



EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LIMÓN MEXICANO (*Citrus aurantifolia*, Swingle) EN GUERRERO, MÉXICO

[EVALUATION OF TWO SYSTEMS OF PRODUCTION FOR MEXICAN LIME (*Citrus aurantifolia*, Swingle) IN GUERRERO, MEXICO]

**David Heriberto Noriega-Cantú^{1*}, Ricardo González-Mateos³,
Eduardo Raymundo Garrido-Ramírez², Juan Pereyda-Hernández³,
Víctor Manuel Domínguez-Márquez³ and Martha Elena López-Estrada⁴**

¹*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
C.E. Iguala Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5, Iguala, Guerrero. C.P. 40000.*

E-mail: noriega.david@hotmail.com

²*INIFAP C.E. Centro de Chiapas.*

³*Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias
y Ambientales.*

⁴*DGETA. Brigada de Educación para el Desarrollo Rural Núm. 90.*

*. *Corresponding author*

RESUMEN

El sistema de manejo integrado convencional (MIL-C) y producción orgánica (MIL-O) fue evaluado en una huerta comercial de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle). Incluyó evaluaciones agroecológicas y económicas: análisis nutrimental, crecimiento vegetativo, rendimientos, calidad de la fruta y análisis financiero. En rendimiento por año y acumulado de fruta cosechada no hubo diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de producción. En cambio crecimiento vegetativo fue estadísticamente diferente, el sistema MIL-C incrementó 52 y 23 % la longitud y diámetro de brotes vegetativos respectivamente, en comparación al sistema MIL-O. La calidad de los frutos tuvo diferencias estadísticas significativas, el MIL-C incremento el índice de color (52 %), firmeza (38 %) y grosor del flavedo (5.3 %) respecto al MIL-O; en la calidad interna del fruto el MIL-O incrementó el volumen de jugo (10 %), °Brix (3 %) y ácido cítrico (8 %) respecto al MIL-C. La mayor relación beneficio/costo se obtuvo con MIL-C utilizando el precio medio rural. Dos años de evaluación sugieren que el sistema de MIL-C podría aplicarse ampliamente en el estado de Guerrero. También el sistema de MIL-O mostró posibilidades de éxito, pero se necesitaría un precio preferencial para compensar la reducción de rentabilidad, al manejar mayores cantidades de insumos para su adecuada nutrición, control de plagas y enfermedades.

Palabras clave: Manejo integrado convencional; manejo orgánico; calidad de fruto.

SUMMARY

The system of conventional integrated management (MIL-C) and organic production (MIL-O) was evaluated in a commercial Orchard of 'Mexican' lime (*Citrus aurantifolia*, Swingle). Agro-ecological and economic evaluations include: nutritional analysis, vegetative growth, yields, quality of the fruit and financial analysis. In yield per year and accumulated fruit harvested there were no significant statistical differences between systems of production. In change vegetative growth was statistically different, the MIL-C systems increase 52 and 23 % the length and diameter of vegetative shoots respectively, compared to the MIL-O systems. The quality of the fruits had significant statistical difference, the MIL-C increase the rate of color (52 %), firmness (38 %) and the thickness of the flavedo (5.3 %) with respect to the MIL-O; in the internal quality of fruit the MIL-O increased the volume of juice (10 %), °Brix (3 %) and acid citric (8 %) with respect to the MIL-C. The higher benefit/cost ratio was obtained with MIL-C using the rural price. Two years of assessment suggest that the MIL-C system could be applied widely in the State of Guerrero. Also the system of MIL-O showed possibility of success, but it would take an envelope price to compensate for the reduction of profitability, to handle larger amounts of inputs for their adequate nutrition, pest and disease control.

Keywords: Integrated management; organic management; quality of fruit.

INTRODUCCIÓN

La superficie cultivada a nivel nacional de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle) es de 84,419.65 ha, los principales estados productores por superficie son: Michoacán, Colima, Oaxaca y Guerrero. La producción nacional se estima en 1'039,055.81 toneladas, su principal uso es el consumo en fresco, siendo Colima el primer productor. En Guerrero se cultivan aproximadamente 6,920 ha, con una producción anual de 77,843.39 toneladas, de las que se obtiene en promedio 11.37 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2010). El principal cultivar es el limón mexicano con espinas bajo un manejo incipiente del cultivo, con la introducción de innovaciones tecnológicas en el manejo de plagas y enfermedades, fertilización química, periodos de riegos, portainjertos y cierto manejo del periodo de producción durante el invierno, utilizando agroquímicos convencionales. No obstante, es necesario aplicar el Manejo Integrado, el cual consiste en acciones racionales y calendarizadas de poda, nutrición en base a análisis de suelo y follaje, riego calendarizado, inducción a la floración, incremento de amarre de frutos, manejo de plagas y enfermedades, cosecha y manejo postcosecha del fruto entre otros, que se basan en los principios de fisiología y ciclo biológicos de la planta y sus organismos parásitos y benéficos, siendo su objetivo el cultivo y la solvencia económica del productor (Téliz, 2000). En contra parte se tiene el sistema de producción con insumos de origen orgánico (abonos, mejoradores del suelo, extractos de plantas, biológicos y caldos minerales) complementados con prácticas culturales y mecánicas. Srivastava *et al.* (2002), reportan el uso de estiércol de granja, cubierta de origen vegetal, vermicomposta y micorrizas en el cultivo de cítricos, indicando que las micorrizas mejoran el crecimiento de las plantas y la absorción de nutrientes como P, Ca, Zn, Cu y Fe en comparación con los árboles no micorrizados, así también ayudan en la regulación de las relaciones hídricas y el metabolismo de los hidratos de carbono. Como mejoradores del suelo se tienen a las zeolitas que incrementan la capacidad de intercambio catiónico en la zona de las raíces y disminuyen las aplicaciones de fertilizantes, reduciendo las pérdidas por volatilización y lixiviación de los mismos (Allen *et al.*, 1993). Los nutrimentos de materiales orgánicos no se encuentran rápidamente disponibles, no obstante, éstos son fuente de fertilidad continua a largo plazo, debido a que el nitrógeno se recicla en el suelo y no sale del sistema por motivo de lixiviación o volatilización (Giller y Cadisch, 1995). Considerando que la producción de alimentos debe integrar aspectos sociales, económicos, recursos naturales y ecológicos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar y comparar dos sistemas, uno con manejo convencional y otro con manejo orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se efectuó durante los ciclos 2010 y 2011, en huerto de un agricultor cooperante en Playones de San Isidro, municipio de Acapulco, 16° 54' 09" de LN y 99° 45' 41" de LO, a 8 m de altitud, que presenta un clima cálido subhúmedo (Aw₁) (García, 1988). En una plantación de nueve años de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle), injertado sobre patrón *Macrophylla* (*Citrus macrophylla*, Wester), con distancia entre árboles de 8 x 8 m.

Análisis de suelo y foliar

Se realizaron dos muestreos de suelo, uno al inicio del experimento y el otro a los 12 meses. Se seleccionaron de manera aleatoria 5 sitios de muestreo por tratamiento, ubicados en las zonas de goteo de los árboles (1.2 m de distancia de la base del tronco). En cada sitio se extrajo una submuestra de 250 g de suelo a una profundidad de 0 a 30 cm, con pala de acero inoxidable, obteniendo 1.25 kg de suelo, la cual se envió al laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Universidad Autónoma de Guerrero, para determinar la concentración de minerales y sus propiedades físicas y químicas (Etchevers, 2001 y SEMARNAT, 2002).

Se realizaron tres muestreos foliares, en los 5 árboles seleccionados por tratamiento, en base a tamaño y apariencia uniforme, tomando en cuenta las fases fenológicas del limón mexicano. El primero se realizó previo a la cosecha, en marzo; el segundo se ejecutó en mayo, cuando el árbol se encontraba en floración y el tercero se realizó en agosto a final de cosecha durante el ciclo 2010. De cada uno de los 5 árboles seleccionados, se colectaron 10 hojas sanas de brotes vegetativos, de cuatro a ocho meses de edad, ubicadas en los cuatro puntos cardinales y a una altura promedio de 1.5 m de la superficie del suelo. Las muestras se enviaron al laboratorio de Análisis y Plantas del Campo Experimental de Iguala, INIFAP para determinar la concentración de minerales mediante métodos estándar (Bremer, 1965; Walls y Gehrke, 1974; Horwitz, 1975 y Etchevers-Barra, 1988).

Tratamientos

Los tratamientos fueron: manejo integrado convencional (MIL-C) y manejo orgánico (MIL-O). A 57 árboles se les aplicó un tratamiento MIL-C, que incluyó: aplicación en fertirriego de N, P y K, con la fórmula 120-60-60 fraccionado en tres aplicaciones; dolomita (Ca 53 % y Mg 44 %) 780 kg ha⁻¹; fertilizante foliar, 2 L ha⁻¹ de micronutrientos quelatados, con tres aspersiones; manejo periódico de riegos, cada 15 días durante noviembre a mayo, por

sistema de microaspersión humedeciendo a capacidad de campo el área de goteo del árbol; podas de saneamiento y de producción en septiembre; manejo de plagas y enfermedades con siete aplicaciones de fungicidas e insecticidas químicos (Tabla 1).

A otro bloque, de 70 árboles se les aplicó MIL-O, que incluyó: aplicación de nutricomposta (39-23-34 de N, P y K) al suelo de 1.56 t ha⁻¹; biofertilizante (*Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilenses*) 1.3 kg ha⁻¹; zeolita comercial 780 kg ha⁻¹; dolomita (Ca 53 % y Mg 44 %) 780 kg ha⁻¹; vía foliar extractos de algas, yuca, guano de murciélago y humus de lombriz con 12 aspersiones, manejo periódico de riegos, cada 15 días durante noviembre a mayo, por sistema de

microaspersión humedeciendo 100 % el área de goteo del árbol; podas de saneamiento y de producción en septiembre; para manejo de plagas y enfermedades seis aspersiones de extractos de plantas, biológicos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Trichoderma harzianum* y *Crisopa carnea*) y caldos minerales de azufre y cobre (Tabla 2).

Variables de estudio

Para la estimación de las variables respuestas se seleccionaron, en base a tamaño y apariencia uniforme, cinco árboles por tratamiento (MIL-C y MIL-O).

Tabla 1. Aplicación de productos y dosis por hectárea en el sistema de manejo integrado convencional de Limón Mexicano, Acapulco Gro., ciclos 2010 y 2011.

ACTIVIDADES	FECHA DE APLICACIÓN	ESPECIFICACIONES	DOSIS Ha ⁻¹
Fertirriego	Diciembre, Abril y agosto	Fosfonitrato 31-4-0 (N, P, K) Fosfato monoamónico 12-61-0 (N, P, K) Ultrasol 13-6-40 (N, P, K)	120-60-60
Suelo	Marzo	Dolomita (Ca 53% y Mg 44%)	780 kg
Foliar	Octubre, diciembre y julio	Quelatos: Mg 1.0%, S 4.0%, B 0.04%, Co 0.002%, Cu 0.04%, Fe 3.0%, Mn 3.0%, Mo 0.25%, Zn 0.005%	2 L
	Octubre	Urea (46%)	4 kg
Podas	Septiembre		
Manejo de plagas y enfermedades	Mayo	Pasta bordelesa al tronco	40 L
	Noviembre, julio	Cobre tribásico + Azufre elemental	500 g i.a. 725 g i.a.
	Diciembre, marzo	Oxicloruro de cobre + Azufre elemental	500 g i.a. 725 g i.a.
	Enero	Dimetoato+ Benomylo Coadyuvante	866 mL i.a. 300 g i.a. 100 mL
	Enero Febrero	Mancozeb + Clorotalonil	800 g i.a. 750 g i.a.

Tabla 2. Aplicación de productos y dosis por hectárea en el sistema de manejo orgánico en Limón Mexicano. Acapulco Gro., ciclos 2010 y 2011.

ACTIVIDADES	FECHA DE APLICACIÓN	ESPECIFICACIONES	DOSIS Ha ⁻¹
Suelo	Septiembre	Composta (N 39%, P 23%, K 34%, S 18.4%, Mg 13.6%, Ca 74% al millar y microelementos).	1560 kg
Suelo		<i>Glomus intraradices</i> , <i>Azospirillum brasilensis</i>	1.3 kg
		Zeolita	780 kg
		Dolomita (Ca 53% y Mg 44%)	780 kg
Foliales	Octubre a Agosto	Extracto alga 30% (<i>Ascophyllum nodosum</i>), yuca 30% (<i>Y. schidigera</i>)	2 L
		Guano líquido de murciélago y humus de lombriz.	2 L
		Coadyuvante	250 mL
	Noviembre	Trihormonal	2 L
Podas	Septiembre		
Manejo de plagas	Mayo	Pasta bordelesa al tronco	40 L
enfermedades	Noviembre	Cobre tribásico + Azufre elemental	500 g i.a. 725 g i.a.
	Diciembre, enero, junio	Extracto neem 80% (<i>Azadirachta indica</i>) + <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	1 L 200 g 200 g
	Febrero	Aceite de soya, cártamo y girasol	3 L
	Marzo	Liberación de <i>Crisopa carnea</i>	5 g

Crecimiento vegetativo. En cada árbol se seleccionó y etiquetó una rama en los cuatro puntos cardinales, de donde se midió mensualmente, el incremento de longitud (cm), diámetro de las ramas (mm) y número de hojas. Estas variables se obtuvieron en el periodo de marzo a julio cuando las hojas del follaje nuevo mostraron una coloración verde-intenso, indicando el final de su expansión.

Rendimiento por árbol. La cosecha se realizó cuando los frutos estaban en madurez fisiológica, cuando han alcanzado un tamaño \geq a 31 mm de diámetro, cáscara lisa, color verde intenso y contenido de jugo \geq de 45 % (SAGARPA, 2001). Se realizaron seis cortes de fruta por ciclo, durante el periodo de abril a agosto en ambos ciclos.

Calidad de la fruta. Se seleccionaron 10 frutos por árbol, en las cinco repeticiones por tratamiento (MIL-C y MIL-O). La selección se realizó en base a tamaño (promedio 41 mm de diámetro ecuatorial) y color uniforme (color verde intenso). Los frutos se lavaron

y se secaron al ambiente, para finalmente colocarlos en bolsas de plástico, almacenándolos por 20 días en el ciclo 2010 y 25 días en el ciclo 2011 a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ y 85 % de humedad relativa. Para evaluar la madurez de los frutos se empleó un penetrómetro (Penetrometer 73515 BF-02), midiendo su resistencia a la penetración (firmeza N cm^{-2}), el grosor del flavedo se midió con vernier digital (mm); los sólidos solubles totales expresados como grados ($^\circ$) Brix se midió con refractómetro (Atago-PAL1), se depositó una gota de jugo de limón, tomando la lectura directamente. Para la determinación de acidez titulable (% de ácido cítrico) del jugo, se empleó la metodología reportada por la AOAC (1984). El color de la cáscara se determinó mediante un colorímetro (Minolta CM-2600d) y con los valores obtenidos se calculó el índice de color para cítricos ($\text{IC} = 1000 a^*/b^* L^*$) propuesto por Jiménez-Cuesta *et al.* (1981), que proporciona una alta correlación entre la apreciación visual y la instrumental en el intervalo de colores comprendido entre verde intenso (valores más negativos) y amarillo (valores más positivos).

Análisis estadístico

El diseño experimental fue en bloques al azar, para todas las variables respuestas se realizó análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey ($\alpha \leq 0.05$), utilizando el sistema de análisis estadístico (SAS, 1999).

Análisis financiero

La evaluación económica se realizó a corto plazo, en dos ciclos de producción, donde los componentes que integran el sistema se consideraron como activos fijos. En este sentido, los indicadores económicos que se calcularon fueron la utilidad bruta y la relación beneficio–costo (B/C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de suelo

El muestreo inicial indicó una textura franco-arenosa, con un pH moderadamente ácido (5.9), bajo en materia orgánica (MO) (1.2 %), alto en fósforo (P), pero muy bajo en nitrógeno total (N), Tabla 3 (SEMARNAT, 2002).

En el segundo muestreo, los resultados del análisis indican que el pH continuo como moderadamente ácido; el P tuvo valores altos y la MO, N y K fueron bajo, muy bajo y bajo respectivamente en ambos tratamientos (Tabla 3) (SEMARNAT, 2002). El pH se incrementó ligeramente, debido a las aplicaciones anuales de 780 kg ha⁻¹ de dolomita. En el segundo año la MO no mostró cambios importantes aún con las aplicaciones de 1.5 t ha⁻¹ de composta. Los dos

sistemas presentaban concentraciones de N, P, K similares, a pesar de que el fertilizante químico es una fuente más fácilmente disponible de estos elementos que la composta aplicada en el sistema MIL-O. Los niveles encontrados de estos elementos pueden variar debido al muestreo del suelo realizado varias semanas después de uso de agua, su volatilización y lixiviación del fertilizante químico en la zona de raíz, influenciados por la textura gruesa del suelo.

Análisis foliares

Los análisis de tejido en este estudio mostraron que el Mn y Fe fue deficiente y bajo respectivamente para ambos sistemas de producción (Tabla 4). De igual manera, el N, Ca y Mg estuvieron bajos y deficientes. Solamente el P se mostró óptimo en el MIL-C en ambas fechas de muestreo (al inicio y terminó de la cosecha). El K fue óptimo en MIL-O al inicio de cosecha. Sin embargo, síntomas visuales de deficiencia de elementos no fueron observados en el follaje y la fruta cosechada de ninguno de los sistemas en el 2010 y 2011. En limón mexicano, el Mn y Fe son necesarios, entre otros, para un adecuado desarrollo de la floración, fruto y para mantener una alta calidad de la fruta (Maldonado, 1999; Maldonado *et al.*, 2001). En este experimento, estos elementos fueron proporcionados al follaje en ambos sistemas de producción vía productos convencionales u orgánicos.

Las altas concentraciones de Cu en ambos sistemas de producción son explicadas por las aplicaciones de cobre al follaje para controlar enfermedades fungosas de los árboles de limón mexicano.

Tabla 3. Propiedades químicas del suelo¹ en los sistemas de Manejo integrado convencional (MIL-C) y orgánico (MIL-O). Acapulco Gro., ciclos 2010 y 2011.

Variable	MIL-C		MIL-O		Interpretación ¹
	2010	2011	2010	2011	
pH	5.92	6.50	5.92	6.37	Moderadamente ácido
Materia Orgánica (%)	1.11	1.00	1.24	1.12	Bajo
Nitrógeno total (%)	0.014	0.014	0.014	0.014	Muy bajo
Fósforo (mg kg ⁻¹)	17	17	19	15	Alto
Potasio (mg kg ⁻¹)	---	45.9	---	49.4	Bajo

¹ NOM- 021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).

Tabla 4. Concentración nutrimental en hojas de limón, en los sistemas de manejo integrado convencional (MIL-C) y manejo orgánico (MIL-O). Acapulco Gro., ciclo 2010.

Nutrimento	Sistema de producción	Meses del 2010					
		marzo	Inter/ ¹	mayo	Inter/ ¹	agosto	Inter/ ¹
Nitrógeno (%)	MIL-C	0.36	Deficiente	1.80	Deficiente	0.72	Deficiente
	MIL-O	1.8	Bajo	1.08	Deficiente	2.17	Bajo
Fósforo (%)	MIL-C	0.16	Bajo	0.21	Óptimo	0.18	Óptimo
	MIL-O	0.15	Bajo	0.09	Deficiente	0.16	Bajo
Potasio (%)	MIL-C	1.18	Bajo	1.02	Bajo	0.66	Bajo
	MIL-O	1.21	Bajo	1.29	Óptimo	0.83	Bajo
Calcio (%)	MIL-C	0.65	Deficiente	0.58	Deficiente	0.53	Deficiente
	MIL-O	0.41	Deficiente	0.34	Deficiente	0.64	Deficiente
Magnesio (%)	MIL-C	0.24	Bajo	0.25	Bajo	0.26	Bajo
	MIL-O	0.26	Bajo	0.25	Bajo	0.25	Bajo
Cobre (mg kg ⁻¹)	MIL-C	34.45	Exceso	24.75	Exceso	14.55	Alto
	MIL-O	39.50	Exceso	32.65	Exceso	20.70	Exceso
Hierro (mg kg ⁻¹)	MIL-C	41.45	Bajo	30.25	Bajo	42.25	Bajo
	MIL-O	30.75	Bajo	35.90	Bajo	32.75	Bajo
Manganeso (mg kg ⁻¹)	MIL-C	17.40	Deficiente	17.40	Deficiente	18.90	Bajo
	MIL-O	11.15	Deficiente	14.00	Deficiente	12.80	Deficiente

¹ Interpretación por Índices de Balance de Kenworthy (Maldonado *et al.*, 2001).

Estos resultados señalan que es necesario reprogramar la práctica de la fertilización convencional, puesto que existen desbalances nutrimentales, provocados por la manera empírica en que se ha realizado la fertilización, sin considerar el tipo de suelo, su cantidad de nutrimentos disponibles, la demanda nutrimental del cultivo, la edad del árbol, la eficiencia del fertilizante, etc.

Crecimiento vegetativo

Los incrementos de las variables de crecimiento se muestran en el Tabla 5. En el sistema de MIL-C se favoreció el crecimiento de los flujos vegetativos de la copa del árbol, con diferencias estadísticas significativas ($\alpha \leq 0.05$), respecto al MIL-O; se incrementó la longitud de brotes en 51.7 % y su diámetro en 22.7 %. Sin embargo para el número de hojas no hubo diferencias estadísticas entre ambos sistemas de producción.

Los resultados encontrados muestran que hubo efecto diferencial del manejo integral con productos de origen convencional en el crecimiento vegetativo del árbol respecto a los orgánicos. Esta respuesta en el

crecimiento vegetativo coincide con lo reportado por Pérez (2002), quien encontró incrementos en la altura y diámetro de la copa del árbol al aplicar mejoradores al suelo, acompañados con un manejo tecnológico de los árboles con productos convencionales.

Rendimiento

Los resultados del rendimiento durante los dos ciclos se muestran en el Tabla 6, la respuesta al sistema de MIL-C y MIL-O fueron estadísticamente iguales ($\alpha \leq 0.05$). En el 2010 el tratamiento MIL-C tuvo un rendimiento de 10.96 t ha⁻¹ y el MIL-O fue de 11.58 t ha⁻¹, con un ligero incremento del 6 % con el sistema de manejo integrado con productos orgánicos. En contraste en el 2011 el MIL-C con un rendimiento de 11.77 t ha⁻¹ y MIL-O con 9.65 t ha⁻¹, con un incremento del 18 % para el manejo integrado convencional. Si se considera el promedio de la cosecha de los dos ciclos tampoco se tuvo diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$), el tratamiento MIL-C tuvo un rendimiento de 11.36 t ha⁻¹ y el MIL-O de 10.62 t ha⁻¹, con un incremento a favor del MIL-C de 6.5 % respecto al MIL-O.

Tabla 5. Crecimiento de brotes vegetativos de limón mexicano en dos sistemas de manejo en Acapulco Gro., ciclo 2010.

Tratamiento/ ¹	Incremento de longitud de rama (cm)	Incremento de diámetro de rama (mm)	Promedio de Hojas (No.)
MIL-C	3.83 a ²	0.88 a	1.67 a
MIL-O	1.85 b	0.68 b	1.98 a
Media	2.83	0.78	1.83
CV (%)	38.02	11.35	63.35

¹ Manejo integrado convencional (MIL-C), Manejo orgánico (MIL-O)

² Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Tabla 6. Rendimiento de limón mexicano bajo dos sistemas de manejo en Acapulco, Gro., ciclos 2010 y 2011.

Tratamiento/ ¹	2010 t ha ⁻¹	2011 t ha ⁻¹	Promedio dos ciclos
MIL-C	10.96 a ²	11.77 a	11.36 a
MIL-O	11.58 a	9.65 a	10.62 a
MEDIA	11.27	10.71	10.99
CV (%)	51.5	35.8	37.2

¹ Manejo integrado convencional (MIL-C), Manejo orgánico (MIL-O).

² Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Durante el primer año, los niveles de producción, en el sistema MIL-O se explican por la incorporación de la composta, que provee de humus y microorganismos benéficos a la rizósfera del árbol y a los efectos residuales que se tienen en el suelo de N, P y K entre otros macro y microelementos, así como en la aplicación de microelementos, plaguicidas y fungicidas de origen orgánico vía foliar. No obstante, después de dos años de manejo con dicho sistema, ésta diferencia fue revertida por los productos inorgánicos en comparación a los orgánicos.

Sin embargo, los resultados permiten asumir que el sistema de MIL-O tuvo valores similares de producción con el MIL-C, lo que significa que este tratamiento de manejo orgánico logra abastecer los requerimientos nutricionales, controla las plagas y enfermedades del limón mexicano. Lo cual permite producir 10.62 t ha⁻¹ al año. Estos resultados son coincidentes en la producción de naranja dulce (*Citrus sinensis* (L) Osbeck en Sicilia Italia, donde la aplicación, durante 5 años, de composta de subproductos cítricos, estiércol de aves y composta de ganado comparado con fertilización mineral, no observaron diferencias estadísticas en el rendimiento

entre estos tratamientos; mientras que la composta de subproductos cítricos mejoró algunos parámetros de calidad de la fruta. (Rocuzzo *et al.*, 2010).

Calidad de fruta

Después de 20 y 25 días de almacenamiento en los ciclos 2010 y 2011 respectivamente, a temperatura de 10±1°C y 85 % de humedad relativa, los resultados de calidad de fruto se muestran en los Tabla 7 y 8. En ambos años se observó que el tratamiento MIL-C comparado con MIL-O tuvo diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) en el índice de color, presentando los frutos del tratamiento MIL-C los mayores valores absolutos (-6.651 y -2.804) en relación al tratamiento MIL-O (-3.192 y -1.385). Los números negativos con mayor valor absoluto indican más persistencia de color verde.

En firmeza también se observó diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos, el MIL-C tuvo los valores más altos (139 y 335.7 N cm⁻²), en cambio el MIL-O tuvo valores más bajos (132.5 y 333.3 N cm⁻²). En el grosor del flavedo se observó diferencia estadística significativa ($\alpha \leq 0.05$) entre

ambos tratamientos, el MIL-C tuvo el valor más alto 1.31 mm, en contraste el tratamiento MIL-O fue de 1.24 mm. El sistema de manejo integral convencional promueve la formación de frutos con flavedo más grueso y más firmes, con un incremento del 38 % en la firmeza del fruto.

El limón mexicano es un fruto muy perecedero, debido principalmente a que presentan flavedo=cáscara muy delgada y delicada. En su metabolismo presenta cambios relacionados con el fenómeno de senescencia, caracterizado por pérdidas en el contenido de clorofila (responsables del color verde), elevada transpiración que conduce al marchitamiento y endurecimiento de la cáscara, reacciones de fermentación (producción de etanol), pérdidas del valor nutricional y mayor sensibilidad al ataque de microorganismos causantes de pudriciones (Saucedo-Veloz, 2005). Estos cambios están asociados a diferentes condicionantes, en primer lugar al marchitamiento del flavedo y las pérdidas de color verde externo, que son los dos principales factores de deterioro que afectan significativamente la calidad del fruto en postcosecha.

Con respecto a la calidad interna, en general, después del período de conservación frigorífica, se observó diferencias estadísticas significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos, para las variables volumen de jugo, °Brix y ácido cítrico. Los frutos obtenidos con el sistema de producción MIL-O presentaron un incremento del 9.7, 3.0 y 7.9 % de volumen de jugo, °Brix y ácido cítrico respectivamente, en comparación con los frutos obtenidos en el sistema de MIL-C. Este comportamiento permite asumir que el

uso de materiales orgánicos como la composta, biofertilizante y la aplicación de zeolita, favoreció la absorción de nutrientes y mostraron ser eficaces en suelos de baja fertilidad de textura gruesa. Esta situación es coherente con un reporte de Quaggio *et al.* (2002), en limón de Sicilia, quienes demostraron que las características de la fruta de calidad se ven afectados por las tasas de nutrientes aplicados en el fertilizante químico.

Los resultados muestran que el tratamiento MIL-C mantuvo una alta calidad externa del fruto, con mejores valores de color, firmeza y grosor del flavedo, lo cual le da una mejor apariencia visual. En cambio, el tratamiento MIL-O tuvo la mejor calidad interna, con valores más altos de volumen de jugo, °Brix y ácido cítrico. Lo que significa que el sistema de producción orgánico, con su lenta disposición de nutrimentos, logra abastecer en forma equilibrada, los requerimientos de macro y micronutrientes del limón mexicano.

Análisis financiero

Se realizó una evaluación económica de los tratamientos, haciendo referencia al costo del sistema de producción y a su aplicación, no obstante, el precio medio rural usado fue igual para la fruta orgánica y convencional (2010, 2011), debido a que no se tiene un precio preferencial en el mercado local. En el Tabla 9, la estimación de la relación beneficio/costo (B/C) muestra que resultó mejor utilizar el manejo integrado convencional, que tuvo una mayor relación B/C (2.83) que el manejo orgánico (1.69).

Tabla 7. Variables de calidad externa de frutos de limón mexicano en dos sistemas de manejo en Acapulco, Gro., ciclos 2010 y 2011.

Tratamiento/ ¹	Índice de Color/ ²		Firmeza (N cm ²)		Grosor del flavedo (mm)
	2010	2011	2010	2011	2011
MIL-C	-6.651 b/ ³	-2.804 b	139.0 a	335.7 a	1.31 a
MIL-O	-3.192 a	-1.385 a	132.5 b	333.3 b	1.24 b
Media	-4.921	-2.094	135.7	334.5	1.2
CV (%)	-49.1	-44.2	7.3	1.3	10.7

¹ Manejo integrado convencional (MIL-C), Manejo orgánico (MIL-O)

² Índice de color=valores más negativos=verde oscuro, valores más positivos=amarillo.

³ Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Tabla 8. Calidad interna de frutos de limón mexicano bajo dos sistemas de manejo en Acapulco, Gro., ciclos 2010 y 2011.

Tratamiento/ ¹	Jugo (ml/fruto)		SST/ ² °Brix (%)		Acidez titulable Ac. cítrico (%)	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
MIL-C	22.06 b/ ³	22.98 a	6.79 b	8.94 b	3.050 b	3.905 a
MIL-O	24.44 a	23.77 a	7.00 a	9.27 a	3.222 a	3.718 a
Media	23.25	23.37	6.9	9.1	3.136	3.811
CV (%)	19.0	15.4	5.9	4.3	14.9	13.4

¹ Manejo integrado convencional (MIL-C), Manejo orgánico (MIL-O)

² Sólidos solubles totales

³ Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Tabla 9. Análisis financiero del manejo integrado convencional (MIL-C) y orgánico (MIL-O) sobre la producción de limón mexicano. Acapulco, Gro., ciclos 2010 y 2011.

Tratamiento	Rendimiento/ ¹ t ha ⁻¹	Costo de producción/ ²	Venta de Cosecha \$2.5/kg	³ Relación B/C
MIL-C	11.36	10,017.80	25.450	2.83
MIL-O	10.62	15,738.50	24.725	1.69

¹ El rendimiento es promedio de dos años (2010 y 2011).

² Incluye costos de nutrición (producto + aplicación), riego, manejo de plagas y enfermedades, maleza, cajeteo, poda y cosecha.

³ Relación B/C=Producto de las ventas/Costo de producción.

La recomendación del manejo integrado convencional está en función del beneficio económico, incremento en producción, disponibilidad en el mercado y facilidad de aplicación. No obstante, los estudios muestran que los sistemas convencionales afectan negativamente los agroecosistemas y el medio ambiente en general; la Agencia de Protección del Medio Ambiente de USA (EPA) estimó que el 60% del deterioro de los ríos, el 30% de problemas de los lagos, 15% del deterioro de las zonas de estuarios y 15% del deterioro del litoral costero son debido a la contaminación agrícola, de los cuales los plaguicidas y nutrientes encabezan la lista para el deterioro de la cuenca hidrográfica en el estado de Washington (Aigner et al., 2003). Los sistemas convencionales tienen problemas de contaminación de nitratos, debido a que las tasas de aplicación de N, de los fertilizantes inorgánicos, a menudo superan la demanda del cultivo, con impactos posteriores en el suelo, como suelos salinos, suelos ácidos y la calidad del agua subterránea (contaminación de nitratos) (Groeneveld et al., 1998). La producción de fertilizantes inorgánicos consume energía y son recursos limitados.

Se debe tener en cuenta que la agricultura orgánica es un mercado en expansión, ha ganado la atención internacional, debido a que más de 100 países produjeron productos orgánicos certificados en 2002 y se reporta un consumo mundial por un valor de 19-26 millones de dólares en 2001 (ITC, 1999; Kortbech-Olesen, 2003). No obstante, este sistema orgánico está en función de lograr precios preferenciales en el mercado y sobre todo una producción sustentable al utilizar productos no contaminantes al medio ambiente.

CONCLUSIONES

Dos años de evaluación sugieren que el sistema de MIL-C puede ser implementado en el área productora de limón mexicano del estado de Guerrero, por ser más sobresaliente en lo económico, respuesta agronómica de crecimiento, rendimiento y calidad de fruta.

También produciendo bajo el sistema MIL-O se mostraron posibilidades de éxito, no obstante, es necesario contar con un precio preferencial para compensar la reducción de rentabilidad, al manejar

mayores cantidades de insumos para su adecuada nutrición y por una mayor incidencia de plagas y enfermedades.

Es importante seguir evaluado los tratamientos en diferentes condiciones ambientales donde se desarrolla el limón mexicano.

REFERENCIAS

- Aigner D.J., J. Hopkins and R. Johansson. 2003. Beyond Compliance: Sustainable business practices and the bottom line. *American Journal of Agricultural Economics* 85: 1126-1139.
- Allen, E.R., L.R. Hossner, D.W. Ming and D.L. Henninger. 1993. Solubility and cation exchange in phosphate rock and ammonium and potassium-saturated clinoptilolite mixtures. *Soil Science Society of America Journal* 57:1368-1374.
- Association of official analytical chemists (AOAC). 1984. Official methods of analysis. Horwitz W. (ed), 13^a Ed. Benjamin Franklin Station Washington, DC. USA. 1018 pp.
- Bremer J.M. 1965. Total nitrogen. 1135-1147. In: C.A. Black (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Etchevers B. J.D. 2001. Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas del laboratorio de fertilidad de suelos. IRENAT. Colegio de Posgraduados. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Montecillo, Estado de México.
- Etchevers-Barra J.D. 1988. Manual de métodos de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. Offset Larios, 217 pp.
- Giller y Cadisch G. 1995. Future benefits from biological nitrogen fixation: An ecological approach to agriculture. *Plant and Soil* 174: 255-277.
- Horwitz, W. 1975. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 12th ed. Association of Analytical Chemist. Washington, DC. 1094 pp.
- International Trade Centre (ITC) UNCTAD/WTO. 1999. Organic food and beverages: world supply and major European markets. Geneva: ITC/P12.E/PMD/MDS/99-VII. 271 pp.
- Jiménez-Cuesta, M.; Cuquerella J. and Martínez-Javega, J. M. 1981. Determination of color index for fruit degreening. *Processing International Society of Citriculture* 2:750-753.
- Kortbech-Olesen, R. 2003. Market. In Yussefi, M. and H. Willer (eds.). *The World of Organic Agriculture 2003: Statistics and Future Prospects*. International Federation of Organic Agriculture Movements, Tholey-Theley, Germany. p. 13-26.
- Maldonado T., R. 1999. El diagnóstico nutrimental en la producción de limón mexicano. Fundación Produce Michoacán y Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 82 pp.
- Maldonado T., R., J. D. Etchevers B., G. Alcántar G., J. Rodríguez A. y M. T. Colinas L. 2001. Estado nutrimental del limón mexicano en suelos calcimórficos. *Terra* 19 (2): 163-174.
- Pérez Z. O. 2002. Evaluación de mejoradores del suelo en limón mexicano. *Terra* 20 (3): 337-346
- Rocuzzo G., Torrisi B., Canali S. and Intrigliolo F. 2010. Effects of organic fertilization on sweet orange bearing trees. *Geophysical Research Abstract*. EGU General Assembly 2010, 2 al 7 mayo 2010. vol.12.
- SAS Institute, Inc. 1999. SAS user's guide: Statistics. Release 6.03. Ed. SAS Institute Incorporation. Cary, C, SA. 1028 pp.
- Saucedo-Veloz C. 2005. Sistemas de manejo Post-cosecha de limas ácidas (limón 'Persa' y limón 'Mexicano'). Actas del II Seminario internacional Post-cosecha de cítricos. Concordia entre Ríos-Argentina 17-20 de octubre 2005. p 65-69.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA) 2010. Sistemas de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). Estadísticas de la producción agrícola en México. México, D.F. Internet. <http://www.sagarpa.gov.mx>. Fecha de consulta: 4 de agosto 2011.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA) 2001. Norma oficial mexicana NMX-FF-087-SCFI-2001 21/09/2001 31-39. Secretaría de Economía (SE). 13 pp.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2002. Norma Oficial Mexicana NOM- 021-SEMARNAT-2000. Diario Oficial de la Federación, 23/ 04/2003. México, DF, México. 85 pp.
- Srivastava A.K., Shyam S. and Marathe R.A. 2002. Organic citrus: soil fertility and plant nutrition. Journal of Sustainable Agriculture. 19 (3): 5-29.
- Téliz, D. 2000. El manejo integrado del aguacate. En: El Aguacate y su Manejo Integrado. Ed. Mundi Prensa, México, D.F. pp: 185-198.
- Walls, L.L. y C.W. Gehrke. 1974. The automatic method for the determination of directly-available P₂O₅ in fertilizer. Journal of the Association of Official Analytical Chemists. 57: 787-790.
- Srivastava A.K., Shyam S. and Marathe R.A. 2002. Organic citrus: soil fertility and plant nutrition.

Submitted August 08, 2011– Accepted September 10, 2011
Revised received September 22, 2011