**TROCAS GASOSAS E RELAÇÕES HÍDRICAS DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’
ENXERTADA SOBRE QUATRO PORTA-ENXERTOS E SUBMETIDA À
DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

CAMILO LAZARO MEDINA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. EDUARDO CARUSO MACHADO

**Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura “Luiz de
Queiroz”, Universidade de São Paulo,
para obtenção do Título de Mestre em
Ciências, Área de Concentração:
Fisiologia e Bioquímica de Plantas.**

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Julho - 1997

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Medina, Camilo Lazaro

Trocas gasosas e relações hídricas de laranjeira Valência enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica / Camilo Lazaro Medina. - - Piracicaba, 1997.

79 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.
Bibliografia.

1. Déficit hídrico 2. Laranja valência 3. Porta-enxerto I. Título

9

CDD 634.31

**TROCAS GASOSAS E RELAÇÕES HÍDRICAS DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’
ENXERTADA SOBRE QUATRO PORTA-ENXERTOS E SUBMETIDA À
DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Camilo Lazaro Medina

Aprovada em 27/08/1997

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Eduardo Caruso Machado

Instituto Agrônômico

Prof. Dr. Marcos Antonio Machado

Instituto Agrônômico/ CCSM

Prof. Dr. Paulo Roberto de Camargo e Castro

ESALQ/ USP

Prof. Dr. EDUARDO CARUSO MACHADO
Orientador

Dedico este trabalho à Priscila, minha esposa, meus filhos, Rodrigo e Guilherme pelo vosso amor, apoio e compreensão durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Desejo agradecer às pessoas e instituições que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Eduardo Caruso Machado, pela incomparável orientação, amizade e apoio.

A toda minha família que incentivou e apoiou nos momentos mais difíceis.

Aos professores Dr. Paulo Roberto de Camargo e Castro e Ricardo Ferraz de Oliveira pela dedicação, incentivo e amizade

Aos pesquisadores, Dr. Roberto Deuber, Dr. Pedro Furlani, Dr. José Antonio Quaggio, Dr. Heitor Cantarella, Dra. Ana Maria Lagôa, Dr. Oriovaldo Brunini, pela força, amizade e incentivo.

Ao Centro de Citricultura e em especial ao Dr. Joaquim Teófilo Sobrinho, Dr. Sérgio Alvez de Carvalho, Dr. Jorgino Pompeu Jr e Dr. Marcos Machado pelo apoio e oportunidade.

Ao auxiliar técnico Severino pela sua dedicação e amizade.

Ao companheiro e amigo José Maria pela grande ajuda.

À estagiária Regina pelo interesse e dedicação

Ao colega e amigo Arlindo de Salvo Filho por todo o seu incentivo.

Aos amigos Márcia, Adonias, Guilherme, Mara, Cidinha, Ivan e Humberto pela colaboração e energia positiva de todos os momentos.

À ESALQ e ao IAC pela oportunidade da realização de um sonho.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida e a FAPESP pelo financiamento do trabalho.

A DEUS por todas as coisas.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	vi
RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	x
INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. PRIMEIRO TRABALHO CIENTÍFICO.....	16
3.1. Resumo.....	16
3.2. Abstract.....	18
3.3. Introdução.....	20
3.4. Material e métodos.....	21
3.5. Resultado e discussão	25
3.6. Referências bibliográficas.....	41
4. SEGUNDO TRABALHO CIENTÍFICO.....	47
4.1. Resumo.....	47
4.2. Abstract.....	49
4.3. Introdução.....	50
4.4. Material e métodos.....	51
4.5. Resultados e discussão	54
4.6. Referências bibliográficas.....	63
5. CONCLUSÕES GERAIS.....	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

Lista de Abreviaturas e Símbolos

A	Taxa de assimilação de CO_2
DFFFA.....	Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos
E	Taxa de transpiração
g	Condutância estomática
RWC	Conteúdo relativo de água na folha
VPD	Déficit de pressão de vapor no ar
WUE	Eficiência no uso da água
Ψ_l	Potencial da água na folha
Ψ_s	Potencial da água no substrato
Ψ_6	Potencial da água na folha às 6:00 horas
Ψ_{13}	Potencial da água na folha às 13:00 horas

**TROCAS GASOSAS E RELAÇÕES HÍDRICAS DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’
ENXERTADA SOBRE QUATRO PORTA-ENXERTOS E SUBMETIDA À
DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Autor: Camilo Lazaro Medina

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Caruso Machado

RESUMO

O presente trabalho foi conduzido em 1996 no Centro Experimental de Campinas do Instituto Agronômico. Dois experimentos foram realizados para observação da influência de porta-enxertos e da deficiência hídrica nas trocas gasosas e relações hídricas de laranjeira ‘Valência’, com 18 meses de idade colocadas em vasos. No primeiro experimento as medidas foram feitas no decorrer do dia em casa de vegetação em quatro porta-enxertos: citrange ‘Troyer’, tangerina ‘Cleópatra’, limoeiro ‘Cravo’ e *Poncirus trifoliata*. No segundo experimento, as medidas foram feitas sob condições controladas em plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e *Poncirus trifoliata*. A deficiência hídrica foi

imposta pela suspensão de irrigação dos vasos até que a taxa de assimilação de CO_2 atingisse valores aproximadamente nulos durante todo o dia. Em seguida as plantas foram reidratadas e as mesmas medidas foram feitas no período de recuperação. Avaliou-se também a condutividade hidráulica das raízes dos porta-enxertos utilizados.

No primeiro experimento em casa de vegetação, no tratamento sem deficiência hídrica, a taxa diária de assimilação de CO_2 (A) foi menor nas plantas sobre os porta-enxertos ‘Troyer’ e ‘Cleópatra’, quando comparadas às plantas sobre limoeiro ‘Cravo’ que não diferenciaram-se do Trifoliata. Durante o dia, as maiores taxas de A , com $8 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, foram observadas por volta das 11 horas, seguida por uma diminuição devido ao aumento do déficit de pressão de vapor e da temperatura ambiente, nos horários entre 11:00 e 14:00 horas. Após a suspensão da irrigação, a queda do teor de umidade do substrato e do potencial da água na folha (Ψ_l) foram semelhantes em todas as plantas, independente dos porta-enxertos utilizados. Porém nas plantas sobre ‘Cravo’, durante a suspensão da irrigação, A decaiu mais rapidamente, e após a reidratação, recuperou-se mais vagorosamente. As plantas sobre ‘Cravo’ apresentaram, durante todo o período de deficiência hídrica, menor A que as plantas sobre Trifoliata e ‘Cleópatra’ e semelhante ao ‘Troyer’. As plantas sobre Trifoliata recuperaram-se totalmente neste período de observação. A condutividade hidráulica foi superior para o limoeiro ‘Cravo’ e semelhantes entre os demais porta-enxertos e, pode ter contribuído para uma maior assimilação de CO_2 na ausência de deficiência hídrica.

No segundo experimento, sob condições controladas não houve decréscimo na assimilação de CO_2 (A), transpiração (E), condutância estomática (g), eficiência no uso da água (WUE), no potencial da água na folha (Ψ_l) e no conteúdo relativo de água (RWC) quando o potencial da água no substrato (Ψ_s) esteve acima de $-0,04$ MPa, mostrando valores semelhantes nos tratamentos ‘Cravo’ e Trifoliata. Porém após o Ψ_s ter caído abaixo de $-0,05$ MPa, as plantas sobre os dois porta-enxertos apresentaram respostas diferentes. As plantas sobre ‘Cravo’ iniciaram queda em A , WUE e Ψ_l , um dia antes que as plantas sobre Trifoliata e demoraram 2 dias mais para recuperarem-se. Quando $\Psi_s = -0,13$ MPa, A atingiu $4,1 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o tratamento Trifoliata e $1,8 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o tratamento ‘Cravo’. Os valores mínimos de A foram atingidos quando $\Psi_s = -0,23$ MPa, sendo de $1,0 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o ‘Cravo’ e $2,0 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o Trifoliata. A manutenção de maiores valores de A , g , WUE , e Ψ_l , em condições de limitação ao desenvolvimento do sistema radicular, sugeriram uma maior tolerância à deficiência hídrica de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre Trifoliata que sobre ‘Cravo’.

**GAS EXCHANGE AND WATER RELATIONS OF ‘VALÊNCIA’ ORANGE
TREE GRAFTED UNDER FOUR ROOTSTOCKS AND SUBMITTED TO A
WATER DEFICIT.**

Author: Camilo Lazaro Medina

Adviser: Dr. Eduardo Caruso Machado.

SUMMARY

This research was conducted at the Campinas Experimental Center of Instituto Agronômico in 1996. Two experiments were carried out to observe the rootstocks and water deficit influences on the gas exchange and water relations of 18 months old ‘Valência’ orange placed in pots. In the first experiment the measures were done during the day, inside the greenhouse; four rootstocks were evaluated: ‘Troyer’ citrange, ‘Cleópatra’ mandarin, ‘Rangpur’ lime and *Poncirus trifoliata*. In the second one, the

measures were done under laboratory conditions with plants grafted on 'Rangpur' lime and *Poncirus trifoliata*. The water deficit was imposed by suspension of irrigation until the CO₂ assimilation rates had reached values near to zero. After that, the plants were rehydrated and the same measures were repeated. The roots hydraulic conductivity of rootstocks were also evaluated.

Considering the treatment without water stress inside the greenhouse, CO₂ assimilation rate was lower in plants grafted on 'Troyer' and 'Cleopatra', when compared with plants grafted on 'Rangpur' showed no different CO₂ assimilation rate from plants grafted on 'Trifoliata'. During the day, the greatest CO₂ assimilation rate, $8\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, was observed at 11:00h, followed by a decreasing due to the increasing of the vapour water deficit and ambient temperature, between 11:00h and 14:00h. After water suspension, the decreasing of the substrate water contents and of leaf water potential were similar to all the plants, independently on the rootstocks used. Nevertheless, the CO₂ assimilation rate decreased faster, during the water suspension, and after the rehydration, it was recovered more slowly in plants grafted on 'Rangpur'. During the entire water deficit period, these plants also presented lower CO₂ assimilation rates than the plants grafted on 'Trifoliata' and 'Cleopatra' and, similar to the rates of plants grafted on 'Troyer'. The plants grafted on Trifoliata recovered in 3 days while the plants grafted on other rootstocks did not recover entirely in this observation period. The hydraulic conductivity was higher in 'Rangpur' lime tree and there were no differences

between the values found to the other rootstocks; it might have contributed to a better CO₂ assimilation rate in the absence of water deficit.

In the second experiment, under control of conditions, there was no decreasing in CO₂ assimilation (A), transpiration (E), water use efficiency (WUE), leaf water potential (Ψ_l) and RWC when the substrate water potential (Ψ_s) was above -0,04MPa, showing similar values between the treatments. However, when the Ψ_s was decreased under -0,05MPa, the plants grafted on the two rootstocks showed different responses. The plants on 'Rangpur' began the decreasing in A , WUE and Ψ_l one day before than the plants on Trifoliata and delayed two days to recover. When $\Psi_s = -0,13\text{MPa}$, A reached $4,1 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ and $1,8 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ to Trifoliata and 'Rangpur' treatments, respectively. The minimum A values when $\Psi_s = -0,23\text{MPa}$ were $1,0$ and $2,0 \mu\text{mol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ to 'Rangpur' and Trifoliata, respectively. The maintenance of the higher values of A , g , WUE and Ψ_l , in conditions that restricted the root system development, suggested that 'Valência' orange tree grafted on Trifoliata showed a greater tolerance to water stress than that grafted on 'Rangpur'.

1- INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e de citros do mundo ocupando 851.500 ha. A produção aproxima-se a 430 milhões de caixas sendo, portanto, de grande importância social, alimentar e econômica para o país (IEA, 1997).

A propagação da cultura é feita principalmente por enxertia sendo que existem várias combinações de porta-enxertos e copas na citricultura mundial. A enxertia é vantajosa à medida que pode proporcionar às plantas uniformidade e precocidade da produção, qualidade e uniformidade dos frutos bem como rusticidade a diversas enfermidades ou tolerância à condições adversas. No entanto, apesar da grande variedade de combinações de porta-enxertos e copas a citricultura brasileira está praticamente apoiada no limoeiro ‘Cravo’ (Pompeu Jr., 1991). Esta situação torna o parque citrícola vulnerável à problemas semelhantes aos que ocorreram na década de 40 quando o vírus da tristeza dizimou a maioria dos cultivares cítricos, enxertados sobre cavalo de laranja Azeda (Kimati & Galli, 1980) .

O uso de outros porta-enxertos pode ser vantajoso à medida que podem conferir às plantas caracteres agronômicos interessantes. Os porta-enxertos afetam o vigor e a produtividade das plantas (Wutscher, 1979; Atkinson, 1980, Wutscher & Bistline, 1988; Pompeu Jr. et al., 1981), a absorção de nutrientes minerais (Chaplin et al., 1972; Castle &

Kresdornm, 1975), o balanço hormonal (Stevens & Westwood, 1984), a qualidade dos frutos (Albrigo, 1977), a taxa de assimilação de gás carbônico e a transpiração (Camacho et al., 1974; Crocker et al., 1974; Syvertsen & Graham, 1985, Yelenoski, 1991), a tolerância a doenças (Guirado et al., 1991; Pompeu Jr., 1991), à seca (Sinclair & Allen Jr. 1982; Yelenoski, 1991) e à salinidade e hipoxia (Lloyd et al., 1987; Shaffer & Moon, 1990). Alguns porta-enxertos induzem à características de plantas anãs, restringindo o crescimento das copas. Plantas pequenas produzem menos individualmente, porém por permitirem uma maior população de árvores apresentam maior produtividade por área plantada (Castle et al., 1989).

No entanto, para que ocorra diversificação na utilização de outro porta-enxerto é necessário o conhecimento das respostas fisiológicas às doenças e às condições ambientais. Ressalta-se a importância à tolerância à seca já que predomina o cultivo sem irrigação no Brasil, apesar da incidência de períodos de défices hídricos temporários para a cultura em várias regiões citrícolas (Ortolani et al., 1991). Observa-se que o limoeiro ‘Cravo’ induz maior tolerância à seca às diversas copas cultivadas no Brasil (Pompeu Jr., 1991).

Sob deficiência hídrica há depressão na fotossíntese devido ao fechamento dos estômatos, diminuindo a difusão do vapor d’água para a atmosfera e a difusão do CO₂ para o mesófilo foliar. Alterações ao nível das reações metabólicas também podem ocorrer, como a redução da atividade e concentração da ribulose - 1,5 -bisfosfato-carboxilase-oxigenase diminuindo a taxa de redução do CO₂ à carboidratos (Chaves, 1995). Em consequência, há redução da produtividade na medida em que a fotossíntese é

o único processo conhecido de síntese de substrato orgânico vegetal a partir do CO₂ atmosférico.

O grau de tolerância à seca pode ter várias origens como: a arquitetura radicular, a condutividade hidráulica das raízes e ajuste osmótico (Kriedemann & Baars, 1981; Hale & Orcutt, 1987). Também, as diferentes combinações porta-enxerto e copa apresentam comportamentos característicos em relação às trocas gasosas e relações hídricas (Castle et al., 1989).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos porta-enxertos trifoliata (*Poncirus trifoliata*), limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), citrange ‘Troyer’ (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) e tangerina ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni* Hort. Ex Tan.) nas trocas gasosas e relações hídricas de laranjeira ‘Valência’ (*Citrus sinensis* Osbeck) quando submetida à deficiência hídrica assim como avaliar a condutividade hidráulica destes porta-enxertos.

2- REVISÃO DE LITERATURA

Os citros são plantas nativas de uma larga região asiática estendendo-se do nordeste da Índia para as Filipinas e Indonésia (Chapot, 1975). Embora originários dos trópicos úmidos com caracteres gerais mesofíticos, apresentam uma das mais amplas áreas de dispersão no mundo. Como cultivo comercial de maior expressão econômica, essa superfície é mais reduzida, restringindo-se mais às regiões subtropicais, entre 20 e 40 graus de latitude nos dois hemisférios (Ortolani et al., 1991). A história da propagação destas plantas está intimamente relacionada à acontecimentos históricos como as expedições de Alexandre Magno, a expansão árabe, as Cruzadas, descobrimentos e viagens de portugueses e espanhóis entre outros (Chapot, 1975).

Progenitores dos citros certamente estão envolvidos com árvores do sub-bosque em florestas de baixa latitude. Kriedemann & Barrs (1981) relatam que mesmo hoje os cultivares contêm muitos atributos apropriados àquela situação como:

- 1- Crescimento vegetativo que assume dominância sobre o reprodutivo. Isto se manifesta em fluxos de crescimento vegetativo mesmo em detrimento da fixação dos frutos. Tal dominância parece ser importante para sobrevivência da árvore nos espaços do subbosque e menos desejável horticulturalmente.

2- O desenvolvimento foliar é exuberante (acima de 25% da massa fresca da árvore) e as folhas constituem na maior reserva de carboidratos.

3- Possui alta capacidade de transpiração que é seguida por uma baixa condutividade hidráulica do sistema radicular que, por sua vez, é construído por raízes suberizadas equipadas com pêlos radiculares vestigiais. Conseqüentemente, a transpiração, sob alta demanda atmosférica, prontamente excede a capacidade de absorção de água. Em regiões de ambiente semi-árido ou com défices hídricos prolongados, o manejo de água torna-se especialmente crítico pois, além de apresentar muitos caracteres mesofíticos, os citros crescem melhor em solos leves com menor capacidade de armazenamento hídrico.

A escolha adequada de porta-enxertos também é considerada um fator determinante para adaptação em climas mais áridos (Wutscher, 1979). O limoeiro 'Cravo' é considerado indutor de tolerância à seca em diversas variedades de copas cultivadas no Brasil (Pompeu Jr., 1991).

A despeito das características mesofíticas, os citros em ambiente semi-árido são geralmente mais produtivos do que nos trópicos úmidos (Reuther, 1973). Mas Reuther (1977), coloca em dúvida se o clima de regiões tropicais é sempre um fator primário de limitação para a produção. Sistemas desenvolvidos com tecnologia adaptada para a cultura são carentes nas áreas tropicais. Dados experimentais para Pomelos apontaram para produtividades superiores nas regiões tropicais (Colômbia) do que aqueles encontrados nas regiões subtropicais. Estas informações sugerem que o principal fator

limitante para a produção nestas regiões é a ausência de variedades, clones e tecnologias adaptadas.

Yelenoski (1991) relata que alguns processos podem explicar a adaptação dos citros em ambientes semi-áridos como a sensibilidade e respostas dos estômatos, a espessa cutícula cerosa das folhas e processos como a abscisão foliar, regulados por hormônios, alguns deles produzidos no sistema radicular.

Uma das maneiras de se avaliar como as plantas se adaptam às condições adversas é através da eficiência de assimilação de CO_2 para síntese de carboidratos necessários ao crescimento e desenvolvimento. Para o CO_2 atmosférico atingir os cloroplastos nas células do mesofilo foliar e ser reduzido a carboidrato, é necessário que penetre na folha pelos estômatos e se difunda entre os espaços inter e intracelulares. A abertura estomática, entretanto, permite que ocorra perda de água devido ao gradiente de potencial hídrico estabelecido entre a superfície interna hidratada e a atmosfera. Condições naturais propícias à fixação de carbono favorecem a abertura dos estômatos, enquanto condições propícias à perda de água favorecem o seu fechamento. Ou seja, se por um lado a queda da condutância estomática diminui a perda de água no período de maior demanda hídrica pela atmosfera, por outro lado há queda da assimilação de CO_2 . O movimento estomático é o meio mais rápido que a planta dispõe para ajustar-se às variações ambientais em que as folhas são submetidas. A regulação da abertura estomática ocorre por mecanismos complexos, que parecem agir no sentido de minimizar as perdas de água e maximizar a assimilação de gás carbônico. Ou seja, os estômatos funcionam no sentido de otimizar as

trocas gasosas (Cowan, 1982). Esses processos são determinados geneticamente. Parte das respostas ao estresse ocorre ao nível foliar, em resposta ao estímulo gerado nas próprias folhas ou em outra parte da planta (Chaves, 1995).

Em condições encontradas no Arizona para laranjeira ‘Valência’ os estômatos atingiram máxima abertura ao redor das 9:00 horas da manhã indicando que não é requerida a plena luz para máxima abertura (Hilgeman et al., 1969).

Syvertsen (1984), mostrou a adaptabilidade a diferentes regimes de luz pelas folhas de citros mesmo após plena maturação. Encontrou em folhas desenvolvidas a plena saturação lumínica, *C. sinensis* ($700 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$) e *C. paradisi* ($800 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 ao redor de $8 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ e $9 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ respectivamente. Para folhas desenvolvidas readaptadas a sombra, houve uma diminuição do ponto de saturação para $400 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$, em ambas as espécies, sendo a taxa de assimilação de CO_2 de $6 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para *C. sinensis* e $7 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para *C. paradisi*.

É comum a ocorrência da depressão da taxa de assimilação de CO_2 entre as 12:00 e 14:00h, devido a um fechamento parcial do estômato (Khairy & Hall, 1976; Levy, 1980; Sinclair & Allen Jr., 1982; Dowton et al., 1988), causando redução simultânea da perda de água. Em geral, a queda da assimilação está associada ao aumento do déficit de pressão de vapor d’água no ar (VPD), que freqüentemente ocorre com o aumento da temperatura nas horas de maior intensidade de radiação solar (Khairy & Hall, 1976). Para Kaufmann (1977), a condutância estomática diminui durante o dia não proporcionalmente ao déficit de pressão de vapor, sendo $0,2 \text{ cm.s}^{-1}$ o valor máximo de condutância

estomática encontrados em laranjeira ‘Valência’. Sinclair & Allen Jr. (1982) observaram depressão na assimilação de dióxido de carbono quando o déficit de pressão de vapor d’água no ar foi maior que 1,52 kPa.

A resposta do estômato à umidade é uma propriedade da epiderme, cuja turgescência resulta do balanço entre a taxa de suprimento de água pelo mesofilo e a taxa de perda de água pela epiderme (Turner et al., 1985). Quando o teor de água na folha cai para um nível abaixo do valor limite, o estômato fecha-se, com subsequente redução da transpiração e da assimilação. O valor limite para o fechamento do estômato depende da espécie, da idade da folha e da ocorrência prévia de estresse (Bradford & Hsiao, 1982).

O fechamento parcial dos estômatos, quando a umidade do ar é baixa e a demanda evaporativa é alta, pode ocorrer antes mesmo que o potencial da água e o teor de umidade da folha tenham atingido seu valor limiar para o fechamento, isto é, antes que a folha tenha seu estado hídrico significativamente afetado (Shulze, 1986). Bearsell & Cohen (1975) sugerem que, nestes casos, uma pequena variação no potencial da água na folha provocaria uma rápida redistribuição de substâncias hormonais que agem no fechamento dos estômatos. Sabe-se que o ácido abscísico (ABA) tem ação efetiva no fechamento estomático. Este comportamento resulta na redução imediata da assimilação de gás carbônico e da transpiração, a despeito da ausência de um estresse efetivo no tecido. Salisbury & Ross (1991), relatam que uma variação de 10 % no conteúdo de água nas folhas pode promover um aumento de 20 vezes na concentração de ácido abscísico nas células guardas dos estômatos, mesmo que o conteúdo foliar total não tenha sido alterado.

Isto mostra uma redistribuição do hormônio nos tecidos foliares comandado por processos ainda não totalmente esclarecidos. O papel do ácido abscísico está relacionado a abertura dos canais de íons potássio nas membranas das células guardas permitindo a mudança de seu estado de turgescência e, conseqüentemente, o fechamento dos estômatos. Sob deficiência hídrica Norman et al. (1990), observaram um aumento de 3 a 67 vezes no nível de ácido abscísico em folhas de vários cultivares de citros, sendo o acréscimo maior em folhas imaturas.

Se por um lado a queda da condutância diminui a perda de água no período de maior demanda hídrica pela atmosfera, economizando água, por outro lado há queda da assimilação de gás carbônico. Esta queda significa que o potencial fotossintético não está sendo realizado. A manutenção da taxa de assimilação de gás carbônico, nos horários de maior quantidade de energia disponível, seria vantajoso uma vez que os fotoassimilados constituem na única fonte de substrato orgânico para o crescimento e produção em plantas. Quando se objetiva alta produtividade, talvez o ideal fosse que a planta economizasse água somente quando as condições hídricas do solo fossem inadequadas em que sob condições hídricas não limitantes mantivesse alta taxa de assimilação de CO₂. Espécies selecionadas para alta produtividade, em geral, não mostram este tipo de depressão em resposta a baixa umidade quando as condições do solo são adequadas (Bradford & Hsiao, 1982; Machado & Lagôa, 1994).

O controle estomático pode constituir um fator de tolerância às condições de baixa umidade atmosférica ou estresses hídricos mostrando a adaptação dos citros em

regiões áridas ou úmidas (Levy & Syvertsen, 1981). A queda da condutância estomática e da assimilação, em resposta ao alto déficit de saturação de vapor no ar, é tanto mais pronunciada quanto menor for a quantidade de água disponível no solo e a temperaturas altas (Gollan et al. 1992, Turner et al., 1985; Brakke & Allen Jr., 1995)

O potencial da água nas folhas é um dos fatores que afetam o comportamento estomático em Citrus e a conseqüente queda na fotossíntese oriunda do fechamento dos estômatos (Camacho et al., 1974). O valor limite de hidratação das folhas para que ocorra o fechamento dos estômatos depende da espécie, da idade da folha e da ocorrência prévia de estresse (Bradford & Hsiao, 1982). Entretanto, existem evidências demonstrando que, em decorrência do secamento do solo, as quedas da fotossíntese e da condutância podem ocorrer sem que o potencial e o conteúdo de água nas folhas sejam alterados (Zeevart & Boyer, 1984; Blackman & Davies, 1985; Gollan et al. 1992; Schurr et al., 1992; Tardieu et al., 1992). Este fato sugere que exista uma comunicação química entre a raiz e a parte aérea, provocando o movimento estomático. Este sinal deve ser intermediado por hormônios produzidas nas raízes, sendo o ABA um dos responsáveis por este comando (Davies et al. 1988; Tardieu et al., 1992).

Hilgeman et al. (1969) mostrou que, sob as mesmas condições atmosféricas, árvores sob potencial da água do solo a $-0,076$ MPa tiveram durante o dia, menor transpiração que árvores sob potencial da água no solo a $-0,029$ MPa. Chartzoulakis & Michelakis (1992), não encontraram diferenças na condutância estomática, transpiração e fotossíntese em árvores de laranja ‘Navel’ enxertadas em laranja azeda mantidas em

potencial da água no solo a -0,01 e -0,05 MPa mas observaram queda de 65% da fotossíntese e condutância estomática em plantas mantidas em um solo com potencial da água de -1,5 MPa. Chen et al. (1992), verificaram que houve redução na fotossíntese e conteúdo relativo de água nas folhas quando a disponibilidade hídrica do solo para tangerina ‘Satsuma’ enxertada em *Poncirus trifoliata* esteve abaixo de 55% da capacidade de campo. Acentuada redução na assimilação de CO₂ foi evidenciada quando o potencial água nas folhas atingiu - 1,7 MPa e o teor de água no solo esteve próximo a 42%.

Diminuição dos potenciais da água nas folhas ocorre quando há um aumento da taxa de transpiração bem como no déficit de pressão de vapor. Para Kaufmann (1977) o potencial da água nas folhas de laranjeira ‘Valência’ encontrado na ausência de transpiração (durante a madrugada) foi - 0,4 MPa e para uma transpiração de 1,3 mmol. m⁻².s⁻¹, -1,2 MPa. Para um déficit de pressão de vapor de 0,5, 1,7 e 5,7 kPa durante o dia, Elfing et al. (1972) encontraram potenciais foliares de - 0,75, -1,03 e -1,6 MPa, respectivamente. Os potenciais da água nas folhas de laranja ‘Baia’ variam de -0,5 a -3,5 MPa entretanto, os citros podem sobreviver a potenciais tão baixos como - 6,0 MPa (Kriedemann & Barrs, 1982).

O conteúdo relativo de água em folhas de laranjeiras com 11 meses de idade e um único ciclo de estresse variou entre 98 e 50% e os potenciais da água na folha entre - 0,3 MPa e - 3,4 MPa (Feres et al., 1979).

Há controvérsias se a queda de fotossíntese em estresses moderados é causada apenas pelo fechamento dos estômatos (Salisbury & Ross, 1991; Chaves, 1995). Cálculos

da concentração interna de CO_2 de plantas sob estresse moderado, mostram que esta concentração é mantida sugerindo que as reações fotossintéticas foram inibidas.

A redução na assimilação de CO_2 por deficiência hídrica nos citros está também relacionada ao aumento de resistência á difusão interna no mesofilo (Kriedemann & Barrs, 1981). Vu & Yelenosky (1988), observaram uma redução na ativação e na concentração de ribulose 1-5 bisfosfato carboxilase oxigenase em folhas de laranja 'Valência' quando submetidas ao estresse. Esta redução promoveu um declínio na assimilação de CO_2 .

A depressão na assimilação de CO_2 pode também relacionar-se à temperatura. Temperaturas ideais para atividade fotossintética dos citros ocorre entre 25 e 31 °C e praticamente cessa entre os limites de 38 a 40 °C ou abaixo de 12 °C (Reuther, 1977). Segundo Hale & Orcutt (1987), temperaturas altas aumentam a taxa de respiração, diminuem a taxa de fotossíntese e podem diminuir a atividade de enzimas e até, desnaturá-las. Injúrias podem ser promovidas principalmente ao nível de membranas dos tilacóides. Em altas temperaturas, o CO_2 é menos solúvel na solução dos cloroplastos dificultando a sua fixação (Salisbury & Ross, 1991). Injúrias nas membranas e diminuição na atividade de enzimas também são evidenciados sob temperaturas baixas (Hale & Orcutt, 1987).

As diferentes combinações de porta-enxerto x copa apresentam comportamentos diversos em relação às trocas gasosas e relações hídricas (Castle et al., 1989, Sinclair & Allen Jr., 1982). As raízes do porta-enxerto podem manter o estado de hidratação na parte aérea em consequência de sua arquitetura, maior relação raiz-parte aérea, condutividade hidráulica ou pela produção de hormônios indutores de alterações

metabólicas, que garantam a absorção de água em solos mais secos (Levitt, 1972; Hale & Orcutt, 1988).

Savage et al. (1945) encontraram diferenças na arquitetura das raízes de laranjeira ‘Parson Brown’ com diferentes porta-enxertos. Limão ‘Rugoso’ teve o mais extensivo sistema radicular, calamondin o mais profundo e lima doce ou pomelo, maior abundância de raízes fibrosas finas. Ford (1954), verificou que laranja ‘Caipira’ teve enraizamento menos profundo que limão ‘Rugoso’ ou tangerina ‘Cleópatra’. Posteriormente, Ford (1964), encontrou em plântulas de limão ‘Rugoso’ maior produção de raízes profundas que tangerina ‘Cleópatra’ e *Poncirus trifoliata* apresentou raízes mais esparsas que estas espécies. Castle & Krezdorn (1975), encontraram dois tipos extremos de sistema radicular, intensivo e extensivo, com formas intermediárias entre eles. Ainda, a profundidade do enraizamento foi correlacionada com o porte da planta. Limão ‘Rugoso’ exibiu extensivo desenvolvimento radicular tanto lateralmente quanto verticalmente. Ford (1954) sugeriu que o enraizamento mais profundo do limão ‘Rugoso’ poderia permitir tolerância superior à seca. Castle & Krezdorn (1977) mostraram que o potencial da água nas folhas de tangelo ‘Orlando’ enxertado em limão ‘Rugoso’ foi superior a outros 3 porta-enxertos com sistema radicular mais esperso. Similarmente Albrigo (1977) encontrou maior potencial da água nas folhas de laranjeira ‘Valência’ em limão ‘Rugoso’ que em laranja Azeda ou em citrange ‘Carrizo’.

A condutividade hidráulica do sistema radicular é um dos fatores determinantes do movimento da água no sistema solo-planta-atmosfera. Uma maior condutividade pode

permitir melhor hidratação das folhas e maior abertura dos estômatos facilitando as trocas gasosas e mantendo as folhas mais hidratadas (Kaufman 1981, Sinclair & Allen Jr., 1982). Syvertsen & Graham (1985), utilizando plântulas encontraram valores de condutividade hidráulica para porta-enxerto Trifoliata de $19,39 \mu\text{g MPa}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ e $11,06 \mu\text{g MPa}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{m}^{-1}$ para o porta enxerto ‘Cleópatra’.

Embora a arquitetura e a condutividade hidráulica possam melhorar a capacidade de extração de água e manter a copa mais hidratadas, também pode levar ao secamento mais rápido do solo. Laboren et al. (1991), observaram em cultivo irrigado de laranjeira ‘Valência’ que o porta-enxerto limão ‘Volkameriano’ devido à sua grande capacidade de extração de água, promoveu o secamento mais rápido do solo exigindo uma frequência maior de irrigação que os porta-enxertos citrange ‘Carrizo’ e tangerina ‘Cleópatra’.

O porta-enxerto ananicante ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata*) induziu maior fotossíntese em folhas de laranjeira ‘Navel’ e ‘Washington Navel’ na fase de desenvolvimento dos frutos que plantas de porte normal enxertadas em limão ‘Rugoso’ compensando a reduzida área foliar (Wal et al., 1995).

Algumas alterações no metabolismo de enzimas em plantas sob estresse também foram estudadas. Tudella & Primo-Millo (1992), observaram em tangerina ‘Cleópatra’, a concentração de ácido 1-carboxílico-aminociclopropano (ACC), precursor de etileno que é regulador da produção de enzimas envolvidas na abscisão foliar. Os autores verificaram que sob deficiência hídrica há um aumento significativo de ACC nas raízes da tangerina ‘Cleópatra’ que é transportado para a parte aérea promovendo a abscisão. Este processo é

muito importante na regulação das relações hídricas na planta, pois a abscisão reduz a área de transpiração (Kolslowsky, 1973)

O ajuste osmótico é também um mecanismo para tolerância ao estresse. Neste ajuste, há um acúmulo de solutos nas células diminuindo o seu potencial osmótico. Isto favorece a absorção de água sob menores potenciais da água no solo. Vários tipos de solutos fazem parte deste ajuste mas os mais importantes são os carboidratos solúveis e aminoácidos livres como a prolina (Aspinall & Paleg, 1981, Chaves, 1995). Kriedemann & Barrs (1982), relatam que mesmo em turgidez plena, o potencial osmótico parece não se estabelecer acima de -1,0 MPa. O mais alto valor encontrado para ‘Lima doce’ foi -1,25 MPa, para laranja Azeda -1,04; caindo para -2,4 e -2,28 MPa, respectivamente, para potencial hídrico do solo a -1,7 MPa. Potencial osmótico de -1,12 e -1,32 MPa foram medidos para limão ‘Lisboa’ e ‘Genoa’, respectivamente. Para folhas de laranja doce jovens -1,8 e velhas -2,3 MPa. Estes valores são comparativamente maiores daqueles normalmente encontrados para espécies mesofíticas. Laborem et al. (1991) observaram em laranja ‘Valência’ enxertada sobre ‘Cleópatra’, limão ‘Volkameriano’ e citrange ‘Carrizo’, aumento no conteúdo foliar de prolina sob estresse, embora não tenha existido diferença significativa entre os porta-enxertos utilizados.

3- PRIMEIRO TRABALHO CIENTÍFICO

FOTOSSÍNTESE DE LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’ ENXERTADA SOBRE QUATRO PORTA -ENXERTOS E SUBMETIDA A DEFICIÊNCIA HÍDRICA ⁽¹⁾

CAMILO LAZARO MEDINA ⁽²⁾ e EDUARDO CARUSO MACHADO ^(3,4)

3.1- Resumo

Avaliou-se durante 13 dias em casa de vegetação, a taxa de assimilação de CO₂ e o potencial da água nas folhas, em laranjeira ‘Valência’, em vasos, com 18 meses de idade enxertadas em quatro tipos de porta-enxertos: limoeiro ‘Cravo’, Trifoliata, citrange ‘Troyer’, e tangerina ‘Cleópatra’.

⁽¹⁾ Parte da tese de mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas do primeiro autor.

⁽²⁾ Pós-graduando em Fisiologia e Bioquímica de Plantas da ESALQ - USP, Piracicaba (SP). Seção de Fisiologia, Instituto Agrônômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽³⁾ Seção de Fisiologia - IAC.

⁽⁴⁾ Com bolsa de Produtividade Científica, CNPq.

As plantas foram submetidas a deficiência hídrica pela suspensão da irrigação dos vasos até que a taxa de assimilação de CO₂ atingisse valores aproximadamente nulos. Em seguida as plantas foram reidratadas.

Também, avaliou-se a condutividade hidráulica das raízes dos porta-enxertos utilizados. Sem deficiência hídrica, a taxa de assimilação de CO₂ foi menor nas plantas sobre os porta-enxertos ‘Troyer’ e ‘Cleópatra’, quando comparadas às plantas sobre limoeiro ‘Cravo’ que não diferenciaram-se do Trifoliata. Durante o curso do dia as maiores taxas de assimilação de CO₂ foram observadas por volta das 11 horas, com 8 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, seguida por uma diminuição devido ao aumento do déficit de pressão de vapor e da temperatura ambiente, nos horários entre 11:00 e 14:00h. Após a suspensão da irrigação, a queda do teor de umidade do substrato e do potencial da água na folha foram semelhantes em todas plantas, independente dos porta-enxertos utilizados. Porém, a taxa de assimilação de CO₂ decaiu mais rapidamente, durante a suspensão da irrigação, e recuperou-se mais vagorosamente, após a reidratação, nas plantas sobre ‘Cravo’. As plantas sobre porta-enxerto ‘Cravo’ apresentaram, durante todo o período de deficiência hídrica, menor taxa de assimilação de CO₂ que as plantas sobre Trifoliata e ‘Cleópatra’, e semelhante ao ‘Troyer’. As plantas sobre ‘Trifoliata’ recuperaram-se em 3 dias enquanto as plantas sobre os outros porta-enxertos não se recuperaram totalmente neste período de observação. A condutividade hidráulica foi superior para o limoeiro ‘Cravo’ e semelhante entre os demais porta-enxertos e, pode ter contribuído para uma maior assimilação de CO₂ na ausência de deficiência hídrica.

Termos de indexação: *Citrus sinensis* Osbeck, condutividade hidráulica das raízes, potencial da água, trocas gasosas.

3.2 Abstract

PHOTOSYNTHESIS OF 'VALENCIA' SWEET ORANGE TREE GRAFTED ON FOUR ROOTSTOCKS AND SUBMITTED TO WATER DEFICIT.

CO₂ assimilation rate and leaf water potential of the 'Valencia' sweet orange tree were analysed in a greenhouse in during 13 days. The 18-months-old plants that were grafted on four different rootstocks: 'Rangpur' lime, 'Trifoliata', 'Troyer' citrange and 'Cleopatra' tangerine, were transplanted to pots. Plants were submitted to a water stress by water suspension to the pots untill the CO₂ assimilation rate reached values near to zero. After that, the plants were rehydrated. It was also analysed the hydraulic conductivity of the rootstocks used. Without water stress, CO₂ assimilation rate was lower in plants grafted on 'Troyer' and 'Cleopatra', when compared with the plants grafted on 'Rangpur' which was not different from plants grafted on 'Trifoliata'. During the course of the day the greatest CO₂ assimilation rates were observed by 11:00h, with 8 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, followed by a decreasing due to the increasing of the vapour water deficit and ambient temperature, at the period of time among 11:00h and 14:00h. After water

suspension, the decreasing of the substrate water contents and at the leaf water potential were similar to all the plants, independently of the rootstocks used. Nevertheless the CO₂ assimilation rate decreased faster during the water suspension, after the rehydration, it was recovered more slowly in plants grafted on 'Rangpur'. During the entire water deficit period, these plants also showed lower CO₂ assimilation rate than the plants grafted on 'Trifoliata' and 'Cleopatra' and, similar to the rates of the plants grafted on 'Troyer'. The plants grafted on 'Trifoliata' recovered in 3 days while the plants grafted on other rootstocks did not recover entirely in this observation period. The hydraulic conductivity was higher in 'Rangpur' lime and there were no differences between the values found to the other rootstocks, it might have contributed to a better CO₂ assimilation rate in the absence of water deficit.

Index terms: *Citrus sinensis* Osbeck, root hydraulic conductivity, water potential, gas exchange.

3.3 Introdução

A enxertia é o método mais utilizado para a formação de mudas cítricas. Os porta-enxertos utilizados na cultura afetam várias características como: a produtividade, (Wutscher, 1979; Atkinson, 1980, Wutscher & Bistline, 1988; Pompeu Jr., 1991), o desenvolvimento vegetativo (Teófilo Sobrinho, 1991), a tolerância a doenças (Guirado et al., 1991), a qualidade interna e externa dos frutos (Wardowisk et al., 1986), as relações hídricas e trocas gasosas (Camacho et al., 1974; Crocker et al., 1974; Syvertsen & Graham, 1985; Yelenoski, 1991), a adaptabilidade a hipoxia e salinidade (Lloyd et al., 1987).

Apesar de vários porta-enxertos serem disponíveis, a citricultura brasileira está quase que totalmente apoiada sobre o limoeiro ‘Cravo’ (Pompeu Jr., 1991). Esta situação é inconveniente, como foi observado na década de 40, quando o vírus da tristeza dizimou os plantios de laranja doce enxertados sobre laranjeira ‘Azeda’ (Kimati & Galli, 1980). Além disto, uma combinação mais adequada de porta-enxerto e copa, deve ser adaptada às condições onde o pomar será implantado.

Para que ocorra diversificação na utilização de outros porta-enxertos é necessário que se conheça as respostas fisiológicas de diferentes combinações, às doenças e às condições ambientais.

No Brasil, apesar da incidência de períodos de déficits hídricos temporários em várias regiões citrícolas, predomina o cultivo sem irrigação (Ortolani et al., 1991). Sob deficiência hídrica há o fechamento dos estômatos, diminuindo a difusão do vapor d’água para a atmosfera e a difusão do CO₂ para o mesófilo foliar, ocorrendo, depressão da

fotossíntese e da produtividade. Diferentes combinações porta-enxerto e copa apresentam comportamentos característicos em relações às trocas gasosas e relações hídricas (Castle et al., 1989).

A tolerância à seca pode estar relacionada a vários fatores como, profundidade e arquitetura do sistema radicular, condutividade hidráulica das raízes e ajuste osmótico (Kriedemann & Barrs, 1981, Hale & Orcutt, 1987).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos porta-enxertos, citrange ‘Troyer’, tangerina ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni* Hort. Ex Tan.), limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) e Trifoliata (*Poncirus trifoliata*), nas trocas gasosas e relações hídricas da laranjeira ‘Valência’ (*Citrus sinensis* Osbeck), quando submetida à deficiência hídrica e avaliar a condutividade hidráulica destes porta-enxertos

3.4 - Material e métodos

Mudas de laranjeira ‘Valência’ com 18 meses de idade, enxertadas sobre os porta-enxertos, citrange ‘Troyer’ (‘Troyer’), tangerina ‘Cleópatra’ (‘Cleópatra’), limoeiro ‘Cravo’ (‘Cravo’) e *Poncirus trifoliata* (Trifoliata), foram transplantadas para vasos com 0,45m de altura por 0,18m de diâmetro com substrato composto de três partes de terra e uma de areia, sobre uma camada de 0,02m de pedras britadas. O substrato apresentou 38 mg.dm⁻³ de P em extrator de resina; 40 mmol.dm⁻³ de Ca; 11 mmol.dm⁻³ de Mg ; 18 mmol.dm⁻³ de H + Al; 0,1 mmol.dm⁻³ de K; 1,3% de matéria orgânica; pH em solução CaCl₂ de 5,8. Adubações via solo foram feitas quinzenalmente, totalizando 4,46 g de N,

0,54 g de P, 2,10 g de K, 0,35 g de S, 100 mg de Zn, 50 mg de Mg , 15 mg de B e 30 mg de Cu por vaso durante os 5 meses de desenvolvimento da planta. Também, foram efetuadas 5 pulverizações foliares com solução aquosa composta de 0,15% de ZnSO_4 , 0,15% de MnSO_4 com 0,5% de KNO_3 . Sete dias antes do início das medições, as plantas foram irrigadas com 1 litro de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (Hoagland e Arnon, 1950).

As laranjeiras foram cultivadas em casa de vegetação e dispostas em linhas distantes de 1,80m por 0,65m entre plantas. As plantas foram dispostas no sentido norte-sul em quatro blocos (repetições) com oito plantas em cada, sendo duas plantas para cada porta-enxerto. Por ocasião das medidas, as raízes das plantas encontravam-se espalhadas por todo volume dos vasos. Regas diárias foram feitas, prevenindo-se a ocorrência de deficiência hídrica antes do início da aplicação dos tratamentos.

O tratamento de deficiência hídrica foi aplicado em metade das plantas de cada variedade de porta-enxerto por bloco e a outra metade, recebeu água suficiente para não desenvolver deficiência hídrica.

A quantidade média diária de água adicionada em cada vaso foi estimada da seguinte forma: saturou-se o substrato no vaso e permitiu-se a drenagem por 12 horas, durante a noite. Em seguida mediu-se a massa úmida na capacidade de campo e após 24 horas. A quantidade de água consumida foi totalmente repostada no tratamento sem deficiência e no tratamento com deficiência hídrica, foi repostada somente a quantidade equivalente a 50% da água consumida enquanto as condições do substrato permitiram a infiltração da água por todo o seu perfil. Após este período a irrigação foi suspensa. Desta

forma, a deficiência hídrica foi imposta de forma vagarosa, crescente e uniforme em todo o perfil do substrato. As medidas de taxa de assimilação de CO_2 (A) e de potencial da água (Ψ_w), foram diárias no período compreendido entre 14 e 26 de janeiro de 1996. Neste período a deficiência hídrica foi crescente e monitorada a partir de medidas do teor de água no solo e do potencial da água na folha. O cálculo do déficit de pressão de vapor no ar foi feito a partir das medidas de umidade relativa e temperatura, conforme Monteith (1973).

Mediu-se as taxas de assimilação de CO_2 com um analisador portátil de fotossíntese por radiação infravermelho, Li-6200 (LICOR Inc., Lincoln, UAS) com técnica descrita por Vu et al. (1986). As medidas foram feitas em todas plantas, em folhas com 6 meses de idade, totalmente expandidas, dispostas em posições semelhantes em relação à planta e à incidência de radiação solar, em intervalos de 2 horas no período compreendido entre 8:00 e 16:00h. As medidas foram repetidas diariamente até que a assimilação de CO_2 atingisse valores próximos a zero.

Diariamente determinou-se o potencial da água nas folhas, utilizando-se uma câmara de pressão com a técnica descrita por Kaufmann (1968). As medidas foram feitas às 6:00h (Ψ_6) e às 13:00h (Ψ_{13}), com três repetições por tratamento.

A umidade do substrato foi determinada à profundidade de 0,15 m em relação à superfície do vaso. Amostras de substrato foram retiradas diariamente e determinou-se a massa fresca e, posteriormente, a massa seca após secagem em estufa por 24h a 100 °C.

Após as plantas deficientes em água terem atingido um valor de assimilação de CO_2 próximo de zero elas foram irrigadas novamente e as mesmas medidas, citadas acima, foram repetidas durante o período de recuperação.

A condutividade hidráulica do sistema radicular foi estimada em plântulas de porta-enxertos obtidas de sementes de mesma origem das plantas enxertadas utilizadas nos tratamentos.

Em 18/09/96, foram semeadas 98 sementes de cada porta-enxerto, em tubetes com 0,125 m de altura com substrato estéril composto de vermiculita e matéria orgânica fertilizada (Plantimax/Eucatex). A adubação foi feita por aplicação de solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), em irrigações diárias totalizando 500 ml da solução por plântula.

As medidas de condutividade hidráulica foram feitas quando as plântulas atingiram altura de 0,2 m e diâmetro do caule de 0,004 m. A condutividade hidráulica das raízes foi medida com 5 repetições por porta-enxerto, pelo método descrito por Graham & Syvertsen (1984). As plântulas foram transferidas para o laboratório, onde permaneceram por 12 horas sob baixa iluminação ($10 \mu\text{mol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) a 26°C . Neste período os tubetes ficaram mergulhados em água destilada na altura de 0,05 m, até o momento das medidas quando o caule da plântula foi cortado, ao redor de 0,05 m acima do colo da planta. O tubete, com sistema radicular intacto e substrato saturado, foi colocado dentro de uma câmara de pressão e a base da plântula mergulhada parcialmente em água, a temperatura de 25°C em um beacker. A pressão foi gradativamente aumentada até 0,5 MPa. Após o

equilíbrio inicial (10 min) determinou-se, por pesagens, a quantidade de líquido esudado em intervalos de 2 minutos. A condutividade hidráulica, medida desta maneira, incluiu o componente substrato que foi similar em todos tratamentos, visto que o substrato foi mantido saturado no momento das medidas. Após a determinação do comprimento das raízes pelo método de intercessão de linhas (Tennant, 1975), a condutividade hidráulica foi expressa como massa de exudato por unidade de $\mu\text{g.m}^{-1}.\text{s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$.

3.5 Resultados e discussão

a) Plantas sem deficiência hídrica

Numa análise global dos dados do tratamento sem deficiência hídrica, observou-se que as laranjeiras ‘Valência’ enxertadas em citrange ‘Troyer’ (‘Troyer’) e tangerina ‘Cleópatra’ (‘Cleópatra’) apresentaram menor valor médio de assimilação de CO_2 , quando comparadas com limoeiro ‘Cravo’ (‘Cravo’). ‘Troyer’ também induziu menor taxa de assimilação de CO_2 que Trifoliata e este, por sua vez, não diferenciou-se do ‘Cravo’ e ‘Cleópatra’ (Tabela 1). Estas diferenças indicam que os porta-enxertos afetaram as trocas gasosas, estando de acordo com outros autores (Camacho et al., 1974, Crocker et al., 1974, Syvertsen & Grahnan, 1985 e Yelenoski, 1991). Sinclair & Allen JR. (1982), verificaram que porta-enxertos com maior condutividade hidráulica podem manter as folhas mais hidratadas durante o dia, tendo uma relação direta com a abertura estomática e conseqüentemente, com as trocas gasosas. Analogamente o limoeiro ‘Cravo’, que

apresentou maior condutividade hidráulica, pode ter induzido maior assimilação de CO₂

(Tabela 2)

Tabela 1: Taxa diária média de Assimilação de CO₂ ⁽¹⁾ em laranjeira ‘Valência’ enxertada em 4 porta enxertos. Campinas 1996.

PORTA- ENXERTO	DATA						Média
	16/01	18/01	20/01	23/01	25/01	26/01	
Assimilação de CO ₂ μmol.m ⁻² .s ⁻¹							
‘Cravo’	5,1 a	6,3 a	5,3 a	5,5 a	4,3 a	3,9 a	5,1 ^a
Trifoliata	5,6 a	5,1 b	4,4 b	5,2 a	4,0 a	3,7 a	4,7 ab
‘Cleópatra’	5,1 a	5,1 b	3,9 b	5,1 a	3,6 a	3,3 a	4,4 bc
‘Troyer’	4,7 a	5,9 ab	3,7 b	4,9 a	3,6 a	3,3 a	4,3 c

⁽¹⁾ Valores seguidos com as mesmas letras não diferem pelo teste de Duncan a 5%
Coeficiente de variação = 41%

Tabela 2. Condutividade hidráulica das raízes ⁽¹⁾ em quatro porta- enxertos de citros

Porta-enxerto	Condutividade hidráulica
	$\mu\text{g.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$
Limoeiro ‘Cravo’	70,8 a
‘Cleópatra’	48,7 b
Trifoliata	41,2 b
‘Troyer’	35,6 b

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.
Coeficiente de variação= 23%

O Trifoliata é um porta-enxerto que reduz o tamanho das copas (Teófilo Sobrinho, 1991), porém esta característica parece não estar relacionada a taxa de assimilação de CO₂ já que apresentou valor semelhante de assimilação de CO₂ que o 'Cravo'.

O comportamento diário da taxa de assimilação de CO₂ mostra alterações nos horários de avaliação para todos os tratamentos. Os maiores valores deste parâmetro, próximos a 8 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, foram observados entre 9 e 11 horas quando a DFFFA esteve acima de 700 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Tabela 3). Estes valores de assimilação de CO₂ estão na faixa dos encontrados para os citros (Syvertsen & Graham, 1985). Embora a DFFFA para a saturação lumínica dos citros situar-se ao redor de 700 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Syvertsen, 1984), houve diminuição da fotossíntese após as 11 horas da manhã quando ocorreram radiações de maior intensidade (Tabela 4). Esta queda na taxa de assimilação de CO₂ pode estar associada ao aumento do déficit de pressão de vapor de água no ar (*VPD*), que freqüentemente ocorre com o aumento de temperatura, nas horas de maior intensidade de radiação solar (Khairi & Hall 1976). É comum em condições naturais a ocorrência da depressão na taxa de assimilação de gás carbônico dos citros entre as 12:00 e 14:00 horas devido a um fechamento parcial dos estômatos (Khairi & Hall, 1976; Levy, 1980; Sinclair & Allen Jr., 1982), reduzindo uma perda de água e diminuindo a fotossíntese. Sinclair & Allen Jr. (1982), observaram depressão na assimilação de CO₂ quando o *VPD* foi maior que 1,52 kPa. Estes valores são menores que os atingidos no experimento (Quadro 4). Considerando-se também, que a faixa de temperatura ideal para atividade fotossintética

dos citros ocorre entre 25 e 31 °C e praticamente cessa entre os limites de 38 a 40 °C (Reuther, 1977), as temperaturas acima de 31 °C, que ocorreram após as 10:00 h também contribuíram diminuir a assimilação de CO₂ (Quadro 4). Segundo Hale & Orcutt (1987), temperaturas altas aumentam a taxa de respiração, diminuem a taxa de fotossíntese e podem diminuir a atividade de enzimas como, até, desnaturá-las.

Tabela 3. Assimilação de CO₂ (¹) em vários horários do dia, em laranjeira ‘Valência’ enxertada em quatro variedades de porta-enxertos. Campinas 1996.

Porta-enxerto	Hora				
	7:00	9:00	11:00	14:00	16:00
	Assimilação de CO ₂ $\mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$				
‘Troyer’	5,4	6,4	5,3	4,4	2,6
‘Cleópatra’	5,3	6,7	5,6	4,3	3,6
‘Cravo’	6,2	7,5	5,1	4,9	3,9
Trifoliata	6,5	7,6	5,8	5,0	4,0
Médias	5,8 b	7,1 a	5,1 bc	4,6 c	3,5 d

(¹) Valores seguidos de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

Coefficiente de variação = 41%

Tabela 4. Déficit de pressão de vapor no ar (*VPD*), Temperatura e radiação solar (DFFA) . Campinas 1996.

DATA	HORA	<i>VPD</i> kPa	Temp. ° C	HORA	DFFFA $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
16	8:00	2,75	30	8:00	413
16	10:00	3,01	31	9:30	712
16	12:00	3,82	34	14:00	780
16	14:00	4,45	36	16:00	185
16	16:00	2,92	34	17:00	120
18	8:00	2,54	30	7:00	129
18	10:00	3,23	32	9:00	589
18	12:00	3,61	34	12:00	648
18	14:00	3,93	35	14:30	1030
18	16:00	2,07	28	16:00	524
20	8:00	2,61	32	7:10	157
20	10:00	3,41	33	9:00	732
20	12:00	4,33	36	13:50	1021
20	14:00	4,20	34	15:30	236
20	16:00	3,05	30	16:00	157
23	8:00	2,33	30	7:40	278
23	10:00	3,72	34	9:20	559
23	12:00	4,38	35	10:30	1096
23	14:00	4,38	35	14:00	400
23	16:00	3,56	32	15:30	350
25	8:00	3,65	35	7:30	223
25	10:00	5,25	38	9:20	729
25	12:00	5,89	40	11:15	1023
25	14:00	2,96	30	14:00	819
25	16:00	1,96	27	16:00	427
26	8:00	-	-	7:30	318
26	10:00	3,09	32	9:00	659
26	12:00	4,51	37	11:30	1019
26	14:00	4,45	36	14:00	940
26	16:00	2,85	32	15:30	181

b) Plantas sob deficiência hídrica

A queda no teor de umidade do substrato das plantas submetidas a deficiência hídrica foi semelhante para todos os tratamentos, independente do porta-enxerto utilizado (Figura1). Este resultado sugere que estas plantas em vasos consomem aproximadamente a mesma quantidade de água.

Figura 1. Umidade do substrato em vasos com laranja 'Valência' enxertada em quatro variedades de porta-enxertos. Campinas, 1996.

Dois dias após a suspensão da irrigação, apesar de já ter ocorrido um declínio significativo na umidade do solo (Figura 1) ainda não foi observada diferença significativa nem no potencial da água nas folhas nem nas taxas de assimilação de CO_2 entre os tratamentos irrigados e deficiência hídrica (Figuras 2).

No quinto e sétimo dia de observação, ocorreram diferenças entre as médias de assimilação de CO_2 dos tratamentos submetidos a deficiência hídrica sendo que, entre as variedades, somente o limoeiro 'Cravo' foi diferente da testemunha correspondente irrigada (Figuras 3 e 4). A queda na assimilação de CO_2 para o tratamento 'Cravo' iniciou-se quando Ψ_6 e Ψ_{13} atingiram os valores, respectivamente, 0,54 e -1,57 MPa enquanto a testemunha apresentou -0,49 e -1,16 MPa. Para os outros tratamentos, também se verificou redução no potencial da água e murcha das folhas no período da tarde. Contudo, não se observou redução significativa na absorção diária CO_2 na maior parte do dia mas, em alguns horários, esta redução foi significativa. Portanto, o tratamento 'Cravo' apresentou queda na assimilação de CO_2 mais acentuada em valores de Ψ_6 e Ψ_{13} semelhantes aos dos outros tratamentos.

No décimo dia de deficiência hídrica a assimilação de CO_2 reduziu acentuadamente, atingindo valores próximos a zero. O potencial da água, Ψ_6 e Ψ_{13} , foram reduzidos e as folhas ficaram murchas durante o dia todo, mostrando claros sinais de estresse. Os substratos dos tratamentos 'Troyer', 'Cleópatra', 'Cravo' e Trifoliata apresentaram, respectivamente umidade de $11,7 \pm 0,7\%$, $12,2 \pm 0,5\%$, $11,4 \pm 0,5\%$

$11,4 \pm 0,7\%$, quando foram irrigados até o ponto de saturação ou capacidade de campo para observação da recuperação (Figura 5).

Figura 2. Taxa de assimilação de CO_2 em laranjeira 'Valência', sobre quatro variedades de porta-enxertos, dois dias após a indução de deficiência hídrica. Tratamentos irrigados e seus correspondentes com déficit hídrico, seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Campinas, 1996.

Figura. 3. Taxa de assimilação de CO_2 em laranja 'Valência', sobre quatro variedades de porta-enxerto, quatro dias após a indução de deficiência hídrica. Tratamentos irrigados e o correspondente com deficiência hídrica, seguidos com a mesma letra maiúscula, indica que a taxa de assimilação média diária não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Valores pontuais seguidos de mesmas letras (minúsculas) não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Campinas 1996.

Figura 4. Taxa de assimilação de CO_2 em laranjeira 'Valência', sobre quatro variedades de porta-enxerto, seis dias após a indução de deficiência hídrica. Tratamentos irrigados e seus correspondentes com déficit hídrico, seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Campinas, 1996.

Figura 5. Taxa de assimilação de CO₂ em laranja 'Valência', sobre quatro variedades de porta-enxerto, 10 dias após a indução de deficiência hídrica. Tratamentos irrigados e seus correspondentes com déficit hídrico, seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Campinas, 1996.

Após a irrigação, feita no dia 23, as plantas recuperaram o potencial da água no dia seguinte (dados não apresentados), porém, mesmo após dois dias, a taxa de assimilação de CO₂ foi menor ao da testemunha irrigada para todos os tratamentos (Figura 6). A recuperação da assimilação foi menor para o tratamento ‘Cravo’ (44,8%) sendo que para ‘Troyer’, ‘Cleópatra’ e ‘Trifoliata’ esta foi próxima de 57% em relação às testemunhas.

No terceiro dia de recuperação, somente as plantas sobre ‘Trifoliata’ apresentaram assimilação de CO₂ estatisticamente semelhantes à testemunha irrigada. A taxa de assimilação de CO₂ das plantas sobre os outros porta-enxertos recuperaram-se parcialmente em relação aos respectivos controles, ou seja 64% no ‘Cravo’ e ao redor de 79% no ‘Troyer’ e ‘Cleópatra’ (Figura 7). Apesar das plantas sobre ‘Cravo’ terem sua taxa de assimilação de CO₂ reduzida um dia mais cedo (Figura 3) que as plantas sobre os outros porta-enxertos, isto não implicou em manutenção de maior potencial da água na folha, nem em recuperação mais rápida.

Na análise global de todos os dados relativos a plantas submetidas à deficiência hídrica, a taxa de assimilação média de CO₂ no período experimental foi menor para o ‘Cravo’ em relação a ‘Trifoliata’ e a ‘Cleópatra’ (Quadro 5).

Plantas enxertadas sobre o limoeiro ‘Cravo’ apresentam, em condições de campo, maior tolerância à seca que as enxertadas sobre os outros porta-enxertos aqui utilizados (Pompeu Jr. 1991). Esses resultados sugerem, inicialmente, que a maior tolerância induzida pelo limoeiro ‘Cravo’ no campo pode não estar relacionada com características

transmitidas pelo porta-enxerto à parte aérea e, sim com características relacionadas ao sistema radicular dele próprio que, em condições de vaso, não se manifestaram.

Quadro 5: Taxa média diária de assimilação de CO₂ (¹) em laranjeira ‘Valência’ enxertada em quatro variedades de porta-enxertos submetidas a deficiência hídrica. Campinas 1996

Porta-enxerto	Data						
	16/01	18/01	20/01	23/01	25/01	26/01	Média
	Assimilação de CO ₂ $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$						
‘Cravo’	4,7 a	3,4 b	3,7 a	0,5	1,8 a	2,5 a	2,7 b
Trifoliata	5,3 a	4,3 b	3,7 a	0,93	2,5 a	3,1a	3,3.a
‘Cleópatra’	5,5 a	5,0 a	3,9 a	1,13 a	2,0 a	2,6 a	3,3.a
‘Troyer’	4,7 a	4,9 a	3,7 a	0,4 a	2,1 a	2,6 a	3,1 ab

(¹) Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade

Coefficiente de variação= 41%

Kriedemann & Barrs (1981), relatam que porta-enxertos de limões e limas favorecem as plantas nas condições de deficiência hídrica pela maior profundidade e ramificação do sistema radicular. Em relação ao sistema radicular, deve-se considerar, além do hábito de crescimento (vigor e distribuição das raízes), a condutividade hidráulica das raízes, sua capacidade de exportar hormônios que afetariam o comportamento de próprio crescimento das raízes e o funcionamento dos estômatos (Stevens & Westwood, 1984; Syvertsen & Graham, 1985 ; Turner et al., 1985).

Figura 6. Taxa de assimilação de CO₂ em laranjeira 'Valência', sobre quatro variedades de porta-enxerto, dois dias após a reidratação das plantas. Tratamentos irrigados e seus correspondentes com déficit hídrico, seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Campinas, 1996.

Figura 7. Taxa de assimilação de CO₂ em laranjeira 'Valência', sobre quatro variedades de porta-enxerto, 3 dias após a reidratação das plantas. Tratamentos irrigados e seus correspondentes com déficit hídrico, seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Campinas, 1996.

A maior condutividade hidráulica para o porta enxerto limoeiro 'Cravo', embora possa auxiliar a manutenção do potencial da água, por conferir menor resistência ao transporte de água para as folhas (Kaufmann, 1981, Sinclair & Allen Jr., 1982), não impediu que ocorresse uma diminuição da taxa de assimilação de CO₂ quando as plantas estiveram submetidas ao estresse. A diminuição da assimilação de CO₂, na fase de desenvolvimento da deficiência hídrica, pode estar relacionada à diminuição da condutância estomática, aumento da resistência ao transporte interno de CO₂ e danos por deficiência hídrica ao aparelho fotossintético, que necessitam ser melhor estudadas (Berry & Downton, 1982). Desde que o estresse hídrico por si pode reduzir a condutividade da raiz (Ramos & Kaufmann, 1979; Levy et al., 1983), a deficiência hídrica mais acentuada no limoeiro 'Cravo' pode também ter retardado a sua recuperação.

Embora o comportamento quanto a tolerância a seca pode ser alterado em condições de campo, a recuperação mais rápida para o Trifoliata nas condições estudadas indica que pode haver um mecanismo de tolerância induzido pelo sistema radicular às copas. Sabe-se que o Trifoliata tem uma melhor adaptação em solos que dificultam o desenvolvimento do sistema radicular como os mais argilosos (Pompeu Jr., 1991) que, aparentemente, manifestaram-se nas condições de limitação ao desenvolvimento das raízes aqui estudadas.

3.6 Referências bibliográficas

- ATKINSON, D. The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. In: JANICK, J. (ed.). **Horticultural review. II**. Westport: AVI Co, 1980, p. 429-490.
- BERRY, J.A.; DOWNTON, W.J.S. Environmental regulation of photosynthesis. In GOVINDJEE, E. (Ed.). **Photosynthesis: development, carbon metabolism, and plant production**. New York, Academic Press, 1982, v. 2, p-306-308.
- CAMACHO, S.E.; KAUFMANN, M.R.; HALL, A.E. Leaf water potential response to transpiration by citrus. **Physiologia Plantarum**, v. 31, p. 101-105, 1974.
- CASTLE W.S ; TUCKER, D.P.H.; KREZDORN, A.H.; YOUTSEY, C.O. **Rootstocks for Florida citrus: rootstock selection, the first step to success**. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Science, 1989, 47p.
- GRAHAN, J.H.; SYVERSTSEN, J.P. Influence of VAM on hydraulic conductivity of roots of two citrus rootstocks. **New Phytologist**, v. 97, p. 2777-284, 1984.

GUIRADO, N.; MULLER, G.W.; PRATES, H. S. Declínio dos citros. In RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A.A., (Ed.) **Citricultura brasileira**, 2.ed.. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 722-734.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: Califórnia Agricultural Experiment Station, 1950, 32p. (Circular, 347).

KAUFMANN, M. R. Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in citrus. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, v. 93, p. 186-198, 1968.

KHAIRI, M.M.A.; HALL, A.E. Temperature and humidity effects on net photosynthesis and transpiration of citrus. **Physiology Plantarum**, v. 36, p. 29-34, 1976.

KIMATI, H.; GALI, F. Doenças dos citros. In: GALI, F.E. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980, p. 213-235.

KRIEDEMANN, P. E.; BARRS, H.D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.), **Water deficits and plant growth. VI. Woody plant communities**. New York: Academic Press. 1981, p. 325-418.

LEVY, Y. Effect of evaporative demand on water relations of *Citrus limon*. **Annals of Botany**, v. 46, p. 695-700, 1980.

LEVY, Y.; SYVERTSEN, J.P.; NEMEC, S. Effect of drought stress ad VAM on citrus transpiration and hydraulic conductivity of roots. **New Phytologist**, v. 93, p. 61-66, 1983.

LLOYD, J.; KRIEDEMANN, P.E.; SYVERTSEN, J.P. Gas exchange, water relations and ion concentration of leaves on salt stressed 'Valência' orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. **Australian Journal of Plant Physiolog**, v. 14, p. 387-396, 1987.

MACHADO, E.C. ; QUAGGIO, J.A. ; LAGÔA, A. M. M. A.; TICELLI, M.; FURLANI, P.R. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras com Clorose Variegada dos Citros. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, p. 53-57, 1994.

MONTEITH, J.L. **Principles of environmental physics**. London: Edward Arnold, 1973. 241p.

ORTOLANI, A.A.; PEDRO JR, M.J.; ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo de citros. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A .A. (Ed.). **Citricultura brasileira**, 2. ed.. Campinas: Fundação Cargill, 1991, p. 153-195.

POMPEU Jr, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU Jr., AMARO, A.A. (Ed.) **Citricultura brasileira**, 2. ed.. Campinas: Fundação Cargill, 1991, p. 265-280.

POMPEU, Jr.; J.; FIGUEIREDO, J.O.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; JORGE, J.P.N.; SALIBE, A.A.. Comportamento da laranjeira ‘Valência’ em 18 porta-enxertos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., 1981. Recife: **Anais**, Sociedade Brasileira de Fruticultura. 1981. v.2, p. 530-541.

RAMOS, J.W.; KAUFMANN, M.R. Hydraulic resistance of rough lemon roots. **Physiologia Plantarum**, v. 45, p. 311-314, 1979.

REUTHER, W. Citrus. In ALVIM, P.T.; KOLZLOWSKI, T. T. **Ecophysiology of Tropical Crops**. New York: Academic Press, 1977, p. 409-440.

SINCLAIR T.R.; ALEEN, JR. Carbon dioxide and water vapour exchange of leaves on field-grown citrus trees. **Jornal of Experimental Botany**, v. 33, p. 1166-1175, 1982.

STEVENS, G.A. JR.; WESTWOOD, M.N. Fruit set and cytokinin-like activity in the xylem sap of sweet cherry as affected by rootstocks. **Physiologia Plantarum**, v. 61, p. 464-468, 1984.

SYVERSTSEN, J.P. Light acclimation in citrus leaves. II. CO₂ assimilation and light, water, and nitrogen use efficiency. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 109, p. 812-817, 1984.

SYVERTSEN, J.P.; GRAHAM, J.H. Hydraulic conductivity of roots, mineral nutrition, and leaf gas exchange of Citrus rootstocks. **Physiologia Plantarum**, v. 61, p. 464-468, 1985.

TENNANT, D. A test of a line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology** v. 63, p. 995-1001, 1975.

TEÓFILO SOBRINHO, J. Variedades copas e porta-enxertos para os citros. In: MENTEN, J.O.M., DOURADO NETO, D.; TORRADO, P.V. **Curso Intensivo de Citricultura**. Piracicaba: ESALQ, 1991, p.25-36.

TURNER, N.C.; SCHULZE, E.-D.; GOLLAN, T. The response of stomata and leaf gas exchange to vapor pressure deficits and soil water content. II. In the mesophytic herbaceous species *Heliantus annuus*. *Oecologia*, v. 65, p. 348-355, 1985.

VU, J.C.V.; YELENOSKY, G.; BAUSHER, M.G. CO₂ exchange rate, stomatal conductance, and transpiration in attached leaves of 'Valencia' orange. *HortScience*, v. 21, p. 143-144, 1986.

WARDOWSKI, W.F.; NAGY, S.; GRIERSON, W. **Fresh citrus fruits**. New York: Avi, 1986, 571 p..

WUTSCHER, H.K. Citrus rootstocks. *Horticultural Review*, v. 1, p. 237-269, 1979.

WUTSCHER, K.H.; BISTLINE, F. W. Performance of 'Hamlin' orange on 30 citrus rootstocks in southern Florida. *Journal of American Society of Horticultural Science*, v. 113, p. 493-497, 1988.

4 - SEGUNDO TRABALHO CIENTÍFICO

TROCAS GASOSAS E RELAÇÕES HÍDRICAS EM LARANJEIRA ‘VALÊNCIA’ ENXERTADA SOBRE LIMOEIRO ‘CRAVO’ E *Poncirus trifoliata*, SUBMETIDA A DEFICIÊNCIA HÍDRICA ⁽¹⁾

CAMILO LAZARO MEDINA ⁽²⁾ e EDUARDO CARUSO MACHADO ^(3,4)

4.1- Resumo

Avaliou-se, sob condições controladas, as taxas de assimilação de CO₂ (*A*) e de transpiração (*E*), a condutância estomática (*g*), a eficiência no uso da água (*WUE*), o potencial da água na folha (Ψ_l) e o conteúdo relativo de água (*RWC*), sob deficiência

(1) Parte da tese de mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas do primeiro autor, junto à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), USP.

(2) Pós-graduando em Fisiologia e Bioquímica de Plantas da Esalq - USP, Piracicaba (SP). Seção de Fisiologia, Instituto Agrônômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

(3) Seção de Fisiologia - IAC.

(4) Com Bolsa de Produtividade Científica, CNPq.

hídrica, para mudas de laranjeira ‘Valência’ sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e *Poncirus trifoliata* (Trifoliata), em vasos. Não houve decréscimo em A , E , WUE , Ψ_l e RWC quando o potencial da água no substrato (Ψ_s) esteve acima de -0,04 MPa, mostrando valores semelhantes entre os tratamentos. Porém, para Ψ_s abaixo de -0,05 MPa, além de ter ocorrido queda nos valores de A , E , WUE , g e Ψ_l , as plantas sobre os dois porta-enxertos apresentaram respostas diferentes. As plantas sobre ‘Cravo’ iniciaram a queda em A , WUE e Ψ_s , um dia antes que as plantas sobre Trifoliata e demoraram 2 dias mais para recuperarem-se. Quando $\Psi_s = -0,13$ MPa, A atingiu $4,1 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o tratamento Trifoliata e $1,8 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o tratamento ‘Cravo’. Os valores mínimos de A foram atingidos quando $\Psi_s = -0,23$ MP, sendo de $1,0 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o ‘Cravo’ e $2,0 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para o Trifoliata. A manutenção de maiores valores de A , g , WUE , e Ψ_l , em condições de limitação ao desenvolvimento do sistema radicular, sugeriram uma maior tolerância à deficiência hídrica de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre Trifoliata que sobre ‘Cravo’, em plantas em vasos..

Termos de indexação: citros, *Citrus sinensis* Osbeck, fotossíntese, transpiração, relações hídricas.

4.2 - Abstract

GAS EXCHANGE AND WATER RELATIONS OF “VALENCIA” SWEET ORANGE TREE GRAFTED ON ‘RANGPUR’ LIME AND *Poncirus trifoliata*, SUBMITTED TO A WATER DEFICIT.

It was analysed, under controlled conditions, CO₂ assimilation rate (A), stomatal conductance (g), water use efficiency (WUE), leaf water potential (Ψ_l) and relative water content (RWC), under water deficit, in 18 months old ‘Valencia’ orange trees grafted on two different rootstocks: ‘Rangpur’ lime and *Poncirus trifoliata* (Trifoliata), in pots. There was no decreasing in A , E , WUE , Ψ_l and RWC when the substrate water potential (Ψ_s) was above -0,04MPa, showing similar values between the treatments. However, when Ψ_s decreased under -0,05MPa, the plants grafted on the two rootstocks showed different responses. The plants on ‘Rangpur’ began the decreasing in A , WUE and Ψ_l one day before than the plants on Trifoliata and delayed two days to recover. When $\Psi_s = -0,13\text{MPa}$, A reached $4,1 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ and $1,8 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ to Trifoliata and ‘Rangpur’ treatments, respectively. The minimum A values when $\Psi_s = -0,23\text{MPa}$ were $1,0$ and $2,0 \mu\text{mol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ to ‘Rangpur’ and Trifoliata, respectively. The maintenance of the higher values of A , g , WUE and Ψ_l , in conditions that restricted the root system development, suggested that ‘Valência’ orange tree grafted on Trifoliata showed a greater tolerance to water stress than that grafted on ‘Cravo’.

Index terms: Citrus, *Citrus sinensis* Osbeck, photosynthesis, transpiration, water relations.

4.3 -Introdução

Os citros são propagados preferencialmente sobre porta-enxertos, visto que este método proporciona vantagens como: adaptação ambiental, crescimento homogêneo e precocidade do início da produção. Várias combinações porta-enxertos x copas são possíveis, de forma a ter-se plantas mais adaptadas a diferentes condições ambientais (Castle et al., 1989).

Devido ao predomínio de cultivos sem irrigação no Brasil, é desejável que se utilize combinações (porta-enxerto x copa) que apresentem também tolerância à seca, devido a ocorrência de déficits hídricos temporários em várias regiões citrícolas (Ortolani et al., 1991). Para combinações com as mesmas copas, as diferentes variedades de porta-enxertos afetam as relações hídricas e trocas gasosas de forma diferente (Castle et al., 1989). Assim, é importante que se conheça o comportamento fisiológico das diferentes combinações às condições ambientais.

Medina et al. (1997) estudando laranjeira ‘Valência’ sobre diferentes porta-enxertos, cultivadas em vasos, verificaram que as plantas sobre o limoeiro ‘Cravo’ apresentaram as maiores quedas na taxa de assimilação de CO₂ e no potencial da água na folhas, embora sejam consideradas, sob condições de campo, que plantas sobre ‘Cravo’,

apresentam-se como as mais tolerantes à seca (Pompeu Jr., 1991). As plantas sobre Trifoliata, em condições de confinamento do sistema radicular, apresentaram-se como a combinação mais tolerante, dentre as analisadas. A laranjeira ‘Valência’ sobre tangerina ‘Cleópatra’ e sobre citrange ‘Troyer’ tiveram comportamentos intermediários. Estes resultados indicaram a necessidade de se analisar outros processos afetem o desempenho destas combinações sob deficiência hídrica.

O objetivo deste trabalho, foi avaliar a influência dos porta-enxertos Trifoliata (*Poncirus trifoliata*) e limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) sobre as trocas gasosas e relações hídricas da laranjeira ‘Valência’ (*Citrus sinensis* Osbeck), sob condições controladas, quando submetidas à deficiência hídrica..

4.4- Material e métodos

Neste experimento foram utilizadas mudas de laranjeira ‘Valência’ com 18 meses de idade enxertadas sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e Trifoliata, plantadas em vasos de 0,45 m de altura por 0,18 m de diâmetro. O substrato dos vasos era composto de três partes de terra para uma de areia, sobre uma camada de 0,02 m de pedra para permitir boa drenagem. As plantas permaneceram por 6 meses em casa de vegetação, até que se iniciou a aplicação dos tratamentos e as medidas. Durante a permanência na casa de vegetação as plantas receberam adubação, irrigação e tratamentos sanitários adequados

para sua manutenção e crescimento. Os detalhes de como as plantas foram conduzidas em casa de vegetação são apresentados por Medina et al.(1997).

As irrigações foram diárias em todos os vasos até o início do tratamento. A deficiência hídrica foi imposta pela suspensão da irrigação, de forma que o conteúdo de água no substrato dos vasos baixou gradativamente. Este procedimento foi feito até que a taxa de assimilação de CO_2 fosse praticamente nula, quando então se reidratou as plantas. Durante o período de imposição da deficiência hídrica e no de recuperação, após a reidratação, foram efetuadas medidas diárias das taxas de assimilação de CO_2 (A) e de transpiração (E), condutância estomática (g), teor de umidade no substrato, conteúdo relativo de água na folha (RWC) e potencial da água na folha (Ψ).

Quatro plantas de cada porta-enxerto foram transferidas para o laboratório sob um sistema de iluminação, onde ficavam por quatro horas antes do início das medidas. As condições ambientais sob o sistema de iluminação foram $700 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), suficiente para saturação lumínica da fotossíntese (Syvertsen, 1984), temperatura de $27 \pm 1^\circ\text{C}$ e déficit de pressão de vapor de $1,5 \pm 0,3 \text{ kPa}$. Após as medidas serem efetuadas, as plantas voltavam para a casa de vegetação, para no dia seguinte retornarem novamente ao laboratório e dar sequência a série de medidas. Detalhes de construção e funcionamento do sistema de iluminação são apresentados em Machado & Pereira (1990).

As medidas de taxa de assimilação de CO₂, taxa de transpiração e de condutância estomática, DFFFA, temperatura da folha e da câmara de medição foram feitas por um analisador portátil por radiação infra vermelho, Li-6200 (LICOR , Lincoln, Nebraska-USA), seguindo método descrito por Vu et al. (1986). Para tanto, utilizaram-se 8 folhas de cada tratamento, selecionadas de acordo com a idade (5 a 7 meses), semelhança (tamanho e forma) e posição na planta.

Durante as medidas captou-se ar externo que passava por uma coluna de de 30 litros de água à temperatura constante. Após a refrigeração e umidificação, o ar fluía para a câmara de fotossíntese à 28 °C. Desta forma, o ar apresentava umidade e temperatura constantes durante as medidas.

A eficiência de uso da água (*WUE*) foi estimada pela relação entre a assimilação de CO₂ e transpiração, *A/E* (Berry & Downton, 1982).

O estado hídrico das plantas foi avaliado pela determinação do potencial da água e do conteúdo relativo de água nas folhas. O potencial da água foi medido com câmara de pressão, seguindo técnica descrita por Kaufmann (1968) e o *RCW* foi determinado por técnica descrita por Turner (1981). Imediatamente após a medida de assimilação de CO₂ foram recortados cinco discos de folha de 0,01m cada; e o *RWC* foi calculado por:

$$RWC = (Ma - Ms) \cdot (Mt - Ms)^{-1} \cdot 100,$$

onde, *Ma* = massa fresca de 5 discos foliares; *Ms* = massa seca medida após secagem em estufa a 85 °C por 24 horas; *Mt* = massa túrgida obtida após colocar os discos foliares em placa de “Petri” com água destilada até peso constante e sob luz próxima ao ponto de

compensação (~ 40 a $60 \mu\text{mol. m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Imediatamente após a retirada dos discos foliares o potencial da água nas folhas foi medido.

Amostras dos substratos dos vasos foram retiradas na profundidade de 0,15 m, para determinação do teor de umidade pelo método gravimétrico (Reichardt, 1985).

O potencial da água no substrato (Ψ_s) foi estimado através da curva de retenção de água (Reichardt, 1985) obtida pela determinação da umidade do solo em amostras do substrato submetidas a tensões de 10, 30, 70, 500 e 1500 kPa em “painéis” de Richards (Richards, 1965) que foram, respectivamente, 20,9; 16,8; 15,4; 13,8 e 13,3 m^3m^{-3} . Por estes valores obteve-se a curva descrita pela equação:

$$\log Y = 0,91281 + 2,22596 \exp - (x - 13,2965/2,4707), \quad (1)$$

3. onde Y = potencial mátrico do substrato em kPa; x = umidade em m^3m^{-3} .

4.5 Resultados e discussão

Após a interrupção da irrigação, o potencial da água no substrato decaiu de -0,01 MPa para - 0,23 MPa (Figura 1), quando as plantas de ambos os tratamentos apresentaram valores baixos de assimilação de CO_2 (Figura 2 A/D). A redução do potencial da água no substrato foi mais rápida para o tratamento ‘Cravo’ atingindo -0,13 MPa e -0,23 MPa no 8º e 9º dia, respectivamente, enquanto que para o tratamento Trifoliata, estes valores foram atingidos apenas no 9º e 11º dia.

Figura 1. Potencial da água no substrato dos vasos com laranjeiras 'Valência' enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' e Trifoliata, após a suspensão da irrigação . Campinas, 1996

Enquanto o potencial da água no substrato manteve-se acima de -0,04 MPa, entre o 1º e 6º dia após a suspensão da irrigação, independente do tipo de porta-enxerto, as plantas apresentaram valores semelhantes de taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática, eficiência no uso da água (*WUE*) e de potencial da água na folha (Figura 2).

Figura 2. Variação do potencial da água na folha, Ψ (A); do conteúdo relativo de água RWC (B); da condutância estomática g (C); da taxa de assimilação de CO_2 A (D); da taxa de transpiração E (E) e da eficiência do uso da água, WUE (F), em laranjeiras 'Valência', em vasos, enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' e Trifoliata, em função do crescimento do conteúdo de água no substrato. Campinas, 1996.

As taxas máximas de assimilação de CO_2 , ao redor de $10 \mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$ nos primeiros 6 dias de suspensão da irrigação, foram semelhantes aos valores encontrados por outros autores. quando medidos sob condições ambientais favoráveis (Syvertsen, 1984, Chartzoulakis & Michelakis, 1992. Machado et al., 1994).

Em potenciais da água no substrato abaixo de $-0,04 \text{ MPa}$, houve respostas diferentes entre tratamentos, indicando que, sob condições de deficiência hídrica mais acentuada, os porta-enxertos afetaram os processos medidos (Figura 2). A redução na taxa de assimilação de CO_2 , transpiração e potencial da água na folha em potencial do substrato menor que $-0,05 \text{ MPa}$ são da mesma ordem de grandeza dos encontrados por Chartzoulakis & Michelakis (1992), também em mudas de citros.

A taxa de assimilação de CO_2 , a transpiração e condutância estomática começaram a decrescer somente no sétimo e no nono dia para o 'Cravo' e para o Trifoliata, respectivamente (Figura 2D). A taxa de assimilação de CO_2 do 'Cravo' atingiu $1,0 \mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$ no nono dia após a interrupção da irrigação, quando as plantas foram reidratadas. Após a reidratação a recuperação da assimilação de CO_2 ocorreu no décimo terceiro dia, isto é, quatro dias depois. Para plantas enxertadas em Trifoliata a reidratação ocorreu no décimo primeiro dia quando as plantas apresentaram taxa de assimilação de $2,2 \mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$, sendo que sua recuperação ocorreu no décimo terceiro dia, isto é, dois dias depois. A reidratação das plantas foi feita às 18:00 horas. Fereres et al. (1979), também observaram que a recuperação de plantas sob deficiência hídrica depende do porta-enxerto e da intensidade do estresse.

A taxa de assimilação de CO₂ para o tratamento Trifoliata manteve-se maior para potenciais da água no substrato (Ψ_s) menores em relação ao ‘Cravo’ (Figura 2D). Assim, no Trifoliata a assimilação de CO₂, para $\Psi_s = -0,13$ MPa (nono dia) foi de $6,7 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, e para $\Psi_s = -0,16$ MPa, $4,1 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (décimo dia), enquanto que, para o tratamento ‘Cravo’ para $\Psi_s = -0,13$ MPa (oitavo dia), a taxa de assimilação de CO₂ foi de $1,8 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Figura 2D).

Quando o potencial do substrato variou entre -0,01e -0,04 MPa o potencial da água nas folhas (Ψ_l), em ambas variedades de porta-enxertos, mantiveram-se ao redor de -0,45 MPa (Figuras 1 e 2 A). O potencial da água na folha decresceu a partir do sétimo dia para o ‘Cravo’ e do oitavo dia para o Trifoliata, atingindo, respectivamente, - 2,0 MPa e -1,0 MPa. Posteriormente, o potencial decresceu rapidamente atingindo um mínimo no nono e décimo primeiro dia para o ‘Cravo’ e Trifoliata, respectivamente. O potencial da água na folha da planta sobre ‘Cravo’ decresceu mais rapida e intensamente do que sobre Trifoliata (Figura 2A). Após a reidratação, o potencial da água nas folhas recuperou-se totalmente no dia seguinte pela manhã em ambos os tratamentos. (Figura 2A).

A condutância estomática (Figura 2C), começou a decrescer entre o quarto e o quinto dia após a suspensão da irrigação, ou seja, respondeu mais rapidamente à queda da umidade do solo do que ao potencial da água na folha. Isto também foi evidenciado em outras espécies (Blackman & Davies, 1985, Gollan et al., 1992, Schurr et al., 1992, e Tardieu et al., 1992, Davies et al, 1994). Este fato está coerente com o fato de que há uma comunicação química entre a raiz e parte aérea, provocando o movimento estomático

conforme sugerem vários autores (Schurr et al., 1992; Tardieu et al, 1992). Este sinal é intermediado por substâncias de crescimento, como o ABA, produzido nas raízes (Tardieu et al., 1992; Davies et al 1994).

Os valores mínimos da condutância foram atingidos entre o 9º e 10º dia, respectivamente para o ‘Cravo’ e Trifoliata. Após a reidratação das plantas, a recuperação da condutância foi vagarosa e não atingiu os valores originais até o 4º dia de recuperação. Ou seja, apesar da assimilação de CO₂ e do potencial da água na folha terem recuperado totalmente, neste período, não ocorreu a recuperação da condutância estomática. Fereres et al. (1979), observaram que quanto mais severa a deficiência hídrica maior o período necessário para a recuperação da condutância. Para potencial da água na folha de - 5,0 MPa, a condutância não recuperou-se até 60 dias após a reidratação.

O conteúdo relativo de água (**RWC**) manteve-se praticamente constante nos primeiros sete dias de suspensão da irrigação, quando a umidade do solo esteve entre 16 e 24% (Figura 3C e D). Porém, declinou acentuadamente para ambos os tratamentos atingindo valores mínimos de 58,2% no nono dia para o tratamento ‘Cravo’ e 64,8% para o Trifoliata no décimo primeiro dia. Fereres et al. (1979), observaram potenciais da água nas folhas variando entre -0,3 a -3,4 MPa para valores entre 98 e 50% de **RWC**, em folhas de citros com 11 meses de idade. A recuperação aos valores iniciais de **RWC** ocorreu um dia após a reidratação (dados não apresentados).

Figura 3. Respostas do potencial da água na folha, Ψ (A,B) e do conteúdo relativo de água na folha, RWC (C,D) em laranjeira 'Valência' enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' e Trifoliata, em função da umidade no substrato dos vasos. Campinas, 1996.

Em ambos porta-enxertos, o potencial da água na folha manteve-se praticamente constante para uma grande variação no teor de umidade do substrato (Figuras 3A e B). O mesmo também ocorreu com o *RWC*, que decresceu somente em umidades abaixo de 15%. A manutenção de Ψ_l e de *RWC* praticamente constantes, enquanto houve queda no teor de umidade do substrato deve estar relacionada com o fechamento parcial dos estômatos (Figura 2C) e, conseqüente, queda na taxa de transpiração (Figura 2E). Ou seja, a menor disponibilidade de água no solo, antes de afetar o estado hídrico das folhas afetou os mecanismos de controle de perda de água, através do fechamento parcial dos estômatos.

Sem deficiência hídrica *WUE* foi semelhante nas plantas sobre as duas variedades de porta-enxerto. Porém, sob deficiência hídrica, nas plantas sobre Trifoliata, o *WUE* foi sempre superior (Figura 2F). Para o $\Psi_s = -0,13\text{MPa}$ o *WUE* foi $3,1 \mu\text{mol.mmol}^{-1}$ e 1,5, respectivamente, para o Trifoliata e 'Cravo'. A manutenção da condutância estomática em valores que proporcionaram uma maior taxa de assimilação de CO_2 por um período de tempo maior (Figura 2C), resultaram uma maior eficiência no uso da água (*WUE*) no Trifoliata (Figura 2 F).

Medina et al. (1997) observaram que a condutividade hidráulica das raízes do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' foi maior que das raízes do porta-enxerto Trifoliata (70,8 e $41,3 \mu\text{g H}_2\text{O.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, respectivamente). Apesar da condutividade hidráulica ser um dos mecanismos de tolerância às condições de seca (Kriedemann & Barrs, 1981 e Hale & Orcutt, 1987), sob confinamento do sistema radicular e condições de deficiência hídrica,

as plantas enxertadas em Trifoliata apresentaram maior taxa de assimilação de CO_2 e maior eficiência no uso da água em relação as plantas sobre 'Cravo'. Maior tolerância às condições de deficiência hídrica pelo tratamento Trifoliata pode também ser verificada pela manutenção de um potencial da água nas folhas superiores em menores níveis de umidade do substrato que o tratamento 'Cravo'. O potencial da água nas folhas é um dos fatores que afetam o comportamento estomático em citrus e, conseqüentemente a queda na fotossíntese devido ao fechamento dos estômatos (Camacho et al. 1974).

A maior condutividade hidráulica das raízes, pode ter contribuído para uma redução mais rápida da umidade do substrato em plantas sobre 'Cravo'. Segundo Syvertsen & Graham (1985), um sistema radicular de maior condutância hidráulica se confinado a um pequeno volume de substrato, pode desenvolver estresse hídrico mais rapidamente.

Portanto, em plantas envasadas, os resultados observados indicaram que o porta-enxerto Trifoliata proporcionou à laranjeira 'Valência' a manutenção de maiores taxas de assimilação de CO_2 , potencial da água na folha e *WUE*, por um período maior de tempo (Figura 2). Resultados semelhantes foram observados por Medina et al. (1997), comparando quatro variedades de porta-enxertos, também em vasos, porém com medidas efetuadas durante todo o decorrer de um dia, em condições naturais de insolação. No entanto, em condições de campo plantas enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' apresentam maior tolerância à seca (Pompeu Jr., 1991), parecendo contraditório aos resultados aqui observados. Esta aparente contradição deve estar relacionada à condição de cultivo adotada, isto é, em vasos limitando o crescimento do sistema radicular. Este fato, pode

sugerir que a possível maior tolerância à deficiência hídrica em plantas sobre 'Cravo' em campo deve estar relacionada com o crescimento e com a condutividade hidráulica de seu sistema radicular. Enquanto que, a maior tolerância das plantas sobre Trifoliata, em vasos, podem estar relacionada com o efeito do sistema radicular possa transmitir à parte aérea da planta.

4.6 Referências bibliográficas

- ATKINSON, D. The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. In: JANICK, J. (Ed.). **Horticultural review. II**. Westport: AVI Co., 1980, p. 429-490.
- BLACKMAN, P. G.; DAVIES, W.J. Root to shoot communication in maize plants of effects of soil drying. **Journal of Experimental Botany**, v. 36, p. 39-48, 1985.
- BERRY, J.; DOWNTON, W.J.S. Environmental regulation of photosynthesis. In GOVINDJEE, E (Ed.) . **Photosynthesis: development, carbon metabolism, and plant production**. New York: Academic Press, 1982, p-306-308.
- CAMACHO, S.E.; KAUFMANN, M.R.; HALL, A.E. Leaf water potential response to transpiration by citrus. **Physiologia Plantarum**, v. 31, p. 101-105, 1974.
- CASTLE, W.S.; TUCKER, D.P.H.; KREZDORN, A.H.; YOTSEY, C. O. **Rootstocks for Florida Citrus: rootstock selection: the first step to success**. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Science, 1975, 47 p..

- CHARTZOULAKIS, K.S.; MICHELAKIS, N.G. The effect of soil water potencial on plant growth and gas exchange of young orange trees. **Proceedings of International Society of Citriculture**, v. 1, p. 374-378, 1992.
- FERERES, E; CRUZ-ROMERO, G.; HOFFMAN, G .J.; RAWLINS, S. L. Recovery of orange trees following severe water stress. **Journal of Appied Ecology**, v. 16, p. 833-842, 1979.
- GOLLAN, T.; SCHUR, U.; SHULZE, E.-D. Stomatal response to drying soil in relation to changes in xylem sap composition of *Helianthus annuus L.* The and pH of xylem sap. **Plant Cell and Environment**, v. 15, p. 551-559, 1992.
- GRAHAN, J.H.; SYVERSTSEN, J.P. Influence of VAM on hydraulic condutivity of roots of two citrus rootstocks. **New Phytologist**, v. 97, p. 277-284, 1984.
- GUIRADO, N.; MULLER, G.W.; PRATES, H. S. Declínio dos citros. In RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A.A. (Ed.) **Citricultura brasileira**, 2. ed.. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 722-734.
- HALE, M.G.; ORCUTT, D.M. **The Physiology of plants under stress**. New York: John Wiley, 1987, p.26-43.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: Califórnia Agricultural Experiment Station, 1950. 32p. (Circular, 347).
- KAUFMANN, M. Evaluation of the pressure chamber method for measumement of water stress in citrus. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 93, p. 186-198, 1968.

- KRIEDEMANN, P. E.; BARRS, H.D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T.T., **Water deficits and plant growth. VI. Woody plant communities**. New York: Academic Press, 1981, p. 325-418.
- LLOYD, J. KRIEDEMANN, P.E. SYVERTSEN, J.P. Gas exchange, water relations and ion concentration of leaves on salt stressed 'Valência' orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 14, p.387-96, 1987.
- MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R., Um sistema para medidas dos fluxos de gás carbônico em raízes e parte aérea em plantas intactas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, p. 935-944, 1990.
- MACHADO, E. C.; LAGÔA, A.M.M.A. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia**, v. 53, p. 141-149, 1994.
- MACHADO, E.C.; QUAGGIO, J.A. ; LAGÔA, A. M. M. A.; TICELLI, M.; FURLANI, P.R. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras com Clorose Variegada dos Citros. **Revista Brasileira de Fisiologia. Vegetal**, v. 6, p. 53-57, 1994.
- ORTOLANI, A.A.; PEDRO JR, M.J.; ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo de citros. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A .A. (Ed.). **Citricultura brasileira**, 2. Ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991, p. 153-195.

POMPEU, Jr.; J.; FIGUEIREDO, J.O.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; JORGE, J.P.N.; SALIBE, A.A.. Comportamento da laranjeira valência em 18 porta-enxertos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., Recife. **Anais**, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981, v. 2, p.530-541.

POMPEU Jr, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU Jr.; AMARO, A.A. (Ed.). **Citricultura brasileira**, 2 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991, p. 265-280.

RICHARDS, L .A. Phisical condition of water in soil. In: Black, C.A, (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. V1: Physical and mineralogical properties including statistical of mesuring and sampling, p: 128-151. (Agronomy series, 9)

REICHARDT, K. **Processos de transferência do sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985, p.98.155.

SCHURR, U.; GOLLAN, T.; SHULZE, E.-D. Stomatal response to drying soil in reactin to changes in xylem sap composition of *Heliantus annus*. II . Stomatal sensitivity to abscisic acid imported from xylem sap. **Plant, Cell and Environment**, v. 15, p. 561-56, 1992.

SHULZE, E. -D. Carbon dioxid and water vapor exchange in response to drought in the atmospher and in the soil. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 37, p. 247-274, 1986.

- SYVERTSEN, J.P. Light acclimation in citrus leaves. II. CO₂ assimilation and light, water, and nitrogen use efficiency. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 109, p. 812-817, 1984.
- SYVERTSEN, J.P.; GRAHAM, J.H. Hydraulic conductivity of roots, mineral nutrition, and leaf gas exchange of Citrus rootstocks. **Physiologia Plantarum**, v. 61, p. 464-468, 1985.
- TENNANT, D. A test of a line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, v. 63, p. 995-1001, 1975.
- TEÓFILO SOBRINHO, J. Variedades copas e porta-enxertos para os citros. In: MENTEN, J.O.M., DOURADO NETO, D.; TORRADO, P.V. **Curso Intensivo de Citricultura**. Piracicaba: ESALQ, 1991, p.25-36.
- TURNER, N.C.; Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, v. 58, p. 339- 366, 1981.
- TURNER, N.C.; SCHULZE, E.-D.; GOLLAN, T. The response of stomata and leaf gas exchange to vapor pressure deficits and soil water content. II. In the mesophytic herbaceous species *Heliantus annuus*. **Oecologia**, v. 65, p. 348-355, 1985.
- VU, J.C.V.; YELENOSKY, G.; BAUSHER, M.G. CO₂ exchange rate, stomatal conductance, and transpiration in attached leaves of Valencia orange. **HortScience**, v. 21, p. 143-144, 1986.
- VU, J.C.V.; YELENOSKY, G. Solar irradiance and drought stress effects of the activity and concentration of ribulose biphosphate carboxylase in valencia orange leaves. **Israel. Journal of Botany**, v. 1, p. 245-256. 1988.

WUTSCHER, H.K. Citrus rootstocks. **Horticultural Review**, v. 1, p. 237-269, 1979.

WUTSCHER, K.H. & BISTLINE, F. W. Performance of 'Hamlin' orange on 30 citrus rootstocks in southern Florida. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 113, p. 493-497, 1988.

YELENOSKY, G. Response and adaptation of citrus trees to environmental stresses. **Israel Journal of Botany**, v. 40, p. 239-250, 1991.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Tanto no experimento em condições de casa de vegetação como em laboratório, houve um comportamento diferencial das trocas gasosas e relações hídricas em laranjeira ‘Valência’, em função do porta-enxerto utilizado.

Sem deficiência hídrica, em casa de vegetação, as plantas sobre o porta-enxerto ‘Cravo’ apresentaram maior taxa de assimilação de CO_2 que plantas sobre ‘Cleópatra’ e ‘Troyer’ e semelhante àquelas sobre Trifoliata. A maior taxa de assimilação de CO_2 das plantas sobre ‘Cravo’, sem deficiência hídrica, pode estar relacionadas com a maior condutância hidráulica de seu sistema radicular.

Durante a imposição da deficiência hídrica, as plantas sobre o porta-enxerto ‘Cravo’, apresentaram menor taxa de assimilação de CO_2 que as plantas sobre Trifoliata e ‘Cleópatra’ e semelhantes ao ‘Troyer’. A recuperação das plantas sobre ‘Cravo’, após a reidratação, foi mais lenta em relação às plantas sobre os outros porta-enxertos.

Sob condições controladas, durante a imposição da deficiência hídrica, as plantas sobre Trifoliata, apresentaram maiores taxas de assimilação de CO_2 , condutância estomática, taxa de transpiração, potencial da água na folha, conteúdo relativo de água na folha que as plantas sobre ‘Cravo’. Enquanto que, durante a recuperação, todas variáveis, recuperaram-se mais rapidamente nas plantas sobre Trifoliata. Tais resultados sugerem

que sobre condições de limitação do crescimento das raízes (vasos), as plantas sobre Trifoliata são mais tolerantes ao déficit hídrico que aquelas enxertadas sobre limoeiro 'Cravo'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALBRIGO, L.G. Rootstocks affect 'Valencia' orange fruit quality and water balance. **Proceeding International Society of Citriculture**, v.1, p. 62-65, 1977.
- ASPINALL, D.; & PALLEG, L. G. Proline accumulation: physiological aspects. In: PALLEG, L.G.; ASPINALL D. (Ed). **The physiology and biochemistry of drought resistance in plants**. Melbourn: Academic Press, 1981, p. 206-241.
- ATKINSON, D. The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. In: JANICK, J. (Ed.). **Horticultural review II**. Westport: AVI Co, Conn, 1980 p. 429-490.
- BEARSELL, M.F.; COHEN, D. Relationship between leaf water status, abscisic acid levels, and stomatal resistance in maize and sorghum. **Plant Physiology**, v. 56: p. 207-212, 1975.
- BLACKMAN, P. G. & DAVIES, W.J. Root to shoot communication in maize plants of effects of soil drying. **Jornal of Experimental Botany**, v. 36, p. 39-48, 1985.
- BRADFORD, K.J.; HSIAO, T.C. Physiological responses to moderate water stress. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H., (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology, Physiological plant ecology. II. Water relations and carbon assimilation**. Berlin, Springer-Verlag, 1982.v. 12B, p.264-323.
- BRAKKE, M.; ALLEN JR, L.H. Gas exchange of Citrus seedlings at different temperatures, vapor pressure deficits, and soil water contents. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 120: n. 3, p. 497-504; 1995.

- CAMACHO, S.E.; KAUFMANN, M.R.; HALL, A.E. Leaf water potential response to transpiration by citrus. **Physiologia Plantarum**, v. 31: p. 101-105, 1974.
- CASTLE, W.S.; KRESNORN, A. H. Effects of citrus rootstock on root distribution and leaf mineral content of 'Orlando' tangelo trees. **Jornal of American Society of Horticultural Science**, v. 100, p. 1-4, 1975.
- CASTLE, W. S.; KRESNORN, A. H. Soil water use and apparent root efficiensis of citrus trees on four rootstocks. **Jornal of American Society of Horticultural Science**, v.12, p.403-406. 1977.
- CASTLE, W.S.; TUCKER, D.P.H.; KREZDORN, A.H; YOTSEY, C. O. **Rootstocks for Florida Citrus: rootstock selection: The first step to success**. Gainsville, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Science. 1989, 47 p.
- CHAPLIN, M.H.; WESTWOOD, M.N.; ROBERTS, A.N. Effects rootstocks on leaf element content of 'Italian' prune (*Prunus domestica* L.) **Jornal of American Society Horticultural Science**, v. 97: p. 641-644, 1972.
- CHAPOT, H. The citurs plant. In HÄFLIGER, E. (Ed). **"Citrus"**, Basel: Ciba Geigy, 1975. p. 6-13. (Technical Monography, 4).
- CHARTZOULAKIS, K.S. & MICHELAKIS, N.G. The effect of soil water potencial on plant growth and gas exchange of young orange trees. **Proceedings of International Society of Citriculture**, v. 1, p. 374-378. 1992.

- CHAVES, M.M. Carbon assimilation by plants under water and high temperature stress regulation at the leaf and the whole plant level. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5. **Conferências**, Lavras 1995. p. 75.
- CHEN, Z.H.; ZHANG, L.C.; WU, G.L.& ZHANG, Z.L. Photosynthesis fo citrus under water stress. **Acta Agriculturae Universitatis Zhejiangensis**, v. 18: n. 2, p. 60-66, 1992.
- COWAN, I. R. Regulation of water use in relation to carbon gain in higher plants. In: LANGE, O. L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H., (Ed). **Physiological plant ecology**. II. Water relations and carbon assimilation. Berlin: Springer-Verlag. 1982, v. 12B, p. 589-613. (Encyclopedia of plant physiology)
- CROCKER, T.E.; BELL, W.D.; BARTHOLIC, J.F. Sholander pressure bomb thechnique to assess the relative leaf water of 'Orlando' tangelo scion as influenced by varius citrus rootstocks. **HortScience**, v. 9, p. 453-455, 1974.
- DAVIES, W.J.; TARDIEU, F.; TREJO, C.L. How do chemical signal work in plants that grow in drying soil? **Plant Physiology**, v. 104, p. 309-314, 1994.
- DOWTON, W.J.S.; LOVEYS, B.R.; GRANT, W.J.R. Non-uniform stomatal closure induced by water stress cause putative non-stomatal inhibition of photosynthesis. **New Phytology**, v. 110, p. 503-509, 1988.
- ELFING, D.C.,KAUFMANN,M.R.; HALL, A. E. Interpreting leaf water potencial measurements with a model of the soil-plant-atmosphere continuun. **Physiology Plantarum**, v. 27, p. 161-168, 1972.

- FERERES, E; CRUZ-ROMERO, G.; HOFFMAN, G .J.; RAWLINS, S. L. Recovery of orange trees following severe water stress. **Jornal of Applied Ecology**, v. 16, p. 833-842, 1979.
- FORD, H. W. The distribution of feeder roots of orange and grapefruit trees on rough lemon rootstock . **Citrus Magazine**, v. 14, p. 22-23, 1952.
- FORD, H.W. The effect of rootstock, soil type, and soil pH on citrus root growth in soil subject to flooding. **Proceedings Florida State of Horticulture Society**, v. 77, p. 41-45, 1964.
- GOLLAN, T. SCHURR, U.; SHULZE, E.-D. Stomatal response to drying soil in relation to changes in xylem sap composition of *Helianthus annuus* L. The pH of Xylem sap. **Plant Cell and Environment**, v. 15, p. 551-559, 1992.
- GUIRADO, N.; MULLER, G.W.; PRATES, H. S. Declínio dos citros. In RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A.A. (Ed.) **Citricultura brasileira**, 2. ed.. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 722-734.
- HALE, M.G. & ORCUTT, D.M. **The Physiology of plants under stress**. New York: John Willey, 1987. p. 26-43.
- HILGEMAN, R. H.; EHRLER, W.L. EVERLING, C.E. & SHARP, F. O. Apparent transpiration and internal water stress in 'Valencia' orange as affected by soil water, season and climate. **INTERNATIONAL CITRUS SYMPOSIUM, Proceeding**, 1969 v. 3, p. 1713-1723.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Os números da citricultura**. São Paulo, 1997, 28 p.

- KAUFMANN, M. R. Citrus a case study of environmental effects on plant water relations. **Proceedings of International Society of Citriculture**. 1977. v. 1.
- KAUFMANN, M. R. Development of water stress in plants. **HortScience**, v. 16, n. 1, p. 34-38, Feb. 1981.
- KHAIRI, M.M.A. & HALL, A.E. Temperature and humidity effects on net photosynthesis and transpiration of citrus. **Physiology Plantarum**, v.36, p. 29-34, 1976.
- KIMATI, H. & GALI, F. Doenças dos citros. In: GALLI, F.E. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. p. 213-235.
- KOZLOWSKI, T.T. **Shedding of Plant Parts**. New York: Academic Press, 1973, 234 p.
- KRIEDEMANN, P. E.; BARRS, H.D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T.T., **Water deficits and plant growth. VI. Woody plant communities**. p. 325-418, 1981.
- LABOREM, E.G.; WAGNER, M.; REYES, F. Proline concentration as an indicator of water deficit in three citrus rootstocks. **Fruits**, v. 46, n. 3, p. 259-264, 1991.
- LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses**. New York: Academic Press, 1972, 128 p..
- LEVY, Y. Effect of evaporative demand on water relations of *Citrus limon*. **Annals of Botany**, v. 46: p. 695-700, 1980.

- LEVY, Y.; SYVERTSEN, J. P. Water relations of citrus in climates with different evaporative demands. **Proceedings of International Society of Citriculture**, 1981. v. 2.
- LLOYD, J. KRIEDEMANN, P.E.; SYVERTSEN, J.P. Gas exchange, water relations and ion concentration of leaves on salt stressed 'Valência' orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 14, p. 387-396, 1987.
- MACHADO, E. C.; LAGÔA, A.M.M.A.. Trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas. **Bragantia**, v. 53: p.141-149, 1994.
- NORMAN, S.M.; MAIER, V.P.; PON, D.L. Absciscic acid accumulation and carotenoid and chlorophyl content in relation to water stress and leaf age of different types of citrus. **Jornal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38: n. 6, p. 1326-1334, 1990.
- ORTOLANI, A.A.; PEDRO JR, M.J. ; ALFONSI, R.R. . Agroclimatologia e o cultivo de citros. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A .A. (Ed.). **Citricultura brasileira**, 2. ed.. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 153-195.
- POMPEU Jr, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU Jr.; AMARO, A.A. (Ed.) **Citricultura brasileira**, 2. ed.. Campinas: Fundação Cargill, 1991, v. 1, p. 265-280.
- POMPEU, Jr., J.; FIGUEIREDO, J.O.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; JORGE, J.P.N.; SALIBE, A.A.. Comportamento da laranjeira 'Valência' em 18 porta-enxertos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., Recife, **Anais**, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981, v. 2, p. 530-541.

- REUTHER, W. Climate and citrus behavior. In REUTHER, W. (Ed.). **The citrus industry**. Riverside: University of California, 1973, v. 3, cap. 9, p- 280-337.
- REUTHER, W. Citrus. In ALVIM, P.T.; KOLZLOWSKI, T. T.. **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977, p. 409-440.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Phisiology**. 4. Ed. Belmont: Wadsworth, 1991, 682 p.
- SAVAGE, E. M. ; COOPER, W.C.; PIPER, R.B. Root systems of various citrus rootstocks. **Proceedings of Florida State Horticultural Science**, v. 58, p. 44-48, 1945.
- SCHURR, U.; GOLLAN, T.; SHULZE, E.D. Stomatal response to drying soil in reactin to changes in xylem sap composition of *Heliantus annus*. II . Stomatal sensitivity to abscisic acid imported from xylem sap. **Plant Cell and Environnoment**, v. 15, p. 561-56, 1992.
- SHAFFER, B.; MOON, P.A. Influence of rootstock on flood tolerance of 'Tahiti' lime trees. **Proceedings Florida State of Horticultural Society**, v. 103., p. 318-321. 1990.
- SHULZE, E.-D.. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. **Annual Review of Plant Physilogy**, v.37, p. 247-274, 1986.
- SINCLAIR T.R.; ALLEN, JR. Carbon dioxide and water vapour exchange of leaves on field-grown citrus trees. **Jornal of Experimental Botany**, v. 33, p. 1166-1175, 1982

- STEVENS, G.A. JR.; WESTWOOD, M.N. Fruit set and cytokinin-like activity in the xylem sap of sweet cherry as affected by rootstocks. **Physiologia Plantarum**, v. 61, p. 464-468, 1984.
- SYVERTSEN, J.P. Light acclimation in citrus leaves. II. CO₂ assimilation and light, water, and nitrogen use efficiency. **Journal of American. Society of Horticultural Science**, v. 109, p. 812-817. 1984.
- SYVERTSEN, J.P. & GRAHAM, J.H. Hydraulic conductivity of roots, mineral nutrition, and leaf gas exchange of Citrus rootstocks. **Physiologia Plantarum**, v. 61, p. 464-468, 1985.
- TARDIEU, F.; ZHANG, J.; KATERJI, N.; BETHENOD, O.; PALMER, S.; DAVIES, W.J.. Xylem ABA controls the stomatal conductance of field-grow maize as a function of the predraw leaf water potencial. **Plant Cell and Environment**, v. 15, p. 193-197, 1992.
- TUDELA, D.; PRIMO-MILLO, E. 1-aminocyclopropane-1-carboxylic Acid transported from roots to shoots promotes leaf abscission in 'Cleopatra' mandarin (*Citrus reshni* Hort. Ex Tan.) seedlings rehydrated after water stress. **Plant Physiology**. V. 100, p. 131-137. 1992.
- TURNER, N.C.; Tecniques and experimental approaches for the mesurement.of plant water status. **Plant and Soil**, v. 58, p. 339- 366, 1981.
- TURNER, N.C.; SCHULZE, E.-D.; GOLLAN, T. The response of stomata and leaf gas exchange to vapor pressure deficits and soil water content. II. In the mesophytic herbaceous species *Heliantus annus*. **Oecologia**, v. 65, p. 348-355, 1985.

- VU, J.C.V.; YELENOSKY, G.. Water deficit and associated changes in some photosynthetic parameters in leaves of 'Valencia' Orange (*Citrus sinensis* L.). *Plant Physiology*, v. 88, p. 375-378, 1988.
- VU, J.C.V.; YELENOSKY, G.; BAUSHER, M.G.. CO₂ exchange rate, stomatal conductance, and transpiration in attached leaves of Valencia orange. *HortScience*, v. 21, p.143-144, 1986.
- WAL, M.v.d., DAVIE, S.J.; VAN der WAL, M. Physiological changes associated with dwarfing rootstocks. *Inligtingsbulletin Instituut vir Tropese en Subtropiese Gewase*, n. 276, p. 10-16, 1995.
- WUTSCHER, H.K.. Citrus rootstocks. *Horticultural Review*, v.1, p. 237-269, 1979.
- WUTSCHER, K.H.; BISTLINE, F. W.. Performance of 'Hamlin' orange on 30 citrus rootstocks in southern Florida. *Journal of American Society of Horticultural Science*, v. 113, p. 493-497, 1988.
- YELENOSKY, G. Response and adaptation of citrus trees to environmental stresses. *Israel Journal of Botany*, v. 40, p. 239-250, 1991.
- ZEEVART, J.A.D & BOYER, G.L. Accumulation and transport of abscisic acid and its metabolites in *Ricinus* and *Xanthium*. *Plant Physiology*. v.74, p. 934-939, 1984.