

INDICES DE REFERENCIA NUTRIMENTAL N, P Y K EN AGUACATE (*PERSEA AMERICANA*, MILL) VAR. "HASS" BAJO FERTIRRIEGO EN MICHOACÁN, MEXICO

L.M. Tapia V.¹, J. L. Aguilera M.¹, J.L. Rocha A.¹, S. Cruz F.¹ y
J. Z. Castellanos R.²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP),
Av. Latinoamericana 1101 Uruapan, Mich. C.P. 60080 cefapuru@prodigy.net.mx

²INIFAP-Bajío. Km 12 carr. Celaya-San Miguel. Ap. Postal 112. Celaya, Gto. C.P. 38010
casteja@attglobal.net

RESUMEN

Dos experimentos durante dos años (2001 y 2002), fueron evaluados con respecto a su estado nutrimental de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en las localidades de Ziracuaretiro, y Tancítaro, Mich., México. Los objetivos fueron relacionar los valores nutrimentales N, P y K en solución del suelo y extracto celular del peciolo (ECP) obtenidos con ionómetros portátiles con el rendimiento de fruto para proporcionar información de referencia aplicable al cultivo y estudiar la relación disponibilidad en suelo con el nutrimento asimilado en ECP. En una parcela de aguacate (*Persea americana* Mill) cv. "Hass" con sistema de fertirriego por micro-aspersión se aplicaron las dosis 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 Kg. de N; 0.0, 2.0 y 4.0 Kg. de P; 0.0, 1.0 y 2.0 Kg. de K por árbol, también se consideró un testigo con el manejo convencional del productor (3-3-3). El diseño experimental fue bloques al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Se llevó a cabo cada 45 días un monitoreo nutrimental N, P y K en hoja y solución del suelo mediante mediciones rápidas con ionómetros específicos. El rendimiento máximo de fruta de calidad (cal. 12-18), relacionado a la concentración nutrimental de $N-NO_3$ y K^+ en el extracto celular del peciolo (ECP) presentaron valores máximos de 255 y 2600 ppm para Tancítaro, respectivamente, en el mismo orden, en Ziracuaretiro fueron de 438 y 1975 ppm. Se encontraron relaciones significativas para P ($r=0.87 * p \leq 0.05$) y K ($r=0.81 * p \leq 0.05$) en la relación dosis aplicada ($kg\ ha^{-1}$) versus concentración en la solución del suelo (ppm), no así en ECP para ningún nutrimento. El cultivo del aguacate mostró una respuesta parabólica a la absorción de N y K indicando que adicionar grandes cantidades de fertilizantes no logran mayor producción de fruta o mayor cantidad en ECP de N y K, sino por el contrario puede haber un descenso en la producción y menor concentración en ECP.

INTRODUCCIÓN

Michoacán es el estado con mayor producción de frutas de exportación a nivel nacional (México). Mientras que el cultivo del aguacate, es el frutal de mayor importancia por superficie (80,000 ha) y por derrama económica \$4,500.00 millones anuales (US \$450.00 millones), por la venta directa de fruta en huerta. La calidad de fruto es el factor que condiciona en mayor medida el precio pagado por la fruta (APROAM, 2001). Sin embargo, sólo un 20% de la fruta de aguacate producida, alcanza calidad necesaria en tamaño y apariencia, para ser considerada al precio de compra más alto (generalmente para la exportación).

Uno de los factores que juegan un papel importante en la obtención de fruto de calidad es la nutrición del árbol. Los suelos de la franja aguacatera son deficitarios de N, P, Ca (Etchevers 1985), aunque tienen altos contenidos de K, generalmente no está disponible para la planta. Por este motivo, la aplicación de N, P, K y Ca es obligado para suministrar estos elementos al cultivo. Deficiencias y excesos de nutrimentos se expresan en el tamaño, cantidad y apariencia del fruto. Insuficiencia de N, produce frutos pequeños, y excesos ocasionan afectación del ambiente y profuso desarrollo vegetativo, el P se relaciona con la calidad y consistencia del fruto, el K se asocia con la apariencia y sanidad del fruto.

Las determinaciones de N, P y K en suelo y hoja no son disponibles al instante en huerta, debido a la necesidad de trasladar las muestras vegetativas del árbol al laboratorio, más el tiempo de análisis y salida de resultados, puede afectar la correcta nutrición y la toma de decisiones en la modificación del manejo nutrimental. La existencia en el mercado de equipo técnico para determinar *in situ* el estado nutrimental del cultivo, como son los ionómetros específicos para NO₃ P y K basados en la solución del suelo y el extracto celular del peciolo (ECP), puede proporcionar información al instante acerca de la condición nutrimental del árbol y tomar decisiones también al momento. Sin embargo, no existe a la fecha información acerca de los valores de referencia adecuados para el suelo y el cultivo, aplicando esta tecnología y que sean válidos para el aguacate en Michoacán (Castellanos *et al.*, 1999). En este sentido, los objetivos de este trabajo fueron relacionar los valores nutrimentales N, P y K obtenidos con ionómetros portátiles en solución del suelo y ECP con el rendimiento de fruto para proporcionar información de referencia aplicable al cultivo y estudiar la relación disponibilidad en suelo con el nutrimento asimilado en ECP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y tratamientos.

El experimento se realizó en dos huertas de la variedad "Hass" en plena producción de 10 años de edad denominada "La Loma" en Ziracuaretiro, Mich. y "La Chiquita" de Tancítaro., Mich., durante dos años (2001-02). Los suelos de ambas localidades son derivados de cenizas volcánicas. Se clasifican como Eutric Hapludand y Vitric Hapludand, respectivamente (Alcalá *et al.* 2001), las principales características comunes en ambos suelos son pH ácido 6.5 (1:2 agua), M.O. 3-3.5%, CIC 20-25 cmol kg⁻¹, con fuerte fijación del fósforo (>90%). Se evaluaron 4 niveles de nitrógeno 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 kg/árbol, tres niveles de fósforo 0.0, 2.0 y 4.0 kg/árbol, y tres niveles de potasio 0.0, 1.0 y 2.0 kg/árbol (Cuadro 1). En Ziracuaretiro, se agregó un tratamiento testigo que fue fertilizado y regado por el productor con 300-300-300. El diseño experimental fue Bloques al Azar y tres repeticiones. Cada tratamiento constó de una parcela de 6 árboles aislada con una válvula de control.

Cuadro 1. Dosis de N, P y K en kg árbol⁻¹ usadas como tratamiento de estudio.

Tratamiento	N (kg)	P (kg)	K (kg)
1	0	2	1
2	1	2	1
3	2	2	1
4	3	2	1
5	2	0	1
6	2	4	1
7	2	2	0
8	2	2	2
Testigo	3	3	3

En fertirriego, los nutrientes se distribuyeron en diez aplicaciones durante el año. El N se mezcló con el K en el tanque de fertilización para inyectar la solución nutritiva al sistema de riego. El P fue adicionado por separado. Las fuentes de N, P y K utilizados fueron N-32, ácido fosfórico al 50% e Hidróxido de potasio al 45% todos en forma líquida. El inyector fue un Venturi con un diferencial de 0.3 MPa y una tasa de 1.0 L min⁻¹. El testigo se fertilizó en marzo, junio y octubre de cada año, usándose 17-17-17 en dosis de 6 kg árbol⁻¹ en cada oportunidad. La cosecha de fruto fue en todos los árboles con el mismo tratamiento, pesando el fruto de cada árbol de manera individual.

Análisis del Extracto Celular (ECP)

Se muestreó cada tratamiento en las 3 repeticiones, hojas maduras y limpias de la parte media del árbol lado sur, seis veces por año en las dos localidades. Se obtuvo el extracto celular, triturando los peciolo y depositando con jeringa unas cuantas gotas al sensor del ionómetro, para N y K. No fue posible determinar P en ECP de manera regular en todos los tratamientos, debido a fallas en la disponibilidad de los reactivos por lo que estos resultados no se presentan. Para extraer la solución del suelo, se introdujeron tubos de succión a 25 cm de profundidad, en cada uno de los tratamientos en una repetición. Las concentraciones en hoja y solución del suelo, se determinaron con los ionómetros (Horiba) de acuerdo a lo propuesto por Badillo-Tovar *et al.* (2001), para NO₃ y K y con espectrofotómetro Hanna para P. El medidor Hanna es modelo HI 93706 con rango de 0.0 a 15.0 mg l⁻¹ y Horiba para medir iones de K es modelo C-131 con rango de 5 a 4900 ppm y de NO₃ es modelo C-141 con rango de 4 a 6200 ppm

Análisis de datos

Los promedios bianuales de cada tratamiento en ECP se relacionaron con el rendimiento de fruto de calidad (cal 12-18) mediante regresión parabólica por mínimos cuadrados, para obtener los valores máximos que optimizan la concentración en ECP y el rendimiento y así generar niveles de referencia para este cultivo (Rico, 2002). También se relacionó la dosis aplicada de nutriente N, P y K con la disponibilidad en la solución del suelo y con la concentración en ECP. Se presentan las mejores relaciones para valorar los diferentes niveles de nutrición del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación de diferentes dosis de N, P y K en fertirriego, produjo un incremento significativo entre la cantidad de nutriente empleado y la concentración promedio bianual encontrada en la solución del suelo, excepto para N (Figura 1). La ecuación NO₃= 15.4 + 1.1 N (r= 0.57, n= 5 N.S. p>0.05), representa la relación dosis aplicada de N (kg ha⁻¹) versus disponibilidad NO₃ en la solu-

ción del suelo. Para fósforo (ppm), la función es $P = -1.4 + 0.0013 P_2O_5$ ($r = 0.87^*$, $n = 4$ N.S. $p \leq 0.05$). Mientras que en K, la función fue $K^+ = -26.6 + 1.137 K_2O$ ($r = 0.81^*$, $n = 4$ N.S. $p \leq 0.05$). Lo cual indica que para P y K la disponibilidad en el el suelo de estos nutrientes, se relaciona significativamente con la dosis aplicada, sin embargo, en el caso del nitrógeno no se encontró respuesta similar. Para el caso del nitrógeno en que no hubo relación significativa ello pudo ser por las reservas del suelo, ya que eventualmente pueden ser necesarios varios años para tener efecto por ausencia de fertilización (Aguilera y Salazar 1996).

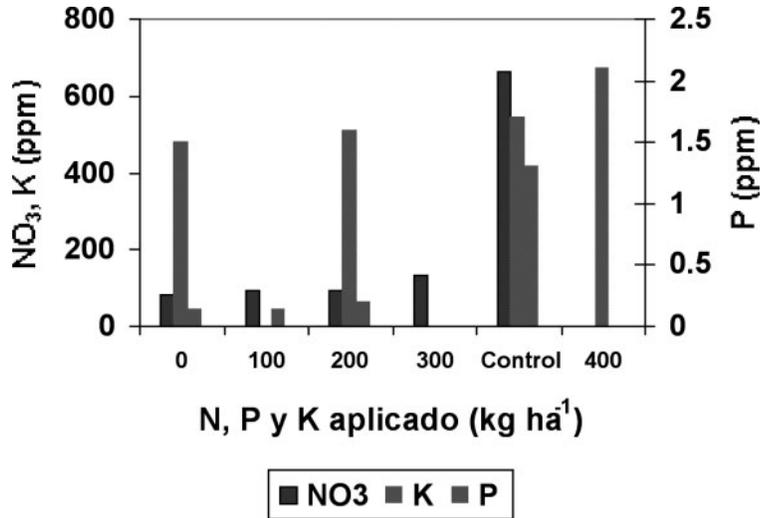


Figura 1. Concentración de nutrientes NO₃, K y P en la solución del suelo en función de la aplicación de N-P₂O₅-K₂O aplicado al suelo.

La Figura 2 muestra las concentraciones promedio bianual para N y K en el ECP de aguacate para ambas localidades. Con respecto al N aplicado se observa que en la localidad Ziracuaretiro las concentraciones en ECP fueron más altas que en Tancitaro en aproximadamente 15% más de N-NO₃. Esta situación fue revertida para el caso del K⁺ foliar ya que en Tancitaro se consiguió al menos un 10% más de concentración, excepto para el testigo que presentó la mayor concentración.

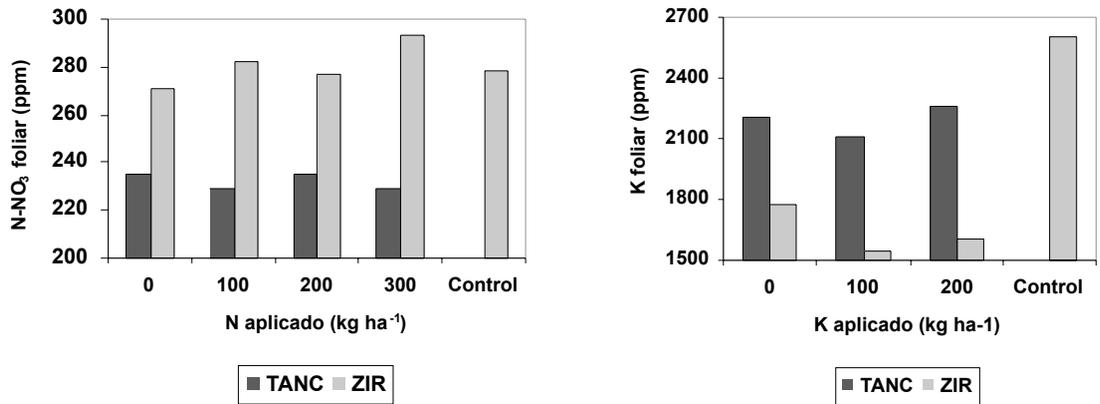


Figura 2. Concentración nutrimental en ECP de aguacate por efecto de la fertilización aplicada.

Las concentraciones de N-NO₃ y K en ECP tiene en todos los tratamientos con fertirriego una respuesta uniforme, no hay respuesta significativa al incremento en las dosis aplicadas de N y K en la concentración ECP, por lo que como se aprecia en ambas figuras, aún las dosis más bajas (0 y 100 kg ha⁻¹ de N y K) no son diferentes de las dosis más altas aplicadas (300 kg ha⁻¹ de N y K) en fertirriego. Aunque todavía es poco el tiempo de estudio, se puede atribuir que a través de fertirriego puede tenerse ahorro en la aplicación de fertilizantes y mantener una correcta nutrición del cultivo, como lo considera (Smith *et al.*, 1979) en el sentido de que la dosis de N en árboles frutales puede reducirse en 50% cuando es aplicado en sistema de fertigración por goteo

Las relaciones existentes entre la concentración nutrimental N-NO₃ y K⁺ foliar y el rendimiento de fruto de primera calidad se presentan en el Cuadro 2. Estas funciones indican que existe una respuesta máxima en rendimiento de fruto la cual se ubica en 255 y 438 ppm de N-NO₃ para Tancítaro y Ziracuaretiro respectivamente, mientras que para K⁺ está en 2600 y 1975 ppm para las mismas localidades, repectivamente.

El efecto en el rendimiento de fruto de primera calidad de aguacate, por parte de la concentración promedio bianual de N-NO₃ y K en PEC se presentan en las Figuras 3 y 4. Puede apreciarse que existe una tendencia parabólica por lo que el valor que maximiza el rendimiento, puede ser obtenida derivando la función. En ambas localidades la dispersión permitió ajustar a una función cuadrática (Cuadro 2) con coeficientes de correlación significativos para K en Tancítaro (0.48), y en Ziracuaretiro para NO₃ (0.37).

Cuadro 2. Funciones de respuesta al rendimiento de fruto en aguacate por efecto de la concentración N-NO₃ y K en ECP.

Localidad	Función	R	n	Máximo
Tancítaro	Rend = 618 + 5.62 N-NO ₃ - 0.011 N-NO ₃ ²	0.37 NS	24	255
	Rend = -255.1 + 0.26 K - 0.00005 K ²	0.48 *	24	2,600
Ziracua	Rend = 28.5 + 0.613 N-NO ₃ - 0.0007 N-NO ₃ ²	0.37 *	27	438
	Rend = -51.7 +0.158 K -0.00004 K ²	0.33 NS	27	1,975

*, ** valores estadísticamente significativos a p≤0.05 and p≤0.01, respectivamente; ns: no significativos a p>0.05

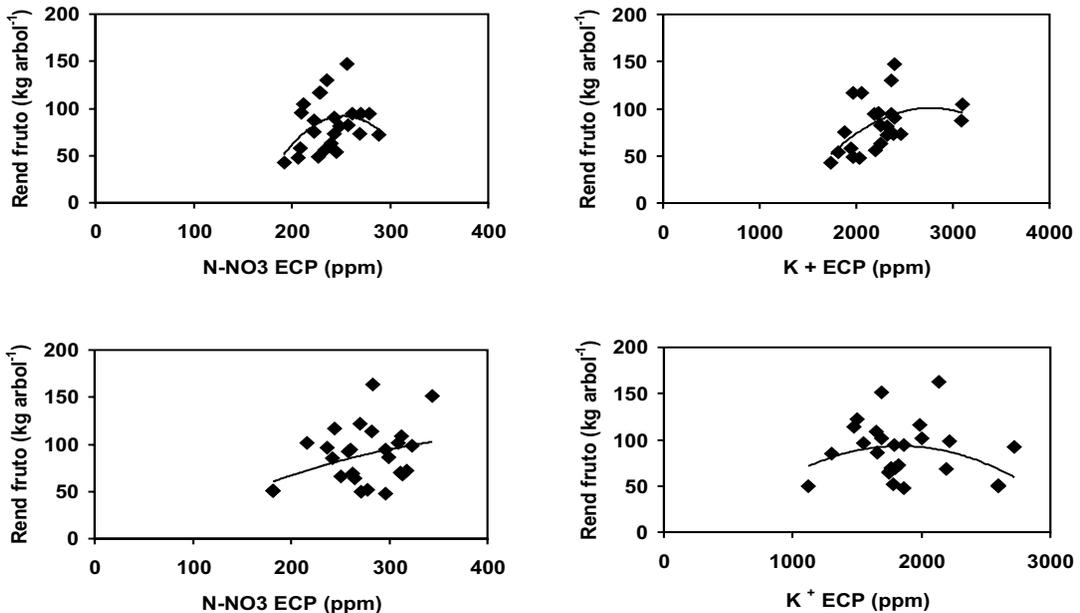


Figura 4. Efecto en rendimiento de fruto de aguacate por la concentración nutrimental en ECP en Ziracuaretiro, Mich.

Aún cuando las respuestas en producción de fruta de calidad no pueden considerarse definitivas por efecto de la concentración de N-NO₃ y K en el ECP, se han obtenido avances preliminares que pueden marcar la tendencia que seguirá el cultivo, debido a las altas producciones obtenidas, hasta 150 kg de fruto (cal 12-18) y que en el caso de las concentraciones de N-NO₃ en Ziracuaretiro y K en Tancítaro, son significativas.

CONCLUSIONES

La relación fertilizante aplicado con la disponibilidad en la solución del suelo mostró relación directa en NO₃ ($r = 0.57$, N.S. $p > 0.05$), P ($r = 0.87^*$, $p \leq 0.05$) y K ($r = 0.81^*$, $p \leq 0.05$), no así con la concentración ECP o con el rendimiento de fruto de calidad en la que no se encontró ningún tipo de relación consistente.

Para este periodo de estudio solo se encontró relación significativa con rendimiento de fruto de calidad, para N-NO₃ en la localidad Ziracuaretiro ($r = 0.37^*$ $p \leq 0.05$), mientras que en Tancítaro la relación significativa fue para K⁺ ($r = 0.48^*$ $p \leq 0.05$). Los valores de referencia que optimizan la producción de fruto en Tancítaro son de 255 y 2600 ppm de N-NO₃ y K⁺, respectivamente, mientras que para Ziracuaretiro son de 438 y 1975 ppm, para los citados nutrimentos, respectivamente. Se sugiere continuar con este estudio al menos tres años más para lograr mayor consistencia en la información y en la respuesta nutrimental de la planta a las dosis de nutrimentos N, -P y-K.

Reconocimientos.

Los autores agradecen el soporte económico del **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Sistema de Investigación "Morelos"** para el proyecto 20000301013 "Factores bióticos y abióticos que afectan la calidad y apariencia del fruto de aguacate en Michoacán", así como el financiamiento de los productores michoacanos a través del Comité Estatal de Sanidad Vegetal y la Juntas Locales de Tancítaro y Ziracuaretiro y de la Fundación Produce A.C.

LITERATURA CITADA

- ALCALA, M.J., ORTIZ, S.C.A., GUTIERREZ, C.M.C. 2002. Clasificación de suelos de la meseta Tarasca, Michoacán. *Terra*:19:227-239
- AGUILERA, M. J., L Y S. SALAZAR G. 1996. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el rendimiento y tamaño del fruto de aguacate. Folleto Técnico N° 12. INIFAP, Uruapan, Mich. P 1-24.
- APROAM. 2001. El cultivo del aguacate en Michoacán, comercialización y exportación. Boletín. Uruapan, Mich. p. 13
- BADILLO, T. V., CASTELLANOS, J.Z., SÁNCHEZ, G.P., GALVIZ, E.A., ALVAREZ, S.E., UVALLE, B.X., GONZÁLEZ, E.D. ENRÍQUEZ R.S.A. 2001. Niveles de referencia de nitrógeno en tejido vegetal de papa var. Alpha. *Agrociencia*. 35:615-623
- CALIFORNIA FERTILIZAR ASSOCIATION. 1995. Manual de fertilizantes para horticultura. Ed. UTEHA. Tr. Manuel Guzmán Ortiz. México 297 p.
- CASTELLANOS, J.Z., X. UVALLE Y A. AGUILAR S. 1999. manual para el diagnóstico e interpretación de análisis de suelos y plantas. Celaya, Gto. 225p.
- DE LOS SANTOS, V. M., A. 1997. Experiencia sobre el manejo técnico y administrativo de una huerta de aguacate Var. Hass (*Persea americana*, Mill) en Ziracuaretiro, Mich. Tesis de Licenciatura. UACH. 150p.
- ETCHEVERS, J.D. 1985. Un cuarto de ciclo de investigación en los suelos volcánicos de México. Serie de
- CUADERNOS DE EDAFOLOGÍA. 1. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 1-10pp.
- JASSO, C.C., J. VERA M., R. NUÑEZ E., J. MARTINEZ H., P. SÁNCHEZ G. 2001. Distribución de iones en el bulbo húmedo del suelo como producto del fertirriego por goteo. *Agrociencia* 35:275-285
- SMITH, M. W. , A. L. KENWORTHY, AND C. L. BEDFORD. 1979. The response of fruit trees to injection of nitrogen through a trickle irrigation system. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104(3): 311-313.
- RICO, P. H. 2002. Fertirriego en papayo var. Maradol en el Valle de Apatzingán, Mich. CONACYT. X Simposio Investigación y Desarrollo. Morelia, Mich. p. 13