

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**



Efecto de la Aplicación de Fertilizantes Foliares en la Floración de Limón Persa  
(*Citrus latifolia* Tan.)

Por:

**JOSÉ FRANCISCO MARTÍNEZ JIMENEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Octubre del 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

Efecto de la Aplicación de Fertilizantes Foliarens en la Floración de Limón Persa  
(*Citrus latifolia* tan.)

Por:

**JOSÉ FRANCISCO MARTÍNEZ JIMENEZ**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada

Dr. Víctor Manuel Reyes Salas

Asesor Principal

Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Coasesor

Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2013

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

POR LA VIDA QUE HACE POSIBLE EN ESTE MUNDO Y POR TODAS LAS MARAVILLAS NATURALES QUE NO TERMINAMOS NUNCA DE ADMIRAR POR LAS BENDICIONES Y SATISFACCIONES QUE ME HA DADO Y DARME LA OPORTUNIDAD LLEGAR Y CUMPLIR MIS METAS.

### **DON ANTONIO NARRO RODRIGUEZ:**

BENEFACTOR DE TODOS NOSOTROS LOS EGRESADOS DE LA "UNIVERSIDAD AUTOMOMA AGRARIA ANTONIO NARRO"AL BRINDARNOS LA OPORTUNIDAD DE SUPERARNOS AL DEJAR SU LEGADO Y TENER LA GRAN IDEA DE FUNDAR UNA ESCUELA DE AGRICULTURA PARA FORMAR PERSONAS CAPACITADAS QUE EL CAMPO MEXICANO NECESITA.

### **UNIVERSIDAD AUTOMOMA AGRARIA ANTONIO NARRO:**

A MI ALMA MATER POR BRINDARME TODAS LAS FACILIDADES DESDE EL PRIMER DIA QUE LLEGUE TAMBIEN POR DARME LA OPORTUNIDAD DE FORMARME COMO PROFESIONAL Y PERSONA EN ESTA CASA DE ESTUDIOS.

### **ING. JUAN JAVIER GONZÁLEZ (EL BRUJO):**

POR TODO EL APOYO RECIBIDO DESDE EL PRIMER DÍA QUE LLEGUE A ESTA UNIVERSIDAD, POR SUS CONSEJOS Y AYUDARME EN LA FORMACION DEPORTIVA Y TAMBIEN POR SU AMISTAD DENTRO DEL TERRENO DE JUEGO TANTO COMO FUERA DE EL.

### **DR. VICTOR MANUEL REYES SALAS:**

POR LOS CONOCIMIENTOS TRANSMITIDOS E IMPARTIDOS EN LAS AULAS TAMBIEN POR AMISTAD A LO LARGO DE LA CARRERA Y EL APOYO EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION.

### **DRA. FABIOLA AUREOLES RODRIGUEZ**

POR APOYO EN ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION Y SER POR SER PARTE DEL JURADO.

### **ING. GERARDO RODRIGUEZ GALINDO**

POR LAS CLASES IMPARTIDAS DURANTE LA CARRERA Y POR SER PARTE DE ESTE JURADO.

**A MIS AMIGOS:** CLAUDIO, CLAUDIA,DEYSI , MARTIN , FIDEL, EVARISTO , SALVADOR , BEATRIZ , ALICIA , J. PABLO , GERARDO , CARLOS , J. AGUSTÍN, FIDENCIO , J. FIDEL, ERICK C, ALDO M., MARCO A.,EDER DEYSI Y AEL. , MIRSY. QUE EN LAS BUENAS Y EN LAS MALAS ESTUVIERON CONMIGO Y POR SU AMISTAD INCODICIONAL, POR LAS EXPERIENCIAS Y CONOCIMIENTOS COMPARTIDOS A LO LARGO DE ESTA ETAPA DE MI VIDA.

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

PRIMERAMENTE A DIOS NUESTRO CREADOR QUE ESTA SOBRE TODAS LAS COSAS QUE VEMOS SOBRE LA TIERRA POR OTORGAME LA VIDA, POR LAS BENDICIONES QUE EL NOS OTORGA Y QUE ME HA DADO LA OPORTUNIDAD DE LLEGAR HASTA ESTE DIA TAN IMPORTANTE.

### **A MI SEÑORA MADRE:**

**JUANA JIMENEZ RODRIGUEZ** POR TANTOS SACRIFICIOS, CONSEJOS Y MALOS MOMENTOS QUE TE HICE PASAR QUE NUNCA PODRE PAGAR TODO LO QUE HAS HECHO POR MI. PERO SOBRE TODO POR EL AMOR DE MADRE QUE ME HAS DADO A LO LARGO DE ESTOS AÑOS GRACIAS MAMA.

### **A MI SEÑOR PADRE:**

**JOSE M. MARTINEZ MAZA** POR EL GRAN EJEMPLO QUE ME HA DADO DE TRABAJO CONSTANTE Y DEDICACION A UNA ACTIVIDAD TAN NOBLE Y GENEROSA QUE ES LA AGRICULTURA, TAMBIEN POR INCULCARMEL AMOR AL TRABAJO Y ENSEÑARME EN EL CAMINO DE LA VIDA QUE NO ES UN ANDAR FACIL. GRACIAS POR TODO EL APOYO QUE SIEMPRE ME BRINDASTE PARA LLEGAR HASTA DONDE ESTOY EL DIA DE HOY.

### **A MIS HERMANOS**

**CARLOS ALBERTO, JULIO CESAR, MARTHA ELENA, MIRIAM.** POR LOS BUENOS Y MALOS MOMENTOS QUE PASAMOS JUNTOS Y LOS MOMENTOS DE MI AUSENCIA NO FUERON EN VANO AQUÍ ESTA EL RESULTADO DEL ESFUERZO VARIOS AÑOS LES DOY GRACIAS POR LA CONFIANZA QUE DEPOSITARON EN MI Y EN LOS MOMENTOS DIFICILES NO ME ABANDONARON.

### **A MIS SOBRINOS:**

**YAIR MARTÍNEZ FUENTES, KARLA MAZA M, JUAN JOSÉ MARTÍNEZ B.** QUE AUNQUE MUCHAS DE LA VECES NO SE LOS DEMUESTRE SEPAN QUE LOS QUIERO.

### **FAMILIA MARTINEZ FUENTES:**

**NANCY FUENTES ESCAMILLA, YAIR MARTINEZ FUENTES** LA FORTALEZA QUE HAN MOSTRADO Y FIRME CONVICCION DE SUPERARSE DIA A DIA DESPUES DE TODAS LAS ADVERSIDADES QUE HAN PASADO EN ESTOS ULTIMOS AÑOS. SE QUE NO ES FACIL REPONERSE PERO QUIERO QUE CON ESTO QUE HOY HE LOGRADO CON AYUDA DE TODA MI FAMILIA SIRVA DE EJEMPLO QUE TODO LO QUE SE PROPONGAN LO PUEDEN LOGRAR CON ESFUERZO Y CONSTANCIA.

### **EN ESPECIAL DEDICACION A CARLOS ALBERTO MARTINEZ JIMENEZ (†):**

A TI QUE YA NO ESTAS CON NOSOTROS FISICAMENTE CARNAL PERO QUE UN DIA SOÑASTE CON VERME TERMINAR, HE AQUÍ MI MAS SENTIDO AGRADECIMIENTO POR TU CONFIANZA.

## RESUMEN

En especies frutales como el limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) la inducción floral puede ser controlada de manera natural por factores ambientales, ontogénicos y fisiológicos, este manejo se dirige a lograr precocidad, anticipar o retrasar la floración con respecto a la temporada normal o, incluso, hacer producir determinados cultivos fuera de su área natural de adaptación, lo cual se ha denominado producción forzada. Se pretende disminuir costos de producción y eficientizar los procesos de producción, razón por la cual se investiga y se evalúa el efecto de la aplicación de fertilizantes foliares en la floración de limón persa con el objetivo de promover floraciones fuera de época también llamado producción forzada.

El presente trabajo de investigación se realizó en el rancho "Italia" propiedad de la empresa Costa de Veracruz s.a. de C.V. ubicado en la localidad de la angostura en el municipio de Tierra Blanca, Veracruz. Durante el periodo del 7 de noviembre del 2012 al 16 de enero del 2013. Los objetivos de la investigación fueron; evaluar el efecto de los fertilizantes foliares en la floración de limón persa y identificar el mejor fertilizante foliar que actúe en la floración de limón persa. Para esto se utilizaron fertilizantes foliares de marcas comerciales. Los árboles evaluados contaban con 4 años de edad su portainjerto limón Volkameriano (*Citrus volkameriano*). Un marco de plantación de 6x5m marco real, al inicio del experimento los árboles no contaban con flores ni frutos. La variable evaluada fue: Número de flores /m<sup>2</sup>. Se realizaron muestreos de la floración a los (20 días después de aplicación), (40 días después de la aplicación) y (70 días después de la aplicación). Se procedió al conteo de las flores totalmente abiertas por cada árbol para esto se utilizó un marco de madera de un metro cuadrado con este se muestreaba a una altura de un metro y medio de la superficie del suelo en los costados del árbol. Se observa que los mejores resultados son el tratamiento T6: (maxigrow L<sup>-1</sup>/ha<sup>-1</sup>) y tratamiento T4: (coron 10 L / ha<sup>-1</sup>).

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>v</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
Descripción taxonómica .....	5
Cuestiones fisiológicas .....	6
Fisiología de la floración .....	6
Hormonas promotoras de la floración .....	9
Prácticas en la producción forzada de limón persa .....	10
Defoliación .....	11
Eliminación de frutos.....	11
Aplicación foliar de Urea .....	14
Aplicación de reguladores del crecimiento.....	15
Despunte o poda de brotes.....	17
Importancia de los Carbohidratos en la Producción Forzada .....	17
Importancia de la nutrición mineral en producción forzada. ....	18
Fertilización edáfica. ....	19
Aporte de micronutrientes. ....	21
Fertilización foliar .....	22
<b>V.MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
Condiciones de la zona de estudio.....	24
Clima.....	24
Suelo.....	24

Riego .....	24
Fertilización.....	25
Experimento.....	25
Diseño experimental .....	25
Tratamientos.....	28
Variable evaluada .....	28
Análisis estadístico .....	28
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
Inducción de la floración.....	29
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>33</b>

## **INDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación botánica de <i>Citrus latifolia</i> Tan. ....	6
<b>Cuadro 2.</b> Programa nutricional de Limón Persa Rancho italia ,Tierra blanca Veracruz .....	26
<b>Cuadro 3.</b> Tratamientos evaluados para la inducción floral de limón persa ( <i>Citrus latifoliata</i> Tan.). ....	28
<b>Cuadro 4.</b> Comparación de medias del numero de flores por m <sup>2</sup> a los 20, 40 y 70 días después de la aplicación (DDA).....	30

## I. INTRODUCCIÓN

Históricamente la agricultura del estado de Veracruz se ha enfrentado a diversas limitaciones, como son la diversidad étnica y cultural, que propicia múltiples formas de aprovechamiento de los recursos, así como el desarrollo de diferentes cultivos con formas tecnológicas propias.

El desarrollo de la tecnología y el acceso al conocimiento pueden mejorar las condiciones de vida de formas muy diversas, además de elevar los ingresos y proteger al medio ambiente.

En especies frutales como el limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) la inducción floral puede ser controlada de manera natural por factores ambientales, ontogénicos y fisiológicos, pero la tecnología agronómica desarrollada en los últimos años ha permitido alterar el ritmo de producción de flores y frutos en dichas plantas. Este manejo se dirige a lograr precocidad, anticipar o retrasar la floración con respecto a la temporada normal o, incluso, hacer producir determinados cultivos fuera de su área natural de adaptación, lo cual se ha denominado producción forzada.

La intención de crear, clasificar y proporcionar tecnología adecuada a productores de limón persa de esta zona es que hagan más rentables sus unidades de producción, a través del incremento de la calidad de su producto, el clasificar la tecnología ayudara a resolver problemas relacionados con las técnicas de producción y, con esto, se generará una nueva tecnología adecuada a esta zona, con la que se pretenderá disminuir costos de producción y eficientizar los procesos de producción.



## II. OBJETIVOS

### Objetivos generales

- Evaluar el efecto de los fertilizantes foliares en la floración limón persa (*citrus latifolia tan.*)
- Identificar el mejor fertilizante foliar que actué en la floración de limón persa (*citrus latifolia tan.*)

## REVISIÓN DE LITERATURA

La citricultura mexicana ocupa el cuarto lugar en volumen de producción a nivel mundial, aportando el 15 %. Es el número uno en limón mexicano y persa con el 16.2 %. Se cultivan cítricos en 23 estados, en una superficie de 542,350 hectáreas, con una producción de 5.5 millones de toneladas; esta actividad genera 70 mil empleos directos, 25 mil indirectos y 27.8 millones de jornales al año resaltándolo como uno de los cultivos frutícolas más importantes en México (SIAP, 2002).

El estado de Veracruz es el principal productor de cítricos de México. La citricultura veracruzana cuenta con: 207 mil hectáreas sembradas, 40,500 productores, genera 9.7 millones de jornales anuales, 32,000 empleos directos y 97 000 empleos indirectos, teniendo una producción total de 2, 787,706 toneladas. También cuenta con seis viveros productores de plántulas certificadas, 76 empacadoras, 64 enceradoras, 3 industrias gajeras y 9 industrias jugueras que procesan una producción de 322,000 toneladas destinadas a estas industrias. Toda esta industria en general produce un monto total de 3,500 millones de pesos anuales (SIAP, 2002).

En Veracruz el limón persa ocupa el segundo lugar en importancia de producción citrícola, con un total de 26,605 hectáreas sembradas y un rendimiento promedio de 15 toneladas por hectárea, es decir se tiene una producción de 399,075 toneladas anuales. Del total de la producción destinada para la exportación en Veracruz, el 70 % (203.7 mil toneladas) se destina a Estados Unidos, 15 % la Unión Europea (43.65 mil toneladas), 5 % a Japón (14.55 mil toneladas). Aproximadamente un 10 % de la producción total se vende en el mercado nacional (29.1 mil toneladas), debido principalmente a que no reúne las características para la exportación o por que los productores no cuentan con la infraestructura y el conocimiento del mercado para su venta al exterior.

En el área de Martínez de la Torre, un alto porcentaje del cultivo se lleva a cabo en temporal; contrario a lo que sucede en el área de Cuitláhuac, donde la mayoría de la superficie es bajo riego. El rendimiento medio de limón Persa en Veracruz es de 13.2 ton/ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2002).

La región de Cuitláhuac se ha convertido en una de las más importantes productoras de limón persa (5to lugar) en el estado de Veracruz en los últimos 5 años, considerándose actualmente como la segunda más importante solo después de Martínez de la Torre (SIAP, 2002).

En Cuitláhuac, Veracruz, la asesoría para los productores, Viveristas y empacadores es limitada, dado que no hay suficiente personal especializado en la región; además la mayoría de los productores no contrata servicios de asesoría técnica, por diversas razones entre las que resaltan la falta de cultura, recursos económicos, unidades de producción pequeñas, poca tecnología y bajos rendimientos.

Actualmente el municipio tiene 954 hectáreas en producción con limón persa, con un rendimiento promedio de  $14.759 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ , una producción de 14,080 toneladas en total, un precio medio rural de \$ 2,960.20 por tonelada vendida resultando un ingreso promedio de 41,679.65 miles de pesos. (SEDARPA, 2004).

Como en muchos casos al introducir un nuevo cultivo, esta introducción no siempre viene con un “paquete tecnológico” ideal para la producción y mucho menos adaptado a la nueva región de producción, tal es el caso de los productores y empacadores de esta región de Veracruz, que al introducir el cultivo de limón persa, solamente copiaron el sistema productivo de Martínez de la Torre, con los aciertos y errores que se tienen.

## DESCRIPCION TAXONÓMICA

El género *Citrus* cuyo término común es cítrico, designa las especies de grandes arbustos o arbolillos perennes (entre 5 y 15 m) cuyos frutos o frutas, de la familia de las Ruteáceas, poseen un alto contenido en vitamina C y ácido cítrico, el cual les proporciona ese típico sabor ácido tan característico. Oriundo del Asia tropical y subtropical, este género contiene tres especies y numerosos híbridos cultivados, inclusive las frutas más ampliamente comercializadas, como el limón, la naranja (*Citrus sinensis*), la lima (*Citrus aurantifolia*), el pomelo (*Citrus paradisi*) y la mandarina (*Citrus reticulata*), con diversas variedades que dependen de la región en la que se cultive cada una de ellas.

Aunque la clasificación taxonómica es compleja, recientes investigaciones genéticas han demostrado que únicamente existen tres especies principales *C. maxima*, *C. medica* y *C. reticulata*, siendo todas las restantes híbridos de estas tres. Debido a la facilidad de hibridación de los cítricos, todos los cultivos para uso comercial se obtienen injertando las especies cultivares deseadas sobre plántones seleccionados por su resistencia a las enfermedades.

El limón persa, la lima persa o lima Tahití, conocida también como limón pérsico, limón criollo, limón mesina o limón sin semilla, es la segunda variedad más difundida en el mundo; el fruto es de piel más gruesa y cerúlea, hasta 6 cm de diámetro, sabor menos ácido y color que amarillea con la madurez

Cuadro 1. Clasificación botánica de *Citrus latifolia* Tan.

---

Clasificación botánica	
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Subreino:</b>	Tracheobionta
<b>Superdivisión:</b>	Spermatophyta
<b>División:</b>	Magnolophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase:</b>	Rosidae
<b>Orden:</b>	Sapindales
<b>Familia:</b>	Rutaceae
<b>Tribu:</b>	Citreae
<b>Subfamilia:</b>	Citroideae
<b>Genero:</b>	Citrus
<b>Especie:</b>	<i>Citrus latifolia</i> Tan.
<b>Sinonimias:</b>	<i>Citrus x latifolia</i>

---

### Aspectos fisiológicos

#### Fisiología de la floración

La formación de flores es un proceso de desarrollo multifacético, comienza con la iniciación floral, el cambio básico por el cual un ápice meristemático comienza a ser floral (Guardiola, 1981).

La inducción floral puede ser regulada principalmente por bajas temperaturas de invierno (Goldschmidt *et al.*, 1985), así como por las condiciones alternantes de sequía y humedad del suelo (Monselise y Halevy, 1964).

Este mecanismo de formación de yemas florales de tejidos adultos pasa por tres etapas: 1) inducción floral, 2) iniciación floral y 3) diferenciación floral (Metzger, 1987).

La inducción floral es un estímulo, probablemente hormonal, que se origina en la hoja y es transmitido al meristemo para su diferenciación (Bernier, 1988). También se considera como un cambio cuantitativo que tiene que ver con el balance hormonal y cambios en la distribución de nutrimentos en el meristemo en una etapa fenológica (Sachs, 1977; Buban y Faust, 1982).

En una etapa posterior a la inducción se presenta la iniciación, que es el cambio perceptible como una organización floral y se caracteriza por el aplanamiento del domo meristemático dos o tres semanas antes de la apertura floral (Ayalon y Monselise, 1960; Rodríguez, 1989). En esta fase fisiológica el proceso puede ser revertido si se estimula fuertemente el crecimiento vegetativo con incrementos de temperatura y aplicaciones exógenas de giberelinas (Guardiola, 1981).

El número, la intensidad, la duración y la época de aparición de las brotaciones varía con las condiciones climáticas a que estén sometidas las plantas, así como la variedad y la edad de las mismas. Una vez emitidos los brotes, la edad y localización de los mismos tienen una influencia definitiva en la brotación y floración, de manera que los brotes más jóvenes florecen antes que los más viejos (Guardiola, 1981).

Si hay una reducción de la brotación producida por la presencia de fruto, por la aplicación exógena de  $AG_3$  o por condiciones de temperatura, durante el resto del periodo, se da una reducción de la proporción de tallos reproductivos, ya que la brotación y la floración están positivamente correlacionados (Guardiola, 1981).

Lovatt *et al.* (1988a) estudiaron la influencia de los cambios en el metabolismo del nitrógeno sobre la iniciación floral en limón y en naranja, encontrando que la intensidad de la floración y el contenido de amonio (medido como  $\text{NH}_3\text{-NH}_4$ ) se incrementaron en forma paralela a la intensidad del estrés por sequía a que fueron sometidas las plantas, también observaron que un mayor número de flores puede obtenerse con un mínimo estrés por sequía al incrementar el contenido de  $\text{NH}_3\text{-NH}_4$ , a través de aplicaciones foliares de urea desbiuretizada.

En algunas plantas se ha observado que la acumulación de  $\text{NH}_3$  en cantidades tóxicas puede evitarse mediante la síntesis de arginina como un mecanismo homeostático (Rabe y Lovatt, 1986). En este sentido, la arginina puede ser un punto clave en el proceso de la floración, si consideramos que es un precursor de las poliaminas, a las cuales se les ha encontrado asociadas con la división celular y morfogénesis en muchas plantas, es como en la iniciación floral del manzano (Galston, 1983).

En cítricos y aguacate (*Persea americana*) se ha demostrado que existe una alta correlación entre la intensidad de la floración y el contenido de  $\text{NH}_3\text{-NF}_4$  en las hojas durante el período de estrés por sequía (Lovatt *et al.*, 1988a).

La acumulación de  $\text{NH}_3\text{-NH}_4$  en la juvenilidad, incrementa de manera paralela a la duración del estrés por sequía en hojas totalmente expandidas de árboles de naranja (Lovatt *et al.*, 1988a, 1988b). De igual manera el número de inflorescencias estuvo significativamente correlacionado con la concentración de  $\text{NH}_3\text{-NH}_4$  en juvenilidad, en hojas totalmente expandidas durante la primer semana después de transferir los árboles del tratamiento de estrés con bajas temperaturas al testigo con temperaturas cálidas. La aplicación foliar de  $\text{NH}_3\text{-NH}_4$  incrementa la intensidad floral pero no tiene efecto consistente en la producción de tallos vegetativos (Lovatt *et al.*, 1988a, 1988b).

En el limón 'Persa' la floración de febrero-marzo es la más intensa del año, mientras que en el periodo de septiembre a noviembre no ocurre emisión de flores. Esta última es la que podría producir frutos en el invierno con alto valor de venta, en contraste con la de febrero-marzo que fructifica en verano cuando los precios de mercado son bajos (Curti, 1996).

En Veracruz el limón 'Persa' puede florecer de 4 a 6 veces al año, aunque el volumen de fruta cosechada varía en cada una de ellas. Así, la producción de fruta en invierno es escasa, cuando el precio es alto; en cambio, entre mayo y octubre hay mucha producción, que aunada con un bajo precio, en ocasiones no compensa el costo de la cosecha (Curti, 1996).

### **Hormonas promotoras de la floración**

Una hormona vegetal es un compuesto orgánico que se sintetiza en alguna parte de una planta y puede ser translocada a otra parte, en donde a concentraciones muy bajas causan una respuesta fisiológica (Salisbury y Ross, 2000).

El término hormona se designa en exclusiva a los productos naturales de las plantas, sin embargo, el término "regulador" puede incluir tanto compuestos sintéticos como compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes que, en pequeñas cantidades fomentan, inhiben o modifican de alguna forma cualquier proceso fisiológico vegetal (Weaver, 1976).

Las hormonas que pueden influir en la floración de los cítricos son las giberelinas y el etileno.

Las giberelinas son compuestos que estimulan la división o elongación celular o ambas cosas. Se sintetiza principalmente en hojas jóvenes y en las semillas. Son capaces de promover floración en cierto número de plantas (Weaver, 1976). En caso de los cítricos inhibe la inducción floral (Guardiola, 1981).



El efecto de la giberelinas en la floración es positivo en algunas especies de plantas, pero negativo en árboles frutales pues la aplicación exógena de AG<sub>3</sub> en durazno (*Prunus persica* L.), almendro (*Prunus dulcis*), peral (*Pyrus communis*), manzano (*Malus domestica*) y cítricos, reduce la floración a nivel de floración (Jankiewicz, 1989).

El etileno es una hormona que por su estado físico se dificulta su aplicación exógena; sin embargo, el CEPA (ácido 2-cloroetil fosfórico) se ha considerado como un agente que aparentemente se descompone en los tejidos vegetales, liberando etileno cerca del sitio de acción, por lo que, en la agricultura se ha extendido su uso y puede aplicarse con técnicas agrícolas ordinarias (Weaver, 1976). Se cree que contribuye en la regulación de fenómenos de desarrollo, como son la floración, abscisión y maduración de los frutos (Weaver, 1976).

### **Prácticas en la producción forzada de limón persa**

La producción forzada en frutales tiene como propósito fundamental la obtención de cosechas en épocas y lugares en los que normalmente no se esperarían. Se utilizan diversas prácticas que incluyen poda, defoliación, anillado aplicaciones de productos químicos (retardantes de crecimiento y estimuladores de la brotación). Empleando combinaciones de estas prácticas o una sola de ellas, se esperan efectos en la relación entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Becerril y Rodríguez, 1989).

La producción forzada requiere de un amplio conocimiento de la fisiología de la floración y de los factores que influyen sobre éstas, así como de las características del material genético a utilizar (Rodríguez, 1989).

Becerril y Rodríguez, (1989) mencionan que para la producción forzada se han utilizado diversas técnicas tales como:

1. Defoliación.
2. Anillado.
3. Aplicación de inhibidores del crecimiento vegetativo (retardantes).
4. Substancias estimuladoras de la brotación.
5. Poda de verano (apical).
6. Prácticas culturales (p.e. riego, fertilización nitrogenada).

### **Defoliación**

Es una de las prácticas más importantes y la más utilizada en la producción forzada de caducifolios que crecen en zonas tropicales como la guayaba (*Psidium guajava* L) y la ciruela (*Spondia purpurea* L,) (Ortega, 1971). Esta práctica involucra la remoción o eliminación del área foliar de las plantas por medios manuales, empleo de sustancias químicas, inducción por prácticas culturales (sequía, bajas dosis de fertilización nitrogenada y altas dosis de macronutrientes y micronutrientes u otros agentes distintos (Ortega, 1971).

### **Eliminación de frutos**

La práctica de la remoción de frutos en estado inicial del crecimiento tiene su soporte en la relación que existe en la demanda de fotoasimilados con el crecimiento. La inhibición de crecimiento o remoción de órganos reproductivos u otra demanda de fotosintatos reducen la asimilación neta de CO<sub>2</sub> para muchas plantas (Forney *et al.*, 1985). Una posible explicación de la reducción de asimilación neta de CO<sub>2</sub> como efecto de la remoción de frutos, es la interferencia de los cloroplastos en la absorción de luz o la disrupción de membranas de tilacoides debido a la acumulación de almidón en las hojas (Schaffer *et al.*, 1987).

Diversos estudios han encontrado una disminución en la conductancia estomática de la hoja, concordante con la disminución del rango de asimilación de CO<sub>2</sub> después de la eliminación de la demanda (Forney *et al.*, 1985).

En la literatura se reportan muchos trabajos en donde, después de la eliminación de los frutos, ya sea manual o con agentes químicos, se observan incrementos considerables en el contenido de almidón en las hojas, mejoría de los parámetros de calidad de los frutos. Algunos trabajos realizados al respecto se describen a continuación:

Cruz (1992) evaluó en naranja "Valencia Late" aplicaciones foliares de etefón (500 y 700 mg.g<sup>-1</sup>) y eliminación manual de frutos en dos fechas (6 de abril y 10 de mayo) solos o en combinaciones, para promover la floración desfasada. La aplicación de etefón y la remoción manual de frutos de tiempo no tuvieron efecto sobre el incremento de cosecha de la naranja mayera, pero la conjunción de la remoción manual de frutos pequeños de tiempo en abril, más la aplicación de etefón a 500 mg.g<sup>-1</sup> en mayo, sí tuvieron efecto en el aumento de cosecha mayera al registrar un rendimiento muy superior al testigo.

Okudaet *al.* (1996) midieron la fotosíntesis y la conductancia estomática en hojas de mandarina satsuma cv. Aoshima, en los meses de julio a noviembre; tiempo durante el cual estuvieron sometidos a tratamientos que consistían dejar ramas sin remoción de frutos (dos frutos y un tallo vegetativo por rama) para el testigo, ramas con remoción de frutos en junio o septiembre. Los tratamientos con remoción de frutos en junio mostraron mayor rango fotosintético por 24 % más comparado con el testigo en septiembre y solo 4 % mayor en la medición de octubre. Los frutos removidos en septiembre incrementaron en 30 % el rango fotosintético medido en noviembre. En septiembre se registró 18 % de incremento en la conductancia estomática en las hojas de las ramas cuyos frutos fueron removidos en junio, comparados con los testigos y 46 % en octubre y 114 % en noviembre cuando los frutos fueron eliminados en septiembre.

El rango fotosintético y la conductancia estomática en los testigos declinaron en octubre y septiembre, respectivamente.

El número de brotes por 100 nudos en la siguiente brotación floral de los árboles del experimento mencionado, aumentó de 24.0 en los testigos a 36.2 y 37.2 por la defrucción en junio y septiembre, respectivamente. En los mismos tallos el número de brotes vegetativos por 100 nudos en la siguiente brotación fue disminuyendo de 14.4 en testigos a 12.8 y 4.8 por la defrucción en septiembre y junio, respectivamente.

Con el objetivo de observar el efecto del anillado en el intercambio foliar de CO<sub>2</sub>, Schaffer *et al.* (1987) anillaron ramas de árboles de aguacate a inicios del desarrollo de frutos y las dividieron en dos tratamientos, ramas con todos los frutos removidos y con un fruto dejado como remanente por rama. Los resultados indicaron que la remoción de todos los frutos ocasionó un incremento en peso seco por área, incrementó 250 % los granos de almidón en hojas y una reducción en la conductancia de CO<sub>2</sub> en la hoja y asimilación neta de CO<sub>2</sub>. Los datos sugieren que el aumento de la conductancia de CO<sub>2</sub> frutos de aguacate, también como resultado del incremento de la asimilación de CO<sub>2</sub> y la disminución de la concentración interna de CO<sub>2</sub>.

En otro trabajo se realizaron cuatro aplicaciones foliares de micro elementos durante el mes de febrero y raleo manual dejando 9, 7, 5, 3, o un fruto por rama en mandarina 'Ponkan' (*Citrus reticulata* L.). El raleo de frutos incrementó el peso y diámetro de fruto y volumen de jugo. Estos índices se incrementaron a medida que se disminuyó el número de frutos dejados por rama. La fertilización foliar incrementó el peso de los frutos pero no el diámetro del fruto o su volumen de jugo (Marinho *et al.*, 1993).

En Veracruz, Almaguer *et al.* (1996) emplearon aspersiones de urea y CEPA (ácido 2- cloro etilfosfónico) como agentes raleadores en naranja, comparados con la defrucción manual; a pesar de obtener caída de frutos del orden del 80 % con ambos agentes, hubo efectos secundarios tales como reducción del

área foliar, fotosíntesis, transpiración y eficiencia en el uso del agua durante los primeros 20 días después de su aplicación.

Por esto, la remoción manual de frutos posee algunas ventajas sobre los agentes químicos, pero también algunas desventajas, tales como la gran cantidad de mano de obra requerida y el tiempo de realización.

### **Aplicación foliar de urea**

La disponibilidad de nitrógeno limita el crecimiento y productividad de las plantas por las limitantes del crecimiento del área foliar y/o capacidad fotosintética (Sinclair, 1984). La aplicación de nitrógeno directamente a las hojas, especialmente urea nitrogenada, puede ser una alternativa potencial a la fertilización convencional al suelo, sin contribuir a la salinidad del suelo y la contaminación de los mantos acuíferos (Embleton *et al.*, 1986).

La aspersion de urea puede causar quemaduras foliares, pero solo cuando se aplica a altas concentraciones o asperjado en hojas jóvenes (Lea-Cox y Syvertsen, 1995).

En la producción forzada, se busca influir en el proceso de la floración, ya sea en la inducción, iniciación, diferenciación o brotación de yemas por lo que algunos investigadores han probado la efectividad de la urea.

Lovatt *et al.* (1992) encontraron que aumentando artificialmente el contenido de amonio de los árboles a través de la aplicación foliar de urea desbiuretizada al final de un tratamiento mínimo de estrés por sequía, se incrementa el contenido de amonio en la hoja y el número de tallos florales, así como el número de flores por tallo, pero no tiene influencia en el número de tallos vegetativos producidos

Lovatt *et al.* (1992) en experimentos de campo en California, con árboles de naranja "Washington Navel" de 30 años de edad, determinaron que si se hace

una aplicación foliar de urea con bajo contenido de biuret a un rango de 0.17 kg/árbol<sup>-1</sup> antes o durante el periodo normal de iniciación que precede a la brotación de verano, se incrementa la intensidad de la floración y se provoca un incremento del amarre y rendimiento de fruto. Este mismo autor reporta que en un año alternante de alto rendimiento, todos los árboles que recibieron una aplicación invernal de urea desbiuretizada tuvieron significativamente más alto rendimiento por árbol que aquellos que recibieron solo una aplicación de urea al suelo. Este aumento representó arriba de 17 kg/árbol<sup>-1</sup>. Otro de los aspectos interesantes de la aplicación de urea al follaje es que puede sustituir potencialmente la aplicación de nitrógeno al suelo vía fertilizantes químicos, como lo comprobaron Almaguer *et al.* (1997) quienes lograron incrementar el número de frutos de naranjo 'Valencia' a menor costo, con seis aplicaciones de 4 % de urea desbiuretizada con relación a las plantas que se les aplicó urea al suelo. En el mismo trabajo, la aplicación foliar de urea comercial resultó más económica que urea con bajo contenido de biuret y además de no causar quemaduras en las hojas o brotes y sin disminuir significativamente la producción de frutos totales.

### **Aplicación de reguladores del crecimiento**

En general se ha encontrado que las giberelinas pueden inhibir la floración en diversos cultivos frutales. Similarmente los retardantes de crecimiento promueven la floración (Goldschmidt *et al.*, 1997).

De acuerdo con Monselise y Halevy (1964) el efecto inhibitorio del AG<sub>3</sub> alcanza su máxima expresión durante enero, coincidiendo probablemente con el tiempo de diferenciación de brotes y flores en cítricos. Por otro lado, Guardiola (1981) obtuvo una notable inhibición de la floración por las aplicaciones tempranas de AG<sub>3</sub> a fines de verano.

Apoyados en este principio, muchos investigadores han realizado trabajos con aspersiones foliares de reguladores de crecimiento para promover la floración fuera de época en algunas especies de cítricos, ya sea favoreciendo la floración o evitándola, en otras ocasiones influyendo en las relaciones de fuente-demanda mediante la eliminación de frutos o demanda de fotoasimilados.

El ácido giberelico a  $25 \text{ mg/L}^{-1}$  puede inhibir la floración del naranjo "Valencia" hasta en 72 % cuando se aplican dos y medio meses antes de la época normal de floración (Curti, 1989) y el ácido 2-cloroetilfosfónico (CEPA) a  $300 \text{ ml/L}^{-1}$  y  $80 \text{ g/L}^{-1}$  de urea causan una caída considerable de frutos (Almaguer *et al.*, 1996).

Almaguer y Espinoza (1993) encontraron que el etefón a  $500 \text{ mg/L}^{-1}$  promueve la brotación vegetativa y la brotación floral de limón 'Persa' 40 días después de la aplicación y que el paclobutrazol a  $125 \text{ mg/L}^{-1}$  aplicado al follaje promueve la brotación floral aproximadamente a 100 días después de su aplicación.

La inhibición de la floración por  $\text{AG}_3$  no es constante para una fecha de aplicación, sino que depende en gran medida del momento en que ocurre la inducción así como de las condiciones climáticas imperantes, como lo comprobó Cottin (1989) quien con una sola aplicación de  $25 \text{ mg/L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  a principios de diciembre, efectuada dos meses y medio antes del inicio de la brotación, obtuvo una inhibición de la floración del 73 % y del 44 % cuando se asperjó un mes mas tarde.

En trabajos posteriores, el mismo autor (1997) encontró que al aplicar  $\text{AG}_3$  a la misma dosis el 12 y 24 de diciembre obtuvo solo un 28 % de inhibición de brotes florales y vegetativos y una reducción del 24 % en el número de flores por unidad evaluada con relación al testigo.

Rojas (1994) evaluó la capacidad del ácido 2-cloro etilfosfónico para incrementar la brotación floral en plantas de limón 'Persa' en dosis de 0.8, 1.2, 1.6 y  $2.0 \text{ ml/L}^{-1}$  y encontró que dosis superiores a  $0.8 \text{ ml/L}^{-1}$  promovieron la brotación floral de

yemas en reposo de la lima 'Tahiti'. El etileno generado por el ácido 2-cloro etil fosfórico a concentraciones de  $0.8 \text{ ml/L}^{-1}$  produjo una defoliación en ramas. Así mismo, la combinación de urea al 2 % y  $0.50 \text{ ml/L}^{-1}$  de CEPA produjo una mayor brotación, aunque hubo más del 50 % de defoliación.

### **Despunte o poda de brotes**

Con la realización de esta práctica lo que se persigue es promover la brotación vegetativa de verano para que los brotes puedan florecer en agosto o septiembre y producir fruto en invierno (Curti, 1996).

Con el objetivo de incrementar la brotación vegetativa de junio y julio, Curti (1996) aplicó tratamientos de despunte, eliminando 10 cm de la punta de las ramas en 4 y 6 fechas en el primer y segundo años respectivamente en diferentes huertas cada año; los resultados que obtuvo indican que el mejor tratamiento fue el de despunte en el mes de mayo, ya que incrementó en 44 % la producción de brotes vegetativos de verano, en promedio de los dos años con respecto al testigo.

Además, la brotación vegetativa se estimuló considerablemente con el despunte, lo cual se notó alrededor de un mes después de aplicar los tratamientos en las brotaciones de abril y julio, ya que el testigo sin despunte fue el tratamiento que mostró mayor número de flores, lo que evidencia que en los tratamientos despuntados únicamente se estimuló la brotación vegetativa y no la floral. El despunte de mayo generó la mayor cantidad de brotes vegetativos en julio, en relación con los árboles testigo.

### **Importancia de los carbohidratos en la producción forzada**

Los carbohidratos cumplen varios papeles en las plantas, como reserva, como fuente de energía y también, como recientemente se ha demostrado, como modulador regulador de la expresión de los genes (Goldschmidt *et al.*, 1997).



La producción fotosintética de carbohidratos (tal como se libera de la reserva del árbol) esta relacionada con el proceso de consumo de carbohidratos durante el complejo circuito regulatorio de reaprovechamiento y realmacenamiento (Goldschmidt *et al.*, 1997).

La floración, el amarre y crecimiento de frutos han sido identificados como tres distintas etapas críticas dentro del curso anual de formación del rendimiento de los cítricos, donde cada etapa requiere considerables cantidades de energía cuyo suministro depende de la disponibilidad de carbohidratos. El amarre está más estrechamente relacionado con los niveles de carbohidratos (Goldschmidt *et al.*, 1997). Durante la segunda semana después de la caída de pétalos los frutos de la posición terminal de las inflorescencias con hojas tuvieron significativamente mayor contenido total de poliaminas, más rápida tasa de crecimiento y exhibieron mayor porcentaje de amarre que aquellos nacidos en posición terminal de inflorescencias sin hojas (Lovatt *et al.*, 1992).

Mientras que la diferenciación de brotes florales podría requerir únicamente un nivel umbral de carbohidratos, el desarrollo floral y antesis consumen gran cantidad de carbohidratos debido a la gran cantidad de flores por árbol y a los altos rangos de respiración (Goldschmidt *et al.*, 1997).

La ganancia en tamaño del fruto parece estar más directamente correlacionado con la disponibilidad de fotosintatos ya que la eliminación de la demanda mediante despunte de brotes y anillado se expresa en incrementos considerables en el tamaño de frutos (Goldschmidt *et al.*, 1997).

### **Importancia de la nutrición mineral en producción forzada.**

Existen factores que limitan el incremento de la producción en los cítricos, tales como un manejo inadecuado de la nutrición de los árboles, que se agrava con el alza de los precios de fertilizantes y la disminución de los precios del limón como consecuencia de la saturación del mercado registrado en los últimos años, dando

como resultado una reducción del aporte de fertilizantes a estos frutales por parte de los productores.

Bajo condiciones naturales de Veracruz, el limón "Persa" puede emitir hasta seis floraciones al año (Curtí, 1991), lo que podría llevar a pensar en el gran desgaste fisiológico que implica para la planta; por ello, es importante que al pretender realizar prácticas culturales tendientes a incrementar la producción invernal en limón 'Persa', también se haga un suministro adecuado de nutrimentos, ya que además, como lo indican Becerril y Rodríguez (1989) las plantas sometidos al desfaseamiento sufren mayor desgaste que aquellas en condiciones normales.

### **Fertilización edáfica.**

El aporte de macronutrimentos, como el nitrógeno, fósforo y potasio por lo general se hace en forma de fertilizantes aplicados al suelo en la mayoría de las zonas agrícolas del país. De esta manera se han realizado diversos estudios para determinar la dosis óptima de fertilización en cítricos en general.

La fertilización química al suelo es una forma comúnmente utilizada para abastecer nutrimentalmente al cultivo.

De esta manera Curtí *et al.* (1993) recomiendan una dosis de 920 g. de nitrógeno al suelo por árbol al año en plantaciones mayores de 10 años.

Por otro lado, en evaluaciones de dosis y formas de aplicación de nitrógeno y fósforo en naranja 'Valencia' en la zona norte de Veracruz, Hernández *et al.* (1992) encontraron que las aplicaciones de 0.600 y 1200 g de N.árbol<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> y 0 y 600 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.árbol<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> no incrementaron el rendimiento y número de frutos por árbol con respecto al testigo sin fertilizar, en el primer año de fertilización. Los autores atribuyen la falta de respuesta de los árboles a las aplicaciones a que los resultados de un año de evaluación no pueden ser concluyentes en este tipo de trabajo, ya que elementos como el fósforo son poco móviles en el suelo; por otra

parte a que el nitrógeno puede estar deficiente en el suelo o ser lixiviado por las altas lluvias del trópico, por lo que su aplicación no se ve reflejada inmediatamente en el rendimiento.

No obstante, el aporte de algunos elementos como el N puede ser aplicado en forma foliar como alternativa para sustituir la fertilización edáfica, como lo comprobaron Almaguer *et al.* (1997) al evaluar la aplicación foliar de urea normal, urea con bajo contenido de biuret, sustancias húmicas (todos al 4 %), fertilizante completo (mezcla de macronutrientes) y fertilización al suelo, con seis aplicaciones foliares lograron incrementar el número de frutos de naranja 'Valencia' a menor costo, con relación a las plantas a las que se les aplicó urea al suelo. Además, la aplicación foliar de urea comercial resultó más económica que la urea con bajo contenido de biuret además de no causar quemaduras en las hojas o brotes y sin disminuir significativamente la producción de frutos totales.

La fotosíntesis es uno de los principales procesos relacionados con la absorción y asimilación de nitrógeno en frutales (Faust, 1989), debido a que el N es componente de la clorofila (Ryugo, 1988). El contenido de nitrógeno en la hoja es un factor determinante en la tasa fotosintética por unidad de área foliar. Si el contenido de nitrógeno es alto, la tasa fotosintética también (Calderón, 1983).

En cuanto a parámetros fisiológicos, la eficiencia en el uso del N en la fotosíntesis disminuye cuando la concentración foliar de N es excedente (Romero y Syvertsen, 1996).

El pigmento más importante en plantas verdes es la clorofila, la cual participa fundamentalmente en el proceso de fotosíntesis, en la transformación de energía luminosa a energía química y ha sido utilizado como parámetro que se relaciona con la tasa fotosintética (Buttery y Buzzell, 1977).

El potencial fotosintético, expresado como el contenido total de clorofila en las hojas, está correlacionado con la tasa fotosintética (Syvertsen,

1985). Marschner (1986) menciona que más del 75 % del nitrógeno orgánico total, se localiza en los cloroplastos, principalmente en forma de enzimas y en una deficiencia éste tiene efecto en la síntesis de clorofila.

### **Aporte de micronutrientes.**

Los micronutrientes tienen funciones específicas en el metabolismo de los árboles y cuando disminuye o se ve afectada la absorción o translocación de determinado nutriente, se perturba la función metabólica (Silva y Rodríguez, 1995).

Con la aplicación de urea a las soluciones foliares de micronutrientes, se tienen los mejores resultados para el Zn y B (Khattak *et al.*, 1994).

En especies frutales no deficientes en boro aplicaciones foliares proveen un incremento en el cuajado de frutos y producción, especialmente cuando existen bajas temperaturas, días nublados o el tiempo de lluvia prevalece durante el proceso de floración (Salazar y Lovatt, 1992).

La principal función del hierro (Fe) es la activación de diferentes enzimas en las que participa como grupo prostético (citocromos, catalasa, peroxidasas, deshidrogenasa). El Fe también se encuentra en la célula formando una compleja unión con moléculas de porfirina (Silva y Rodríguez, 1995).

El manganeso (Mn) se encuentra en una compleja unión de aminoácidos y participa en reacciones de óxido reducción, participando en la reducción de los nitratos, y como activador de enzimas de diversos procesos metabólicos de importancia general (asimilación de CO<sub>2</sub>, descarboxilación e hidrólisis de peptidasas, síntesis del ácido ascórbico), y junto al hierro en la síntesis de la clorofila (Silva y Rodríguez, 1995).

El cobre (Cu) se encuentra como un constituyente de uniones complejas con ciertas enzimas respiratorias (ferrosinasa, oxidasa del ácido ascórbico), además de estar ligado a los cloroplastos. Actúa en las reacciones del fenol y polifenoloxidasas, en la oxidación de fenoles a quininas y en la polimerización de las quininas a melaninas (Silva y Rodríguez, 1995).

El zinc (Zn) activa diversos procesos enzimáticos como la fosforilación de la glucosa y, a través de ella, la formación del almidón, peptidasas, condensación de aminoácidos a proteínas y la síntesis del ácido indolacético y del triptófano (Silva y Rodríguez, 1995).

### **Fertilización foliar**

La fertilización foliar se define como la aplicación, en la parte aérea de las plantas, de soluciones químicas que contienen elementos esenciales para el crecimiento de los cultivos. Es una forma de nutrición a través de las hojas, que no es un sustituto de la fertilización edáfica, sino en la mayoría de los casos un complemento. No todas las plantas responden a la fertilización foliar.

La interacción del cultivo con el ambiente y las propiedades de la solución son determinantes (Rodríguez, 1997). La fertilización foliar se ha vuelto una práctica común en huertos comerciales de frutales por su facilidad para corregir deficiencias de micronutrientes (Alexander, 1986). La fertilización foliar presenta algunas ventajas, con respecto a la fertilización al suelo, tales como una rápida asimilación de los nutrientes por la planta; una respuesta rápida al agregar sustancias al sitio de interés; un aprovechamiento del 85 % del producto aplicado, comparado con el 10-30 % vía radical; un suministro adecuado de nutrientes a plantas cultivadas en suelos arenosos o en condiciones en que haya fijación del elemento; en algunos casos se incrementa el rendimiento y mejora la calidad interna de los diferentes órganos de interés de las plantas

(Alexander, 1986); además de evitar la contaminación al suelo por lavados y escurrimientos (Lovatt *et al.*, 1992).

No obstante que la fertilización foliar presenta algunas desventajas tales como: tasas bajas de penetración en hojas con cutículas gruesas, se requieren varias aplicaciones para introducir una cantidad adecuada de nutrimentos que afecten significativamente el rendimiento, trayendo consigo un aumento considerable en el costo de producción pudiendo causarse quemaduras cuando se usan dosis altas (Alexander, 1986).

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***Condiciones de la zona de estudio***

La presente investigación se realizó en la zona central del estado, en las coordenadas 18° 49´ de latitud Norte y 96° 43´ de longitud Oeste a 380 msnm.

### **Clima**

García (1988) menciona que la región presenta un clima cálido-seco-regular con una temperatura promedio de 25.2 °C; su precipitación pluvial media anual es de 2,612.2 mm.

### **Suelo**

Los suelos son de tipo feozem y vertisol, se caracteriza por tener una capa superficial rica en humus, su susceptibilidad a la erosión es poca. En gran porcentaje se utiliza para la agricultura. En la unidad experimental el suelo es de tipo arcilloso, conteniendo más de un 50 % de arcilla en su estructura.

### **Riego**

El sitio experimental cuenta con riego por micro aspersión y a la vez con fertirriego, se utilizaron micro aspersores con un gasto de 60 L/ha<sup>-1</sup>, dentro de la unidad experimental el riego consistió en la paliación de 180 litros de agua por árbol por día, que es según cálculos realizados el requerimiento diario para un árbol de esta edad.

## **Fertilización**

Se inicio una fertilización especializada para limón persa en el mes de septiembre, con fines de mejorar calidad de fruto (Cuadro 2).

La aplicación del fertilizante vía riego se realiza semanalmente, fraccionando la aplicación en tres riegos. Esto con el fin de tener una diferenciación floral adecuada.

## **Experimento**

El experimento se desarrollo en el rancho “Italia” propiedad de la empresa “Costa de Veracruz S.A. de C.V.” dedicado ala producción de limón persa ubicado en la comunidad de “la angostura”, municipio de Tierra Blanca, en el estado de Veracruz.

## **Diseño experimental**

El experimento se estableció en el mes de noviembre del año 2012, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con nueve tratamientos y seis repeticiones. Cada unidad experimental estuvo representada por un árbol.



**Cuadro 2.** Programa nutricional de Limón Persa Rancho Italia, tierra blanca Veracruz

Etapa fenológica	Días	Días Acum.	Fertilizantes	M <sup>3</sup> /riego	No. fertiriego	Kg./M <sup>3</sup>	Kg./riego	Total Kg/ha	Aporte de nutrimentos						
									N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO		
Septiembre	30	60	FEP 7-7-20+9Mg+ME	21	4	0.64	13.5	53.9	4	4	11	5			
			Nitrato de Calcio (15.5-0-0-26.5)			0.37	8	31.1	5				8		
			Total de unidades fertilizantes								9	4	11	5	8
			Concentración de fertiriego en ppm								116	116	116	6	0
			Relación N:P:K								1.0	0.5	1.3		
Octubre Inductiva	30	90	FEP 7-7-20+9Mg+ME	25	4	0.62	16	62.1	4	5	12	6			
			SPO 52			0.23	6	23.5	0		12		0		
			Nitrato de Calcio (15.5-0-0-26.5)			0.24	6	24.3	4				6		
			Total de unidades fertilizantes								8	5	25	6	6
			Concentración de fertiriego en ppm								98	37	236	6	62
			Kg/ha/día								0.3	0.2	0.8	0.2	0.2
Nov – Dic Intermedia	60	150	FEP 7-7-20+9Mg+ME	27	8	0.63	17	136.4	10	11	27	12			
			SPO 52			0.28	7	59.8	0		31				
			Nitrato de Calcio (15.5-0-0-26.5)			0.51	14	110.2	17						
			Total de unidades fertilizantes								27	11	27	12	29
			Concentración de fertiriego en ppm								112	63	189	0	73
			Relación N:P:K								0.4	0.4	1.0		

Ene – Jul Vegetativa	210	360	FEP 7-7-20+9Mg+ME	20	28	0.64	13	359.6	25	28	72	32				
			Fosfonitrato			0.15	3	33.5	26		0		0			
			Nitrato de Calcio (15.5-0-0-26.5)			0.45	9	252.6	39				67			
			Total de unidades fertilizantes							64	28	72	32	67		
			Concentración de fertiriego en ppm							94	64	193	0	40		
			Relación N:P:K							1.0	0.4	1.1				
									143	120	170	60	143			

Mes	Formula	Kg./Planta	Kg/ha					
Octubre	Granulada 10-04-31+ 5 Mg	1	300	30	12	93	15	
				173	132	263	75	143

## Tratamientos

Los tratamientos que se establecieron consistieron en diferentes fertilizantes utilizados para inducción foliar.

**Cuadro 3.** Tratamientos evaluados para la inducción floral de limón persa en el rancho "Italia "municipio de Tierra blanca, Veracruz 2012.

Tratamiento	Dosis ha <sup>-1</sup>	Dosis L <sup>-1</sup>
1 Testigo	0	0
2 Coron	2.5L <sup>-1</sup>	2.5ml
3 Coron	5L <sup>-1</sup>	5 ml
4 Coron	10L <sup>-1</sup>	10 ml
5 Biozyme	1L <sup>-1</sup>	1 ml
6 Maxigrow	1 L <sup>-1</sup>	1ml
7 Cystar	500 ml	0.5 ml
8 Cystar	500 ml	0.5 ml
9 Selecto XI	1 L <sup>-1</sup>	1ml

Todos los tratamientos fueron aplicados vía foliar, a punto de goteo (el equipo previamente calibrado con un gasto de 3 L/árbol<sup>-1</sup>), utilizando para ello una turbina pulverizadora de 1000 litros de capacidad.

## Variable evaluada

La variable evaluada fue el conteo de flores totales por m<sup>2</sup> por árbol a cada tratamiento a los 20, 40 y 70 días después de la aplicación (DDA).

## Análisis estadístico

Se hicieron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.1. 3 (SAS Institute Inc. 2006).

## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### ***FLORACIÓN A LOS 20 DDA***

Una vez que se realizó el análisis de los resultados se observó que la mayoría de los tratamientos superaron al testigo destacando el tratamiento 4 (coron  $10\text{L}^{-1}/\text{ha}^{-1}$ ) con un promedio de  $124.67$  flores  $/\text{m}^2$  y seguido del tratamiento 6 (maxigrow) con un promedio de  $122.67$  flores  $/\text{m}^2$  y el tratamiento 3 (coron  $5\text{L}^{-1}/\text{ha}^{-1}$ ) con un promedio de  $20.67$  flores  $/\text{m}^2$  (Cuadro 4).

Esto concuerda con lo reportado por (Embleton *et al.*, 1986). donde menciona que la aplicación de nitrógeno directamente a las hojas, especialmente urea nitrogenada, puede ser una alternativa potencial a la fertilización convencional al suelo, sin contribuir a la salinidad del suelo y la contaminación de los mantos acuíferos.

### ***FLORACION A LOS 40 DDA***

En esta evaluación solo 5 de los tratamientos superaron al testigo además que los tratamientos tuvieron un efecto menor comparado con la evaluación a los 20 (DDA) ya que el tratamiento 5 (biozyme  $1\text{L}^{-1}/\text{ha}^{-1}$ ) que fue el que obtuvo el mayor número de flores  $/\text{m}^2$  solo promedió  $34.67$  flores  $/\text{m}^2$  seguido del tratamiento 2 (coron  $2.5\text{L}^{-1}/\text{ha}^{-1}$ ) con un promedio de  $20.67$  flores  $/\text{m}^2$ .

Esto coincide con lo reportado por (Guardiola, 1981). Donde menciona El número, la intensidad, la duración y la época de aparición de las brotaciones varía con las condiciones climáticas a que estén sometidas las plantas, así como la variedad y la edad de las mismas. Una vez emitidos los brotes, la edad y localización de los mismos tienen una influencia definitiva en la brotación y floración, de manera que los brotes más jóvenes florecen antes que los más viejos (Cuadro 4).

### ***FLORACION A LOS 70 DDA***

70 (DDA) se observó un incremento en el número de flores presentando la misma tendencia que en la primera evaluación (20DDA). Ya que la mayoría de los tratamientos superaron al testigo el tratamiento 6 (maxigrow  $1\text{L}^{-1}/\text{ha}^{-1}$ ), con un promedio de  $104.00$  flores / $\text{m}^2$ . Seguido del tratamiento 5 (biozyme  $1\text{L}^{-1}/\text{ha}^{-1}$ ) con  $68.33$  flores/ $\text{m}^2$  y el tratamiento 2 coron ( $2.5\text{L}^{-1}/\text{ha}^{-1}$ ) promedio  $59.33$  flores/ $\text{m}^2$ (Cuadro 4).

Los resultados coinciden con lo reportado (Becerril y Rodríguez, 1989). Donde menciona La producción forzada en frutales tiene como propósito fundamental la obtención de cosechas en épocas y lugares en los que normalmente no se esperarían. Se utilizan diversas prácticas que incluyen poda, defoliación, anillado aplicaciones de productos químicos (Retardantes de crecimiento y estimuladores de la brotación). Empleando combinaciones de estas prácticas o una sola de ellas, se esperan efectos en la relación entre el crecimiento vegetativo y reproductivo x

**Cuadro 4. Comparación de medias del número de flores por  $\text{m}^2$  a los 20, 40 y 70 días**

**después de la aplicación (DDA).**

Tratamientos	Flores (m <sup>2</sup> )	Tratamiento	Flores (m <sup>2</sup> )	Tratamiento	Flores (m <sup>2</sup> )
-----20 DDA-----		-----40 DDA-----		-----70 DDA-----	
T4	124.67 a	T5	34.67 a	T6	104.00a
T6	122.67a	T2	20.67 a	T5	68.00 a
T3	82.67 a	T4	16.00a	T2	59.33 a
T9	76.00 a	T3	14.67a	T3	54.00 a
T7	56.33 a	T6	11.33 a	T4	44.67 a
T5	51.33 a	T1	10.00 a	T8	36.67 a
T2	48.00 a	T8	8.67 a	T9	36.00 a
T8	38.67 a	T9	6.67 a	T7	25.33 a
T1	22.67 a	T7	2.67 a	T1	24.00 a

Z medias con las mismas letras no difieren de acuerdo con la prueba de Tukey con una  $P \leq 0.05$ .

T1: Testigo, T2: coron (2.5 L<sup>-1</sup>/ha<sup>-1</sup>), T3: coron (5 L<sup>-1</sup>/ha<sup>-1</sup>), T4:(coron 10 L/ha<sup>-1</sup>), T5:(biozyme L<sup>-1</sup>/ha<sup>-1</sup>), T6: (maxigrow L<sup>-1</sup>/ha<sup>-1</sup>), T7: cystar (250 ml/ha<sup>-1</sup>), T8: cystar (500 ml/ha<sup>-1</sup>), T9: (selecto xl L<sup>-1</sup>/ha<sup>-1</sup>).

Se observa claramente como los tratamientos que ofrecen mejores resultados son el tratamiento T6: (maxigrow L<sup>-1</sup>/ha<sup>-1</sup>) y tratamiento T4:(coron 10 L /ha<sup>-1</sup>). Esto sugiere ambos tratamientos se obtuvieron resultados positivos presentando un mayor número de flores/m<sup>2</sup>se obtendrían mejores resultados haciendo una combinación de ambos, pero por cuestiones económicas es recomendable el uso del tratamiento 6 (maxigrow1L<sup>-1</sup>/ha<sup>-1</sup>).

## VII. CONCLUSIONES

- Todos los tratamientos promovieron un número abundante de flores superando al testigo la mayoría.
- Los mejores resultados en la promoción floral se obtuvieron en el tratamiento 6: (maxigrow  $1L^{-1}/ha^{-1}$ ) y el tratamiento T4:(coron10L/  $ha^{-1}$ ).
- En las aplicaciones de fertilizantes vía foliar el tratamiento que promueve mayor floración es el tratamiento 6: (maxigrow  $1L^{-1}/ha^{-1}$ ) y económicamente el mejor.

## VII. LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, A. 1986. Fertilization foliar. Kluwer Academic Publish. Boston. 488 p.
- ALMAGUER, V. G.; RODRÍGUEZ A, J.; BECERRIL, R. E. A.; LARQUÉ S. A. 1997. Promoción de la floración fuera de estación mediante estrés físico o químico aplicados a naranjo en invernadero. *Agrociencia* 31:51-58.
- ALMAGUER, V.; RODRÍGUEZ, A.; BECERRIL, R.; LARQUÉ-SAVEDRA, A.; SOTO, M. 1996. Concentración de prolina, proteínas solubles, fructosa, poliaminas y clorofila en hojas de naranjo navelina, sometidos a prácticas de floración forzada. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2(2):235-243.
- ALMAGUER, V. G.; EZPINOZA, E. J. R. 1993. Forced production in citrus trees with the applications of growth regulators in México. *Procinteramer. Soc. Trop. Hort.* 37: 105 - 112.
- AYALON, S.; MONSELISE, S. P. 1960. Flower bud induction and differentiation in the Shamouti orange. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 75, 216-21.
- BECERRIL, R. A. E.; RODRIGUEZ, A. J. 1989. Producción forzada en frutales de clima templado. *In: Memorias del simposium de producción forzada. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. Pp. 9-12.*
- BERNIER, G. 1988. The control of floral evocation and morphogenesis. *Ann. Rev. Plant Phy. Plant Mole. Bio.* 39: 175-219.
- BUBAN, T.; FAUST, M. 1982. Flower bud induction in apple trees: Internal control and differentiation. *Horticultural Review* 4: 174–203.
- BUTTERY, B. R.; BUZZELL, R. I. 1977. The relation between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. *Can. J. Plant Sci.* 57: 1-5.
- CALDERON, A. E. 1983. *Fruticultura general: el esfuerzo del hombre*. 2da. Ed. Limusa. México Pp 187 – 197.



- COTTIN, R. 1989. Control of flowering of Thai lime (*Citrus latifoliata* Tan.) in the humid tropics. *Fruits* 44(5): 259-273.
- CRUZ, H. H. 1992. Desfasamiento de cosecha de la naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) cv. Valencia tardía en Martínez de la Torre, Ver. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo México.
- CURTI, D. S. A. 1989. Reguladores de crecimiento y practicas de manejo para modificar la floración del naranjo "Valencia" (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en condiciones tropicales. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Fruticultura. C. P. Chapingo, México. 116 p.
- CURTI, D. S. A.; OROZCO, S. M.; DIAZ, Z. V.; LOREDO, S. X.; RODRIGUEZ, M. R.; PARRA, Q. R. A.; SANDOVAL, J. A. 1993. Manual de producción de cítricos en Veracruz. SARH. División agrícola. Folleto para productores No. 5 Papantla, Ver. México.
- CURTI, D. S. A. 1996. El despunte de brotes y el desarrollo de limón persa. *Agrociencia* 30: 405 - 409.
- CURTI, D. S. A.; MOSQUEDA, V. R.; RODRÍGUEZ, P. M. A. 1997. Ácido giberelico, ácido cloroetilfosfónico y urea en la floración y rendimiento del naranjo "Valencia". *Agrociencia* 31: 297-303.
- EL-OTMAN, M.; AIT-OUBAHOU, A.; LOVATT, C.; EL- HASSAINATE, F.; KAAANANE, A. 2004. Effect of giberellic acid, urea and KNO<sub>3</sub> on yield and on composition and nutritional quality of clementine mandarin fruit juice. *Acta Horticulturae* 632: 149-157.
- EMBLETON, T. W.; MATSUMMURA, L. H. M.; STOLZY, D. A.; DEVITT, W. W.; JONES, R.; EL- MOTAUM; SUMMERS, L. L. 1986. Citrus nitrogen fertilizer management, ground- water pollution, soil salinity, and nitrogen balance. *Applied Agr. Res.* 157-64.
- FAUST, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*. New York, John Wiley & Sons. 337 p.

- FORNEY, D. R.; FOY, C. L.; WOLF, D. D. 1985. Weed suppression in no-till alfalfa (*Medicago sativa*) by prior cropping of summer-annual forage grasses. *Weed Science* 33: 490–497. (Available online at: <http://www.jstor.org/stable/4044135>) (verified 24 March 2010).
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Koppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México 217 p.
- GALSTON, A.W. (1983). Polyamines as modulators of plant development. *Bioscience* 33: 382-388.
- GOLDSCHMIDT, E. E. ;ASCHKENAZI, N. ; HERZANO, Y.; SCHAFFER, A. A.; MONSELISE, S. P. 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citnJ8. *Sci. Hort.* 26, 159-166.
- GUARDIOLA, J. L. 1981. Flower initiation and development in citrus. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 1: 242-246.
- JANKIEWICZ, L.S. 1989. Desarrollo Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- KHATTAK, J. K.; SHARIF, M.; NAZ, S. 1994. Nutrient status of citrus orchard soils in Peshawar Valley. *Sarhad Journal of Agriculture* 10(4): 451-460.
- LEA-COX, J. D.; SYVERTSEN, J. P. 1995. Nitrogen uptake by Citrus leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 505-509.
- LOVATT. C. J.; ZHENG, Y.; HAKE, K. D. 1988a. Demonstration of a Change in Nitrogen Metabolism Influencing Flower Initiation in Citrus. *Israel Journal of Botany* 37: 181-188.
- LOVATT. C. J.; ZHENG, Y.; HAKE, K. D. 1988b. A new look at the Kraus-Kraybill hypothesis and flowering in Citrus. *Proceedings of the 6th International Citrus Congress* 1: 475-483.

- LOVATT, C. J.; SAGEE, O.; ALI, A. G. 1992. Ammonia and/or its metabolites influence flowering, fruit set, and yield of the 'Washington' navel orange. Proc. Intl. Soc. Citricult. 1: 412-416.
- MARINHO, C.S.; SOUTO, R.F.; SOUZA, S. F. 1993. Influência da adubação foliar e desbaste manual na qualidade dos frutos da Tangerineira (*Citrus reticulata* Blanco, cv. Poncã). Pesquisa Agropecuária Brasileira (Brasília) 28(9): 1019-1023.
- MARSCHNER, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich. Fla. USA. 543 p.
- METZGER, J. D. 1987. Hormones and reproductive development. En: Davies, PJ (Ed) Plant hormones and their role in plant growth and development, Martinus Nijhoff, Dordrecht. Pp. 431-462.
- MONSELISE, S. P.; HALEVY, A. H. 1964. Chemical inhibition and promotion of citrus flower bud induction. Amer. Soc. Hort. Sci. 84: 141-146.
- OKUDA, H.; KIHARA, T.; IWAGA, L. 1996. Effect of fruit removal on photosynthesis, stomatal conductance and ABA level in the leaves of vegetative shoots in relation to flowering of Satsuma Mandarin. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 65(1): 15-20.
- ORTEGA, O. C. 1971. Relación entre la fecha de inicio del riego y las fechas de floración y fructificación de la guayaba en Calvillo, Aguascalientes. Revista Fitotecnia Mexicana 2: 34-35.
- RABE, E., AND C. J. LOVATT. 1986. Phosphorus deficiency results in a state of ammonia toxicity. Plant Physiol. 81: 774-779.
- RODRÍGUEZ, A. J. 1989. Inducción y diferenciación floral en frutales tropicales y subtropicales: una especie de revisión. Memorias del Simposium Producción Forzada en Frutales. Colegio de Postgraduados. México. Pp 17-19.

- RODRÍGUEZ, M. M. 1997. Fertilización foliar en el cultivo del tomate en condiciones de invernadero Montecillo, México. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- ROJAS, E. 1994. Respuesta floral de la lima (*Citrus latifolia* Tan. cv. Tahiti) a aspersiones de ácido 2-cloroetilfosfónico. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 38: 95-99.
- ROJAS, E. 1995. Floral response of lime (*Citrus latifolia* Tan. cv. Tahiti) to foliar sprays of hydrogencyanamide. Annual Meeting of the American Society for Horticultural Science (Canadá). Pp. 2-12.
- ROMERO, A. R.; SYVERTSEN, J. P. 1996. The influence of foliar applied urea nitrogen and saline solution on gas exchange of citrus leaves. J. Am. Soc. Hort. Sci. 121: 501-506.
- RYUGO, K. 1988. Fruit Culture, Its Science and Art. John Wiley & Sons. New York. 344 p.
- SCHAFFER, B.; RAMOS, L.; LARA, S.P. 1987. Effect of fruit removal on net gas exchange of avocado leaves. HortScience 22: 925-927.
- SACHS, R.M. 1977. Nutrient diversion: an hypothesis to explain the chemical control of flowering. HortScience 12: 220-222.
- SALISBURY, F. B.; ROSS C, W. 2000. Fisiología de las plantas. Ed. Paraninfo. España. pp: 623-624.
- SALAZAR, S.; LOVATT, C. 1992. Use of gibberellic acid to manipulate flowering to the hass avocado: a preliminary report. Searching for Quality, New Zealand, 23-26 septiembre. Pp: 106-111.
- SAS Institute Inc. 2006. Base SAS 9.1.3 Procedures Guide, Second Edition, Volumes 1, 2, 3, and 4. Cary, NC. SAS Institute Inc.
- SIAP. 2002. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON, Anuario Agrícola por Municipios, SAGARPA. Consulta de Indicadores de

Producción Nacional y Márgenes de Comercialización de limón persa.  
[www.siap.sagarpa.gob.mx/siacon](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/siacon)

SILVA, H. y RODRÍGUEZ, S. 1995. Fertilización de las plantaciones frutales. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile. 519 p.

SINCLAIR, W. B. 1984. The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits. Univ. Calif., Div. Agric. Nat. Res., California, EEUU.

SYVERTSEN, J. P. 1985. Integration of water stress in fruit trees. HortScience. 20(6): 1039-1042.

WEAVER, R. J. 1976. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Ed. Trillas. México, D. F. Pp 45-96.