

USO DE PORTA-ENXERTOS PARA AUMENTAR A TOLERÂNCIA A SECA EM *Coffea canephora* Pierre.

Vânia A. SILVA¹; Werner C. ANTUNES¹; Breno L. S. GUIMARÃES¹; Andréia M. ALMEIDA²; Maria A. FERRÃO³; Fábio M. DaMATTA²; Marcelo E. LOUREIRO², E-mail: mehlers@ufv.br

¹Estudantes de pós-graduação em Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, 36570-000; ²Prof^o Adjunto do Depto. de Biologia Vegetal, UFV, Viçosa, MG Brasil; ³Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Venda Nova do Imigrante, ES, 29375-000, Brasil, 36570-000

Resumo:

A enxertia recíproca entre genótipos com respostas contrastantes à seca (clones 109 e 120, respectivamente sensível e tolerante) foi realizada com o objetivo de avaliar a contribuição relativa do sistema radicular e da parte aérea na tolerância ao déficit hídrico em *Coffea canephora*. Foram avaliadas as enxertias (enxerto/porta-enxerto) 120/109, 120/120, 109/120, 109/109, além dos respectivos pés francos 109 e 120. As plantas foram cultivadas em vasos com 12 L de substrato, em casa de vegetação. Ao atingirem seis meses, metade das plantas continuou sendo irrigada constantemente, enquanto a outra metade foi submetida à seca, a qual foi imposta pela suspensão da irrigação. O pé-franco 120 e as enxertias que possuíam o clone 120 como sistema radicular apresentaram menor taxa de queda do potencial hídrico foliar na antemanhã (ψ_{am}) sob déficit hídrico, com um sistema radicular mais profundo, e menor discriminação isotópica do carbono, quando comparadas com o pé-franco 109 e autoenxertia 109/109. Estes resultados demonstram que é possível utilizar porta-enxertos tolerantes para melhorar a tolerância à seca em café.

Palavras-chave: cafeeiro, enxertia, seca

GRAFTING USE TO IMPROVE DROUGHT TOLERANCE IN *Coffea Canephora* Pierre.

Abstract:

The aim of this work was to evaluate the relative contribution of the root system in *Coffea canephora* to drought stress tolerance. To achieve this objective, we performed reciprocal grafting experiments between genotypes with contrasting drought tolerance traits (clone 109, sensible, and clone 120, tolerant). The plants used in these experiments were control plants 109 and 120, and grafted plants 120/109, 120/120, 109/110 and 109/109. All plants were cultivated in 12 L pots for 6 months, under greenhouse conditions. After growth for six months, half plants remained irrigated, whereas the other half was subjected to water stress by withholding irrigation. Plants 120 and grafts having 120 as rootstock have showed slower reduction of ψ_{am} , deeper roots and lower carbon isotopic discrimination under water deficit. These results demonstrate the possible use of tolerant rootstocks to improve drought tolerance in coffee.

Key words: coffee tree, grafting, drought

Introdução

O café é um dos principais produtos agrícolas no mundo, sendo produzido por mais de 80 países. Brasil, Colômbia, Vietnã, Indonésia e México são os cinco maiores produtores mundiais, responsáveis por cerca de 56% da produção mundial, sendo que o Brasil é maior produtor.

Nos países produtores de café, há frequentemente oscilações na produtividade da cultura ocasionadas por limitações climáticas, como ocorrência de geadas e períodos de seca. Os períodos de seca são mais frequentes que geadas, assim a seca é considerada o maior estresse ambiental que afeta a produção do café.

A problemática da seca poderia ser equacionada, ou pelo menos minimizada, com o emprego da irrigação. Não obstante, a topografia em muitos casos desfavorável dificulta o seu uso e, em face dos elevados custos, a irrigação nem sempre está disponível para pequenos agricultores. O desenvolvimento de cultivares mais tolerantes a períodos de déficit hídrico, bem como o desenvolvimento de tecnologias que auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de estiagem, são importantes alternativas para a manutenção da produção agrícola brasileira e mundial. Nesse contexto, a identificação e a compreensão dos mecanismos de tolerância à seca são fundamentais no desenvolvimento de novas cultivares mais tolerantes ao déficit hídrico.

Avaliações fisiológicas de genótipos de *Coffea canephora* têm sugerido que a capacidade de tolerância diferencial à seca pode estar associada à tolerância a estresse oxidativo, à habilidade para manutenção da exportação de assimilados e à capacidade de manutenção do *status* hídrico adequado, obtida através da combinação de sistema radicular mais profundo e controle estomático da transpiração (DaMatta e Ramalho, 2006).

A influência do sistema radicular na tolerância ao déficit hídrico pode ocorrer em função das características morfológicas do sistema radicular ou por meio de sinais bioquímicos, como o ácido abscísico (ABA) transportado da raiz para a parte aérea. Uma estratégia para a avaliação da contribuição relativa da parte aérea e do sistema radicular na tolerância ao déficit hídrico envolve a utilização da técnica da enxertia recíproca entre genótipos contrastantes quanto à tolerância à seca. A maioria das pesquisas realizadas até o momento tem priorizado o aproveitamento do sistema radicular

de *C. canephora* para controlar os danos causados pelos nematóides em cultivares de *C. arabica* (Costa *et al.*, 1991; Fazuoli *et al.*, 1983). Por outro lado, para as culturas em que a enxertia é normalmente utilizada, como citros, maçã, videira e tomate, já foram realizados vários trabalhos demonstrando a viabilidade do uso de porta-enxertos tolerantes para a melhoria da tolerância ao déficit hídrico (Medina *et al.*, 1999; Policarpo *et al.*, 2000; Lacono *et al.*, 1998, Holbrook *et al.*, 2002).

Em diversas plantas há muitas evidências que mostram que o ABA participa no mecanismo de tolerância à seca. É normal o fato de que os níveis de ABA aumentem em condições de déficit hídrico. Há grande interdependência fisiológica entre o sistema radicular e a parte aérea de uma planta. A parte aérea é a fonte primordial de todos os compostos orgânicos (*e.g.* carboidratos, aminoácidos, reguladores de crescimento, vitaminas) e as raízes, a fonte principal de praticamente todos os nutrientes minerais e água, e de alguns reguladores de crescimento, indispensáveis ao desenvolvimento da planta como um todo. Portanto, um equilíbrio fisiológico entre o enxerto/porta-enxerto pode influenciar o crescimento e a tolerância a condições ambientais. Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho foi averiguar se a utilização do porta-enxerto oriundo do clone tolerante influencia a tolerância em enxerto obtido de clone sensível.

Material e MÉTODOS

Foram utilizadas plantas de *Coffea canephora* Pierre var. Conilon, sendo um clone tolerante (120) e um clone sensível (109) ao déficit hídrico. Mudas com quatro pares de folhas obtidas no Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper foram utilizadas como pés-francos e também para as enxertias recíprocas e para autoenxertias. A enxertia foi realizada pelo método de garfagem em fenda cheia.

Após seis meses de cultivo (abril de 2006), as plantas foram avaliadas em condições de plena irrigação (controle) e sob deficiência hídrica, imposta pela suspensão da irrigação, até que as plantas atingissem o potencial de $\psi_w = -3,0$ MPa na antemanhã.

O experimento foi montado num esquema fatorial 6 x 2 em blocos casualizados, com cinco repetições, (seis combinações de planta e dois regimes hídricos). Dessa forma, o experimento foi constituído pelas plantas:

- 1) 120/109: Porta-enxerto do clone sensível (109) x enxerto do clone tolerante (120);
- 2) 109/120: Porta-enxerto do clone tolerante (120) x enxerto do clone sensível (109);
- 3) 120/120: Autoenxertia do clone tolerante (120);
- 4) 109/109: Autoenxertia do clone sensível (109);
- 5) 109: Pé-franco 109;
- 6) 120: Pé-franco 120.

Entre os parâmetros biométricos, foi determinado ao final do experimento o comprimento do caule e da maior raiz, a área foliar e massa seca da parte aérea e do sistema radicular. Para determinação da massa seca, os tecidos foram secos a 70°C, em estufa com ventilação forçada, por 72 h.

O *status* hídrico foi determinado em folhas individuais com uma bomba de pressão tipo Scholander, na antemanhã, em folhas completamente expandidas de ramos plagiotrópicos, do terço superior das plantas. A composição isotópica do carbono foliar ($\delta^{13}\text{C}$) foi determinada conforme descrito por DaMatta *et al.* (2002).

Resultados e DISCUSSÃO

A biomassa radicular no pé-franco 109 foi 20% maior do que no pé-franco 120, embora o comprimento tenha sido 36% maior no último (Tab. 1). As plantas autoenxertadas tiveram menor biomassa total, comprimento da raiz e área foliar, quando comparadas aos respectivos pés-francos. Entretanto, as diferenças entre autoenxertias 109/109 e 120/120 seguiram padrões semelhantes aos observados nos pés-francos.

As enxertias recíprocas 120/109 e 109/120 também apresentaram menores áreas foliares quando comparados a ambos os pés-francos, porém as massas secas da raiz e biomassas totais foram menores somente em relação ao pé-franco 109 (Tab.1). Entre as enxertias, o comprimento da raiz foi maior nas plantas constituídas pelo sistema radicular 120 (120/120 e 109/120) a exemplo do observado para o pé-franco 120 (Tab. 1), não apresentando diferenças com relação a área foliar e MSR/AF.

Nas plantas controle, o ψ_{am} foi sempre superior a $-0,05$ MPa. Após a suspensão da irrigação, nas plantas pés-francos e autoenxertadas do clone 109 (sensível à seca) o ψ_{am} diminuiu mais rapidamente que nas plantas pés-francos e autoenxertadas do clone 120 (Fig. 1a e 1b). O nível de déficit hídrico severo ($-3,0$ MPa) foi alcançado aos 18 dias pelas plantas 109 e 109/109. As plantas 120 e 120/120 só atingiram $-3,0$ MPa aos 25 e 27 dias, após a imposição do déficit, respectivamente (Fig. 1a e 1b).

Quando comparados ao pé-franco 109 e autoenxertia 109/109, as combinações de enxertia 120/109 e 109/120 tenderam a diminuir o ψ_{am} mais lentamente, sendo que o $\psi_{am} -3,0$ MPa foi alcançado aos 22 e 25 dias, respectivamente (Fig. 1c).

Tabela 1. Características morfológicas de pés-francos e enxertias de café Robusta em condições irrigadas. Letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas entre médias de clones (Teste Newman-Keuls, $p \leq 0,05$). Cada valor representa a média \pm o erro-padrão da média. $n = 5$. MSR: massa seca do sistema radicular; MSPA: massa seca da parte aérea; AF: área foliar.

| Parâmetro | Pés-francos | | Enxertias | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Clone 109 | Clone 120 | 109/109 | 120/120 | 109/120 | 120/109 |
| Comprimento caule (m) | 0,37 \pm 0,02 b | 0,32 \pm 0,01 ab | 0,36 \pm 0,02 b | 0,28 \pm 0,01 a | 0,35 \pm 0,02 b | 0,31 \pm 0,02 ab |
| Área foliar (m ²) | 0,0398 \pm 0,00 b | 0,0363 \pm 0,0 b | 0,0270 \pm 0,00 a | 0,0240 \pm 0,00 a | 0,0292 \pm 0,00 a | 0,0282 \pm 0,00 a |
| MSR (g) | 9,65 \pm 0,81 c | 8,04 \pm 0,18 b | 6,84 \pm 0,71 b | 4,94 \pm 0,30 a | 7,24 \pm 0,56 b | 7,04 \pm 0,68 b |
| MSR/MSPA | 0,196 \pm 0,02 a | 0,193 \pm 0,01 a | 0,195 \pm 0,03 a | 0,186 \pm 0,01 a | 0,218 \pm 0,02 a | 0,194 \pm 0,02 a |
| Comprimento raiz (m) | 0,58 \pm 0,02 a | 0,72 \pm 0,02 d | 0,53 \pm 0,02 c | 0,63 \pm 0,02 b | 0,64 \pm 0,01 b | 0,57 \pm 0,02 a |
| Biomassa total (g) | 58,88 \pm 4,50 c | 49,72 \pm 4,92 b | 41,81 \pm 4,74 b | 32,86 \pm 1,95 a | 40,40 \pm 1,80 b | 43,33 \pm 2,70 b |
| MSR/AF (g/m ²) | 242,46 \pm 9,56 a | 221,48 \pm 11,2 a | 246,04 \pm 16,0 a | 205,83 \pm 22,8 a | 246,25 \pm 9,30 a | 249,64 \pm 13,4 a |

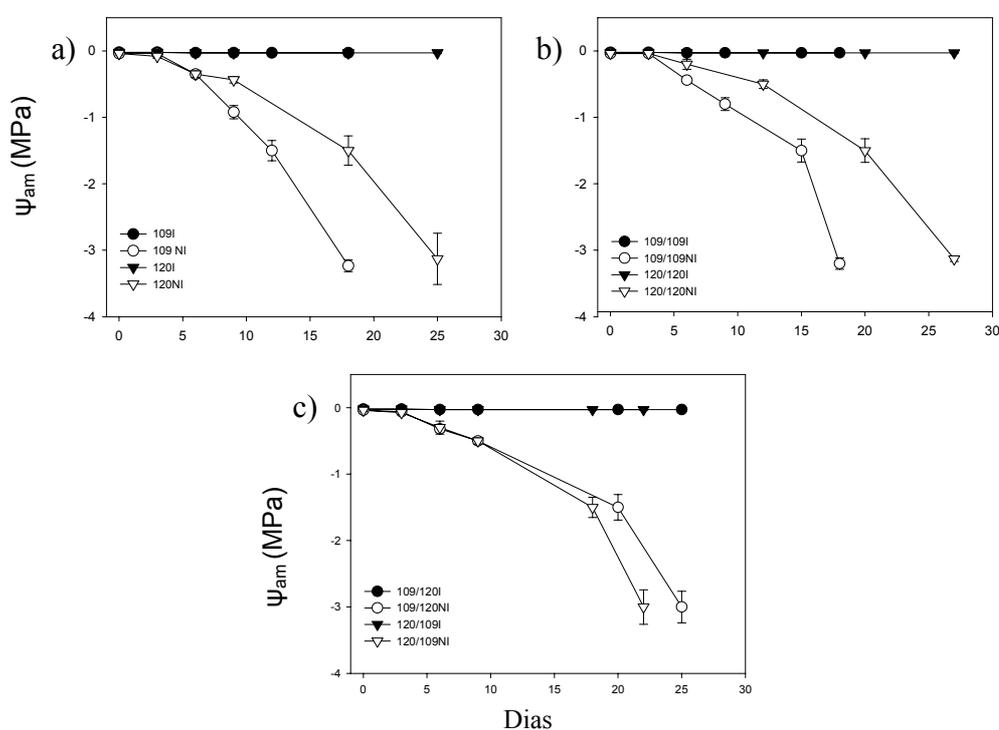


Figura 1. Perfil temporal do potencial hídrico foliar na antemãhã (ψ_{am}) de pés-francos (a), autoenxertias (b) e enxertias recíprocas (c) de diferentes clones de café Robusta em condições irrigadas (símbolos cheios) e sob déficit hídrico (símbolos vazios). Cada ponto representa a média \pm erro padrão da média. $n = 5$.

As plantas alcançaram o $\psi_{am} = -3,0$ MPa em diferentes dias, após a imposição do déficit hídrico, portanto as alterações de crescimento não foram completamente comparáveis entre as plantas estressadas. Além disso, os efeitos do déficit hídrico no crescimento das plantas não foram significativos devido ao curto período de imposição do déficit hídrico. De forma semelhante ao verificado por Pinheiro *et al.* (2005), o pé-franco 120 apresentou maior tolerância ao déficit hídrico e um sistema radicular mais profundo que o pé-franco 109. As enxertias que possuíam o clone 120 como sistema radicular também apresentaram maior tolerância ao déficit hídrico, a julgar-se pela redução mais lenta do ψ_{am} . Na enxertia 120/109 foi observado uma contribuição da parte aérea do clone 120 em retardar a queda do ψ_{am} . Estes efeitos não podem ser explicados por diferenças na área foliar, ou na razão massa raiz/área foliar.

Em frutíferas, como macieira (Polcarpo *et al.*, 2000) e videira (Carboneau, 1985), porta-enxertos oriundos de genótipos tolerantes aumentam a tolerância à seca da parte aérea de outros genótipos, mas este efeito depende da interação entre os genótipos utilizados. Em condições de campo, onde a disponibilidade da água do solo não foi limitante, a enxertia de cultivares de *C. arabica* em porta-enxerto de *C. canephora* contribuiu também para manutenção de um melhor status hídrico nas cultivares de *C. arabica*, fato atribuído especulativamente à arquitetura, tamanho e condutividade hidráulica da raízes de *C. canephora* (Fahl *et al.*, 2001).

Medidas instantâneas de trocas gasosas podem não refletir o desempenho da planta ao longo do tempo e, portanto, devem ser consideradas com cautela. Por outro lado, $\delta^{13}\text{C}$ na massa seca foliar pode ser tomada como um indicador sensível da capacidade fotossintética e do comportamento estomático integrados no tempo e, usualmente, é usada para expressar a eficiência do uso da água (EUA). Conforme evidenciado na Figura 2, os valores de $\delta^{13}\text{C}$, o déficit hídrico promoveu um aumento na $\delta^{13}\text{C}$ em todas as plantas, indicando que houve um aumento da EUA, reflexo de uma redução proporcionalmente maior em g_s que na fotossíntese. Paralelo a maior tolerância à seca, o pé-franco 120 e autoenxertia 120/120 apresentaram maior $\delta^{13}\text{C}$ que o clone 109 e autoenxertia 109/109.

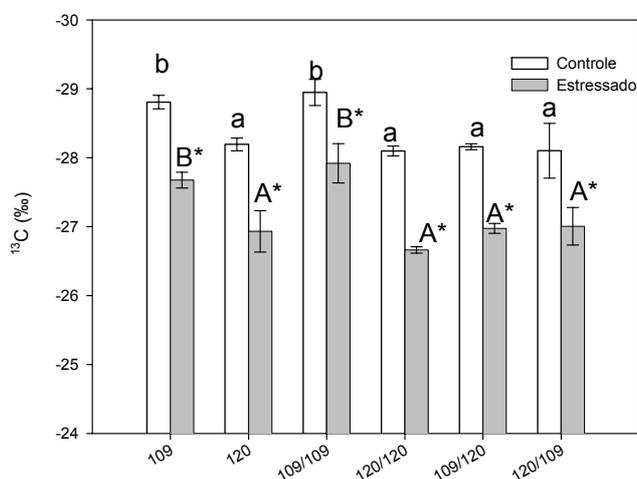


Figura 2. Efeitos do déficit hídrico na composição isotópica de carbono foliar ($\delta^{13}\text{C}$) de pés-franco e enxertias de café Robusta. Letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas entre médias de clones irrigados, e letras maiúsculas diferentes denotam diferenças significativas entre médias de clones estressados (Newman-Keuls, $p \leq 0,05$). As médias de plantas estressadas marcadas com um asterisco diferem das médias das plantas-controle (Teste F, para $p \leq 0,05$). As colunas representam a média, e as barras o erro-padrão, de cinco repetições.

Nas plantas tolerantes, os maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$, associados à maior EUA, podem ter resultado do controle mais eficiente de g_s . Pinheiro *et al.* (2005) também evidenciaram que maior $\delta^{13}\text{C}$ foi verificado no clone 120, em relação ao clone 109, tanto em condições irrigadas quanto de déficit hídrico. Em condições de campo e sob déficit hídrico, DaMatta *et al.* (2003) também verificaram que o clone 120 apresentou maior $\delta^{13}\text{C}$ associado a maior EUA. Os maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ verificados na enxertia 109/120 em relação 109/109 e 109, sugerem que há uma contribuição do porta-enxerto 120 em aumentar a EUA das folhas do clone 109, através do maior fechamento estomático das folhas do clone 109. A partir destes resultados, pode-se inferir que algum sinal produzido nas raízes do clone 120 estaria promovendo redução na condutância estomática. Possivelmente, um teor mais elevado de ABA nas raízes do clone 120, que ao ser translocado para a parte aérea, promova estas alterações (Holbrook *et al.*, 2002). Já no caso da enxertia 120/109, os maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ em relação 109/109 e 109, indicam que a parte aérea do clone 120 possui mecanismos que, independentemente do sistema radicular, também podem contribuir significativamente na redução da condutância estomática sob déficit hídrico (Comstock, 2002).

Conclusões

A utilização da enxertia recíproca entre dois genótipos contrastantes quanto à tolerância ao déficit hídrico permitiu observar que há uma contribuição do sistema radicular do clone 120 em retardar o déficit hídrico na parte aérea do clone sensível. Foi possível observar também que, assim como o sistema radicular, a parte aérea do clone 120 também contribui para a tolerância à seca, pois a utilização do porta-enxerto sensível não tornou a parte aérea 120 tão sensível quanto o clone 109. A parte aérea do clone 120 é capaz de manter, independentemente do tipo de sistema radicular, uma menor condutância estomática.

A capacidade do porta-enxerto 120 em retardar o início de déficits hídricos foliares severos ocorreu simultaneamente com um fechamento estomático mais precoce e uma maior composição isotópica do carbono, salientando a importância do comportamento estomático para a tolerância a seca em café.

Em suma, estes dados indicam a possibilidade do uso de porta-enxertos de clones tolerantes para aumentar a tolerância à seca de outros genótipos mais sensíveis de café com outras características agrônomicas importantes.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café pelo auxílio financeiro, e a CAPES, CNPq pela concessão de bolsas de estudo aos estudantes de pós-graduação envolvidos neste trabalho.

Referências Bibliográficas

- Comstock, J., 2002. Hydraulic and chemical signaling in the control of stomatal conductance and transpiration. *Journal of Experimental Botany*. 53, 195-200.
- Costa, W.M., *et al.* 1991. Produção de café Mundo Novo em porta-enxerto de *Coffea canephora*, em área infestada com *Meloidogyne incognita* raça 1. *Nematologia Brasileira*. 15, 43-50.
- DaMatta F.M. *et al.*, 2002. Limitations to photosynthesis in *Coffea canephora* as a result of nitrogen and water availability. *Journal of Plant Physiology*. 159, 975-981.
- DaMatta, F.M., *et al.* 2003. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. *Plant Science*. 164, 111-117.
- DaMatta, F.M., Ramalho, J.D.C, 2006. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 18, 55-81.
- Fahl, J.I., *et al.* 2001. Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *C. congensis*. *Experimental Agriculture*. 37, 241-252.
- Fazuoli, L., *et al.* 1983. Efeito do porta-enxerto LiC 2258 de *Coffea canephora*, resistente a *Meloidogyne incognita*, no desenvolvimento e produção inicial de dois cultivares de *Coffea arabica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. Resumos... Rio de Janeiro: MIC/IBC, 113-115
- Holbrook, N.M., *et al.* 2002. Stomatal control in tomato with ABA-deficient roots: response of grafted plants to soil drying. *Journal of Experimental Botany*. 373, 1503-1514.
- Lacono, F., *et al.* 1998. Water stress and rootstock influence on leaf gas exchange of grafted and ungrafted grapevines. *Scientia Horticulture*. 75, 27-39.
- Medina, C.L., *et al.* 1999. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira 'valência' sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 11, 29-34.
- Pinheiro, H.A., *et al.* 2005. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. *Annals of Botany*. 96, 101-108.
- Policarpo, C.J., *et al.* 2000. Drought tolerance of clonal *Malus* determined from measurements of stomatal conductance and leaf water potential. *Tree Physiology*. 20, 557-563.