

Aspectos fitotécnicos de estacas caulinares de cafeeiro enraizadas

ADRIANA MADEIRA SANTOS JESUS¹; SAMUEL PEREIRA DE CARVALHO²; FABÍOLA VILLA^{3*}; ANA CAROLINA COSTA LARA⁴

¹Engenheira Agrônoma, Doutora. Pesquisadora da Unidade Regional da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Caixa Postal 351, CEP 38001-970, Uberaba/MG. E-mail: adriana.madeira@epamig.br

²Engenheiro Agrônomo, Doutor, Departamento de Agricultura, Campus Universitário, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário, CEP 37517-000, Lavras/MG

³Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Centro de Ciências Agrárias, Campus Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: fvilla2003@hotmail.com. *Autor para correspondência

⁴Engenheira Agrônoma. Doutoranda em Produção Vegetal, Universidade Estadual de São Paulo (FCAV-UNESP), CEP 14884-900, Jaboticabal/SP. E-mail: anacostlara@gmail.com

RESUMO

A clonagem de híbridos F₁ de *Coffea arabica* L. pode representar uma diminuição significativa de tempo e recursos despendidos nos programas de melhoramento. Buscando-se uma metodologia que permita a clonagem eficiente, por meio de estaquia caulinar de plantas de *C. arabica*, foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, com sistema automático de nebulização. Utilizaram-se estacas de cafeeiros da cv. Rubi. Os trabalhos testaram a eficiência do aquecimento do leito de enraizamento, do fornecimento exógeno de sacarose (30 g L⁻¹) e de seis concentrações de AIB no enraizamento das estacas e na formação das mudas. As avaliações foram feitas aos 45, 90 e 180 dias após a instalação. Os resultados indicaram que a sacarose não apresentou efeito positivo para nenhuma das variáveis analisadas. O aquecimento basal associado com AIB não aumentou a porcentagem total de estacas enraizadas para a ‘Rubi’, mas aumentou o número de raízes e o peso da matéria seca das raízes e da parte aérea das mudas.

Palavras-chave: AIB, leito aquecido, sacarose, *Coffea arabica*.

ABSTRACT

Phytotechnical aspects of rooted stem cuttings of coffee

Cloning of F₁ hybrids of *Coffea arabica* L. may represent a significant reduction of time and resources spent in breeding programs. Aiming at obtaining a methodology that allows efficient cloning of *C. Arabica* by using stem cutting of plants, two experiments were conducted in a greenhouse with automatic misting system. Coffee cuttings of cultivar ‘Rubi’ were used. The experiment tested the efficiency of root bed heating, exogenous supply of sucrose (30 g L⁻¹) and six concentrations of IBA in rooting and seedling formation. The evaluations were carried out at 45, 90 and 180 days after installation. The results showed that sucrose did not have a positive effect on any of the analyzed variables. Root bed heating was effective for ‘Rubi’. Bed heating associated with IBA did not increase the total percentage of ‘Rubi’ rooted cuttings; nevertheless, it increased the number of roots and the dry matter of roots and shoots of seedlings.

Keywords: IBA, root bed heating, sucrose, *Coffea arabica*.

INTRODUÇÃO

Em *Coffea arabica* L., o vigor híbrido, ou heterose, condicionado por combinações alélicas favoráveis, pode possibilitar a obtenção de cafeeiros mais produtivos. Porém, um híbrido propagado por sementes não pode manter seu desempenho nos descendentes. Por outro lado, a

produção de sementes híbridas em escala comercial, além de demandar muitos anos e recursos, requer muita mão-de-obra (FADELLI & SERA, 2001). Contudo, a utilização de híbridos de *C. arabica* poderia ser viabilizada com a propagação vegetativa de plantas F1 superiores, obtidas pelo melhoramento genético, em um menor tempo.

A propagação por meio de estaquia é viável comercialmente para várias espécies vegetais. Em *Coffea canephora*, a porcentagem de enraizamento das estacas é de 95% a 100%, sendo a propagação de clones superiores por estaquia usada comercialmente. Para *C. arabica*, a produção de mudas provenientes de enraizamento de estacas é menos utilizada (BERTHOULY, 2000). A dificuldade no estabelecimento de um protocolo para a propagação vegetativa *in vivo* de *C. arabica* pode estar relacionada à variabilidade de respostas encontradas para as diferentes cultivares, com relação aos fatores que afetam o enraizamento.

A utilização de substâncias reguladoras de crescimento de natureza auxínica tem produzido diferenças significativas no enraizamento, promovendo iniciação de raízes, acelerando seu processo de formação, garantindo melhor qualidade e uniformidade no enraizamento. Uma alternativa para induzir o enraizamento de estacas lenhosas, é o uso do aquecimento basal no leito de enraizamento. Vários autores demonstram efeitos positivos no aquecimento basal de estacas de *C. arabica* (CARVALHO et al., 2008; JESUS et al., 2010).

Os resultados de enraizamento de estacas utilizando AIB são bastante variados, sendo dependentes do tipo de estaca, potencial genético, condição fisiológica e nutricional da planta matriz, idade da planta, da concentração e forma de aplicação do regulador de crescimento (TOFANELLI et al., 2003). Diante do exposto, objetivou-se verificar o enraizamento de estacas de *C. arabica*, em casa de vegetação, buscando-se metodologia que permita clonagem eficiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos constaram de duas fases distintas. Na primeira fase realizou-se enraizamento das estacas em casa de vegetação; na segunda foram avaliadas, no viveiro, a sobrevivência e a conseqüente formação de mudas das estacas enraizadas na primeira fase. Testou-se o efeito do aquecimento basal (leito aquecido), do fornecimento de sacarose e de doses de ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de estacas e formação de mudas de *Coffea arabica* L. cv. 'Rubi MG 1192'.

O enraizamento das estacas foi realizado em casa de vegetação com controle de umidade e temperatura, equipada com sistema automático de irrigação por microaspersão, no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG. Foram utilizados fragmentos de ramos ortotrópicos obtidos por meio de receita de plantas matrizes com cinco anos de idade, crescidos entre novembro-fevereiro.

Após a coleta dos ramos, estes foram mantidos sob nebulização para evitar a desidratação. As estacas foram deixadas com um nó, um par de folhas cortadas pela metade e 4-6 cm de comprimento. Foi realizado corte em bisel na base e ápice das estacas. Imediatamente após o preparo, as estacas foram submetidas aos tratamentos.

Os tratamentos foram arrançados em fatorial 2 (com e sem aquecimento basal) x 2 (com e sem sacarose) x 6 (0, 2000, 4000, 6000, 8000 e 10000 mg L⁻¹ de AIB), em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e parcela constituída por 10 estacas. Para os tratamentos submetidos à indução por aquecimento basal o substrato, colocado em canteiro suspenso, foi mantido aquecido à temperatura de 25 °C, por sistema de aquecimento que utiliza passagem de água quente por tubos colocados sob o substrato.

As bases das estacas que tiveram fornecimento exógeno de sacarose foram imersas em solução na concentração de 30 g L⁻¹ por 3 horas. Utilizou-se o regulador de crescimento para enraizamento, ácido indol-3-butírico (AIB), veiculado em talco inerte. A aplicação foi feita introduzindo-se a base das estacas em torno de 1,5 cm na formulação de pó.

Utilizou-se como substrato em leito de enraizamento mistura de areia lavada e vermiculita na proporção de 1:1, previamente tratada com brometo de metila. Foram realizadas três adubações foliares com macro e micronutrientes. Realizaram-se aplicações semanais com

benomyl (1 g L⁻¹) e estreptomicina + oxitetraciclina (2 g L⁻¹) até 60 dias após instalação do experimento. Após esta data, aplicou-se tiofanato metílico + clorotalonil (20 g L⁻¹) e oxiclureto de cobre (2 g L⁻¹).

As avaliações foram realizadas aos 45 dias (número de estacas enraizadas e calejadas); 90 dias (número de estacas enraizadas e de raízes por estaca) e 180 dias (número de estacas enraizadas) após a instalação. As estacas enraizadas aos 90 dias foram repicadas para saquinho contendo substrato comercial, para a formação das mudas.

As variáveis, após enraizamento das estacas, foram analisadas usando modificação da análise de modelos lineares clássicos desenvolvidos por Nelder & Wedderburn (1972) que, na realidade, mostraram que uma série de técnicas comumente estudadas separadamente podem ser reunidas sob o nome de Modelos Lineares Generalizados (MLG) (DEMÉTRIO, 1999).

As estacas enraizadas nas ocasiões de avaliação foram repicadas para saquinho convencional de polietileno para mudas de meio ano, com 10 cm x 20 cm, contendo substrato comercial Bioplant[®] e transferidas para viveiro com 50% de sombreamento e irrigação manual. Foi mantido o mesmo delineamento experimental da primeira fase. Após pegamento das mudas, foi realizada adubação com Osmocote[®] 15-10-10. Foram realizadas três adubações foliares com macro e micronutrientes.

As avaliações foram realizadas quando as mudas, formadas a partir das estacas enraizadas aos 90 dias, atingiram o estágio ideal para plantio no campo (três a seis pares de folhas). Foram avaliados número de mudas formadas, número médio de raízes por muda, peso da matéria seca das raízes, peso da matéria seca da parte aérea e relação peso da matéria seca das raízes/peso da matéria seca da parte aérea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a porcentagem de estacadas calejadas, a ANOVA revelou diferença significativa para o fator principal AIB e para interação sacarose x AIB e aquecimento basal x sacarose x AIB. Para a 'Rubi', a interação aquecimento basal x AIB também foi significativa. Não houve enraizamento até os 45 dias para nenhum tratamento.

A cv. 'Rubi' apresentou valores bem menores para o calejamento. Apenas para os tratamentos Aq=1 e Sac=0 esse valor excedeu 50%, apresentando 61,7% de calejamento na concentração máxima estudada. Nos tratamentos Aq=1 e Sac=1, essa porcentagem foi 34,4% na concentração 7.842 mg L⁻¹. Nos tratamentos em que as estacas não tiveram aquecimento basal, as porcentagens máximas de calejamento ficaram abaixo de 20% (Figura 1).

Analisando-se o comportamento das estacas, verifica-se que a sacarose não apresentou efeito positivo na porcentagem de calejamento nas estacas de cafeeiro. O aquecimento basal mostrou-se efetivo para aumentar a formação de calos. O AIB mostrou-se benéfico, induzindo maior calejamento nas estacas (Figura 1).

Pode-se verificar que os efeitos principais aquecimento basal, AIB e as interações aquecimento basal x AIB e aquecimento basal x AIB e aquecimento basal x sacarose x AIB foram significativos.

O desdobramento da interação aquecimento basal x sacarose x AIB também teve efeito quadrático para as 4 situações (Figura 2). Pode observar-se que maiores porcentagens de enraizamento foram 74,2% para Aq=1 e Sac=0 na concentração máxima de AIB e 63,4% na concentração de 6.921 mg L⁻¹ para os tratamentos Aq=0 e Sac=0.

Para essas duas situações as porcentagens iniciais de enraizamento foram aproximadamente 5% e 40% na ausência do AIB, mostrando assim aumento no enraizamento na ordem de 1.380% e 57,5%, respectivamente. Na concentração máxima, os tratamentos Aq=1 e Sac=0 foram 17,8% superiores ao segundo melhor resultado Aq=0 e Sac=0.

Conforme a análise do desvio na porcentagem de enraizamento total aos 180 dias pode-se verificar que apenas o AIB foi significativo para a cv. Para a cv. 'Rubi', além do AIB, a sacarose foi significativa. As porcentagens observadas de estacas enraizadas total, aos 180 dias, para os tratamentos (Aq=0 e Sac=0) e (Aq=0 e Sac=1) foram iguais às observadas no enraizamento aos

90 dias. Para as estacas sem o uso de AIB, as porcentagens foram 71% e 62,8%, respectivamente.

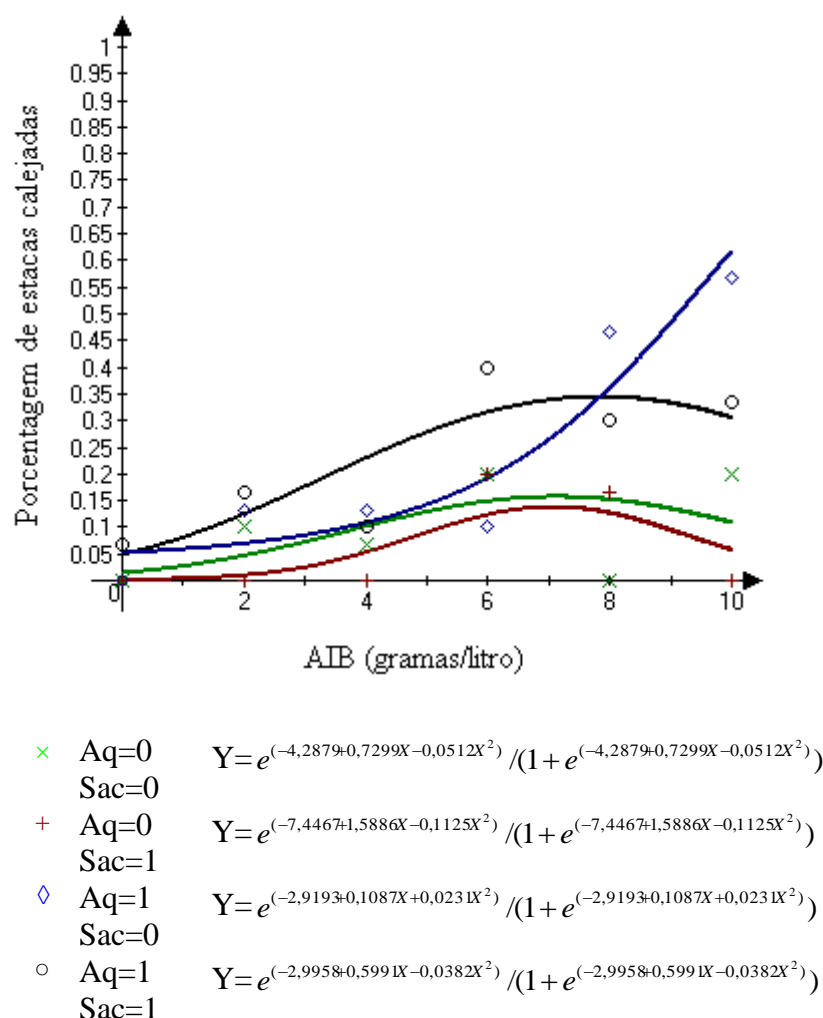


FIGURA 1 - Porcentagem de estacas calejadas, aos 45 dias, de cafeeiro ‘Rubi’ em função de AIB, aquecimento basal e sacarose, na fase de enraizamento de estacas. UFLA, Lavras/MG.

Os tratamentos que apresentaram os melhores desempenhos foram (Aq = 1 e Sac = 0) e (Aq=0 e Sac=0) com porcentagens de enraizamento total 83% (10.000 mg L⁻¹) e 68% (5.974 mg L⁻¹), respectivamente (Figura 3). Para esses tratamentos, as porcentagens de enraizamento na ausência de AIB foram 28% e 49%, representando um acréscimo de 196,42% e de 38,77% nas melhores concentrações de AIB.

Para os tratamentos (Aq=1 e Sac=1) e (Aq=0 e Sac=1) que apresentaram os piores resultados, as porcentagens de enraizamento aos 90 dias não chegaram a 50% e no enraizamento total o melhor deles atingiu pouco mais de 68%. Esses resultados denotam que a sacarose teve efeito negativo no enraizamento.

As células da superfície cortada das estacas precisam transportar água, absorvendo-a do substrato para suprir a necessidade requerida para a maioria das reações químicas da estaca. O uso da água da estaca deve ser direcionado para a formação de novas raízes. Virskov & Eriksen (1982) sugerem como uma possível causa para o menor enraizamento de estacas com suprimento exógeno de sacarose a alteração do potencial osmótico, exercendo forte influência sobre o balanço hídrico das estacas.

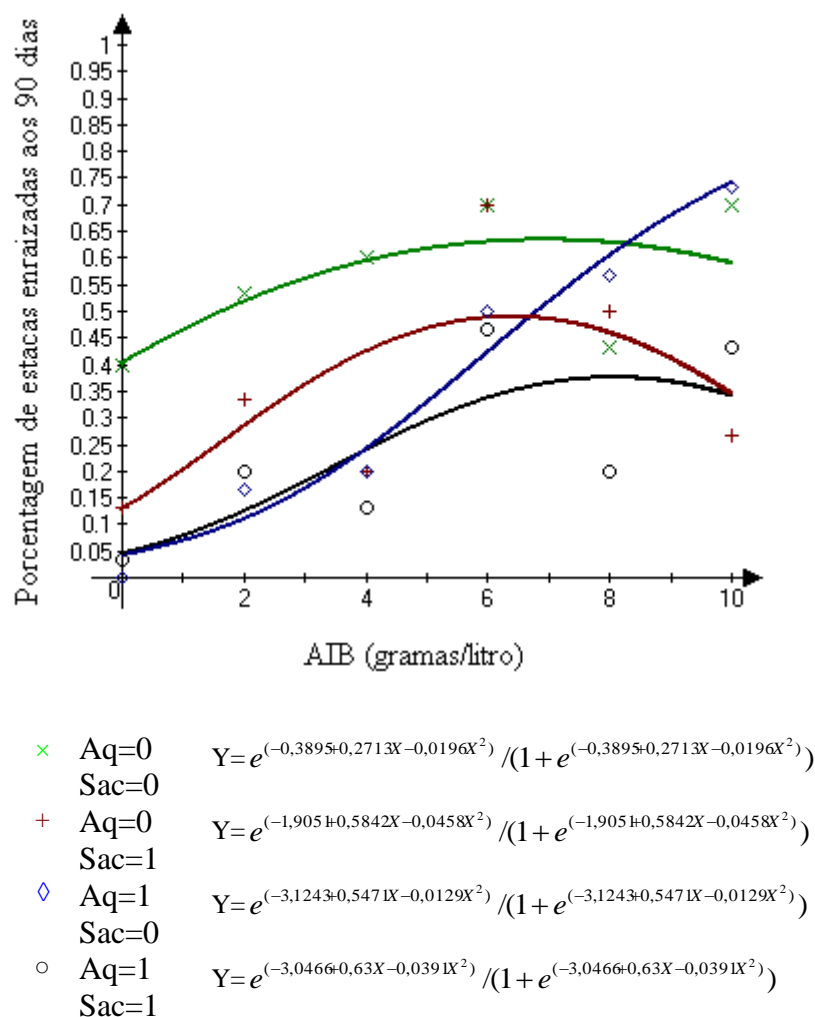


FIGURA 2 - Porcentagem de estacas enraizadas, aos 90 dias, de cafeeiro ‘Rubi’ em função de AIB, aquecimento basal e sacarose na fase de enraizamento de estacas. UFLA, Lavras/MG.

O aquecimento basal não apresentou efeito para as porcentagens de enraizamento total, como pode ser observado nos dois melhores tratamentos (Aq=1 e Sac=0) e (Aq=0 e Sac=0). O melhor tratamento Aq=1 e Sac=0 na concentração $5,974 \text{ mg L}^{-1}$, ponto de máximo do tratamento Aq=0 e Sac=0, apresentou uma porcentagem de enraizamento de 71,4%, sendo esse valor superior em apenas 5% àqueles alcançados nesta concentração pelos tratamentos Aq=0 e Sac=0. Nos pontos de máxima resposta para os dois tratamentos, para enraizamento aos 90 e 180 dias, o aquecimento basal acrescentou, em média, 6,25% na porcentagem de enraizamento entre os melhores tratamentos sem e com aquecimento basal.

Alegre et al. (1998) verificaram que estacas de *Dorycnium hirsutum* tiveram maiores porcentagens de enraizamento em temperaturas baixas. Essas observações divergem de outras publicações que recomendam o aquecimento do substrato para alcançar altas porcentagens de enraizamento, rápido enraizamento e maior número de raiz por estaca (OLIVEIRA, 2001).

Resultados para a cv. ‘Rubi’ indicam que o AIB favoreceu o enraizamento das estacas de cafeeiro, embora as estacas na ausência de AIB também tenham manifestado capacidade rizogênica, confirmando que o enraizamento depende do balanço entre auxinas aplicadas e ou naturais existentes na estaca (HARTMAN et al., 2002). O enraizamento está ainda condicionado à existência de determinadas relações entre as concentrações de auxinas e cofatores naturais e adicionais. Neste estudo, as concentrações de maiores respostas ficaram entre $4,963 \text{ mg L}^{-1}$ e $1,0000 \text{ mg L}^{-1}$.

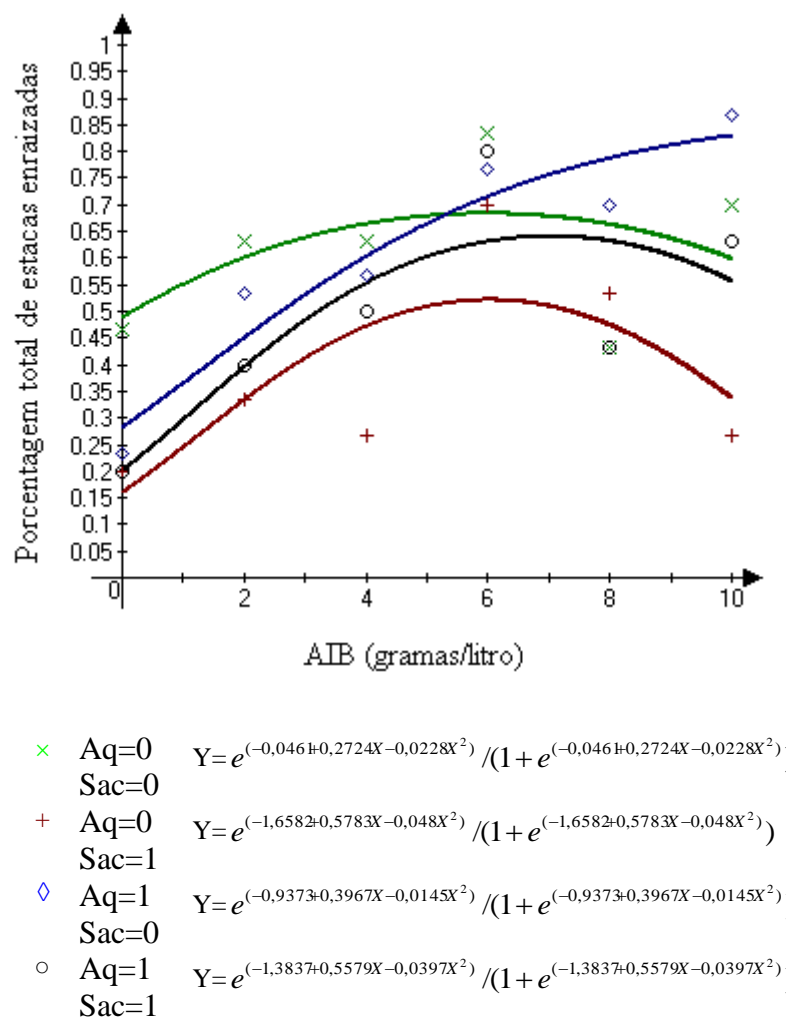


FIGURA 3 - Porcentagem total, aos 180 dias, de estacas enraizadas de cafeeiro ‘Rubi’ em função de AIB, aquecimento basal e sacarose na fase de enraizamento de estacas. UFLA, Lavras/MG.

As porcentagens de enraizamento obtidas neste estudo ficaram próximas às conseguidas por alguns autores. Bergo (1997) obteve uma porcentagem de enraizamento aos 180 dias, com 400 mg L^{-1} de AIB, para ‘Acaíá’ de 92,9% e 62,6% para ‘Catuaí’. Na ausência do regulador, os valores observados foram 74% e 44,3%, respectivamente. O uso do AIB aumentou em 25,54% a porcentagem de estacas enraizadas da ‘Ácaiaí’ e 41% para ‘Catuaí’.

As diferenças no potencial de enraizamento entre cvs. da mesma espécie são relatadas por diversos autores. Para *C. arabica*, Bergo (1997) afirma que há uma tendência das estacas provenientes de ‘Mundo Novo’ exibirem maior enraizamento que de outras cultivares. Entretanto, Pereira (2000) obteve porcentagens elevadas de enraizamento para ‘Catuaí’ (88%) e ‘Icatu’ (73%).

Em geral, neste estudo, a ‘Rubi’ apresentou boas porcentagens de enraizamento, como no tratamento Aq=1e Sac=1, que atingiu 74,4% aos 90 dias e 83% aos 180 dias. Melhores tratamentos utilizados possibilitaram a formação de mudas para o uso comercial e com padrão exigido pelo IMA (Anexo II Portaria Nº 388/00, de 22/05/2000) no prazo de seis meses após o estaqueamento.

Para a cv. ‘Rubi’, o desdobramento da interação aquecimento basal x sacarose x AIB teve efeito quadrático para as quatro situações (Figura 4). Os tratamentos que apresentaram melhores resultados com 61,5%, na concentração máxima de AIB, foram os tratamentos Aq=1 e Sac=0 e 56% na concentração de 8.393 mg L^{-1} para os tratamentos Aq=0 e Sac=0. Nos tratamentos Aq=0

e Sac=1, a formação de mudas foi 43,7% e 30,7% para os tratamentos Aq=1 e Sac=1. Como para a 'Acaiá', pode-se observar, para os tratamentos Aq=1 e Sac=1 e Aq=1 e Sac=0, que um número baixo de mudas foram formadas nas menores concentrações de AIB. Nestas situações, na ausência de AIB, não se observou formação de mudas.

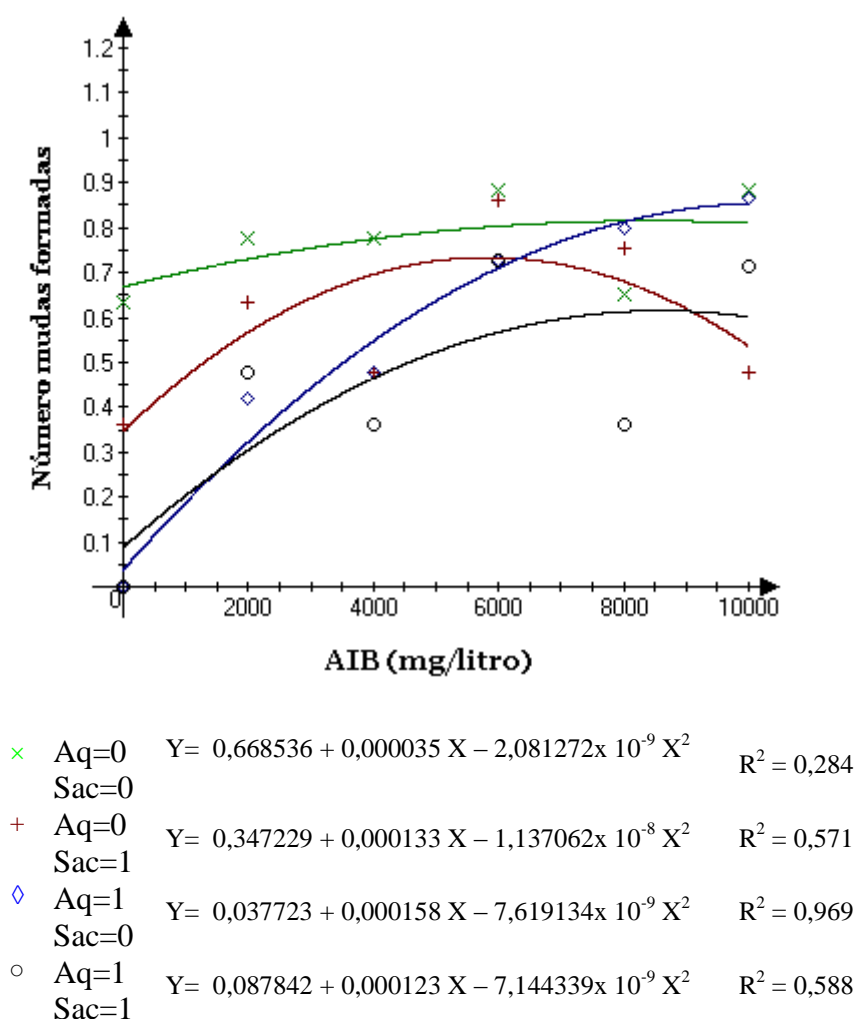


FIGURA 4 - Número médio de mudas formadas de cafeeiro 'Rubi' em função de AIB, aquecimento basal e sacarose na fase de enraizamento de estacas. UFLA, Lavras/MG.

A maior dificuldade no estabelecimento de estacas com raízes visíveis no viveiro pode ocorrer porque essas esgotam as reservas das estacas, que ainda não estão fotossintetizando suficientemente ou porque sejam funcionalmente ineficientes ou não se recuperaram das injúrias causadas durante o transplante. Esse estresse causa problemas fisiológicos ou até mesmo morte da planta. A chave para a sobrevivência e crescimento após o transplante pode ser o rápido restabelecimento da absorção pelo sistema radicular (PERKINS & KLING, 1987).

Tomando como base as porcentagens das estacas enraizadas aos 90 dias, no ponto de máxima resposta dos tratamentos e suas respectivas porcentagens de mudas formadas, pode-se estimar a porcentagem de mudas formadas total.

Pode-se observar na Figura 5 baixo calejamento em relação à porcentagem de enraizamento na maioria das situações. Silva (1985) afirma que o calo é uma formação regenerativa que ocorre, principalmente, pelo estímulo da atividade cambial. A formação de calo e de raízes são processos fisiológicos independentes para a maioria das plantas. A ocorrência simultânea é porque as condições internas e ambientais são semelhantes para os dois processos.

As observações neste trabalho corroboram relatos anteriores. A porcentagem de enraizamento aos 180 dias foi maior que aos 90 dias, para todos os tratamentos da 'Rubi', principalmente para tratamentos com aquecimento basal.

As estacas submetidas ao aquecimento basal foram as que mais enraizaram após 90 dias (Figura 5). Esse fato pode estar relacionado à grande mobilização de carboidratos durante a exposição ao aquecimento basal (JESUS, 2004). As estacas de *Coffea arabica* podem não ter tido a quantidade de carboidratos necessária para atender a essa demanda. Durante o período de enraizamento, as estacas receberam adubações foliares periódicas, apesar de se ter conhecimento da redução da absorção, dada a idade das folhas remanescentes na estaca. Depois do período de 90 dias, quando as brotações começaram a se desenvolver, a absorção de nutrientes e processo fotossintético passaram a ser mais eficientes e as estacas passaram a suprir a demanda necessária de carboidratos para o enraizamento.

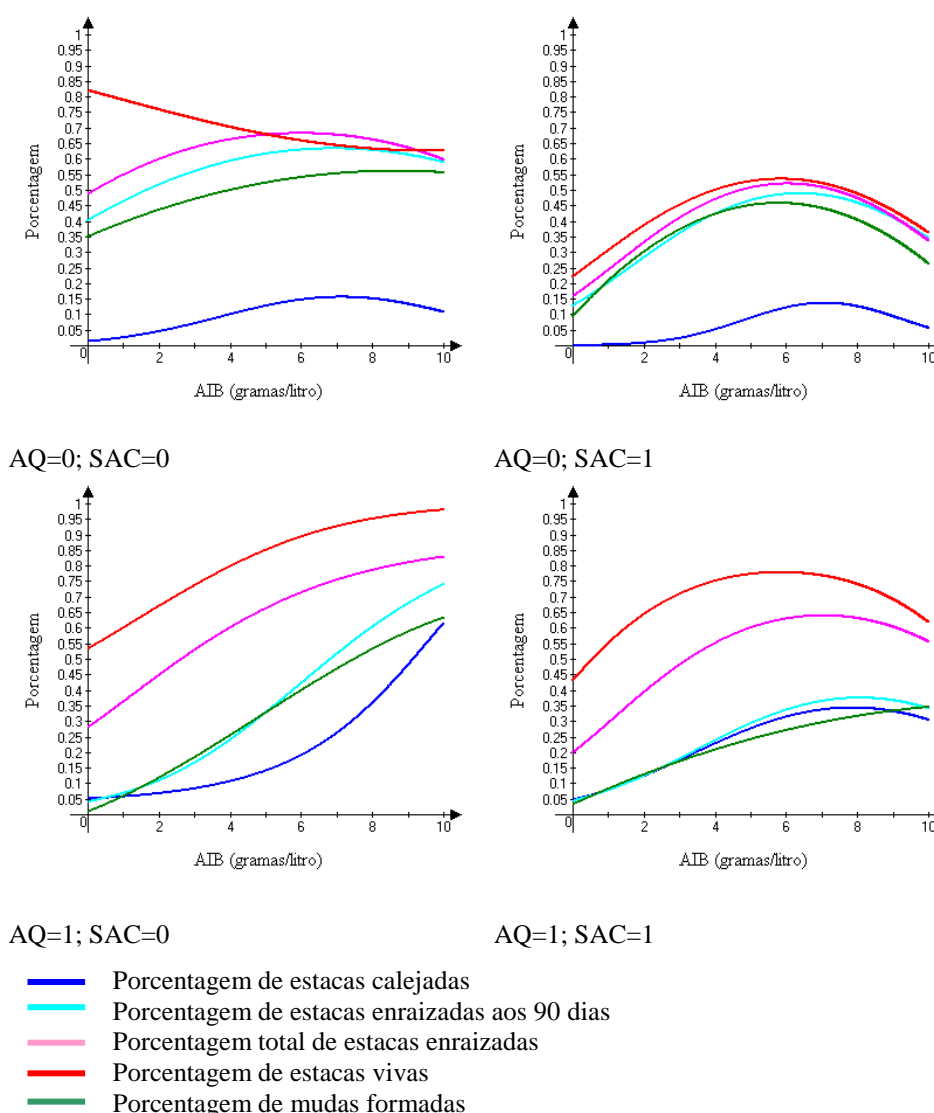


FIGURA 5 - Comparações entre as porcentagens de estacas calejadas enraizadas aos 90 dias e 180 dias de mudas formadas e porcentagens de estacas vivas ao final do estudo. UFLA, Lavras/MG.

Outro motivo para esse enraizamento posterior pode ter sido a não satisfação da grande necessidade de água pelos leitos aquecidos (WHALLEY & LOACH, 1981). Neste trabalho, a quantidade de água foi a mesma para os dois leitos, com e sem aquecimento e ainda observou-se

que o leito aquecido perdia água por infiltração da laje de contenção. Essa perda foi minimizada com o fechamento dos drenos após os 90 dias.

Em geral, o crescimento da parte aérea é dependente do crescimento de raízes. Esses valores observados estão acima dos relatados por alguns autores citados que trabalharam com *Coffea arabica*, embora essa comparação não seja muito apropriada, uma vez que, na maioria deles, não fica evidenciado se houve formação de mudas. Em geral, a maioria dos trabalhos realizados com estaquia é sobre resposta ao enraizamento propriamente, mas dados avaliando o subsequente crescimento e sobrevivência das estacas em viveiro e campo são poucos.

Pode-se verificar para número de raízes que os efeitos principais do aquecimento basal, AIB e as interações aquecimento basal x AIB e sacarose x AIB foram significativas. Observaram-se interações significativas entre aquecimento basal x sacarose x AIB.

Nos tratamentos em que as estacas receberam sacarose exogenamente, observou-se que o número médio de raízes foi menor para aquelas que foram submetidas ao aquecimento basal do que para as que não o foram. Aquelas que não receberam o fornecimento exógeno de sacarose não foram influenciadas pelo aquecimento basal quanto ao número médio de raízes.

Na cultivar 'Rubi', maiores valores de número médio de raízes foram obtidos nos tratamentos Aq=1 e Sac=1 e Aq=1 e Sac=0. Para se obter esse número máximo de raízes nos tratamentos Aq=1 e Sac=0 foi necessária concentração maior de AIB. Pode-se observar que o número médio de raízes nos tratamentos Aq=0 e Sac=0 e Aq=0 e Sac=0 sem aquecimento basal, com e sem sacarose, foi 54,7% menor que os números médios de raízes obtidos nos tratamentos Aq=1 e Sac=0 e Aq=1 e Sac=1. A presença de sacarose não teve efeito para a 'Rubi'. Pio et al. (2006) também não encontraram efeito significativo da sacarose no número de raízes/ estaca.

Embora não tenham sido realizadas análises estatísticas para o número de raízes formadas aos 90 dias, visualmente pode-se observar que o aquecimento proporcionou um maior comprimento da região enraizada (Figura 6). As raízes mostraram-se mais finas e com maior número de raízes secundárias, responsáveis pela absorção de nutrientes. Nas estacas sem aquecimento basal a região de enraizamento restringiu-se à base cortada das estacas (Figura 6). As raízes originadas apresentaram-se com maior espessura, assemelhando-se às raízes pivotantes e com reduzida presença de raízes secundárias.



FIGURA 6 - Aspectos das raízes de estacas de *Coffea arabica* submetidas a aquecimento basal (esquerda) e não submetidas a aquecimento basal (direita). UFLA, Lavras/MG.

Comparando-se o número médio de raízes das estacas aos 90 dias e o número médio de raízes das mudas formadas, observa-se que em todos os tratamentos que formaram mudas, o número de raízes diminuiu apenas na ausência do AIB.

A elongação das raízes existentes e a iniciação e crescimento de novas raízes em um determinado intervalo de tempo são chamados de potencial de regeneração de raízes (PRR) (PERKINS & KLING, 1987). O PRR varia com a espécie, estado fisiológico, meio ambiente,

manipulação e tipo de sistema radicular. Pode-se observar que o aquecimento promoveu maior número de raízes, mesmo após transplântio (WHALLEY & LOACH, 1981).

Conforme a análise de variância do peso da matéria seca das raízes, pode-se verificar efeito significativo para o fator principal AIB e sua interação com aquecimento basal. Os tratamentos (Aq=1 e Sac=1) e (Aq=1 e Sac=0) apresentam os maiores pesos de matéria seca de raízes. Para as duas situações, foi observado efeito quadrático significativo com maior peso da matéria seca das raízes com 7.743 mg L⁻¹ de AIB e de 0,75 gramas com 6.997 mg L⁻¹ de AIB, respectivamente. Concentrações maiores e menores que essas tenderam a diminuir o peso da matéria seca das raízes.

Pôde-se notar um acréscimo no peso seco das raízes das estacas dos tratamentos Aq=1 e Sac=1, uma vez que nas concentrações de 6.997 mg L⁻¹ essas têm peso da matéria seca de raízes de 0,837 g, que é 11,6% maior que dos tratamentos Aq=1 e Sac=0. Não se observou o efeito significativo para os tratamentos (Aq=0 e Sac=0) e (Aq=0 e Sac=1). Os pesos da matéria seca das raízes nestes casos foram, em média, de 0,42 gramas e 0,38 gramas, respectivamente. Verifica-se que o aquecimento basal dobrou o peso da matéria seca nos tratamentos, com ou sem fornecimento exógeno de sacarose.

Observou-se efeito quadrático significativo para tratamentos em que as estacas tiveram indução por aquecimento basal (Aq=1), indicando que o peso da matéria seca das raízes tende a aumentar com aumento da concentração de AIB, atingindo máximo com 6.908 mg L⁻¹.

Para os tratamentos em que as estacas não tiveram indução por aquecimento basal, observou-se também um efeito quadrático. Na ausência de AIB ocorreu a obtenção de 0,134 (0,361 gramas) de peso da matéria seca. Observou-se tendência desse peso se manter constante até a concentração de AIB de 8.000 mg L⁻¹ com aumento desse para 0,176 g na concentração máxima estudada de 10.000 mg L⁻¹.

Resultado semelhante foi relatado por Pio et al. (2003), que obtiveram maiores pesos de matéria seca das raízes na ausência e na concentração máxima de AIB. A explicação para esse comportamento, segundo o autor, pode estar relacionada com o balanço interno entre auxinas exógenas, auxinas internas e co-fatores de enraizamento. Existem ainda outros fatores que podem estar relacionados, como, por exemplo, a influência de nutrientes, macros e micros, que afetam o desenvolvimento da planta.

Para as estacas que não tiveram aquecimento basal (Aq=0), o AIB não influenciou o peso da matéria seca das raízes, mas para as que receberam aquecimento (Aq=1) o efeito foi positivo. Pode-se observar que o aquecimento basal aumentou o peso da matéria seca do sistema radicular em torno de 31,3%. O aquecimento proporcionou formação de sistema radicular bem ramificado com maior número e comprimento de raízes finas não suberizadas e responsáveis pela absorção de nutrientes, levando ao maior desenvolvimento da parte aérea.

Bergo (1997) afirma que o uso do AIB não mostrou diferenças significativas para a cultivar 'Catuaí'. Para 'Acaiaí', o uso do regulador aumentou em 65% o peso da matéria seca do sistema radicular. Pereira (2000) relata que o AIB teve efeito negativo para peso da matéria seca do sistema radicular de *C. arabica*, o que não foi confirmado no presente estudo.

Em relação ao peso da matéria seca da parte aérea, nota-se efeito significativo para os fatores principais aquecimento basal e AIB, bem como para a respectiva interação. Os tratamentos com e sem fornecimento exógeno de sacarose diferiram estatisticamente na ausência do aquecimento basal. Os tratamentos em que as estacas não tiveram indução por aquecimento basal (Aq=0) tiveram um peso médio de matéria seca da parte aérea estatisticamente maior que aqueles em que as estacas tiveram indução por aquecimento basal (Aq=1), independente do fornecimento ou não da sacarose exógena.

Os tratamentos sem aquecimento basal (Aq=0) não mostraram efeito significativo para as concentrações de AIB estudadas. Para os tratamentos em que as estacas tiveram indução por aquecimento basal (Aq=1), maior peso da matéria seca da parte aérea, foi obtido na concentração de 7.362 mg L⁻¹. Para os tratamentos com indução por aquecimento basal (Aq=1), verificou-se

efeito quadrático para as concentrações de AIB. A concentração que apresentou maior peso da matéria seca da parte aérea foi de 6.973 mg L⁻¹.

Nos tratamentos sem indução por aquecimento basal (Aq=0), verificou-se o mesmo comportamento descrito para a característica peso da matéria seca de raiz. Na ausência de AIB, ocorreu a obtenção de 0,224 g e observou-se uma tendência desse peso se manter constante até a concentração de 8.000 mg L⁻¹, com aumento dessa até o máximo de 0,3126 g, na concentração de 10.000 mg L⁻¹, proporcionando ganho de 57,3%.

Para as estacas de 'Rubi' que não receberam aquecimento basal, o comportamento da curva de ajuste do peso seco da parte aérea e peso de matéria seca das raízes foi igual. Resultados semelhantes foram observados por Pio et al. (2003) em estacas de figueira enraizadas aos 60 dias. A sacarose não exerceu qualquer efeito na qualidade da parte aérea formada.

Pode-se verificar significância para aquecimento basal e concentrações de AIB, bem como esta interação em relação ao peso da matéria seca das raízes e da parte aérea. A maior relação PMSR/PMSPA obtida foi de 0,659, com 7.908 mg L⁻¹ de AIB para tratamentos Aq=0 e Sac=1. Os tratamentos sem indução por aquecimento basal não mostraram efeito significativo para as concentrações de AIB, apresentando, em média, um valor de PMSR/PMSPA de 0,195. Para os tratamentos em que as estacas foram submetidas ao aquecimento basal, obteve-se maior valor de PMSR/PMSPA com 6.538 mg L⁻¹ de AIB.

Levando-se em consideração os valores dos tratamentos sem aquecimento, pode-se dizer que esse fator não alterou a relação PMSR/PMSPA. A relação raiz/parte aérea pode mudar com a idade da planta e fatores ambientais. Em geral, quando o suprimento de minerais é suficiente, a proporção de fotossintatos dirigida para o crescimento e metabolismo de raízes pode chegar a 30% em plantas anuais (MARSCHNER, 1986).

CONCLUSÕES

A sacarose não apresentou efeito positivo para nenhuma das variáveis analisadas.

O aquecimento basal associado com AIB não aumentou a porcentagem total de estacas enraizadas para a 'Rubi', mas aumentou o número de raízes, peso da matéria seca das raízes e da parte aérea das mudas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEGRE, J.; TOLEDO, J. L.; MARTÍNEZ, A.; MORA, O.; ANDRÉS, E. F. Rooting ability of *Dorycnium* spp. under different conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.76, n.1/2, p. 123-129, July 1998.

BERGO, C.L. **Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) através do enraizamento de estacas**. 1997. 62p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BERTHOULY, M. Biotecnologías aplicadas al mejoramiento genético del cafetero. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, 3., 1999, Londrina. **Proceedings...** Londrina: IAPAR/IRD, 2000. p.9-22.

CARVALHO, M.; JESUS, A.M.S.; CARVALHO, S.P.; GOMES, C.N.; SOARES, A.M. Comportamento em condições de campo de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) propagados vegetativamente e por sementeira. **Coffee Science**, Lavras, v.3, n.2, p.108-114, 2008.

DEMÉTRIO, C.G.B. Modelos lineares generalizados na Experimentação Agronômica. In: SIMPÓSIO DE ESTADÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 5.; REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 38., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGR, 1999.

FADELLI, S.; SERA, T. Estaquia direta em sacola para a propagação de híbridos F₁ de *Coffea arabica* L. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Resumos...** Vitória, ES: CBPDC, 2001. p. 1788-1794.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JUNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.

JESUS, A.M.S. **Propagação vegetativa do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 170p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

JESUS, A.M.S.; CARVALHO, S.P.; CASTRO, E.M.; GOMES, C.N. Observações anatômicas em plantas de *Coffea arabica* L. obtidas por enraizamento de estacas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.2, p.175-180, mar/abr, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: academic Press, 1986. 674p.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, W. M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v.135, n.3, p.370-84, 1972.

OLIVEIRA, A.F. **Enraizamento de estacas semilenhosas e cultura de embriões *in vitro* de oliveira (*Olea europaea* L.)**. 2001. 122 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PEREIRA, A.B. **Enraizamento de estacas de *Coffea arabica* L.** 2000. 75p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PERKINS, L.M.; KLING, G. Root regeneration in magnólia x 'soulangiana' and magnolia x 'Betty' in response to auxin applications. **HortScience**, v.22, n.5, p.889-891, 1987.

PIO, R.; CHAGAS, E.A.; BARBOSA, W.; MENDONÇA, V.; SCARPARE FILHO, J.A.; GUIMARÃES, V.F. Enraizamento de estacas de figueira coletadas em diferentes posições no ramo e ambientes distintos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.5, n.1, p.5-10, 2006.

PIO, R.; RAMOS, J.D.; CHALFUN, N.N.J.; COELHO, J.H. C.; GONTIJO, T.C.A.; CARRIJO, E. Enraizamento de estacas apicais de figueira tratadas com sacarose e ácido indolbutírico para imersão rápida. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.1, p.35-38, 2003.

SILVA, I.C. **Propagação vegetativa; aspectos morfo-fisiológicos**. Itabuna: CEPLAC, 1985. p. 1-26. (CEPLAC. Boletim Técnico; v.4).

TOFANELLI, M.B.D.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Enraizamento de estacas lenhosas de pessegueiro cv. Okinawa em diferentes diâmetros de ramos, substratos e recipientes. **Ciência Rural**, v.33, n.3, p.437-442, maio/jun. 2003.

VIERSKOV, B.; ERIKSEN, E.N. Dynamics of extractable carbohydrates in *Pisum sativus* L. I. Carbohydrate and nitrogen content in pea plants and cuttings grow at two different irradiances. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.55, n.2, p.167-173, Feb. 1982.

WHALLEY, D.N.; LOACH, L. Rooting of two ornamentals from dormant, leafless (hardwood) cuttings and their subsequent establishment in containers. **Journal of Horticultural Science**, Kent, v.56, n.2, p.131-138, 1981.