

R: 02859 **ANALIZADO**
TRABAJOS TECNICOS

**EFFECTO DEL NIVEL FREATICO EN EL DESARROLLO RADICULAR DE
ARBOLES CITRICOS EN COLOMBIA 1)**

S. E. Camacho-B., R. Salazar C., C. Román y G. Calderón 2)

R E S U M E N

Se realizaron observaciones y mediciones de la profundidad y distribución del sistema radicular de árboles cítricos de 4 a 12 años de edad en cuatro localidades de Colombia. Simultáneamente se realizaron observaciones y mediciones de la profundidad del nivel freático.

Los datos colectados permitieron describir la posición del sistema radicular y el efecto del nivel freático sobre el mismo. Se concluye que la profundidad efectiva mínima del suelo aceptable para la plantación comercial de cítricos es de 1.0 a 1.2 metros. En la mayoría de los suelos aluviales de Colombia esta profundidad efectiva del suelo está determinada por la profundidad del nivel freático.

S U M M A R Y

A series of observations and measurements were made on the depth and distribution of the root system of 4 to 12 year old citrus trees in four locations of Colombia. At the same time the water table depth was observed and measured.

Collected data allowed a description of the distribution of the citrus trees root system as well as of the effects of the water table on it. It is concluded that an acceptable effective soil depth for commercial planting of citrus is 1.0 to 1.2 meters. In most Colombian alluvial soils the effective soil depth is determined by the water table dept.

1) Contribución de los Programas Nacionales de Fisiología Vegetal y Hortalizas y Frutales del Instituto Colombiano Agropecuario, Apartado Aéreo 151123, Bogotá, Colombia.

2) Respectivamente: I. A., Ph. D. Director Prog. Nal. Fisiología Vegetal-ICA, I. A., M. S. Prog. Hortalizas y Frutales-ICA, I. A., M. S. Conservas California S. A. e I. A. Prog. Hortalizas y Frutales-ICA.

I N T R O D U C C I O N

Durante los últimos años en Colombia se ha fomentado el cultivo de frutales, especialmente cítricos. Muchas de las zonas donde se han sembrado, son de suelos bajos, con posibilidades de inundación durante algún periodo del año. En otras zonas, se presentan problemas de mal drenaje de los suelos, asociados con otros problemas tales como salinidad y deficiencias de nutrimentos. Grandes proyectos de cultivo de cítricos han fracasado en Colombia por la falta de consideración de los problemas anteriormente citados, y principalmente la posición del nivel freático.

El presente trabajo informa sobre resultados de observaciones realizadas en varios Centros Experimentales del Instituto Colombiano Agropecuario, observaciones emprendidas con el objeto de determinar la profundidad efectiva del suelo requerida para el buen desarrollo de árboles de cítricos bajo las condiciones tropicales de Colombia.

REVISION DE LITERATURA

La profundidad del sistema radicular de árboles cítricos está condicionada por factores genéticos y por factores del medio ambiente. Las diferencias en crecimiento causadas por factores genéticos son apreciables cuando los árboles crecen en suelos bien profundos. Así por ejemplo, Ford (1954) observó que la Mandarina "Cleopatra" presentó un crecimiento vertical más rápido que el limón "Rugoso", Naranja "dulce" y Naranja "agrio". Por otra parte la posición del mayor volumen de raíces absorbentes también es influenciado por el patrón. Así, árboles de Limón "Rugoso" y Mandarina "Cleopatra", mayores de 10 años, presentaron más del 50% de raíces absorbentes a profundidades por debajo de los 75 cm, pero la naranja agria presentó un sistema radicular comparativamente más alto (Ford, 1954).

Considerando los factores externos del suelo, el desarrollo radicular de los cítricos depende de la profundidad efectiva del suelo. Por profundidad efectiva de un suelo se entiende la profundidad máxima a que pueden penetrar las raíces de los árboles sin que encuentren obstáculos físicos o químicos que impidan su normal crecimiento y desarrollo. Estos obstáculos físicos pueden ser de tres clases:

1. La presencia de rocas o material parental escasamente meteorizado, los cuales por su dureza impiden físicamente la penetración radicular. Cuando esta clase de subsuelo se halla cerca a la superficie, es necesario subsolar para romper dicha capa y permitir mejor crecimiento radicular. Tal ha sido el caso en el Valle de San Joaquín (California) donde la mayoría de los suelos cultivados con cítricos han debido ser subsolados*.
2. La presencia de capas arcillosas compactas, como los llamados "hard pans" o capas duras, los cuales por su dureza (que puede ser menor que en el caso anterior) impiden también la penetración de las raíces por resistencia física. En éste, como en el caso anterior, puede haber un efecto indirecto sobre el crecimiento radicular, pues tales capas duras previenen el movimiento vertical del agua en el suelo (drenaje interno) y originan niveles freáticos altos.

* Comunicación personal de W. Bitters.

3. Un alto nivel freático. Las raíces de cítricos no pueden crecer en zonas de suelo con agua libre debido a la pobre aireación resultante.

Por otra parte, tablas de agua cercanas a la superficie, causan la acumulación de sales, las cuales a su turno pueden reducir rendimientos. En estas condiciones es necesario pasar más agua a través de la zona de raíces para lavar las sales lo suficientemente rápido, de tal manera que la concentración de sales en la solución del suelo sea suficientemente baja que no afecte los rendimientos (Hardy, 1974; Jones y Embleton, 1973).

El manejo del agua, incluyendo irrigación y drenaje, ha sido uno de los problemas más difíciles en las áreas planas productoras de cítricos en Florida (Ford, 1968). Los mismos problemas ocurren en los trópicos en áreas donde los periodos lluviosos son prolongados o existen altos niveles de la tabla de agua, y siempre que árboles cítricos son cultivados en suelos mal drenados, el problema es de importancia.*

Durante y después de lluvias fuertes, se necesita el drenaje superficial necesario para remover el exceso de agua rápidamente. El agua que penetra en el suelo y sube la tabla de agua, también debe ser removida por drenaje interno. En consecuencia, drenajes superficial e interno son necesarios en la mayoría de los suelos pobremente drenados usados en la producción de cítricos (Ford, 1968; Young, 1948).

Las raíces de los cítricos, como las de muchas otras plantas, pueden crecer rápida y profundamente en suelos arenosos bien drenados, pero no crecerán o vivirán por largo tiempo en un suelo saturado con agua. Entonces, cuando la tabla de agua está muy cerca a la superficie, las raíces quedarán confinadas a un volumen pequeño de suelo, reduciéndose la longevidad de los árboles y disminuyendo así la vida productiva de los mismos (Ford, 1954 y 1968).

Tablas de agua fluctuantes, como aquellas que ocurren en áreas con periodos secos y lluviosos marcados, tienen un efecto perjudicial marcado en el sistema radical porque destruyen las raíces alimentadoras. Las fluctuaciones de la tabla de agua son causadas por la pluviosidad, tipo de suelo, topografía, tipo de drenaje interno y superficial y, en algunos casos, por prácticas deficientes de irrigación (Ford, 1968).

El tiempo es el factor crítico en una tabla de agua fluctuante. Agua libre en la zona de raíces por unos pocos días no hará daño considerable a árboles cítricos, pero inundaciones por una semana, probablemente causarán daños apreciables. Por otra parte, si los árboles han estado creciendo por algún tiempo sobre una tabla de agua relativamente alta, la cual durante los periodos secos baja más rápidamente que el crecimiento propio de las raíces, los árboles pueden quedar altos y secos y sufriendo severas deficiencias de agua Sites et al., 1964).

* Comunicación personal de W. Reuther.

El daño a las raíces bajo condiciones de inundación depende de la textura y temperatura del suelo. El daño ocurre generalmente más rápido en climas con altas temperaturas que en aquellos con temperaturas moderadas; en suelos de textura fina, las raíces en crecimiento están sujetas a daños menores que aquellas que crecen en suelos de textura gruesa (Stolzy et al., 1963; Young, 1948).

Muchos investigadores han mostrado que el daño a raíces bajo inundación es debido a falta de aireación en la zona radicular, inhibiendo el intercambio de gases (principalmente oxígeno y dióxido de carbono) entre las raíces, otros organismos vivos en el suelo y la atmósfera encima del suelo. La deficiencia de oxígeno causa alteraciones en el metabolismo de las raíces. La principal alteración es la inducción de la respiración anaeróbica o fermentación (Woolley, 1965). Esto ocasiona la presencia de altos niveles de alcoholes en las raíces, concentraciones a las cuales las mismas raíces de las plantas no son tolerantes. Muerte de las raíces ocurre después de cierto tiempo, abriendo paso a la entrada de agentes patógenos.

El daño a las raíces debido a mal drenaje combinado con el ataque de hongos causantes de pudriciones, resulta en un problema de severa decadencia del sistema radicular (Stolzy et al., 1965, Van Gundy and Kirkpatric, 1964).

En la mayoría de las zonas aluviales de Colombia, aptas para cítricos, el factor determinante de la profundidad efectiva del suelo es el nivel freático. Daño típico por mal drenaje interno y nivel freático alto se informó de una plantación de cítricos en Santa Lucía (Atlántico, Colombia). Allí tablas de agua fluctuantes y altas, la adición de riego y la no provisión de adecuado drenaje ocasionaron muerte rápida a los árboles en las zonas más afectadas. Al crecer los árboles, el problema se agravó, pues las raíces tendieron a crecer hacia abajo pero la zona bien aireada disminuyó al subir la tabla de agua con el riego, lluvias y otras fuentes de recarga. Aunque posteriormente se construyeron canales de drenaje la plantación no prosperó en parte por los daños causados por mal drenaje y en parte por la presencia de altas concentraciones de metales pesados (Fe extractable con DTPA, Cu y Zn) en manchas distribuidas al azar en el área de cultivo (Olsen y Christiansen, 1974; Utah State Univ., 1974).

Existen muchas referencias en la literatura que demuestran la necesidad de proveer adecuado volumen de suelo para el crecimiento radicular de los cítricos.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó durante 1970, haciendo observaciones directas del sistema radicular de árboles de cítricos localizados en huertos plantados en los Centros Experimentales de Palmira y Turipaná, La Estación Experimental Santa Lucía y la Granja Agrícola Municipal de Mompós.

El sistema radicular de los árboles fue descubierto totalmente por remoción cuidadosa del suelo en capas de 10 cm de profundidad, hasta llegar a las raíces

más profundas. Se contaron las raíces presentes en cada capa de 10 cm y se las clasificaron de acuerdo al diámetro. Raíces con diámetro menor de 0.5 cm se consideraron como raíces absorbentes. Los datos de número de raíces, longitud y diámetro dieron base para describir la posición del sistema radicular en el suelo.

Se determinó el nivel freático en los huertos del Centro Experimental Turipaná y del C. E. Palmira. En los otros sitios del estudio, la profundidad máxima de las raíces se usó como indicativo de la presencia del nivel freático durante la mayor parte del año (período lluvioso).

La Tabla 1 muestra las características de los árboles usados para observación. Desafortunadamente fue imposible conseguir árboles de la misma edad en las cuatro localidades, para hacer más válidas las comparaciones. Sin embargo, se estima que árboles que están iniciando la producción han explorado un gran volumen de suelo con sus raíces. Por otra parte, en Santa Lucía y Turipaná, donde los árboles eran más jóvenes, el volumen disponible de suelo era relativamente pequeño.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 2 muestra la profundidad máxima, mínima y media a que se encontraron raíces en los árboles estudiados en las diferentes localidades. Los árboles de Mompós y Palmira tenían raíces 1.0 a 1.10 m de profundidad, pero los de Turipaná y Santa Lucía tenían raíces solamente hasta una profundidad de 0.60 a 0.70 m. En todas las localidades las raíces verticales o más profundas presentaban pudriciones en los extremos, síntoma de destrucción de las mismas por las condiciones de anoxia causadas por el nivel freático.

La profundidad de la tabla de agua en el C. E. Palmira, varió de 2.80 a 0.95 m existiendo una estrecha relación entre ésta y la precipitación durante el mismo período de estudio. Durante épocas de baja precipitación, septiembre a diciembre (1970), el nivel de la tabla de agua fue relativamente profundo, mientras que en épocas de alta precipitación, marzo y mayo, la tabla de agua, subió progresivamente a medida que entraba la época de lluvias. Esto indica que la principal fuente de recarga de la tabla de agua en Palmira eran las lluvias (Figura 1). La posición de la tabla de agua durante el último mes de estudio permaneció por más de 30 días a 94.9 cm en promedio.

En el huerto de Turipaná se midió el nivel freático en tres pozos durante los meses de agosto de 1969 a enero de 1970 y se observó que durante los meses lluviosos de septiembre, octubre y parte de noviembre, el nivel de la tabla de agua estuvo entre los 0.40 a 0.60 m de profundidad. Al cesar las lluvias a mediados de noviembre, el nivel freático bajó rápidamente a niveles no detectables con los tubos de 1.50 de largo usados. La poca fluctuación del nivel freático durante el período de lluvias denota un drenaje interno muy lento de estos suelos, por cuanto las lluvias en esta zona son relativamente espaciadas pero de gran intensidad. Una si-

tuación similar ocurría en la Granja Santa Lucía, donde después de intensas lluvias el nivel freático alcanzaba 0.15 m de profundidad y se requerían periodos de 15 a 20 días para que descendiera a 0.75 m de profundidad. Indudablemente la elevada posición del nivel freático fue responsable de la elevada pudrición de las raíces de los árboles. Por la pudrición de las raíces más profundas es de esperarse que el nivel freático en Mompós estuvo entre 1.0 y 1.10 m durante la mayor parte de la estación lluviosa.

La Tabla 3 indica la zona del suelo donde se encontró el mayor porcentaje de raíces (+ 90%) de los árboles examinados. En Turipaná, Santa Lucía y Mompós se encontró el mayor volumen de raíces en los primeros 0.30 m del suelo, mientras que en Palmira las raíces se distribuyeron en los primeros 0.60 m. Parece pues que la posición del nivel freático no sólo determina la profundidad máxima a que pueden penetrar las raíces de los árboles, sino que también determina la profundidad del horizonte de suelo que es explotado por el 90% de las raíces de los árboles. Así, mientras en Turipaná se encuentra el 90% de las raíces en los primeros 0.30 m (con el nivel freático fluctuando a 0.40 - 0.60 m), en Palmira las raíces de los árboles exploraban un horizonte del doble de profundidad cuando el nivel freático estaba a 0.95 - 1.10 del nivel del suelo.

La Figura 2 muestra el patrón de distribución vertical de las raíces de los árboles en Palmira y Turipaná. Como se puede apreciar, los árboles en Palmira presentan una mejor distribución radicular en el perfil que los de Turipaná. El anclaje de los árboles de Turipaná es pobre y muy seguramente la persistencia de las condiciones de nivel freático anotadas hubieran resultado en árboles de poca vida.

El estudio del nivel freático y del desarrollo y posición del sistema radicular de cítricos determinó que los nuevos huertos experimentales en ese centro fueran plantados utilizando un sistema de camas y canales alternados para efectos de controlar el nivel freático y proporcionar un mayor volumen de suelo a las raíces de los árboles.

Las profundidades a que se encontraron las raíces de cítricos en este estudio contrastan notablemente con la profundidad de otros árboles frutales en suelos profundos. Se han reportado árboles de manzana cuyas raíces han crecido hasta 10 m de profundidad, pero en promedio, varios árboles frutales penetraron sus raíces a 5 m de profundidad, con la mayor concentración de las mismas entre 0.60 y 1.50 m (Proebsting, 1943).

Se observó la distribución horizontal de las raíces de un árbol de naranja en Palmira. La gran mayoría de ellas se encuentran en la circunferencia con radio de 3.0 m, y cerca del 90% de las raíces se encuentran en la circunferencia de 1.80 m de radio, mientras que el follaje del árbol o copa se extendía en una circunferencia de 2.70 m. Los datos presentados aquí son de interés por cuanto la distribución horizontal de las raíces debe considerarse para la adecuada localización de los fertilizantes. En este caso parece claro que los fertilizantes debieran ser colocados debajo del follaje o copa en vez de aplicarlos en las calles del cultivo. El patrón de distribución horizontal de las raíces no es afectado directamente por el nivel freático. Esta distribución de raíces es más afectada por las labores culturales y movimiento del suelo en las calles del huerto.

TABLA 1. Características de los árboles, examinados y textura del suelo en el cual crecían. (Promedios).

Localidad	Varietal Patrón	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro de copa (m)	Textura del suelo
Sta. Lucía (Atlántico)	Naranja Ruby Limón Rugoso	4	—	—	Arenoso-Arcillosos
Turipaná (Córdoba)	Nativa 1 de Mompós Naranjo Agrio	6	3.20	—	Arcilloso
Palmira (Valle)	Valencia Limón Rugoso	13	4.80	5.30	Arcilloso
Mompós (Bolívar)	Nativa 202 Limón Rugoso	12	4.50	5.0	Arcilloso-arenoso

TABLA 2. Profundidad en metros de las raíces de cítricos en diferentes localidades de Colombia.

Profundidad (m)	Sta. Lucía	Turipaná	Palmira	Mompós
Máxima	0.70	0.65	1.10	1.00
mínima	0.08	0.03	0.05	0.05
media	0.15	0.11	0.20	0.30

TABLA 3. Localización vertical del 90% de las raíces de los árboles y distribución horizontal de las mismas.

Localidad	No. de raíces no adsorbentes*	Perfil con 90% raíces (cm)	No. raíces Verticales	Longitud raíces horizontales (m)
Santa Lucía	457	0 - 30	10	4.50
Turipaná	307	0 - 30	6	3.80
Palmira	366	0 - 60	5	6.82
Mompós	380	0 - 30	15	3.30

* Aquellas raíces con diámetro mayor de 0.5 cm.

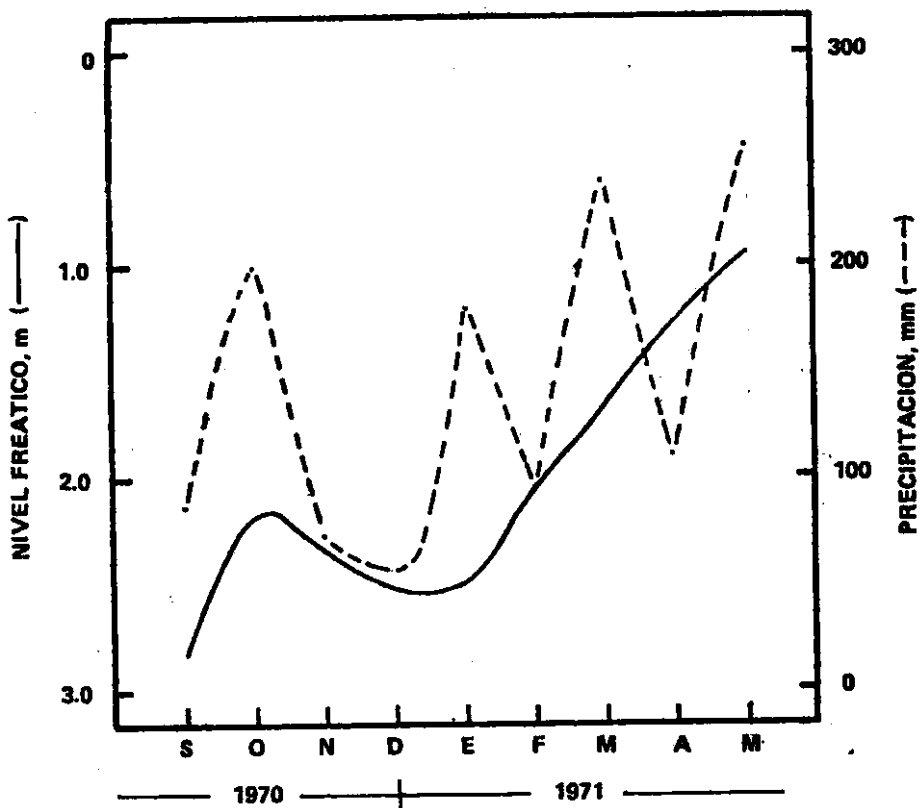


FIGURA 1. Variaciones de nivel freático y precipitación mensual en el huerto de cítricos del CNIA Palmira.

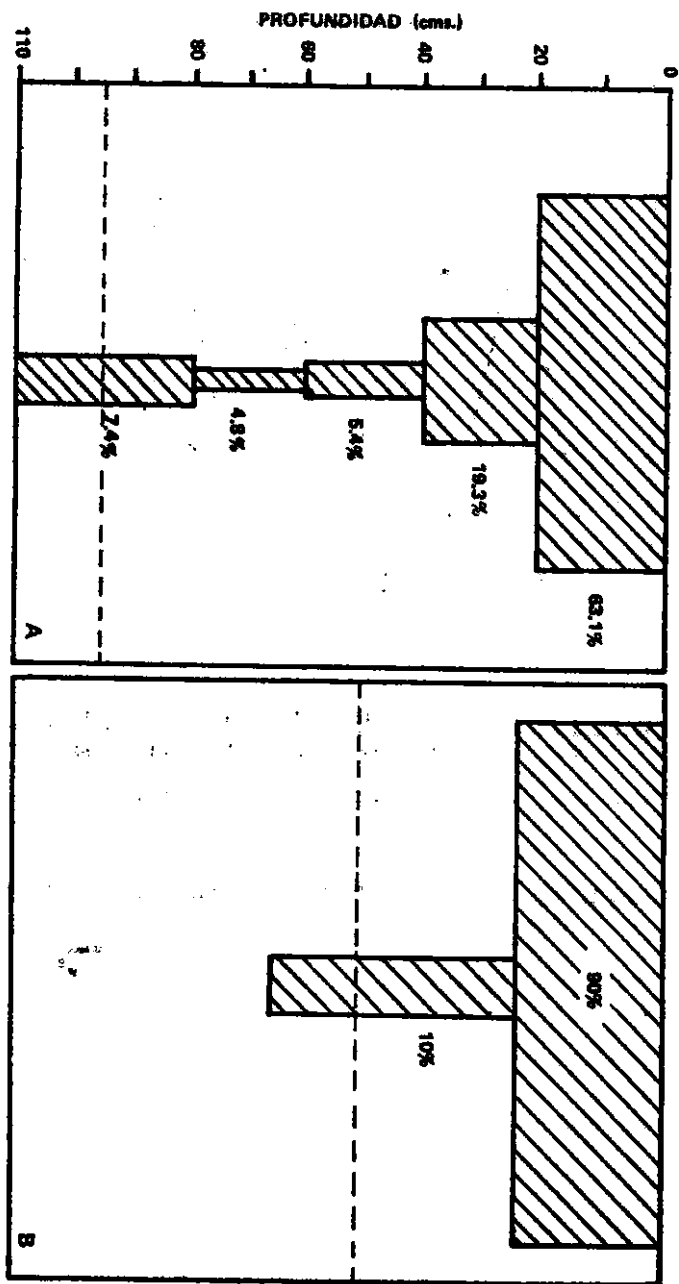


FIGURA 2. Distribución vertical del sistema radicular de A) Arbol de N. Valencía sobre Llanón, Ruyoso, de 13 años de edad, en el CNIA Palmira. B) Arbol de N. Nastre sobre N. Agrio de cuatro años de edad, en el CNIA Turpaná. Las líneas punteadas indican la profundidad promedio del árbol frutífero.

C O N C L U S I O N E S

De las observaciones realizadas se puede concluir que en las localidades bajo estudio la profundidad efectiva del suelo está determinada principalmente por la posición del nivel freático, y éste a su turno, determina la localización de las raíces de los árboles de cítricos.

Parece que una profundidad efectiva del suelo mínimo de 1.00 a 1.20 m es suficiente para permitir que los árboles se desarrollen y produzcan bajo la mayoría de las condiciones de clima aptos para cítricos en Colombia.

B I B L I O G R A F I A

- FORD, H. W. 1954. The influence of rootstock and tree age on root distribution of citrus. Proc. Amer. Soc. Sci. 63: 137-142.
- _____. 1968. Fluctuations of the water table in drained flatwood groves. Fla. Sta. Hort. Soc. Proc. 81: 75-79.
- HARDY, F. 1974. Root room. Trop. Agric. (Trinidad) 51 (2): 272-278.
- JONES, W. W. and T. W. EMBLETON. 1973. Soils, Soil Management, and Cover Crops. In: Reuther, W. (Ed.) The Industry. University of California Press. Vol. III Chap. IV. pp. 98-121.
- OLSEN, E. C. and J. E. CHRISTIANSEN. 1974. Land drainage and soil reclamation procedures in arid and sub-humid areas of developing countries. Utah State University. 127 pp.
- PROEBSTING, E. L. 1943. Root distribution of some deciduous fruit trees in a California orchard. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 43: 1-4.
- SITES, J. W. et al. 1964. Information to consider in the use of soils of flatwoods and marshes for citrus. Fla. Agr. Exp. Sta. Circ. S-135A.
- STOLZY, L. H. et al. 1963. Response of *Tylenchulus semipenetrans* infected citrus seedling to soil aeration and temperature. Soil. Sci. 96:292-298.
- _____. et al. 1965. Water and aeration as factors in root decay of *Citrus sinensis*. Phytopat. 55: 270-275.
- UTAH STATE UNIVERSITY. 1974. Water management research in arid and sub-humid lands of less developed countries. Ann. Progress Report to the USAID. 35 pp.
- VAN GUNDY, S. D. and J. D. KIRPATRICK. 1964. Nature of resistance in certain citrus rootstocks to citrus nematode. Phytopat. 54: 419-427.
- WOOLLEY, J. T. 1965. Drainage requirements in plants. Drainage for efficient crop production. Conf. Amer. Soc. Agr. Eng. St. Joseph, Michigan.
- YOUNG, T. W. 1948. Soil moisture and the citrus tree root system. Fla. Sta. Hort. Soc. Proc. 61: 74-79.