadro 2, las concentraciones de Fe, Zn, Cu y B en tejido foliar no presentaron diferencias significativas entre las hojas provenientes de árboles con y sin síntoma de moteado foliar. Pero, para en Mn la diferencia estadística se presentó claramente entre las hojas con apariencia sana tanto de los árboles sanos

design with five repetitions. Once significant differences between treatments were found, a comparison of means by Tukey ($Pr < 0.05$) was made.

Results and discussion

Macronutrients

In Table 1 it is shown a very similar behavior on N, P and K levels for leaves with health appearance, regardless they come from health or affected trees (treatments A and B, respectively). However, these two types of leaves statistically overcame in concentration of N, P and K levels to those that had mottled symptom (treatment C). Ca and Mg concentration was similar in leaves with and without interveinal chlorosis symptom.

Micro nutrients

According to Table 2, Fe, Zn, Cu and B concentrations in foliar tissue did not show significant differences between leaves coming from trees with and without mottled foliar symptom. But in the case of B, there is a clear statistical difference between leaves with healthy appearance as well from health as affected trees (treatments A and B, respectively) which had greater B concentration regards trees with mottled foliar symptom.

Discussion

According to tables 1 and 2, leaves with mottled leaves had lower N, P, K and Mn concentration than those with no damage. However, in a study made by Furr *et al.* (1946) with avocado varieties Taylor and Lula, by technique of missing element, they achieved to induce N, P and K foliar

como enfermos (tratamientos A y B, respectivamente) los cuales presentaron mayor concentración de este elemento respecto a las hojas con el síntoma de moteado foliar.

deficiencias, the same that show no mottled symptom. The young leaves of plants without Mn did not show any symptom, by as they mature, developed many yellow areas between veins.

Cuadro 2. Concentración de micronutrientes en hojas de aguacate 'Hass' colectadas con diferentes condiciones de moteado foliar.

Table 2. Micronutrients concentration in leaves from 'Hass' avocado collected with different conditions of mottled foliar.

Tratamiento	Árbol	Hoja	Fe	Mn	Zn $\mu\text{g g}^{-1}$	Cu	B
A	Sano	Sana	206.3 a	170.0 a [†]	41.9 a	447.3 a	37.0 a
B	Enfermo	Sana	186.3 a	138.6 a	36.8 a	331.7 a	36.7 a
C	Enfermo	Enferma	184.8 a	110.4 b	28.3 a	293.6 a	34.0 a

[†]Letras distintas por columnas indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Discusión

De acuerdo con los Cuadros 1 y 2, las hojas con moteados tuvieron menor concentración de N, P, K y Mn respecto a aquellas que no manifestaban el daño. Sin embargo, un estudio realizado por Furr *et al.* (1946) con las variedades de aguacate Taylor y Lula, a través de la técnica del elemento faltante, lograron inducir deficiencias foliares de N, P y K, mismas que no presentaron el síntoma del moteado. Las hojas jóvenes de plantas sin Mn, no mostraron ningún síntoma, pero a medida que estas maduraron, se desarrollaron muchas áreas amarillas entre las venas. Para Mn, estos autores reportan similitudes del síntoma de moteado muy parecido a lo encontrado en el presente estudio, donde se logró separar por concentración de éste elemento, hojas con y sin síntomas además publicaron, que con la falta de Zn sólo muy pocas hojas presentaron un ligero moteado, situación encontrada también en este trabajo, dado que a pesar que las hojas con una mejor condición nutrimental (tratamiento A) tuvo mayor concentración de Zn que aquellas con mayor área dañada (tratamiento B y C), no se expresaron diferencias significativas entre ellas. Barnard *et al.* (1991) en plantas de aguacate (Hass, Duke y G755) y crecidas en solución nutritiva, también lograron inducir síntomas similares a los descritos anteriormente para N, K, P y Mn, siendo para éste último una clorosis interveinal en hojas maduras. Plantas crecidas en cultivo de arena, y manejadas con solución nutritiva que no se les agregó Zn, no manifestaron un patrón definido de moteado foliar.

For Mn, these authors report similarities of mottled symptom very alike to what was found in this study, where it was possible to split by Mn concentration leaves with and without symptoms, also they reported that with lack of Zn only very few leaves showed a slight mottled, same condition found in this work, since despite leaves with better nutrimental condition (treatment A) had higher Zn concentration than those with greater damaged area (treatment B and C), there were no significant differences between them. Barnard *et al.* (1991) in avocado plants (Hass, Duke and G755) and grown in nutritious solution, also achieved to induce similar symptoms to previously mentioned for N, K, P and Mn, being for the latter an interveinal chlorosis in mature leaves. Plants grown in sand culture, and handled with nutritious solution without adding Zn, did not show a defined pattern of mottled foliar.

Despite that for Crowley *et al.* (1993) Zn deficiency is seen when its concentration in foliar tissue is $< 30 \mu\text{g g}^{-1}$, and that in the research herein shown only leaf with presence of mottled is the one with an index lower to reported by those researchers ($28.3 \mu\text{g g}^{-1}$), for Maldonado *et al.* (2007) the acceptable Zn concentrations in foliar tissue for 'Hass' avocado in Michoacán are located from 20 to $51 \mu\text{g g}^{-1}$, intervalo that allows to locate in a normal category the analyzed leaves with mottled presence. Díaz *et al.* (1991) acknowledge that lack of Zn in avocado leaves can be confused with lack of Mn.

A pesar que para Crowley *et al.* (1993) una deficiencia de Zn se manifiesta cuando la concentración del elemento en el tejido foliar es $< 30 \mu\text{g g}^{-1}$, y en la investigación presentada aquí sólo la hoja con presencia de moteado es la que tiene un índice inferior al reportado por estos investigadores ($28.3 \mu\text{g g}^{-1}$), para Maldonado *et al.* (2007) las concentraciones aceptable de Zn en tejido foliar para 'Hass' en Michoacán se sitúan de 20 a $51 \mu\text{g g}^{-1}$, intervalo que permite ubicar a las hojas analizadas con presencia de moteado en una categoría normal. Díaz *et al.* (1991) reconocen que una falta de Zn en hojas de aguacate puede ser confundida por la de Mn.

Conclusiones

Las hojas con presencia de "moteado" en aguacate 'Hass' presentaron concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio y manganeso inferiores a aquellas con apariencia saludable.

La concentración de calcio, magnesio, hierro, zinc, cobre y boro no presentaron diferencias significativas entre hojas con y sin el "moteado".

Literatura citada

- Aguilera, J. L.; Tapia, L. M.; Vidales, I. y Salazar, S. 2004. Contenido nutrimental en suelo y hojas de aguacate en huertos establecidos en Michoacán y comparación de métodos para interpretación de resultados. INIFAP, CIRPAC, C. E. Uruapan. Folleto técnico Núm. 2. 28 p.
- Barnard, R. O.; Cillié, G. E. B and Kotzé, J. M. 1991. Deficiency symptoms in avocados. South African avocado growers' Assoc. Yrb. 14:67-71.
- Barroso, A.; Díaz, A.; García, V. y Altares, M. 1985. Deficiencias de Zn y Mn en los cultivos de aguacate de Tenerife, Islas Canarias. Fruits. 40(1):39-47.
- Brusca, J. N. and Haas, A. R. C. 1959. Zinc effect on citrus, avocado. Large concentrations of zinc added to sand or soil cultures corrected mottle-leaf, increased leaf size and tree growth. Calif. Agric. 13(1):12-13.

Conclusions

The leaves with presence of "mottled" in 'Hass' avocado showed nitrogen, phosphorus, potassium and manganese concentrations lower than those with healthy appearance.

Calcium, magnesium, iron, zinc, copper and boron concentrations did not show significant differences between leaves with and without "mottled".

End of the English version



- Crowley, D. E.; Smith, W.; Faber, B. and Arpaia, M. L. 1993. Zinc nutrition of avocado. Calif. Avocado Soc. Yrb. 77:95-100.
- Díaz, A.; Barroso, A.; Altares, M. y China, E. 1991. Diagnóstico de carencia de zinc y manganeso en aguacate y mango. Rev. Frutic. 6(2):62-66.
- Furr, J. R.; Philip, C.; Reece, C. and Gardner, F. E. 1946. Symptoms exhibited by avocado trees grown in outdoor sand cultures deprived of various mineral nutrients. Proc. Fla. State Hort. Soc. 59:138-145.
- Horne, W. T. 1933. Pest and disease- Latest developments in avocado disease control. Calif. Avo. Assoc. Yrb. 18:28-32.
- Horne, W. T. 1934. Avocado diseases in California. University of California. College of Agriculture. Berkeley, CA. Bulletin 585. 72 pp.
- Maldonado, R.; Álvarez, M. E.; Almaguer, G.; Barrientos, A. F. y García, R. 2007. Estándares nutrimentales para aguacatero 'Hass'. Rev. Chapingo. Serie Hort. 13(1):103-108.
- Malo, S. E. 1976. Mineral nutrition of avocados. Proc. of the First Inter. Tropical fruit short course: the avocado. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 42-46.
- Parker, E. R. 1936. Mottle-leaf and sun-blotch disease control. Calif. Avo. Assoc. Yrb. 21:149-151.
- Salazar, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto de la Potasa y el Fósforo A. C. Querétaro, Querétaro. 165 p.

- Salazar, S.; Cossio, L. E. y González, J. L. 2008. Corrección de la deficiencia crónica de zinc en aguacate 'Hass'. *Rev. Chapingo, Serie Hort.* 14(2):153-159.
- Sánchez, J. de la L.; Alcántar, J. J.; Coria, V. M.; Contreras, J. A.; Fernández, I. V.; Tapia, L. M.; Aguilera, J. L.; Hernández, G. y Vidales, J. A. 2001. Tecnología para la producción de aguacate en México. INIFAP, CIRPAC, C.E. Uruapan. Libro técnico Núm. 1. 208 p.
- Tapia, L. M.; Marroquín, F. J.; Cortés, I.; Contreras, J. A. y Castellanos, J. Z. 2007. Nutrición del aguacate. *In: Téliz, D. y Mora, A. El aguacate y su manejo integrado.* 2ª Ed. Mundi-Prensa. México, D. F. 87-106.
- Wallihan, E. F. and Miller, M. P. 1968. Identifying manganese deficiency in avocado trees. *Yrb. Calif. Avoc. Soc.* 52:135-136.