



ARTIGO ORIGINAL

Mayara Mader Alcântara Barroso^{1*}
Edmilson Igor Bernardo Almeida²
Márcio Cleber de Medeiros Corrêa³
João Paulo Cajazeira³
Ronialison Fernandes Queiroz³
Iana Maria de Souza Oliveira³

Morfologia de propágulos e auxina exógena na estaquia de pitáia vermelha

Rooting of red pitaya in function of rootings and morphological characteristics of cuttings

¹ Universidad de Salamanca – USAL, Facultad de Ciencias Agrárias y Ambientales, Avenida Filiberto Villalobos, 119, 37-007, Salamanca, Salamanca, España

² Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Campus IV, BR 222, km 04, s/n, Boa Vista, 65500-000, Chapadinha, MA, Brasil

³ Universidade Federal do Ceará – UFC, Centro de Ciências Agrárias - CCA, Departamento de Fitotecnia, Campus do Pici, Avenida Mister Hull, 2977, Bloco 805, 60356-001 Fortaleza, CE, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: mayaramader@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Hylocereus sp
AIB
Cactaceae
Cladódios
Estiolamento

KEYWORDS

Hylocereus sp
IBA
Cactaceae
Cladodes
Banding

RESUMO: Apesar de ser considerada uma cultura com grande potencial para a diversificação da fruticultura brasileira, ainda existem diversos aspectos pouco elucidados sobre o manejo de pitáia vermelha, particularmente na propagação vegetativa. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito de enraizadores e tipos de estacas no enraizamento de pitáia vermelha. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, onde testaram-se enraizadores [ausência, dose recomendada de AIB (ácido indolbutírico) (3.000 mg L⁻¹) e gel enraizador comercial] e tipos de estaca – estiolada, padrão e vigorosa. Os níveis de ambos os fatores foram arranjados em esquema fatorial 3 × 3, com quatro blocos ao acaso e duas plantas úteis por parcela. Aos 90 dias, avaliou-se: sobrevivência e enraizamento de estacas, comprimento da maior raiz (CR), largura radicular (LR), massa fresca das raízes (MFR), massa seca das raízes (MSR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), número de emissões laterais (NEL), somatório do comprimento de emissões laterais (SCEL) e relação parte aérea raiz (RPAR). Concluiu-se que o uso de enraizadores e os tipos de estacas afetam o enraizamento de pitáia vermelha. As estacas vigorosas dispensam o uso de enraizadores e são as mais recomendadas para o sistema de produção de mudas de pitáia vermelha. Na escassez de estacas vigorosas, é conveniente a aplicação de gel enraizador para melhorar o enraizamento de mudas propagadas por estacas padrão ou estioladas.

ABSTRACT: Although considered a crop with great potential for the diversification of the Brazilian fruit growing, there are still many aspects poorly elucidated on the handling of red pitaya, particularly in vegetative propagation. Thus, the present study was performed in order to evaluate the effect of rootings and types of cuttings on rooting of red pitaya. The experiment was conducted in a greenhouse, being tested rootings [absence, recommended dose of IBA (acid indolbutirico) (3,000 mg L⁻¹) and commercial rooting gel] and types of cuttings – etiolated, standard and vigorous. The levels of both factors were arranged in a 3 × 3 factorial scheme, with four randomized blocks and two useful plants per plot. At 90 days were evaluated: survival and rooting of cuttings, length of biggest root (LR), root width (RW), mass of fresh roots (MFR), dry mass of roots (DMR), fresh weight of shoot (FWS), dry weight of shoot (DWS), total dry weight (TDW), number of side emissions (NSE), sum of the length of side emissions (SLSE) and shoot-root relation (SRR). It was concluded that the use of rootings and types of cuttings affect the rooting of red pitaya. Vigorous cuttings exempt the use of rootings and are the most recommended for the red pitaya plants production system. In lack of vigorous cuttings, is convenient application of rooting gel to improve the rooting of plants propagated by standard or etiolated cuttings.

1 Introdução

A pitiaia vermelha é uma cactácea frutífera, semi-epífita, com caules modificados, de forma estrelar, denominados cladódios. O sistema radicular é fasciculado e superficial, mas a planta pode emitir também raízes adventícias que crescem por toda a extensão dos cladódios com o intuito de ajudar na fixação da planta a estruturas de suporte (Mizrahi, 2014; Ortiz-Hernández & Carrillo-Salazar, 2012). É originária das Américas e atualmente se expandiu no Brasil, sendo considerada uma fruta exótica com elevado potencial agrônomo e econômico. Os maiores produtores mundiais de pitiaia vermelha são Colômbia e México (Donadio et al., 2009; Silva et al., 2011).

O cultivo da pitiaia vermelha no Brasil é muito recente, e teve início a aproximadamente 15 anos, em Itajobi/SP. Desse período, em diante, foram iniciados cultivos comerciais no estado de São Paulo, e, atualmente, há áreas comerciais em Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Norte, Ceará e Pernambuco (Silva, 2014).

No Ceará, a produção está concentrada na Chapada do Apodi, mais precisamente nos municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré. As áreas de cultivo são recentes e estão em fase de aprimoramento quanto ao manejo agrônomo e à rentabilidade da exploração comercial (Nunes et al., 2014).

A propagação de pitiaia vermelha é comumente assexuada, através de estaquia. As plantas originadas por esse método iniciam o florescimento após um ou dois anos do plantio. Além da precocidade na produção, a propagação por estaquia, de cladódios inteiros ou segmentados, possibilita obter plantios uniformes, com características fenológicas e qualidade de frutos, necessárias ao mercado (Andrade et al., 2007).

Lima (2013) e Marques et al. (2011) constataram que mudas de pitiaia (*Hylocereus undatus*) propagadas por estacas de 25 centímetros (cm) de comprimento enraizaram melhor que as de menor tamanho (<25,00 cm). De acordo com Santos et al. (2010), o comprimento da estaca pode afetar o crescimento inicial de pitiaia devido a sua relação com as reservas de carboidratos e conteúdo de auxinas endógenas. Pontes Filho et al. (2014) acrescentaram que a aplicação de 3000 mg L⁻¹ de AIB potencializou a qualidade de enraizamento de estacas de pitiaia com comprimento médio de 25 cm, porém não há estudos para comprimentos superiores a este, seja em estacas vigorosas ou estioladas.

De acordo Almeida et al. (2016a), a aplicação de auxina exógena, na base de estacas, favorece a iniciação de raízes adventícias de *H. undatus*. Segundo Galvão (2015), o AIB é um dos fitoreguladores mais usados para estimular o enraizamento de estacas, pois é compatível com a maioria das espécies, mesmo em altas doses. Lone et al. (2010) complementaram que o ácido indolbutírico (AIB) é pouco afetado por enzimas de degradação de auxinas, proporciona maior rapidez na produção de mudas e possibilita maior uniformidade de enraizamento.

Além da utilização do AIB na forma convencional, há disponíveis no mercado várias opções de enraizadores que podem facilitar o manejo no viveiro de mudas, devido à vantagem de estarem aptos à aplicação imediata, entretanto essas fontes comerciais não foram cientificamente testadas em pitiaia vermelha. As formulas comerciais já vem prontas para utilização, em concentração predeterminada pelo fabricante,

já o AIB convencional deve ser diluído em água e álcool para a concentração desejada que pode ser a que melhor se adequa a cada cultura. O efeito do AIB em estacas estioladas e vigorosas de pitiaia vermelha, também permanece desconhecido, e há poucos relatos sobre a melhoria de enraizamento em estacas de comprimento padrão, estimado em 25 cm. Diante disso, o presente trabalho foi realizado com o intuito de avaliar o efeito de enraizadores e tipos de estacas, no enraizamento de pitiaia vermelha.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza (CE) (3°43'02" de latitude S e 38°32'35" de longitude WGr; altitude de 19,6 m) (IPECE, 2016). De acordo com a classificação de Köppen (1918), o clima é do tipo Aw'. Trata-se de uma região pertencente ao grupo de clima tropical chuvoso, com temperatura média anual de 26,5 °C. O experimento foi realizado em 90 dias (abril a julho de 2014), com temperatura média nesses meses de 27,1 °C.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 × 3, com quatro repetições e duas plantas úteis por parcela. O primeiro fator representou os enraizadores [ausência, dose recomendada de AIB (3.000 mg L⁻¹) e gel enraizador comercial (Sela Gel®, constituído por 3.000 mg L⁻¹ de AIB)] e o segundo fator, os tipos de estacas (estiolada, padrão e vigorosa).

Trabalhou-se com três tipos distintos de estacas, tipo Estiolada tipificada conforme Merten (2003), tipo Padrão com características definidas conforme os resultados obtidos por Lima (2013), Marques et al. (2011) e Pontes Filho et al. (2014) para *H. undatus* e o tipo Vigorosa para serem testadas como uma extrapolação biométrica às estacas padrão. As estacas tipo Estiolada, apresentaram comprimento médio de 48 cm e diâmetro médio de 29 mm; as estacas do tipo Padrão exibiram 23 cm de comprimento médio e 39 mm de diâmetro médio; já as estacas vigorosas expressaram comprimento e diâmetro médios de 45 cm e 43 mm, respectivamente.

As estacas foram coletadas em plantas matrizes adultas, cultivadas sob mesmas condições de água, nutrientes e luz, exceto as estacas estioladas, que foram coletadas em matrizes adensadas e auto-sombreadas. Após a coleta, o material foi lavado em água corrente e posto à secagem ambiente (±25 °C e ±70% de UR), durante o intervalo de 60 min. Posteriormente, fez-se um corte transversal na região de inserção das estacas no substrato, de modo a possibilitar a exposição do tecido interno à solução de auxina exógena.

A aplicação do AIB foi feita pela imersão da porção terminal da estaca (cerca de 2 cm da base da estaca) na solução de 3000 mg L⁻¹ de AIB, durante 30s, tempo e melhor concentração indicada por Pontes Filho et al 2014. A aplicação do gel enraizador comercial foi realizada pela rápida imersão, de 3 s, da porção terminal da estaca (3mm) na solução de acordo com o indicado pelo fabricante. Os cladódios submetidos ao tratamento "ausência", foram imersos em água destilada.

Após a aplicação, as estacas imersas em gel enraizador comercial passaram por um período de repouso de 10 min,

conforme as recomendações do fabricante. Os demais cladódios foram imediatamente plantados em sacos de polietileno de capacidade volumétrica de 3 dm³, preenchidos com substrato de areia e pó de casca de coco, na proporção de 2:1 (Tabela 1). Substrato especialmente escolhido por ser mais poroso e de menor aderência, para facilitar a avaliação radicular, já que em outros trabalhos onde terra de subsolo foi utilizada, esse material gerou muita adesão nas raízes o que dificultava a lavagem para avaliação.

O suprimento nutricional foi realizado com a aplicação de 187,50 mg L⁻¹ de P (Almeida, 2013; Almeida et al., 2014; Corrêa et al., 2014), na forma de superfosfato simples (18% de P₂O₅, 16% de Ca e 8% de S). A manutenção da umidade no substrato durante o período experimental foi feita manualmente, em intervalo de dois dias.

Aos 90 dias, as seguintes características vegetativas e fenológicas foram avaliadas: sobrevivência e enraizamento – determinado pela avaliação qualitativa das estacas, ao término do experimento; comprimento da maior raiz (CR) – medido com trena milimetrada, a partir da região de inserção do sistema radicular à extremidade terminal da maior raiz; largura radicular (LR) – medida com paquímetro digital, no sentido transversal do sistema radicular; massa seca das raízes (MSR) – medida pela pesagem das raízes secas em estufa de ar forçado, a 65 °C, durante 120 h; massa fresca da parte aérea (MFPA) – medida pela pesagem das emissões laterais (frescas); massa seca da parte aérea (MSPA) – medida pela pesagem das emissões laterais, secas em estufa de ar forçado (72 °C), durante 72 h; massa seca total (MST) – determinada pelo somatório entre a massa seca da parte aérea e a massa seca das raízes; número de emissões laterais (NEL) – medido pela contagem das brotações emitidas; somatório do comprimento das emissões laterais (SCEL) – determinado pelo somatório do comprimento das emissões laterais emitidas (medido com trena milimetrada, no sentido longitudinal de cada brotação); relação parte aérea/raiz (RPAR) – obtido pela razão entre SCC e CR; fenologia vegetativa – determinada pela avaliação diária dos eventos morfofisiológicos: V1 – dormência da gema (A, B, C e D), V2 – emissão de cladódios (E, F e G), V3 – crescimento da emissão lateral (H e I) e V4 – maturação da emissão lateral (I, J), Figura 1.

Os dados das características vegetativas foram submetidos à análise de variância (Teste F com nível de significância $p < 0,05$), de modo a avaliar os efeitos principais de cada uma das variáveis (A e B) e da interação (A × B). A comparação das médias foi realizada através do Teste de Tukey ($p < 0,05$). Para a interação significativa, procedeu-se o desdobramento das médias e a interpretação do efeito de uma variável sobre a outra.

3 Resultados e Discussão

Verificou-se 100% de enraizamento e sobrevivência para todos os tratamentos, semelhante aos resultados obtidos por Andrade et al. (2007), Bastos et al. (2006), Marques et al. (2012) e Pontes Filho et al. (2014), para mudas de pitaia (*H. undatus*) produzidas em sacos de polietileno em substrato de areia e pó de casca de coco sob ripado. Substrato se mostrou efetivo no que se esperava em relação a adesão radicular, facilitando o lavagem e avaliação das raízes.

A interação entre os enraizadores e tipos de estacas ocasionou efeito significativo ($p < 0,05$) sobre MFR, MSR, RPAR, SCEL, NEL, MFPA, MSPA e MST. Por sua vez, o CR foi afetado por cada um dos fatores individualmente, enquanto que LR sofreu influência apenas do tipo de estaca.

O maior CR foi observado nas estacas vigorosas. As estacas estioladas e padrão não diferiram estatisticamente quanto a essa variável (Tabela 2). De acordo com Fachinello et al. (2005) e Paulus et al. (2014), estacas de maior comprimento e teor de carboidratos geralmente apresentam maior relação C/N e quantidade de auxinas endógenas, o que induz ao maior enraizamento.

Em relação à influência dos enraizadores, os maiores CR foram obtidos na ausência de AIB e com uso de gel enraizador, os quais não diferiram quanto a esta variável (Tabela 3).

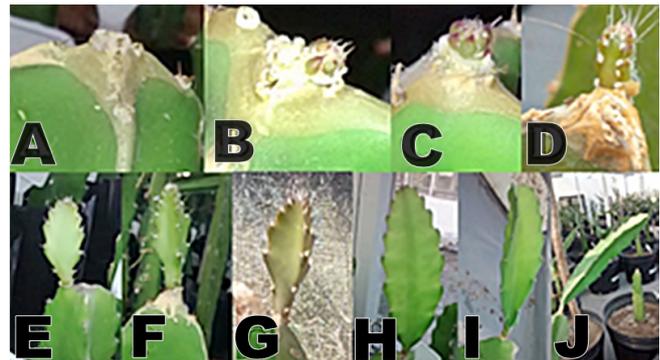


Figura 1. Fenofases de mudas de pitaia vermelha (*Hylocereus* sp.) submetidas ao efeito de enraizadores e tipos de estacas. (A), (B), (C) e (D): estágio V1; (E), (F) e (G): estágio V2; (H) e (I) estágio V3; (J) estágio V4. Fonte: O autor (2014).

Figure 1. Seedlings phenophases of red dragon fruit (*Hylocereus* sp.) submitted to the effect of rooting and cuttings types. (A), (B), (C) and (D): stage V1; (E), (F) and (G): stage V2; (H) e (I) stage V3; (J) stage V4. Source: The author (2014).

Tabela 1. Características químicas do substrato utilizado para o preenchimento dos sacos de polietileno.

Table 1. Chemical characteristics of the substrate used to fill the polyethylene bags.

M.O.		P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	S	T	V	C	N	C/N
g kg ⁻¹	pH	mg kg ⁻¹				cmol _c kg ⁻¹					%	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	
22,9	5,2	6,00	0,28	1,00	1,00	0,46	0,28	3,1	2,7	5,9	95,0	22,2	2,10	11

Extratores: P, Na e K – Mehlich; Ca, Mg e Al – KCl; H+Al – Acetato de cálcio; pH – Água. M.O – Matéria Orgânica; S – Soma de bases; T – Capacidade de Troca catiônica (CTC); V – Saturação por bases; C – Carbono; C/N – Relação Carbono Nitrogênio.

Para LR, o efeito dos tratamentos em ausência de AIB e com AIB foram inversos aos resultados observados para CR, ou seja, estacas tratadas com AIB apresentaram sistema radicular mais largo. O uso do gel enraizador proporcionou valores intermediários de LR e indica que o mesmo, promoveu incremento do sistema radicular em ambas as direções (horizontal via LR e vertical via CR).

Os resultados obtidos para o tratamento em ausência de AIB comprovam que a pitaita vermelha é uma espécie de fácil

enraizamento. Entretanto, o uso de enraizadores, principalmente, do gel enraizador potencializou o vigor do sistema radicular, indicando maior precocidade em viveiro. Os resultados estão de acordo com Betanin & Nienow (2010) e Almeida et al. (2016b), os quais afirmaram que a utilização de reguladores de crescimento pode ser decisiva no processo de enraizamento, por acelerar a formação de raízes, aumentar a porcentagem de estacas enraizadas, incrementar a qualidade das raízes formadas e gerar maior uniformidade no enraizamento.

Os valores nulos de MFPA e MSPA resultaram de tratamentos que não emitiram brotações laterais, apenas enraizaram (Tabela 4). As estacas vigorosas apresentaram os melhores resultados de MFPA, MSPA e MST (Tabelas 4 e 5), independente do uso de enraizadores. Os pontos de crescimento radicular são fontes de reguladores vegetais, principalmente a citocinina, que são translocados aos pontos de crescimento da parte aérea, interferindo na multiplicação celular (Peña et al., 2012; Taiz & Zeiger, 2013). Isso pode explicar os resultados observados no presente estudo, pois as estacas vigorosas ocasionaram o melhor enraizamento, o que certamente influenciou no maior incremento de parte aérea.

Independente de enraizadores, o uso de estacas vigorosas proporcionou maior massa seca de raízes (MSR) do que estacas padrão e estioladas (Tabela 5). Por sua vez, as estacas estioladas proporcionaram maior MSR do que as estacas padrão.

Quanto aos enraizadores, o efeito na MSR foi evidente, com destaque para o gel enraizador, com o qual foram obtidos os maiores valores de MSR, seguido do AIB em solução. Estacas não tratadas com enraizadores (ausência), de modo geral, foram as que produziram menor MSR.

Esses resultados podem ser complementares aos de Pontes Filho et al. (2014) e Bastos et al. (2006), os quais comprovaram que a aplicação de 3000 mg L⁻¹ de AIB em estacas com aproximadamente 25 cm de comprimento, promoveu expressivo enraizamento em *H. undatus*. No presente estudo observou-se que o uso combinado de estacas vigorosas (45 cm de comprimento e 43 mm de diâmetro) com gel enraizador culminou num incremento, em torno de quatro vezes, na MFR e MSR, comparativamente ao tratamento representado pela estaca padrão e uso de 3000 mg L⁻¹ de AIB.

Os rendimentos obtidos para o uso de estacas vigorosas, independentemente da aplicação de enraizador, também são complementares a Marques et al. (2011) e comprovam que estacas

Tabela 2. Efeito dos tipos de estacas no comprimento radicular (CR) de pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.), aos 90 dias após o plantio.

Table 2. Effect of cuttings type in the root length (CR) of red dragon fruit (*Hylocereus* sp.), at 90 days after planting.

Tipos de estaca	CR
	cm
Estiolada	41,6 b
Padrão	40,2 b
Vigorosa	46,7 a
C.V. (%)	8,9
Dms	3,9

C.V. = Coeficiente de variação; Dms = Diferença mínima significativa; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Efeito dos enraizadores no comprimento da maior raiz (CR) e largura radicular (LR) de pitaita vermelha (*Hylocereus* sp), aos 90 dias após o plantio.

Table 3. Effect of rooting on the length of the largest root (CR) and root width (LR) of red dragon fruit (*Hylocereus* sp.), at 90 days after planting.

Enraizadores	CR	LR
	cm	mm
Ausência	45,8 a	90,3 b
Gel enraizador	44,6 a	99,0 ab
AIB	38,5 b	106,5 a
C.V. (%)	8,9	9,5
Dms	3,9	9,6

C.V. = Coeficiente de variação; Dms = Diferença mínima significativa; Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Massa fresca (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) de pitaita vermelha (*Hylocereus* sp.), aos 90 dias após o plantio das estacas.

Table 4. Fresh weight of shoots (FWS) and dry weight of shoots (DWS) of red dragon fruit (*Hylocereus* sp.), at 90 days after planting.

Tipos de estacas	MFPA MSPA					
	----- Enraizadores -----					
	Gel enraizador			Ausência		
	g		AIB		G	
Estiolada	1,9 bB	7,2 bA	0,0 bB	0,4 bB	0,8 bA	0,0 bC
Padrão	1,4 bB	10,1 bA	0,0 bB	0,3 bB	0,9 bA	0,0 bC
Vigorosa	32,3 aA	29,9 aA	29,7 aA	3,2 aA	2,8 aB	3,1 aA
C.V. (%)	13,3	-	-	7,1	-	-
Dms	2,9	-	-	0,2	-	-

C.V. = Coeficiente de variação; Dms = Diferença mínima significativa; Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação parte aérea/raiz (RPAR) de pitaiia vermelha (*Hylocereus* sp.), aos 90 dias após o plantio das estacas.

Table 5. Root fresh weight (RFW), root dry weight (RDW) and ratio shoot/root (RSR) of red dragon fruit (*Hylocereus* sp.), at 90 days after planting the cuttings.

Tipos de estacas	MSR MST RPAR								
	----- Enraizadores -----								
	Ausên.	Gel enraiz.	AIB	Ausência	Gel enraizador	AIB	Ausên.	Gel enraiz.	AIB
	g	g		g			cm		
Estiolada	2,9 bB	4,3 bA	4,5 bA	3,3 bC	5,2 bA	4,5 bB	0,1 bB	0,1 bA	0,0 bC
Padrão	2,2 cB	3,6 cA	2,7 cB	2,6 cB	4,6 bA	2,7 cB	0,0 cB	0,1 bA	0,0 bB
Vigorosa	6,6 aC	11,9 aA	7,5 aB	9,7 aC	14,7 aA	10,6 aB	0,2 aA	0,2 aA	0,2 aA
C.V. (%)	5,8	-	-	5,4	-	-	8,6	-	-
Dms	0,5	-	-	0,6	-	-	0,02	-	-

C.V. = Coeficiente de variação; Dms = Diferença mínima significativa; Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

desse tipo apresentam elevada capacidade de enraizamento, comparativamente aos cladódios com comprimento médio de 25 cm.

No que diz respeito aos rendimentos radicular es obtidos para estacas estioladas, constatou-se que elas apresentam bom enraizamento, especialmente quando se utiliza enraizadores (gel enraizador e 3000 mg L⁻¹ de AIB). Essas observações corroboram com Tiberti et al. (2012), conforme os quais, nos ramos estiolados há uma maior concentração de auxinas endógenas, que diminui a quantidade de co-fatores negativos à formação de raízes, e, conseqüentemente, promove bom enraizamento.

No entanto, é importante ressaltar que as estacas estioladas apresentaram melhor enraizamento, apenas quando foram comparadas às do tipo padrão. Para nenhuma das variáveis, esses dois tipos de estaca exprimiram valores radiculares superiores às vigorosas.

De acordo com Fachinello et al. (2005) e Pizzatto et al. (2011), o aumento da concentração de auxina exógena, aplicada em estacas, provoca efeito estimulador de enraizamento adventício até certo valor máximo, a partir do qual, tem-se efeito inibitório. Nas Tabelas 4 e 5, observa-se que o uso de AIB em estacas vigorosas, comparativamente ao uso do gel, possivelmente promoveu um excesso de auxina no tecido vegetal, estimulando o crescimento da parte aérea (MSPA, RPAR) em detrimento do sistema radicular (MSR). As estacas vigorosas apresentam maior aporte de reservas e auxinas endógenas (Cardoso et al., 2011; Delgado & Yuyama, 2010), e, portanto, maior susceptibilidade a um efeito negativo de doses elevadas de AIB sobre o enraizamento.

Embora, o AIB e o gel enraizador apresentem a mesma concentração (3000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico), certamente a textura do produto comercial (gel) influenciou na sua liberação (mais lenta), e, por conseqüência, diminuiu os riscos de efeitos inibitórios da referida dose sobre as estacas vigorosas. Isso pode ser comprovado pelo efeito positivo da aplicação do gel enraizador em estacas vigorosas, o qual promoveu um crescimento equilibrado das mudas, com incremento tanto de sistema radicular quanto de parte aérea.

Os bons resultados obtidos com o AIB em gel se enquadram com Brondani et al. (2008), dentre os escassos estudos realizados com uso de gel enraizador na propagação vegetativa. Conforme os autores o gel enraizador constitui-se numa boa alternativa de aplicação de AIB para promoção enraizamento, em vista de sua praticidade, rapidez de aplicação, facilidade de manuseio e eficiência.

O SCEL variou de 0,00 a 11,19 cm, ao passo que o NEL oscilou de 0,00 a 1,13 unidades (Tabela 6). Os maiores valores para NEL e SCEL foram obtidos com o uso de estacas vigorosas, independente da aplicação de auxinas exógenas.

Com uso de enraizadores, as estacas padrão apresentaram maior NEL do que as estioladas, fato que não foi observado no tratamento em ausência (sem enraizadores). Porém, as emissões laterais nas estacas padrão se desenvolveram menos do que nas estacas estioladas, refletindo em valores de SCEL menores, ou nem se desenvolveram, apresentando SCEL igual à zero (Tabela 6).

Com relação ao efeito de enraizadores, de modo geral o uso de gel enraizador acarretou em maior NEL do que o AIB e a ausência (sem enraizador), exceto para estaca estiolada, nas quais o efeito do gel não diferiu da ausência (Tabela 6). O aumento do NEL pelo uso do gel nas estacas vigorosas foi de 79,4%, comparativamente à ausência e AIB em solução. Nas estacas padrão, esse aumento foi respectivamente de 52% e 192%, quando comparado à ausência e AIB, respectivamente. Nas estacas estioladas e padrão ficou evidente o efeito negativo do AIB em solução, cuja aplicação refletiu nos menores valores de NEL para estes dois tipos de estaca.

Com base no conjunto de resultados até aqui discutidos, é possível inferir que a produção de mudas de pitaiia vermelha com estacas vigorosas condicionou maior qualidade e precocidade de enraizamento (Tabelas 2, 3 e 5), e, conseqüentemente, uma menor parcela de tempo para incrementar parte aérea, tanto por intermédio de reservas endógenas quanto pela capacidade das raízes na exploração de nutrientes no substrato.

Situações reais em que haja disponibilidade apenas de estacas tipo “padrão” e “estiolada”, recomenda-se o uso de enraizadores. No presente estudo, o gel enraizador mostrou elevado potencial e

Tabela 6. Número (NEL) e somatório do comprimento de emissões laterais (SCEL), de pitáia vermelha (*Hylocereus* sp.), aos 90 dias após o plantio das estacas.**Table 6.** Number (NAS) and sum of length of axillary shoots (SLAS), of red dragon fruit (*Hylocereus* sp.), at 90 days after planting.

Tipos de estaca	NEL SCEL					
	Enraizadores					
	Ausência	Gel enraizador un	AIB	Ausência	Gel enraizador Cm	AIB
Estiolada	0,3 bA	0,3 cA	0,0 cB	2,0 bB	3,5 Ba	0,0 bC
Padrão	0,3 bB	0,4 bA	0,1 bC	0,9 cB	2,4 Ca	0,0 bC
Vigorosa	0,6 aB	1,1 aA	0,6 aB	11,2 aA	10,4 Ab	9,9 aB
C.V. (%)	12,6	-	-	8,8	-	-
Dms	0,1	-	-	0,7	-	-

C.V. = Coeficiente de variação; Dms = Diferença mínima significativa; Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Intervalo médio de fenofases de pitáia vermelha (*Hylocereus* sp.), durante 90 dias de avaliação experimental. Dormência da gema (V1), emissão de cladódios (V2), crescimento da emissão lateral (V3), maturação da emissão lateral (V4).**Table 7.** Mean interval of phenophases of red dragon fruit (*Hylocereus* sp.), during 90 days of experimental evaluation. Gem dormancy (V1), issuing cladodes (V2), growth axillary shoots (V3), maturation axillary shoots (V4).

Tratamentos	Intervalo de fenofases (dias)			
	V0/V1	V1/V2	V2/V3	V3/V4
EST+AUS	40	12	7	31
EST+GEL	36	3	7	35
EST+AIB	--	--	--	--
PAD+AUS	33	11	6	38
PAD+GEL	32	59	--	--
PAD+AIB	55	37	--	--
VIG+AUS	32	6	5	25
VIG+GEL	54	8	6	22
VIG+AIB	34	6	5	27

EST = Estaca estiolada; PAD = Estaca padrão; VIG = Estaca vigorosa; AUS = Ausência; Gel = Gel enraizador; AIB = 3000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico.

incrementou a qualidade do sistema radicular (CR, LR e MSR) e parte aérea (MST, MFPA, SCEL, RPAR), podendo ser utilizado no sistema de produção de mudas de pitáia vermelha.

No que concerne às fenofases da pitáia vermelha, observou-se que a duração da fase de gemas dormentes (V1) foi mais curta nos tratamentos Padrão + Gel e Vigoroso + Controle, de 32 dias. Nos tratamentos Padrão + AIB e Vigoroso + Gel essa fase estendeu-se até os 55 e 54 dias, respectivamente (Tabela 7). Observou-se que o estágio fenológico V1 tem uma grande oscilação na transição para V2 podendo ocorrer em poucos dias, ou não ocorrer, ficando em V1 e não mudando de fenofase, ou seja, V1 permanece dormente.

A transição da dormência da gema V1 até a emissão (V2) ocorreu em torno de 6 a 12 dias, nos que não permaneceram dormentes. Sendo os tratamentos que fizeram essa transição em menos dias: Vigoroso + Controle e Vigoroso + AIB, 6 dias e o que mais tardou foi Estiolada + Controle com 12 dias. De V2 ao

alongamento de cladódios (V3) não variou muito, se mantendo todos os tratamentos com transição ao redor de 6 dias.

A maturação dos cladódios de V3 para V4 foi uma das fenofases mais longas e compreendeu 22 a 38 dias, onde o tratamento que teve o tempo mais curto de maturação foram Vigoroso + Gel e Vigoroso + Controle, 22 e 25 dias, respectivamente. No tratamento Padrão + Controle esse tempo se estendeu para 38 dias.

Vale salientar que no período em que os tecidos dos cladódios estão mais tenros, isto é, do momento da emissão V1 (32 a 55 após o plantio), até o momento de maturação total do cladódio em V4, deve-se realizar o monitoramento de pragas e doenças, especialmente formigas.

4 Conclusões

O uso de enraizadores e estacas com diferentes características morfológicas afetam o crescimento do sistema radicular e parte aérea de mudas de pitáia vermelha.

As estacas vigorosas – 45 cm de comprimento e 43 mm de diâmetro – são as mais recomendadas para o sistema de produção de mudas de pitáia vermelha e dispensam o uso de reguladores vegetais. As estacas estioladas – 48 cm de comprimento e 29 mm de diâmetro – apresentaram maior capacidade de enraizamento que as estacas padrão – 23 cm de comprimento e 39 mm de diâmetro.

Na escassez de estacas vigorosas, é conveniente a aplicação de gel enraizador para aumentar a qualidade de enraizamento e precocidade de mudas propagadas por cladódios padrão e/ou estiolados.

Referências

ALMEIDA, E. I. B. *Crescimento inicial de pitáia (Hylocereus undatus) em função de combinações de doses de fósforo-zinco e nitrogênio-potássio*. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CAJAZEIRA, J. P.; QUEIROZ, R. F.; BARROSO, M. M. A.; MARQUES, V. B. Cultivo de *Hylocereus* sp. com enfoque na propagação vegetativa, sombreamento e adubação mineral. *Revista Agro@ambiente on-line*, v. 10, n. 1, p. 65-76, 2016a.

- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, J. C. V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaita [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n. 4, p. 1018-1027, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-296/13>.
- ALMEIDA, E. I. B.; QUEIROZ, R. F.; CAJAZEIRA, J. P.; OLIVEIRA, I. M. S.; CORRÊA, M. C. M. Shading of stock plants and the use of auxin in red pitaya cuttings. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 37, n. 5, p. 2977-2988, 2016b. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n5p2977>.
- ANDRADE, R. A.; MARTINS, A. B. G.; SILVA, M. T. H. Influência da fonte e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, n. 1, p. 183-186, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000100039>.
- BASTOS, D. C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J. A.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, F. P.; GALUCHI, T. P. D.; BAKKER, S. T. Propagação da pitaya ‘vermelha’ por estaquia. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 6, p. 1106-1109, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000600009>.
- BETANIN, L.; NIENOW, A. A. A propagação vegetativa da corticeira-da-serra (*Erythrina falcata* Benth.) por estaquia caulinar e foliar. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 31, n. 4, p. 871-880, 2010. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n4p871>.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A.; PIRES, P. P. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de mini-estacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Scientia Agraria*, v. 9, n. 2, p. 153-158, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i2.10962>.
- CARDOSO, C.; YAMAMOTO, L. Y.; PRETI, E. A.; ASSIS, A. M.; NEVES, C. S. V. J.; ROBERTO, S. R. AIB e substratos no enraizamento de estacas de pessegueiro ‘Okinawa’ coletadas no outono. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 4, p. 1307-1314, 2011. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1307>.
- CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaita em função de combinações e doses de e fósforo-zinco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-297/13>.
- DELGADO, J. P. M.; YUYAMA, K. Comprimento de estacas de camu-camu com ácido indolbutírico para a formação de mudas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 2, p. 522-526, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000066>.
- DONADIO, L. C.; MARTINS, A. B. G.; VALENTE, J. P. Pitaya. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, n. 3, p. 1-2, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000300001>.
- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. *Propagação de plantas frutíferas*. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2005. p. 69-109.
- GALVÃO, E. C. *Substrato e ácido indolbutírico na produção de mudas de pitaita vermelha de polpa branca*. 2015. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. *Perfil básico municipal*. Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2012/Fortaleza.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2018.
- KÖPPEN, W. *Climatologia: comun estudio de los climas de latierra*. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1918. 478 p.
- LIMA, C. A. *Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do cerrado*. 2013. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- LONE, A. B.; LÓPEZ, E. L.; ROVARIS, S. R. S.; KLESNER, D. F.; HIGASHIBARA, L.; ATAÍDE, L. T.; ROBERTO, S. R. Efeito do AIB no enraizamento de estacas herbáceas do porta-enxerto de videira VR 43-43 em diferentes substratos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 31, n. 3, p. 599-604, 2010. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n3p599>.
- MARQUES, V. B.; MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; CRUZ, M. C. M. Porções de cladódios e substratos na produção de mudas de pitaita vermelha. *Agrarian*, v. 5, n. 17, p. 193-197, 2012.
- MARQUES, V. B.; MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; CRUZ, M. C. M. Tamanho de cladódios na produção de mudas de pitaita vermelha. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 4, p. 50-54, 2011.
- MERTEN, S. A. Review of *Hylocereus* production in the United States. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, v. 5, n. 1, p. 98-105, 2003.
- MIZRAHI, Y. Vine-Cacti pitayas: the new crops of the world. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n. 1, p. 124-138, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-452/13>.
- NUNES, E. N. A. S. B.; LUCENA, C. M.; SILVA, S. M.; LUCENA, R. F. P.; ALVES, C. A. B.; ALVES, R. E. Pitaita (*Hylocereus* sp.): uma revisão para o Brasil. *Gaia Scientia*, v. 8, n. 1, p. 90-98, 2014.
- ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y. D.; CARRILLO-SALAZAR, J. A. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. *Comunicata Scientiae*, v. 3, n. 4, p. 220-237, 2012.
- PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; TOFFOLI, E.; PAULUS, E. Propagação vegetativa de *Aloysia triphylla* (L'Hér.) Britton em função da concentração de AIB e do comprimento das estacas. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 16, n. 1, p. 25-31, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722014000100004>.
- PEÑA, M. L.; GUBERT, C.; TAGLIANI, M. C.; BUENO, P. M. C.; BIASI, L. A. Concentrações e formas de aplicação do ácido indolbutírico na propagação por estaquia dos mirtilheiros cvs. Flórida e Clímax. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 1, p. 57-64, 2012. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n1p57>.
- PIZZATTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; LUCKMANN, D.; PIROLA, K.; CASSOL, D. A.; MAZARO, S. M. Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. *Revista Ceres*, v. 58, n. 4, p. 487-492, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000400013>.
- PONTES FILHO, F. S. T.; ALMEIDA, E. I. B.; BARROSO, M. M. A.; CAJAZEIRA, J. P.; CORRÊA, M. C. M. Comprimento de estacas e concentrações de ácido indol-butírico (AIB) na propagação vegetativa de pitaita. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, n. 4, p. 788-793, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000400017>.
- SANTOS, C. M. G.; CERQUEIRA, R. C.; FERNANDES, L. M. S.; DOURADO, F. W. N.; ONO, E. O. Substratos e regulador vegetal

no enraizamento de estacas de pitaya. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 4, p. 625-629, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902010000400016>.

SILVA, A. C. C. *Pitaya: melhoria e produção de mudas*. 2014. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014.

SILVA, A. C. C.; MARTINS, A. B. G.; CAVALLARI, L. L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de

pólen e da coloração da cobertura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, n. 4, p. 1162-1168, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000400014>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TIBERTI, A. S.; PIO, R.; ASSIS, C. N.; SILVA, K. N.; TADEU, M. H. Propagação do 'Boysenberry' por estaquia e mergulhia. *Ciência Rural*, v. 42, n. 3, p. 423-428, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000300007>.

Contribuição dos autores: Mayara Mader Alcântara Barroso realizou os experimentos e a escrita científica; Edmilson Igor Bernardo Almeida e Márcio Cleber de Medeiros Corrêa contribuíram com a revisão bibliográfica, orientação, revisão ortográfica e gramatical do trabalho e a escrita científica; João Paulo Cajazeira e Ronialison Fernandes Queiroz contribuíram com revisão ortográfica e gramatical e manutenção do experimento; Iana Maria de Souza Oliveira contribuiu com a realização do experimento.

Agradecimentos: Agradecemos à CAPES pelo auxílio financeiro (Projeto 23038.006862/2010-02 - Edital 029/2010) e à Professora Dra. Virna Braga Marques pela contribuição na revisão bibliográfica.

Fonte de financiamento: Não houve fonte de financiamento.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.