III CONGRESO LATINOAMERICANO DEL AGUACATE

ORGANIZA

APOYA

11, 12, 13
NOVIEMBRE 2009

III CONGRESO
LATINOAMERICANO
DEL AGUACATE

5. Simposio Nutrición y Fisiología

Respuesta del aguacate 'Hass' a la fertilización mineral vs. biofertilizantes

Luis E. Cossio Vargas[1], Samuel Salazar García[2*] y José L. González Durán[3*]*

Resumen

Esta investigación fue desarrollada del 2001 al 2003 con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización mineral vs. biofertilizante sobre la producción y tamaño del fruto en aguacate 'Hass' cultivado sin riego (con lluvia anual de 1,225 mm, distribuida de junio a septiembre) en el estado de Nayarit. La dosis de fertilización mineral se calculó considerando la demanda nutrimental del árbol para obtener un rendimiento de 30 ton/ha, lo invertido en su biomasa, la proporción de nutrimentos que son reciclados al árbol y/o al suelo, la aportación de nutrimentos por el suelo, el diagnóstico nutrimental foliar y la eficiencia de la fertilización. La fertilización mineral incluyó N, P, K, Ca, Mg, S, Zn y B y tuvo dos niveles: Normal, que se obtuvo de los cálculos mencionados, y Alto, equivalente al nivel normal más 50%. Como biofertilizante se evaluaron dosis de 5 y 7.5 kg/árbol de Biorgán[MR]; como controles se usaron dos tipos de fertilización empleados por los productores de aguacate de la región: control-1 consistió en fertilización basada en N y K más 50 kg de gallinaza anual por árbol; control-2 sólo incluyó N y K. La fertilización mineral incrementó de manera más consistente la producción y tamaño del fruto que el biofertilizante. La fertilización basada en N y K, sola o complementada con gallinaza (Controles) no mejoró la producción y tamaño del fruto. La fertilización mineral en dosis alta, que consistió en la aplicación por árbol de 2.140 kg N, 0.742 kg P_2O_5, 2.520 kg K_2O, 810 g Zn y 94.30 g B, resultó en mayor producción y tamaño del fruto.

Palabras clave

Persea americana, productividad, nutrición mineral.

1. cossio.luiseduardo@inifap.gob.mx

2. samuelsalazar@prodigy.net.mx

3. gonzalez.joseluis@inifap.gob.mx

* INIFAP - Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México 63300.

Introducción

En el estado de Nayarit, México, el rendimiento promedio de aguacate 'Hass' oscila entre 5 y 12 ton/ha, según se trate de un año de baja o alta producción, aunque un huerto adulto bien manejado suele producir más de 25 ton/ha (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2003). De la producción total, menos del 20% corresponde a fruto de calibres grandes (≥170 g), que son los de mejor precio. El resto de la producción corresponde a fruto de tamaño pequeño y reducido valor comercial.

En Nayarit los principales municipios productores de aguacate 'Hass' son Tepic y Xalisco; los huertos están establecidos en suelos de origen volcánico, con una capa de material blanco más allá de los 40 cm y que se prolonga hasta el fondo del perfil (Salazar-García, 2002). El material blanco es espuma de origen volcánico y comúnmente es conocido como "pómez" o "jal"; sobre este material, aún en proceso de alteración, ocurrió un depósito posterior de ceniza volcánica de espesor variable. Los huertos de aguacate requieren de riego complementario; sin embargo, en Tepic y Xalisco es posible cultivarlos sin riego debido a la humedad que proporciona el jal durante la época de sequía.

La presencia de jal requiere de un manejo especial de la fertilización, ya que está compuesto de silicatos amorfos de aluminio y su aportación de nutrimentos a la planta es mínima. Los tipos de suelo donde abunda el jal son de pH ácido (5.5 a 4.5) lo que puede ocasionar problemas para la disponibilidad de algunos nutrimentos, como el fósforo (P) debido al exceso de aluminio (Al) intercambiable (Salazar-García, 2002). Debido a las características de estos suelos y al reducido espesor de la capa fértil, los productores emplean la fertilización mineral, biofertilizantes, o sus combinaciones para mantener la fertilidad del suelo y hacer del aguacate un cultivo rentable. No se dispone de información sobre cuál de estas opciones es la más apropiada. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización mineral vs. biofertilizante sobre la producción y tamaño del fruto en aguacate 'Hass' cultivado sin riego en el estado de Nayarit.

Materiales y Métodos

Características de los huertos. La investigación se realizó del 2001 al 2003 en dos huertos comerciales de 'Hass' injertados sobre portainjertos de semilla de probables híbridos de raza Guatemalteca x Antillana, establecidos a 8 x 8 m, cultivados sin riego y con lluvia anual de 1,225 mm, distribuida de junio a septiembre. Los huertos exploraron las carac-

terísticas de los suelos de las zonas ubicadas en alturas baja, y alta de los Mpios de Tepic y Xalisco, Nayarit. El huerto "Nájera", se ubicó en La Yerba, Mpio. de Tepic (N 21º 31.6'; O 105º 02.9'), a 858 m sobre el nivel del mar. El huerto "Sánchez" se localizó en Xalisco (N 21º 22.4'; O 104º 54.0') y a una altura de 1,064 m.

En abril 2001 en cada uno de los huertos Nájera y Sánchez se seleccionaron 60 árboles. Los árboles tenían 10-12 años de edad, tamaño y vigor similar y una cosecha esperada de al menos 100 kg/árbol. A excepción de los tratamientos de fertilización, cada huerto recibió el manejo estándar del productor.

Tratamientos de Fertilización

La cantidad de nutrimentos a aplicar en cada huerto fue calculada de acuerdo al procedimiento descrito por Salazar-García (2002), el cual considera: a) La demanda nutrimental del árbol para producir 30 ton de fruto/ha, b) Lo invertido por el árbol en su biomasa (raíces, tronco, etc.), c) La proporción de nutrimentos que son reciclados en el árbol y/o al suelo, d) La aportación de nutrimentos por el suelo, según su fertilidad, e) La eficiencia del fertilizante según la textura del suelo y la forma de aplicación, y f) el diagnóstico nutrimental foliar. Los tratamientos evaluados en cada huerto difirieron para algunos nutrientes, debido principalmente a las diferencias en la fertilidad del suelo.

Se empleó el biofertilizante Biorgán^{MR} (25 % M.O., 6 % N, 4 % P, 12 % K, 3 % Mg, 5 % Ca, 5 % S, 0.05 % Fe, 0.02 % Zn, 0.006 % B, 3 % ácidos húmicos, fúlvicos e himatomelánicos, y 350,000 U. F. C./g) en dos dosis, 10 kg/árbol (dosis normal) y 15 kg/árbol (dosis alta), fraccionadas cada una en dos aplicaciones.

Para la fertilización mineral, se evaluó una dosis normal y otra alta. La normal correspondió al resultado de los cálculos descritos al inicio de esta sección. La dosis alta consistió en la dosis normal más 50% de incremento. Como Control se incluyeron dos tratamientos de uso común por los productores de aguacate de la región. El Control-1 se empleó en los huertos Nájera y Sánchez y consistió en N, K más estiércol de ave (gallinaza). El Control-2 consistió sólo en la aplicación de nitrógeno y potasio. Los detalles de los tratamientos y su aplicación se presentan en el Cuadro 1. Las fuentes de fertilizantes minerales fueron: sulfato de amonio (20.5 % N), sulfato de potasio (50 % K_2O), urea (46% N), fosfato diamónico (18 % N, 46 % P_2O_5), SulPoMag (22 % K_2O, 18 % MgO, 22 % SO_4), sulfato de zinc (36 % Zn) y boronat (32 % B).

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización al suelo aplicados del 2001 al 2003 en los tres huertos experimentales.

Tratamientos	Huertos		No. de aplic.	Meses
	Nájera	Sánchez		
Biorgán normal	5.0 kg	5.0 kg	Dos	Jul. y Sep.
Biorgán alta	7.5 kg	7.5 kg	Dos	Jul. y Sep.
Mineral normal				
SulPoMag	750 g	750 g	Una	Jul.
Sulfato de amonio	151 g	0 g	Una	Jul.
Fosfato diamónico	1.076 kg	1.593 kg	Una	Jul.
Sulfato de potasio	0.792 y 1.122 kg	0.792 y 1.122 kg	Dos	Jul. y Sep.
Urea	489 g	409 g	Dos	Ago. y Sep.
Sulfato de zinc	0.750 kg	0.750 kg	Dos	Jul. y Sep.
Boronat	65.5g	65.5g	Dos	Jul. y Sep.
Mineral alta				
SulPoMag	1.125 kg	1.125 kg	Una	Jul.
Sulfato de amonio	226 g	0 g	Una	Jul.
Fosfato diamónico	1.614 kg	2.389 kg	Una	Jul.
Sulfato de potasio	1.188 y 1.683 kg	1.188 y 1.683 kg	Dos	Jul. y Sep.
Urea	733.5 g	613.5 g	Dos	Ago. y Sep.
Sulfato de zinc	1.125 kg	1.125 kg	Dos	Jul. y Sep.
Boronat	98.3 g	98.3 g	Dos	Jul. y Sep.
Control-1 (N, K+Gallinaza)				
Gallinaza	50 kg	50 kg	Dos	Jul. y Sep.
Sulfato de amonio	2.780 kg	2.780 kg	Dos	Jul. y Sep.
Sulfato de potasio	2.100 kg	2.100 kg	Dos	Jul. y Sep.
Control-2 (N + K)				
Sulfato de amonio	2.780 kg	2.780 kg	Dos	Jul. y Sep.
Sulfato de potasio	2.100 kg	2.100 kg	Dos	Jul. y Sep.
Urea	0.489 kg	0.489 kg	Una	Ago.

En Nayarit la mayor producción de raíces jóvenes en 'Hass' cultivado sin riego ocurre durante el periodo de lluvias de verano (julio a septiembre) (Cossio-Vargas et al., 2008). Por esta razón, los tratamientos evaluados fueron aplicados en estos meses. En algunos tratamientos la dosis anual fue fraccionada en dos o tres partes, aplicándolas los días 12 de julio, agosto y septiembre, respectivamente. En agosto sólo se aplicó urea al voleo, cubriendo la mayor parte del área de sombreo del árbol. La aplicación de los tratamientos fue manual, en una banda de 50 cm de ancho y 15-20 cm de profundidad, alrededor del árbol e inicialmente a

1.5 m del tronco; posteriormente, dicha banda de aplicación se alejó del tronco cada año para cubrir la mayor parte del área de raíces del árbol.

Producción y tamaño de fruto. En cada huerto se registraron las cosechas de cada árbol del 2002 y 2003. El tamaño del fruto se obtuvo mediante el peso individual de 100 frutos escogidos al azar por árbol y se usaron los siguientes intervalos de peso: canica (<135 g), segunda (135-169 g), primera (170-210 g), extra (211-265 g) y súper extra (>266 g).

Aspecto estadístico. Para el análisis estadístico se empleó un diseño de bloques completos al azar con 10 repeticiones (árboles) por huerto. Las comparación de medias se realizó con Duncan (P = 0.05).

Resultados

Características del Suelo de los Huertos

El suelo del huerto Sánchez correspondió a los Andosoles húmicos y posee una textura migajón arenosa. Por su parte, el suelo del huerto Nájera es un Feozem con textura migajón arcillo arenosa. En mayo 2001, los suelos de los dos huertos presentaron pH 5.5 a 6.4 y en general, mostraron niveles debajo de lo normal de macro y micronutrimentos en los primeros 30 cm de profundidad (Cuadro 2).

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización al suelo aplicados del 2001 al 2003 en los tres huertos experimentales.

	Huerto Sánchez	Huerto Nájera
pH (1:2 H_2O)	5.51 (Fuertemente ácido)	6.46 (Moderadamente ácido)
M. O. (%)	4.89 (MA)	3.14 (A)
	---------- mg•kg^{-1} ----------	
N-NO3	17.25 (Me)	3.27 (MoB)
P-Bray	1.08 (MB)	5.58 (B)
K	270 (MoB)	300 (MoB)
Ca	663 (B)	736 (MoB)
Mg	253 (MoB)	262.6 (MoB)
Na	14.6 (MB)	16.85 (MB)
Fe	0.30 (B)	1.9 (B)
Zn	1.66 (B)	2.87 (B)
Mn	2.1 (B)	2.65 (B)
Cu	1.17 (M)	0.36 (B)

	Huerto Sánchez	Huerto Nájera
B	1.08 (B)	0.52 (B)
Fosfato diamónico	1.614 kg	2.389 kg
Sulfato de potasio	1.188 y 1.683 kg	1.188 y 1.683 kg
Urea	733.5 g	613.5 g
Sulfato de zinc	1.125 kg	1.125 kg
Boronat	98.3 g	98.3 g
Control-1 (N, K+Gallinaza)		
Gallinaza	50 kg	50 kg
Sulfato de amonio	2.780 kg	2.780 kg
Sulfato de potasio	2.100 kg	2.100 kg
Control-2 (N + K)		
Sulfato de amonio	2.780 kg	2.780 kg
Sulfato de potasio	2.100 kg	2.100 kg
Urea	0.489 kg	0.489 kg

Abreviaturas de la interpretación: A=alto; MoA=Moderadamente alto; MA=Muy alto; M=mediano; B= Bajo; MoB=Moderadamente bajo; MB=Muy bajo; N=Normal; Me=Mediano.

Efecto de Todos los Tratamientos Evaluados (cosechas 2002 y 2003)

El promedio de la cosechas 2002 y 2003 mostró que las más altas producciones anuales de fruto fueron para los tratamientos mineral dosis alta (144.9 kg/árbol), Biorgán dosis normal (135.7 kg/árbol) y mineral dosis normal (114.8 kg/árbol) (Ver Figura a continuación). Comparado con el tratamiento mineral dosis alta, las más bajas producciones fueron para Biorgán dosis alta, Control-2 (N + K) y Control-1 (N, K+Gallinaza) (96.3, 94.7 y 88 kg/árbol, respectivamente). La mayor producción de fruto grande (P+E+SE) correspondió a los tratamientos mineral dosis alta, Biorgán dosis normal y mineral dosis normal, con 95.7, 74.6 y 67.6 kg/árbol, respectivamente (Ver Figura siguiente).

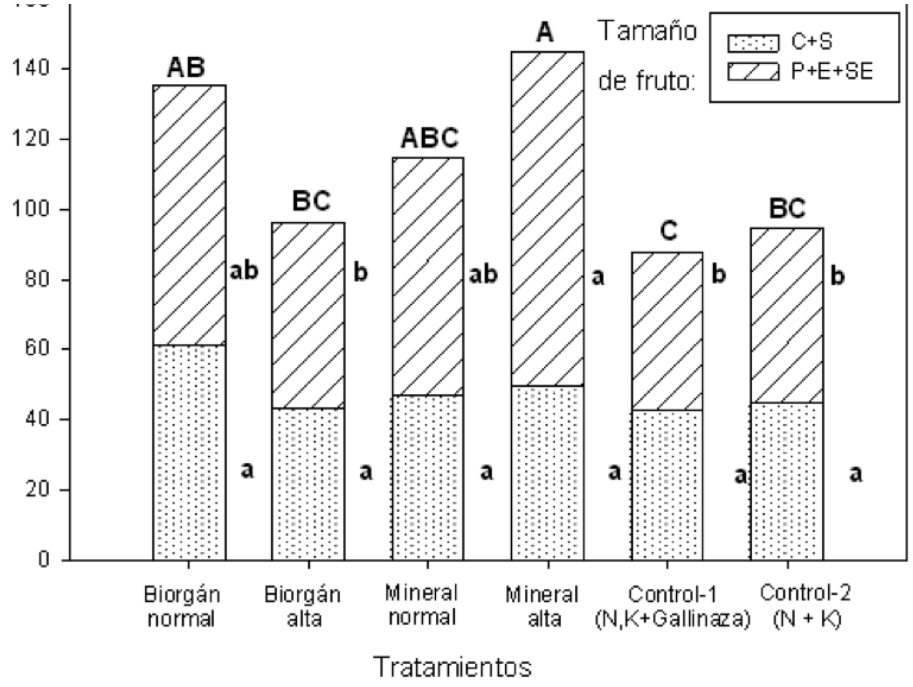

Figura. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la producción y tamaño del fruto de aguacate 'Hass'. Promedio de las cosechas 2002 y 2003. Comparación de medias dentro de un mismo intervalo de tamaño (literales minúsculas) o para producción total de fruto (literales mayúsculas) mediante Duncan ($P = 0.05$).

Efecto de la Fertilidad del Suelo de los Huertos Sánchez y Nájera (cosechas 2002 y 2003).

La fertilidad del suelo de estos huertos, no modificó la producción de fruto (promedio cosechas 2002 y 2003), la cual varió de 129 a 135 kg/árbol (no se muestran datos). El tamaño del fruto tampoco resultó afectado y la producción de frutos de tamaños P+E+SE varió de 69.1 a 73.6 kg/árbol (no se muestran datos).

Discusión

Los suelos de los huertos experimentales mostraron una variación de pH entre 5.5 a 6.4, lo cual es considerado como aceptable para el cultivo del aguacate (Salazar-García, 2002). Los suelos presentaron diferencias en su fertilidad, principalmente en los contenidos de nitrógeno y fósforo. Sin embargo, el cálculo de las necesidades de nutrientes según la fertilidad del suelo, conocido como fertilización de sitio específico, proporcionó lo requerido por los árboles y minimizó el efecto de la fertilidad del suelo.

Las producciones más bajas fueron obtenidas con los tratamientos Biorgán alta, Control-1 (N, K+Gallinaza) y Control-2 (N + K). El que la adición de gallinaza a la fertilización mineral no haya mejorado la producción o el tamaño del fruto puede deberse a un problema de salinidad temporal (la gallinaza se aplica uno a dos meses previo a las lluvias) o toxicidad por exceso de los iones Na^+ y Cl^- que contiene la gallinaza local

y que ha sido mencionado por Salazar-García (2002). Los resultados de este estudio evidencian que la fertilización usada por muchos productores de 'Hass' de los Mpios. de Tepic y Xalisco, Control-1 (N, K+Gallinaza) ó Control-2 (N + K), fue insuficiente para obtener altas producciones de frutos de tamaños grandes y mayor valor comercial.

La máxima producción de fruto fue obtenida con la dosis alta de fertilización mineral que consistió en la aplicación por árbol de 2.140 kg N, 0.742 kg P_2O_5, 2.520 kg K_2O, 810 g Zn y 94.30 g B. Su equivalente, para un huerto con 156 árboles por hectárea fue: 333.84 kg N, 115.752 kg P_2O5, 393.12 kg K_2O 126.36 kg Zn y 14.711 kg B) y resultó en un rendimiento promedio de 21.230 ton/ha para las cosechas 2002 y 2003. En Michoacán se evaluó durante cinco años la respuesta del cv. Hass a la aplicación por hectárea (con 100 árboles) de: 200 kg N, 200 kg P_2O_5 y 100 kg K_2O, obteniéndose un rendimiento de fruto de 16.7 ton/ha (promedio de cinco años), comparado con 11.6 ton/ha para árboles sin fertilización (Aguilera-Montañez y Salazar-García, 1996).

Conclusiones

La fertilización mineral incrementó de manera más consistente la producción y tamaño del fruto que el biofertilizante. La fertilización basada en N y K, sola o complementada con gallinaza no mejoró la producción y tamaño del fruto. La fertilización mineral en dosis alta, que consistió en la aplicación por árbol de 2.140 kg N, 0.742 kg P_2O_5, 2.520 kg K_2O, 810 g Zn y 94.30 g B, resultó en mayor producción y tamaño del fruto.

Agradecimientos

Se reconoce el financiamiento del CONACYT, Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del Estado de Nayarit, Fundación Produce Nayarit, y Húmicos de Nayarit S.A. de C.V. Los autores también agradecen a Juan Nájera (La Yerba) y Juan Manuel Sánchez (Xalisco) por facilitar sus huertos para esta investigación.

Literatura Citada

1. Aguilera-Montañez, J.L. y S. Salazar-García. 1996. Efecto del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el rendimiento y tamaño del fruto de aguacate. INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Uruapan. Folleto Técnico Núm. 12. Michoacán México. 24 p.
2. Cossio-Vargas, L.E., S. Salazar-García, I.J.L. González-Durán y R. Medina-Torres. 2008. Fenología del aguacate 'Hass' en el clima se-

micálido de Nayarit, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 14:153-159.
3. Salazar-García, S. 2002. Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias e Instituto de la Potasa y el Fósforo. Querétaro, México. 165 p.
4. Salazar-García, S. and I. Lazcano-Ferrat. 2003. Site specific fertilization increased yield and fruit size in 'Hass' avocado. Better Crops International 17(1):12-15.