



Revista Ceres

ISSN: 0034-737X

ceresonline@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa
Brasil

Guimarães Santos, Caio Marcio; Conceição Cerqueira, Reginaldo; de Souza Fernandes, Luíza Maria;
Domingos Rodrigues, João; Orika Ono, Elizabeth

Efeito de substratos e boro no enraizamento de estacas de pitaya

Revista Ceres, vol. 57, núm. 6, noviembre-diciembre, 2010, pp. 795-802

Universidade Federal de Viçosa

Vicosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226812015>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Efeito de substratos e boro no enraizamento de estacas de pitaya

Caio Marcio Guimarães Santos¹, Reginaldo Conceição Cerqueira¹, Luíza Maria de Souza Fernandes², João Domingos Rodrigues³, Elizabeth Orika Ono⁴

RESUMO

A pitaya é uma espécie vegetal trepadeira e frutífera, pertencente à família das cactáceas e que vem se destacando no mercado de frutas exóticas no Brasil. Objetivou-se avaliar diferentes substratos no enraizamento de cladódios com a base imersa e não-imersa em solução com ácido bórico, na formação e no desenvolvimento inicial de raízes, visando à obtenção de mudas mais vigorosas, de melhor qualidade e com maiores chances de sobrevivência. O experimento foi conduzido sob ripado no Departamento de Produção Vegetal, setor de Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônomicas no campus de Botucatu, UNESP, São Paulo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2 (substratos x boro), com quatro repetições. Após 60 dias da instalação do experimento foram avaliados: massa de matérias fresca e seca da parte aérea, massa de matérias fresca e seca das raízes e comprimento da maior raiz. O crescimento e desenvolvimento radicular inicial de estacas são influenciados pelo tipo de substrato e pelo uso do micronutriente boro. A mistura areia + esterco proporciona maior acúmulo de fitomassa na parte aérea e no sistema radicular de pitaya vermelha. Dentre os substratos trabalhados, o mais indicado para a produção de mudas mais vigorosas e de boa qualidade é o preparado à base de mistura de areia + esterco bovino curtido.

Palavras-chave: *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, estaquia, raízes adventícias.

ABSTRACT

Substrates and boron on the rooting of red pitaya cuttings

Pitaya, a climbing fruit species belonging to the cactus family, has been largely commercialized in the Brazilian exotic fruit market. This study aimed to evaluate the effect of different substrates on the rooting of cladodes with the base immersed or not in boric acid solution. There was also evaluated the formation and initial development of roots, resulting in more vigorous, high-quality seedlings with higher survival rates. The experiment was carried out in a lath house of the Department of Plant Production, Horticulture Sector, College of Agronomical Sciences, Botucatu Campus, São Paulo State University (UNESP). The experiment was arranged in a complete randomized design, in a 4x2 (substrates x boron) factorial arrangement, with four replicates. Sixty days after the experiment establishment, shoot fresh and dry matter, root fresh and dry matter, and the highest root length were evaluated. The initial root growth and development of cuttings were affected by the substrates and boron. Sand+manure provided higher phytomass accumulation in the shoot and root system of red pitaya. Among the substrates, the treatment sand + cattle manure was the most suitable to produce more vigorous and high-quality seedlings.

Key words: Adventitious roots, cutting, *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose.

Recebido para publicação em agosto de 2009 e aprovado em agosto de 2010

¹ Engenheiros-Agrônomos, Mestres. Doutorandos em Horticultura, Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP), 18610-307, Botucatu, São Paulo, Brasil. caio@fca.unesp.br

² Bióloga, Mestre. Doutoranda em Horticultura, Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP, CP 237, 18610-307, Botucatu, São Paulo, Brasil. nandesf@fca.unesp.br

³ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, UNESP, Distrito de Rubião Junior, CP 510, 18618-000, Botucatu, São Paulo, Brasil. mingo@ibb.unesp.br

⁴ Bióloga, Doutora. Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, UNESP, Distrito de Rubião Junior, CP 510, 18618-000, Botucatu, São Paulo, Brasil. eono@ibb.unesp.br

INTRODUÇÃO

Hylocereus undatus, a pitaya vermelha, é uma espécie vegetal trepadeira e frutífera, pertencente à família das cactáceas, e que vem se destacando no mercado de frutas exóticas no Brasil, principalmente na região Sudeste, onde se encontra o CEAGESP, maior entreposto comercial da América Latina.

Este cacto que tem recebido reconhecimento mundial como planta ornamental e agora, principalmente, como frutífera. É nativo das florestas tropicais do México e das Américas Central e do Sul (Hernández, 2000) e o mais cultivado atualmente, sendo originária de clima tropical seco, requerendo de 600 a 1.300 mm de chuvas anuais (Junqueira *et al.*, 2002). É perene de crescimento rápido com cladódios (caules) triangulares ou raramente com quatro a cinco lados, podendo alcançar até seis metros, dependendo das condições de crescimento. Atualmente é cultivado em pelo menos 22 países dos trópicos: Austrália, Camboja, China, Colômbia, Equador, Guatemala, Hawaí, Indonésia, Israel, Japão, Malásia, México, Nova Zelândia, Nicarágua, Peru, Filipinas, Espanha, Sri Lanka, Taiwan, Tailândia, Sudoeste dos Estados Unidos e Vietnã (Nobel & De La Barrera, 2002).

A produtividade média da pitaya varia de acordo com as condições edafoclimáticas, técnicas de cultivo e idade do pomar, podendo variar de 10 a 30 t.ha⁻¹ (Le Bellec *et al.*, 2006). Vaillant *et al.* (2005) afirmaram que na Nicarágua cultivos bem conduzidos podem produzir até 26 t.ha⁻¹.

A propagação pode ser realizada por via semínifera ou vegetativa. A semínifera apresenta o inconveniente da variabilidade genética e requer maior período de tempo para início da produção (Hernández, 2000). A propagação vegetativa por estaquia é a alternativa mais viável, por apresentar precocidade e manutenção das características genéticas desejáveis da planta matriz.

O uso de estacas é o método mais barato e fácil de propagação vegetativa da pitaya, iniciando o florescimento em um a dois anos após o plantio. As estacas podem ser obtidas ao longo de um ano, porém é preferível coletá-las da planta-mãe após o período de frutificação (Gunasena *et al.*, 2007).

As raízes formadas em estacas são denominadas adventícias e são importantes na propagação vegetativa de plantas, tendo origem endógena (Appezato-Da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2006). Para Hartmann *et al.* (2002), as raízes adventícias de espécies herbáceas geralmente se originam entre os vasos condutores de seiva, próximo ao câmbio vascular. Em estacas de pitaya as raízes originam-se no periciclo (Cavalcante, 2008), região interna à endoderme que representa a camada periférica do cilindro vascular e tem origem no procâmbio (Appezato-Da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2006).

O processo de formação de raízes em estacas de plantas frutíferas é afetado por muitos fatores, que podem atuar isoladamente ou em conjunto. Entre os principais destacam-se: a variabilidade genética, o estado fisiológico da planta matriz, a idade da planta, o tipo da estaca, a época do ano, as condições ambientais e o substrato (Nachtigal & Pereira, 2000).

O substrato é fundamental no enraizamento de estacas, porém elas apresentam variação no comportamento em função da espécie vegetal utilizada. Na escolha do substrato deve-se levar em consideração, principalmente, características como: disponibilidade hídrica e aeração.

O substrato ideal para o enraizamento depende da espécie, do tipo de estaca, da época, do sistema de propagação, do custo e da disponibilidade de seus componentes. Sendo o sistema radicular da pitaya fasciculado, ele absorve rapidamente pequenos teores de elementos no solo (Le Bellec *et al.*, 2006).

O boro é um micronutriente de elevada importância no processo de enraizamento, pois desempenha funções no alongamento celular (Taiz & Zeiger, 2004), é necessário no desenvolvimento dos primórdios radiculares e posterior crescimento das raízes (Middleton *et al.*, 1978). É considerado cofator do enraizamento, devido ao seu papel no processo rizogênico em conjunto com a auxina, facilitando o transporte através das membranas e sua manutenção da integridade (Hirsch & Torrey, 1980; Roth-Bejerano & Itai, 1981) e no controle das enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos, polifenóis, lignina, auxinas e dos ácidos nucleicos (Ono & Rodrigues, 1996). Adicionalmente, está, juntamente com a auxina, envolvido na diferenciação do xilema e no desenvolvimento das raízes adventícias (Lewis, 1980). O boro também pode reverter o efeito fitotóxico do alumínio no desenvolvimento radicular em dicotiledôneas (Lenoble *et al.*, 1996).

Jarvis *et al.* (1983) observaram em estacas de *Phaseolus aureus* Roxb. que o boro aumentou direta ou indiretamente a oxidação do IAA (ácido indolacético) endógeno, diminuindo, dessa forma, os níveis de auxinas até uma concentração efetiva, controlando, assim, as concentrações eficientes desse hormônio para o crescimento das raízes. O boro está associado com o metabolismo do ascorbato, aumentando a concentração deste por meio das reações de transporte de elétrons na membrana plasmática (Blevins & Lukaszewski, 1998). Os estudos de Barr *et al.* (1993) mostraram que o boro estimulou instantaneamente a enzima NADH oxidase da plasmalema, sensível à auxina. Essa enzima, também chamada ascorbato óxido-redutase, catalisa a transferência de elétrons do radical livre ascorbato.

Ono *et al.* (1992a) verificaram a ação de auxinas e do boro sobre o enraizamento de estacas caulinares de café e concluíram que o tratamento com NAA (ácido

naftaleno acético) a 100 e 200 mg L⁻¹ mais boro teve efeito positivo sobre o processo de enraizamento.

Dentre as frutíferas exóticas, a pitaya apresenta potencial como opção para diversificação da fruticultura nacional e incremento de renda no campo. Os cultivos com essa frutífera no Brasil ainda são poucos e há necessidade de informações locais com a finalidade de subsidiar potenciais produtores (Cavalcante, 2008).

Contudo, por ser uma espécie vegetal ainda pouco explorada nas áreas agrícolas brasileiras, a pitaya demanda informações técnicas de cultivo, motivando, portanto, pesquisas em várias áreas do conhecimento. Assim, procurou-se avaliar diferentes substratos no enraizamento de cladódios com a base imersa e não-imersa em solução com ácido bórico na formação e no desenvolvimento inicial de raízes, visando à obtenção de mudas mais vigorosas, de melhor qualidade e com maiores chances de sobrevivência.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de setembro a novembro de 2008, sob ripado, no Departamento de Produção Vegetal, setor de Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômicas, no campus de Botucatu, UNESP, São Paulo.

As estacas de 40 cm de comprimento foram retiradas de plantas-matrizes com 18 anos de idade, utilizando tesoura de poda. A irrigação foi efetuada manualmente, sempre que necessária. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2: quatro substratos (areia, terra, areia + esterco e terra + esterco) e duas condições (com e sem embebição na solução com boro), compondo os seguintes tratamentos: areia sem boro; areia com boro; terra sem boro; terra com boro; areia + esterco sem boro; areia + esterco com boro; terra + esterco sem boro, e terra + esterco com boro.

Nos tratamentos com areia e terra em que se realizou a mistura com esterco, seguiu-se a proporcionalidade de 3:1, sendo três partes de areia e/ou terra e uma de esterco bovino curtido. Nos tratamentos sem boro, a base das estacas foi imersa apenas em água.

A aplicação da solução de boro foi realizada mediante imersão da base dos cladódios em solução aquosa, contendo ácido bórico na concentração de 50 mg L⁻¹ por um período de 24 horas.

Após o tratamento dos cladódios, estes foram plantados a uma profundidade de cinco cm em sacos de polietileno furados com capacidade para 3 L.

Após 60 dias da instalação do experimento, foram avaliadas as seguintes características: massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) (g); massa de matéria seca da

parte aérea (MSPA) (g); massa de matéria fresca de raiz (MFR) (g); massa de matéria seca de raiz (MSR) (g); e comprimento da maior raiz (CR) (cm).

Os cladódios e as raízes foram lavados para retirar o substrato aderido e secos em estufa com circulação de ar forçada, em temperatura de 65 °C até a obtenção de peso constante e, em seguida, pesados em balança de precisão. O comprimento da maior raiz por planta foi medido com régua graduada, medindo-se a partir da inserção da raiz na base do cladódio até o ápice radicular.

Após a coleta, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software de análise estatística Sisvar® (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores, indicando que o substrato e o boro exercem influência entre si para as variáveis: massa de matéria fresca e massa de matéria seca de raízes. Para as demais variáveis, não houve interação significativa; no entanto, para os fatores isolados, substratos e boro, foram notadas diferenças significativas (Tabela 1).

Ainda na Tabela 1, observa-se que o uso de diferentes substratos influenciou diretamente em todas as características avaliadas da pitaya vermelha, tendo o substrato (um dos fatores do processo de formação de raízes), neste caso, atuado de forma isolada. No entanto, quando em conjunto com o boro promoveu incrementos significativos apenas no sistema radicular, especificamente na massa de matérias fresca e seca de raízes. O fator boro sozinho não influenciou nas características da parte aérea (MFPA e MSPA), porém nas componentes de produção, massa de matérias fresca e seca de raízes, o micronutriente elevou o crescimento e desenvolvimento da massa radicular quando utilizado nas estacas (Tabela 2).

Os substratos que continham esterco bovino curtido (matéria orgânica) em sua composição e, consequentemente, maior disponibilidade de nutrientes foram os que tiveram maiores aumentos na massa de matérias fresca e seca da parte aérea e raízes, corroborando, em parte, os resultados obtidos por Silva *et al.* (2006), que relataram a influência de diferentes substratos na massa de matéria fresca de raízes de pitaya vermelha, e Cavalcante (2008), o qual confirmou que a matéria orgânica influencia no crescimento inicial da pitaya. Aliado à nutrição química oferecida pelos substratos enriquecidos com matéria orgânica, faz-se necessário também que o substrato oferecido para produção de mudas tenha características físicas que proporcione adequada disponibilidade de ar e água para elas. Neste contexto, os substratos à base de areia foram os que favoreceram o maior crescimento e desenvolvimento

da parte aérea e do sistema radicular dos cladódios de *Hylocereus undatus*.

Para Zietemann & Roberto (2007), o substrato destina-se a sustentar e ser fonte de nutrientes para as plantas durante o enraizamento, sendo que o meio ideal seria aquele que tenha porosidade suficiente, boa drenagem e capacidade de retenção de líquido satisfatória para oferecer umidade adequada. Além disso, seja livre de microrganismos patogênicos (Hartmann *et al.*, 2002).

Observa-se na Figura 1 que entre os substratos avaliados a combinação da areia com esterco bovino curtido abrangeu tanto os fatores químicos (nutrientes) quanto os físicos (ar e água), preconizados pelos autores anteriormente citados, necessários a um bom desempenho da fisiologia das mudas. Desde modo, foram obtidas estacas mais hidratadas, com média de 340,88 gramas para a massa de matéria fresca e de 37,58 para a massa de matéria seca das características da parte aérea (Figura 1). Em relação às avaliações para o sistema radicular, a areia com esterco promoveu os maiores acúmulos de fitomassa das raízes: aproximadamente cinco vezes (42,20 g) superior à soma de todos os outros substratos juntos para a massa de matéria fresca e quase quatro vezes (9,02 g) superior aos demais no quesito massa de matéria seca do sistema radicular. Ainda avaliando o sistema radicular, o mesmo substrato teve as maiores médias de comprimento radicular (21,55 cm), indicando ser um meio de fácil crescimento das raízes, comparado aos demais substratos. Assim, com base nos dados mencionados, o tratamento com a junção de areia e esterco promoveu uma maior relação raiz/parte aérea (0,24) entre todos os tratamentos, sendo um ambiente mais propício para o crescimento e desenvolvimento

das raízes, tornando as mudas mais vigorosas, com melhor qualidade e com maiores chances de sobrevivência.

O grande diferencial em gramas entre os substratos, em relação às componentes MFR e MSR, pode ser atribuído também a um maior volume de raízes secundárias (dados não apresentados) presentes no substrato areia + esterco, sendo essa uma característica desejável na formação de mudas, pois essas raízes proporcionarão maior área a ser explorada para absorver água e minerais presentes no substrato.

Para os tratamentos em que o substrato continha terra, todas as variáveis analisadas foram inferiores aos substratos com areia. E esse desempenho, relativamente superior em substratos com areia, em comparação aos com terra, pode ser atribuído também à adaptação e ocorrência da espécie em locais com solos arenosos.

Gunasena *et al.* (2007) afirmaram que a pitaya requer solos bem drenados, levemente ácidos e com bastante matéria orgânica. No presente trabalho, não houve variação da quantidade de água fornecida. Isso pode ter contribuído em função das características físico-químicas dos substratos para um maior aproveitamento pelos cladódios no decorrer do desenvolvimento do sistema radicular nos tratamentos com areia, sendo a drenagem, neste caso, o fator limitante. A areia por ser rica em macroporos, drena a água com facilidade, evitando o empossamento. Diferentemente, o substrato terra, com baixa infiltração de água por possuir maior quantidade de microporos, favorece a retenção de maior volume de água, o que pode ter prejudicado a aeração do ambiente radicular. Os resultados deste trabalho estão de acordo com os encontrados por Zietemann & Roberto (2007) para mudas de goiabeira cul-

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as características massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), massa de matéria fresca de raízes (MFR), massa de matéria seca de raízes (MSR) e comprimento da maior raiz (CR) em cladódios de pitaya

| Fonte de Variação | Quadrados Médios | | | | | |
|-------------------|------------------|--------------|-----------|-------------|------------|------------|
| | G. L. | MFPA | MSPA | MFR | MSR | CR |
| Substrato | 3 | 48237,0844** | 554,1223* | 3098,1876** | 136,6167** | 323,0503** |
| Boro | 1 | 766,4591ns | 89,1446ns | 296,1569* | 55,5458* | 41,1778ns |
| Sub.*Boro | 3 | 3273,0233ns | 30,8218ns | 213,8509* | 43,0661* | 25,7144ns |
| Resíduo | 24 | 524,5636 | 131,4422 | 67,9967 | 8,1142 | 43,3771 |
| CV (%) | | 27,29 | 29,69 | 64,78 | 100,0 | 54,11 |

*significativo ($p < 0,05$) pelo teste de F; **significativo ($p < 0,01$) pelo teste de F; ns - não significativo ($p < 0,05$) e ($p < 0,01$) pelo teste F.

Tabela 2. Efeito da presença e ausência do boro nos substratos sobre a massa de matéria fresca (MFR) e massa de matéria seca (MSR) de raízes

| Boro | G. L. | MFR* (g) | MSR** (g) |
|------|-------|----------|-----------|
| Com | 1 | 15,77a | 4,16a |
| Sem | 1 | 9,68b | 1,53b |
| DMS | | 5,04 | 1,29 |

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)* e ($p < 0,01$)**.

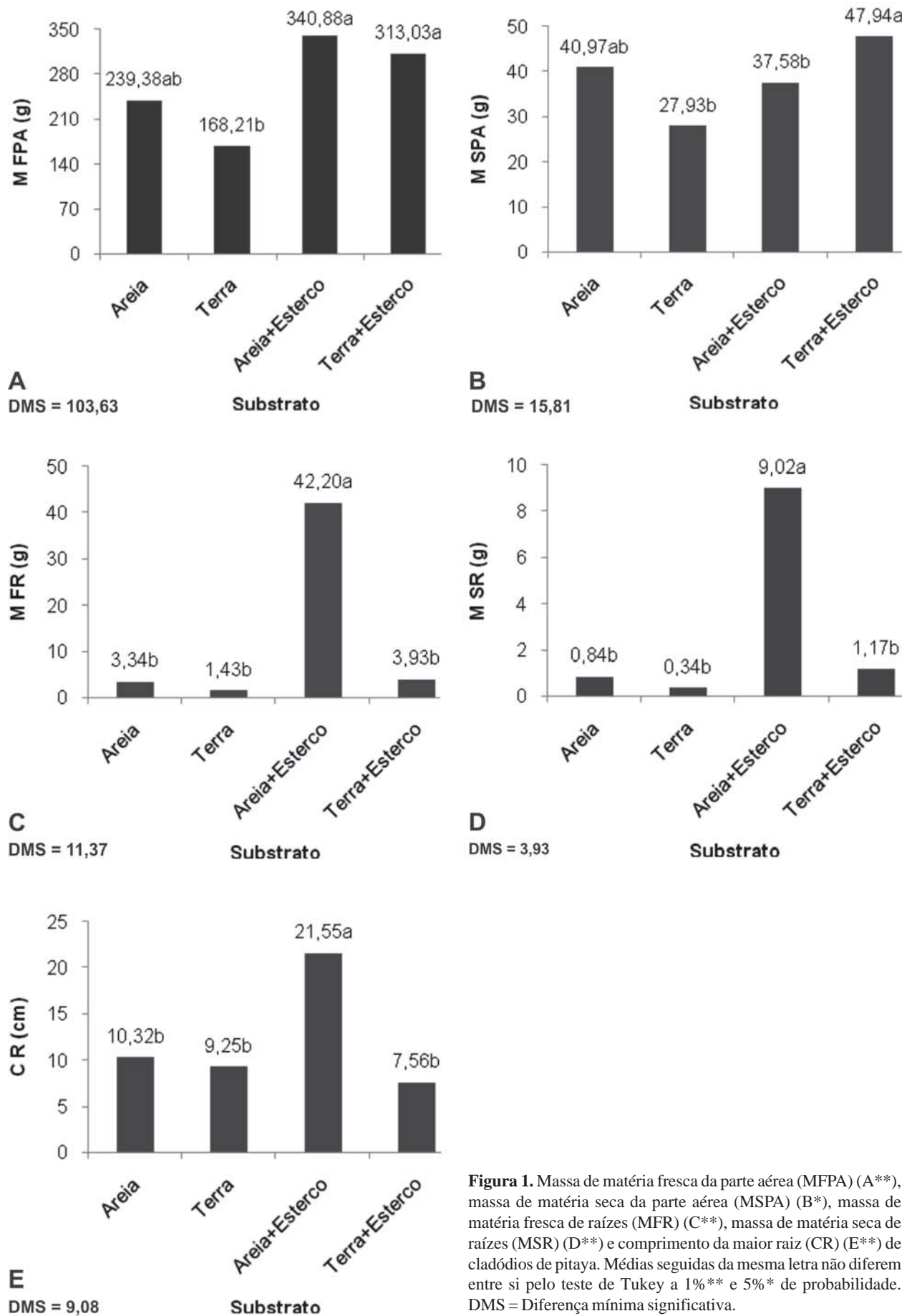


Figura 1. Massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) (A**), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) (B*), massa de matéria fresca de raízes (MFR) (C**), massa de matéria seca de raízes (MSR) (D**) e comprimento da maior raiz (CR) (E**) de cladódios de pitaya. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%** e 5%* de probabilidade. DMS = Diferença mínima significativa.

tivadas no substrato terra, onde as características da massa de matérias fresca e seca da parte aérea e da massa de matéria fresca de raízes foram inferiores aos demais substratos testados.

Todavia, as propriedades físicas de um substrato são relativamente mais importantes que as químicas, já que sua composição não pode ser facilmente modificada durante a formação das mudas (Milner, 2001).

O uso da combinação de areia e/ou terra com esterco bovino curtido induziu a formação de plantas mais desenvolvidas e mostrou-se mais vantajoso que o uso isolado de terra e/ou areia. Esses resultados concordam com os de Mourão-Filho *et al.* (1998), os quais também relataram a baixa eficiência do substrato terra no desenvolvimento das mudas de laranja-pera enxertadas em tangerina cleópatra quando comparado aos demais substratos.

No presente estudo o boro mostrou-se vantajoso em valores absolutos no uso antes do plantio de estacas de pitaya em todos os substratos avaliados. A sua presença na base das estacas cultivadas estimulou um maior volume de raízes, pois o mesmo tem papel primário no alongamento e secundário na divisão celular, e ambos contribuem para o crescimento radicular total (Dell & Huang, 1997). A adição de boro aumenta a disponibilidade e translocação de açúcares para as raízes, aumentando suas matérias fresca e seca (Ono *et al.*, 1992b), além de regular na grande maioria das vezes positivamente os níveis endógenos de auxina, favorecendo o desenvolvimento de raízes (Herrera *et al.*, 2004). No entanto, têm-se poucos trabalhos considerando o efeito positivo do boro quando adicionado sozinho à base das estacas de diferentes espécies vegetais. O seu maior uso em pesquisas com propagação vegetativa e com efeito positivo é conjugado com os reguladores NAA e/ou IBA (ácido indolbutírico) (Middleton *et al.*, 1978; Jarvis *et al.*, 1984; Ono *et al.*, 1992a; 1992b; 1993; Leonel & Rodrigues, 1993; Herrera *et al.*, 2004).

Contudo, algumas espécies como kiwi (Ono *et al.*, 1995), *Platanus acerifolia* (Nicoloso *et al.*, 1999) e *Ginkgo biloba* (Valmorbidia & Lessa, 2008) têm pequena resposta ou não respondem à aplicação de boro isolado e/ou em

conjunto com reguladores vegetais auxínicos no que tange ao desenvolvimento radicular.

Nota-se na Tabela 3 a interação entre os substratos e a presença ou ausência do micronutriente boro na base dos cladódios para as componentes da produção radicular; massa de matérias fresca e seca de raízes.

O efeito do boro na massa de matéria fresca de raízes está de acordo com Josten & Kutschera (1999), que em trabalho com hipocótilos de plântulas de girassol nutridas com solução nutritiva + ácido bórico e cultivadas em vermiculita umedecida obtiveram a atividade meristemática das células estimuladas, causando alongamento e diferenciação de raízes juvenis. O mesmo pode ter acontecido com a pitaya, em que as bases das estacas imersas na solução com ácido bórico tiveram uma aceleração do processo de formação das raízes que, combinado com substratos que disponibilizaram um ambiente químico-físico adequado à sequência do desenvolvimento radicular, se destacaram entre os demais; as estacas não imersas na solução com ácido bórico demonstraram lenta formação radicular e menor volume.

Em relação ao desdobramento da interação (substrato x boro), não houve diferenças significativas para a areia, terra e terra com esterco bovino curtido nas características de massa de matérias fresca ($p < 0,05$) e seca ($p < 0,01$) de raízes, apesar de os valores absolutos nos substratos areia e terra com boro (1, 16 e 0,50 g) terem sido, respectivamente, superiores ao dobro dos valores dos mesmos substratos sem boro (0,53 e 0,20).

O substrato areia com esterco foi o que proporcionou incrementos significativos na massa de matérias fresca ($p < 0,05$) (21,6 g) e seca ($p < 0,01$) (9,58 g) das raízes de estacas tratadas com boro, representando um aumento no rendimento de 69% para a massa de matéria fresca e de até 226,5% para a massa de matéria seca de raízes.

Do ponto de vista produtivo, incrementos de 69 e 226,5% podem fazer a diferença no desenvolvimento inicial de mudas e plantas de pitaya, em que a combinação de areia com esterco bovino e estacas nutridas com boro reuniu o máximo de características ideais possíveis para um maior e melhor acúmulo de fitomassa.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre os substratos e a presença ou ausência do micronutriente boro na base dos cladódios (Subs x Boro). Médias da massa de matéria fresca de raízes (MFR) e massa de matéria seca de raízes (MSR)

| Substratos | Massa de matéria fresca de raízes* (g) | | Massa de matéria seca de raízes** (g) | |
|-----------------|--|----------|---------------------------------------|----------|
| | Sem boro | Com boro | Sem boro | Com boro |
| Areia | 2,96bA | 3,71bA | 0,53bA | 1,16bA |
| Areia + Esterco | 31,40aB | 53,0aA | 4,23aB | 13,81aA |
| Terra | 1,02bA | 1,83bA | 0,20bA | 0,50bA |
| Terra + Esterco | 3,34bA | 4,53bA | 1,17abA | 1,19bA |
| CV (%) | 53,95 | | 62,04 | |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)* e ($p < 0,01$)*.*.

A pitaya vermelha por ser um cultivo relativamente novo no Brasil e de pouca abrangência territorial, poucas pesquisas enfocam o uso de substratos, reguladores e nutrientes na produção de mudas de qualidade. Assim, o uso do boro na base das estacas pode ser uma alternativa na obtenção de mudas mais vigorosas e de melhor qualidade em um menor período de tempo.

CONCLUSÕES

O crescimento e desenvolvimento radicular inicial de estacas de pitaya são influenciados pelo tipo de substrato e pelo uso do micronutriente boro.

A mistura areia + esterco proporciona maior acúmulo de fitomassa na parte aérea e no sistema radicular de pitaya.

Dentre os substratos trabalhados, o mais indicado para a produção de mudas de pitaya, vigorosas e de boa qualidade, é o preparado à base de mistura de areia + matéria orgânica (esterco bovino curtido).

REFERÊNCIAS

- Appezato-Da-Glória B & Carmello-Guerreiro SM (2006) Anatomia vegetal. 2ª rev. Viçosa, UFV. 438p.
- Barr R, Böttger M & Crane FL (1993) The effect of boron on plasma membrane electron transport and associated proton secretion by cultured carrot cells. *Biochemistry and Molecular Biology International*, 31:31-39.
- Blevins DG & Lukaszewski KM (1998) Boron in plant structure and function. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49:481-500.
- Cavalcante IHL (2008) Pitaya: propagação e crescimento de plantas. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista "Unesp", Jaboticabal, 94p.
- Dell B & Huang L (1997) Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil*, 193:103-120.
- Ferreira DF (2000) Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR). Lavras, Ufla/Dex/Sisvar. 145p.
- Gunasena HPM, Pushpakumara DKN & Kariyawasam M (2007) Dragon fruit (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose). In: Pushpakumara DKN, Gunasena HPM & Singh VP (Eds.) *Underutilized fruit trees in Sri Lanka*. New Delhi, World Agroforestry Centre. p.110-142.
- Hartmann HT, Kester DE, Davies Jr FT & Geneve RL (2002) *Plant propagation: principles and practices*. 7ª ed. New Jersey, Prentice Hall. 880p.
- Hernández YDO (2000) Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya. Oaxaca, Ipn-Sibej-Conacyt-Fmcn. 124p.
- Herrera TI, Ono EO & Leal FP (2004) Efeitos de auxina e boro no enraizamento adventício de estacas caulinares de louro (*Laurus nobilis* L.). *Biotemas*, 17:65-77.
- Hirsch AM & Torrey JG (1980) Ultrastructural changes in sunflower root cells in relation to boron deficiency and added auxin. *Canadian Journal of Botany*, 58:856-866.
- Jarvis BC, Ali AHN & Shaheed AI (1983) Auxin and boron interrelation to the rooting response and ageing of mung bean cuttings. *New Phytologist*, 95:509-518.
- Jarvis BC, Yasmin S & Ali AHN (1984) The interaction between auxin and boron in adventitious root development. *New Phytologist*, 97:197-204.
- Josten P & Kutschera U (1999) The micronutrient boron causes the development of adventitious roots in sunflower cuttings. *Annals of Botany*, 84:337-342.
- Junqueira KP, Junqueira NTV, Ramos JD, Salviano A & Pereira AV (2002) Informações preliminares sobre uma pitaya (*Selenicereus setaceus* Rizz.) nativa do cerrado. In: 17ª Congresso Brasileiro de Fruticultura, Belém. Anais, Sociedade Brasileira de Fruticultura. CD-ROM.
- Le Bellec F, Vaillant F & Imbert E (2006) Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new crop, a market with a future. *Fruits*, 61:237-250.
- Lenoble ME, Blevins DG, Sharp RE & Cumbie BG (1996) Prevention of aluminum toxicity with supplemental boron. I. Maintenance of root elongation and cellular structure. *Plant Cell Environment*, 19:1132-1142.
- Leonel S & Rodrigues JD (1993) Efeito da época de estaquia, fitorreguladores e ácido bórico no enraizamento de estacas de porta-enxertos de videira. *Scientia Agricola*, 50:27-32.
- Lewis DH (1980) Boron, lignification and the origin of vascular plants a unified hypothesis. *New Phytologist*, 84:209-229.
- Middleton W, Jarvis BC & Booth A (1978) The boron requirement for roots development in stem cutting of *Phaseolus aureus* Roxb. *New Phytology*, 81:278.
- Milner L (2001) Water and fertilizers management in substrates. In: 6º International Congress of Citrus Nurserymen, Ribeirão Preto. Proceeding, ISCN. p.108-111.
- Mourão-Filho FAA, Dias CTS & Salibe AA (1998) Efeito da composição do substrato na formação de mudas de laranjeira 'pera'. *Scientia Agricola*, 55:35-42.
- Nachtigal JC & Pereira FM (2000) Propagação do pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivar Okinawa por meio de estacas herbáceas em câmara de nebulização. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22:208-212.
- Nicoloso FT, Lazarri M & Fortunato RP (1999) Propagação vegetativa de *Platanus acerifolia*. Efeito da aplicação de zinco, boro e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas. *Ciência Rural*, 29:487-492.
- Nobel PS & De La Barrera E (2002) Stem water relations and wet CO₂ uptake for a hemiepiphytic cactus during short term drought. *Environmental and Experimental Botany*, 48:129-137.
- Ono EO, Rodrigues JD & Pinho SZ (1992a) Interações entre auxinas e ácido bórico, no enraizamento de estacas caulinares de *Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo. *Scientia Agricola*, 49:23-27.
- Ono EO, Rodrigues JD & Rodrigues SD (1992b) Interações entre auxinas e boro no enraizamento de estacas de camélia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 4:107-112.
- Ono EO, Rodrigues JD, Pinho SZ & Rodrigues SD (1993) Enraizamento de estacas de café cv. 'Mundo Novo' submetidas à tratamentos auxinícos e com boro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 28:773-777.
- Ono EO, Rodrigues JD & Pinho SZ de (1995) Efeitos de auxinas e boro sobre o enraizamento de estacas caulinares de kiwi (*Actinidia chinensis* Pl. cv Matua). *Phyton*, 57:137-147.
- Ono EO & Rodrigues JD (1996) Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares. Jaboticabal, Funep. 83p.
- Roth-Bejerano N & Itai C (1981) Effect of boron on stomatal opening in epidermal strips of *Commelina communis*. *Physiologia Plantarum*, 52:302-304.

- Silva MTH, Martins ABG & Andrade RA de (2006) Enraizamento de estacas de pitaya vermelha em diferentes substratos. *Revista Caatinga*, 19:61-64.
- Taiz L & Zeiger E (2004) *Fisiologia vegetal*. 3ª ed. Porto Alegre, Artmed. 719p.
- Vaillant F, Perez A, Davila I, Dornier M & Reynes M (2005) Colorant and antioxidant properties of red pitahaya (*Hylocereus* sp.). *Fruits*, 60:1-7.
- Valmorbida J & Lessa AO (2008) Enraizamento de estacas de *Ginkgo biloba* tratadas com ácido indolbutírico e ácido bórico. *Ciência e Agrotecnologia*, 32:398-401.
- Zietemann C & Roberto SR (2007) Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em diferentes substratos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29:137-142.