

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PITAYA: PROPAGAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS**

**Ítalo Herbert Lucena Cavalcante**

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Julho de 2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PITAYA: PROPAGAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS**

**Ítalo Herbert Lucena Cavalcante**

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Baldo Geraldo Martins**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

Jaboticabal – SP  
Julho de 2008

Cavalcante, Ítalo Herbert Lucena  
C376p Pitaya: propagação e crescimento de plantas / Ítalo Herbert  
Lucena Cavalcante. -- Jaboticabal, 2008  
vii, 94 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008

Orientador: Antonio Baldo Geraldo Martins

Banca examinadora: Aparecida Conceição Boliari, João Alexio  
Scarpate Filho, Carlos Ruggiero, João Carlos de Oliveira

Bibliografia

1. *Hylocereus undatus*. 2. Pitaya - raízes adventícias. 3. Pitaya -  
sombreamento. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.775

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**ÍTALO HERBERT LUCENA CAVALCANTE** – nascido em 28 de Setembro de 1979, em Campina Grande – Paraíba. cursou o segundo grau no Colégio ‘Questão de Inteligência’ na cidade de João Pessoa-PB onde recebeu o prêmio ‘Honra ao Mérito’ pelo brilhante desempenho acadêmico no ano de 1997. Ingressou no curso de Agronomia em 1999 na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), onde foi bolsista de Iniciação Científica do CNPq de Julho de 1999 a Agosto de 2003, desenvolvendo trabalhos diversos na área de fruticultura e solos. Obteve o título de Engenheiro Agrônomo em 2003, recebendo o prêmio honorífico “Jaime Coelho de Moraes” pelo melhor desempenho acadêmico entre os formandos de Agronomia e Zootecnia. É autor e co-autor de várias publicações científicas dentre artigos (47, em seis países), resumos (37), boletins técnico-científicos (5), capítulos de livros (4) e livros (2). Em 2004 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal. Em 2005 ingressou no Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela mesma Instituição. A partir de 2007 passou a fazer parte da comissão editorial da Revista de Biologia e Ciências da Terra (Qualis “A”). Atualmente é professor efetivo na área de fruticultura do curso de Agronomia da Universidade Federal do Piauí, Campus de Bom Jesus.

## DEDICO

Essa tese é dedicada a duas pessoas muito importantes em minha vida.

Dedico ao professor Lourival Ferreira Cavalcante, meu primeiro e eterno mestre, que me iniciou no meio científico, me fez entender com ética e moral que o conhecimento e a decência constituem a base para a construção de um pesquisador cidadão, consciente de que o objetivo de sua pesquisa não é apenas o resultado da análise de variância, mas também a amplitude social que o trabalho pode alcançar. Tive a oportunidade e o privilégio de ser mais cobrado, mais vigiado, trabalhar mais, acordar mais cedo e aprender mais, seja no campo, no computador ou na mesa do almoço onde meu pai e professor demonstrava que acreditar na existência do bem e do mal, ajudar sem esperar nada em troca, não trabalhar mais do que deve nem menos do que precisa faz do pesquisador alguém mais humano sem desviar do foco principal da vida: ser feliz. Ao senhor meu pai, colega de trabalho, eterno orientador, irmão e, antes de qualquer coisa, meu melhor amigo, essa singela homenagem!

Dedico também à minha cúmplice, companheira de trabalho e esposa Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante, uma colega de pós-graduação que conquistou meu respeito e amizade e se tornou, com seu jeito meigo e tranquilo, alguém fundamental em minha vida. Devo agradecer não apenas pela ajuda nos trabalhos e na própria tese, mas pelo amor com que me aconselha sempre a seguir o melhor caminho, pela maneira como cuida de tudo com cuidado e presteza me dispensando das preocupações do dia-a-dia, sem isso a realização dos trabalhos teria sido muito mais difícil. Pelos sucessos e tropeços que tivemos e soubemos contorná-los, pela fé em Deus, pelo exemplo de integridade e respeito que representa, dedico à você minha “galeguinha” e eterno amor, esse sonho esperado durante nove anos!

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A Deus, sem o qual nada teria sentido.

*A minha família...*

Aos meus queridos pais, Lourival e Lúcia, exemplos de vida, amor, união, cumplicidade e confiança, que sempre me deram o suporte necessário para ultrapassar os obstáculos da vida. - Mainha, muito obrigado!

Ao meus avós maternos Irene e Jorge (*in memorian*) e paternos Maria (*in memorian*) e Luiz (*in memorian*). Em especial agradeço a vovô Luiz, apesar da curta convivência ainda enquanto criança, sempre senti sua presença ao meu lado nos momentos mais difíceis.

As minhas queridas irmãs, Cybelli, Kézia e Calliandra que sempre estiveram do meu lado, mesmo em espírito devido à distância que nos separou durante o curso.

A minha nova família, Adílio, Ilaine, Josiéle e Mariéle que me receberam como um novo membro sem distinção.

**Muito obrigado.**

## **AGRADECIMENTOS**

À UNESP-FCAV, pela excelência do ensino em fruticultura e oportunidade de cursar o doutorado em Agronomia/Produção Vegetal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo durante o curso de doutorado.

Ao Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária por ceder toda a infraestrutura necessária para realização das análises de raízes.

À Universidade Federal do Piauí pela liberação necessária para o término do doutorado.

Ao Prof Dr Yosef Mizrahi da Ben Gurion University (Israel) pelas bibliografias e informações quanto à coleta de material para análise.

À Seção de Pós-Graduação, pela pronta atenção sempre dispensada.

*Aos professores...*

Prof. Dr. Antonio Balo Geraldo Martins, meu orientador desde 2004, que me ensinou não apenas lições acadêmicas, mas com simplicidade e humildade soube despertar meu interesse em aprender e buscar sempre o melhor, acima de qualquer coisa. Agradeço imensamente ao mestre que me acolheu, confiou e soube cobrar da forma correta, no momento certo e se tornou não apenas um orientador, mas um exemplo de competência, conhecimento, honestidade e amor à profissão. À você “Toninho” muito obrigado.

Prof. Raimundo Falcão Neto, pela prestativa ajuda na instalação do experimento de campo em Bom Jesus, PI.

A todos os meus professores, que nesse curso de doutorado auxiliaram na construção do ensino, muito obrigado nesta jornada.

*E a vocês...*

... colegas de curso pela convivência pacífica, sempre agradável e ajuda prestada em especial à minha colega de trabalho e amiga Inez Vilar de Moraes Oliveira pelas discussões profissionais diárias, pelas conversas que lembravam nossa saudosa terra paraibana.

... os funcionários da UNESP-FCAV, em especial à secretária Nádia, sempre muito dedicada; ao Bedin do ripado de fruticultura; ao Wagner e Sidnéia da Produção Vegetal; Sônia da Biologia;

... à todos, que de alguma forma contribuíram pela realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	iii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	iv
<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	8
<b>1.1. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	9
1.1.1. Aspectos gerais da pitaya .....	9
1.1.2. Anatomia radicular de estacas .....	12
1.1.3. Juvenilidade .....	14
1.1.4. Intensidade luminosa para a pitaya .....	15
1.1.5. Adubação orgânica e nutrição mineral da pitaya .....	18
<b>1.2. REFERÊNCIAS</b> .....	20
<b>CAPÍTULO 2 – JUVENILIDADE NA PROPAGAÇÃO DA PITAYA VERMELHA POR ESTAQUIA</b> .....	30
<b>RESUMO</b> .....	30
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	31
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	32
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
<b>CONCLUSÕES</b> .....	40
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40
<b>CAPÍTULO 3 – ANATOMIA RADICULAR EM ESTACAS DE PITAYA</b> .....	44
<b>RESUMO</b> .....	44
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	45
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	46
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	47

<b>CONCLUSÕES</b> .....	51
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51
<b>CAPÍTULO 4 – ADUBAÇÃO ORGÂNICA E INTENSIDADE LUMINOSA NO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DA PITAYA</b> .....	55
<b>RESUMO</b> .....	55
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	56
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	58
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	62
<b>CONCLUSÕES</b> .....	87
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	86

**LISTA DE TABELAS**

	Página
<b>CAPÍTULO 4 – .....</b>	<b>55</b>
Tabela 1. Características químicas do esterco bovino e do solo antes da implantação do experimento no perfil de 0-20cm de profundidade	60
Tabela 2. Resumo das análises de variância referentes aos incrementos percentuais de altura de estaca (ALT), crescimento do ramo secundário (CRS) e diâmetro do caule (DC) da pitaya em função de adubação orgânica e percentual de sombra .....	62
Tabela 3. Resumo das análises de variância referentes às concentrações de macronutrientes na parte aérea de plantas de pitaya ao final do experimento em função da adubação orgânica (AO) .....	76
Tabela 4. Resumo das análises de variância referentes as concentrações de micronutrientes e sódio na parte aérea de plantas de pitaya ao final do experimento em função da adubação orgânica (AO) .....	84

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>CAPÍTULO 2 –</b> .....	30
Figura 1. Porção do dossel de onde as estacas foram oriundas: superior (ES), mediana (EM) e inferior (EI) .....	33
Figura 2. Percentagem de estacas enraizadas (A) e de estacas vivas (B) de pitaya em função da porção do dossel de coleta das estacas .....	35
Figura 3. Comprimento (A) e diâmetro (B) de raízes de pitaya em função da porção do dossel de coleta das estacas .....	37
Figura 4. Massa seca (A), área (B) e densidade (C) de raízes de pitaya em função da porção do dossel de coleta das estacas .....	39
 <b>CAPÍTULO 3 –</b> .....	 44
Figura 1. Cortes transversais de estacas de pitaya enraizadas. A e B = ápice de desenvolvimento do primórdio radicular; C e D = base de desenvolvimento do primórdio radicular; E = detalhe aproximado da origem da raiz adventícia .....	48
Figura 2. Cortes transversais de estacas de <i>Gomphrena macrocephala</i> .....	49
 <b>CAPÍTULO 4 –</b> .....	 55
Figura 1. Intensidade luminosa no local do experimento. Bom Jesus/PI, 2007 .....	58
Figura 2. Incrementos percentuais semanais de altura de estaca (AE, A), comprimento do ramo secundário (CRS, B) e diâmetro do caule (DC, C) da pitaya em função do percentual de sombrite usado no cultivo .....	64
Figura 3. Massa seca de parte aérea (A; C.V. = 31,82 e DP = 13,68) e de raízes (B; C.V. = 32,56 e DP = 1,53) e massa fresca da parte aérea (C; C.V. = 31,81 e DP = 116,39) de pitaya em função do percentual do sombrite usado no cultivo. CV = coeficiente de variação; DP = desvio padrão; barras indicam erro padrão da média .....	68
Figura 4. Incrementos percentuais semanais de altura de estaca (AE, A), comprimento do ramo secundário (CRS, B) e diâmetro do caule (DC, C) da pitaya em função da adubação orgânica .....	70

Figura 5. Incrementos percentuais do início para o final do experimento referentes a altura de estaca (A), diâmetro do caule (B) e comprimento do ramo secundário (C) da pitaya em função da adubação orgânica .....	71
Figura 6. Massa seca de parte aérea (A) e de raízes (B) e massa fresca da parte aérea (C) da pitaya em função da adubação orgânica .....	74
Figura 7. Concentrações de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) no tecido vegetal da pitaya em função da adubação orgânica .....	78
Figura 8. Concentrações de boro (A), zinco (B), ferro (C) e sódio (D) no tecido vegetal da pitaya em função da adubação orgânica .....	82

## PITAYA: PROPAGAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS

**RESUMO** – Dentre as frutíferas exóticas, a pitaya vermelha (*Hylocereus undatus*) 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. Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo: i) identificar a co-existência dos estágios juvenil e adulto e o efeito na propagação da pitaya por estaquia; ii) estudar anatomicamente as raízes adventícias de estacas de pitaya; iii) avaliar o desenvolvimento e o estado nutricional da pitaya em função da intensidade luminosa e adubação orgânica. No primeiro estudo, a posição de coleta da estaca exerceu efeito quantitativo na formação de raízes da pitaya, as estacas juvenis apresentaram 35% mais estacas com raízes que estacas adultas, permitindo concluir que os estágios juvenil e adulto co-existem no dossel da pitaya. No segundo estudo, observou-se que as raízes adventícias em estacas de pitaya originam-se no periciclo, não ocorre formação de raízes a partir de calos e não há a formação de calos em estacas de pitaya. A partir do terceiro estudo infere-se que no cultivo da pitaya é necessária cobertura contra a incidência direta dos raios solares, onde a tela de propileno com 50% ou 75% de luminosidade podem ser usados, os níveis de esterco influenciaram significativamente as concentrações de N, P, K e Na, a concentração no tecido vegetal do N, P, K, S, B, Zn e Na foram incrementadas com o aumento do nível de esterco fornecido à planta e o fornecimento de 20 L.cova<sup>-1</sup> de esterco bovino pode ser adotado como quantitativo no preparo de covas de pitaya.

**Palavras-chave:** *Hylocereus undatus*, estágio juvenil, estágio adulto, raízes adventícias, estaquia, sombreamento, esterco bovino.

## PITAYA: PROPAGATION AND PLANT GROWTH

**SUMMARY** – Among the exotic fruitful species, pitaya (*Hylocereus undatus*) presents potential as an option for diversification of Brazilian fruit culture and incomes enhancement in land. This fruitful is little cultivated in Brazil and local information is need to inform potential farmers. In this way, the present work had as objective: i) to identify the co-existence of juvenile and adult stages and it's effects on cutting propagation of pitaya; ii) to study anatomically the adventitious roots of pitaya cuttings; iii) to evaluate the development and nutritional status of pitaya as a function of light intensity and organic fertilization. In the first study, the position from which the cutting is taken had an quantitative effect on root formation of pitaya, juvenile cuttings presented 35% more cuttings with roots than adult cuttings, allowing it concludes that juvenile and adult stages co-exist in pitaya canopy. In the second study it was observed that the adventitious roots of pitaya cuttings initiate at the pericycle, there is no root formation from callus and there is no callus formation on pitaya cuttings. From the third study it infers that in pitaya cultivation a covering against light rays is need, where a shade degree of 50% or 75% can be used, the organic manure levels influenced significantly the concentrations of N, P, K and Na, the stem concentration of N, P, K, S, B, Zn and Na were enhanced with organic fertilizer level increasing and the 20 L/plant level can be adopted as quantitative for cave preparation for pitaya cultivation.

**Key words:** *Hylocereus undatus*, juvenile stage, adult stage, adventitious roots, cutting, shading, bovine manure.

## CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas com 41.909.365t, atrás apenas de China e Índia (FAO, 2007). Ao comparar-se os dados da produção brasileira de 2002 para 2006 observa-se um crescimento de 23%, demonstrando que a fruticultura é uma atividade em expansão (BUAINAIN & BATALHA, 2007).

As frutíferas mais cultivadas no Brasil ainda são as tradicionais como laranjeira, bananeira, coqueiro, abacaxizeiro, mamoeiro, videira, mangueira e maracujazeira, embora as espécies não convencionais tenham apresentado incremento tanto em área plantada como em comercialização dos produtos (IBGE, 2007). É relevante observar que o consumo de frutas, juntamente com as exportações, aumentaram nos últimos anos despertando o interesse do consumidor brasileiro e estrangeiro por frutas não convencionais, destacando-se que em 2004, essas frutas responderam por 8,4% do volume comercializado, correspondendo a 9,5% do valor comercializado, dados que evidenciam a relevância e potencial para o Brasil.

Dentre as espécies não convencionais no Brasil algumas merecem destaque como o mangostão (*Garcinia mangostana*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), dovyalis (*Dovyais* sp), mangostão amarelo (*Garcinia xanthochymus* Hook) (CAVALCANTE & MARTINS, 2005; CAVALCANTE et al., 2006a; SEGEREN, 2006). A pitaya (*Hylocereus undatus*) também se insere nesse contexto, como uma das principais alternativas para diversificação da propriedade rural e aumento de renda do produtor. Apesar do elevado custo de implantação do pomar, os preços cotados para a pitaya têm sido um atrativo para potenciais produtores, especialmente no mercado internacional, onde a fruta pode atingir US\$ 22,00/kg nos EUA e € 19,90/kg na Alemanha, embora no Brasil o valor máximo de R\$ 80,00 também seja um atrativo.

Os trabalhos desenvolvidos no Brasil com a pitaya ainda são incipientes destacando-se os estudos de SILVA (2005), BASTOS et al. (2006) e ANDRADE et al. (2007) sobre a propagação seminífera e vegetativa; CAVALCANTE et al. (2006b) e CAVALCANTE et al. (2007) sobre a salinidade da água de irrigação no crescimento e desenvolvimento inicial. Portanto, há necessidade de estudos ainda básicos dentre os

quais fisiologia, anatomia radicular, adubação e nutrição mineral que se encontram contemplados no presente trabalho.

Mediante o potencial da pitaya para a fruticultura não convencional brasileira e a necessidade de disponibilizar informações científicas e técnicas aos produtores, o presente trabalho objetivou:

- i) identificar a co-existência dos estágios juvenil e adulto e o efeito na propagação da pitaya por estaquia;
- ii) estudar anatomicamente as raízes adventícias de estacas de pitaya;
- iii) avaliar o desenvolvimento e o estado nutricional da pitaya em função de intensidade luminosa e adubação orgânica.

## **1.1. REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1.1. Aspectos gerais da pitaya**

Nos últimos anos, várias espécies de cactos têm ganhado importância quanto ao potencial como fonte de alimento (RUSSELL & FELKER, 1987; MIZRAHI et al., 1997), dentre elas destaca-se a pitaya, a cactácea frutífera mais cultivada do mundo. Atualmente é cultivada comercialmente visando a produção do fruto na Austrália, Camboja, Colômbia, Equador, Guatemala, Indonésia, Israel, Japão, Nova Zelândia, Nicarágua, México, Peru Filipinas, Espanha, Taiwan, Tailândia, Estados Unidos, Vietnã (NERD & MIZRAHI, 1997) e Brasil.

A pitaya (*Hylocereus undatus*) ocorre espontaneamente em ambientes sombreados de florestas tropicais no México, Índia, Vietnã e Américas Central e do Sul (BARTHLOTT & HUNT, 1993; INTA, 1994). É uma espécie que apresenta vários nomes vulgares como pitahaya, red pitaya, strawberry pear e pitaya na América Latina; night blooming e queen of the night na América do Norte e red dragon fruit e dragon fruit na Ásia.

Em seu habitat natural apresenta-se predominantemente como espécie de metabolismo CAM (metabolismo ácido das crassuláceas), embora cactáceas sob condições de sombreamento tenham a capacidade de efetuar CAM cíclico (ORTIZ et al., 1999), obtendo o máximo de absorção de CO<sub>2</sub> durante a noite quando são observadas as menores temperaturas.

As sementes são obovadas, negras, de 2-3 mm de largura, em grande quantidade e com elevada capacidade de germinação (HERNÁNDEZ, 2000). O sistema radicular é superficial, fasciculado e pode assimilar baixos teores de nutrientes do solo (Le BELLEC et al., 2006).

A planta é perene, trepadeira, com caule classificado morfologicamente como cladódio, na forma triangular, suculento e com espinhos de 2 a 4cm de comprimento (CANTO, 1993). Dos cladódios são originadas numerosas raízes adventícias que contribuem na absorção de nutrientes e na fixação da planta à estrutura, mas não têm ação parasítica (HERNÁNDEZ, 2000).

As flores são hermafroditas, grandes (aproximadamente 30cm de diâmetro), aromáticas e brancas (BARBEAU, 1990); os botões florais são formados pouco antes da antese apresentando um rápido desenvolvimento, em torno de três semanas em Israel (NERD et al., 2002) e seis no Equador (PEREIRA, 1991); são noturnas e abrem uma única vez. A pitaya é uma espécie que possui picos de florada no verão, registrando-se de 2 a 3 picos em Israel e nos Estados Unidos (MERTEN, 2003); a polpa dos frutos é formada a partir do desenvolvimento do ovário e a casca a partir do receptáculo que circunda o ovário (MIZRAHI & NERD, 1999).

A pitaya apresenta um período de florescimento médio durante o ano relacionado à região de cultivo, isto porque é uma espécie dependente do fotoperíodo, caracterizando-se como de dias longos (LUDERS, 2004), destacando-se que nas condições de Jaboticabal ocorre nos meses de dezembro e janeiro (dados não publicados). Na literatura internacional registram-se como agentes polinizadores da pitaya as abelhas (*Aphis milifera*), determinadas espécies de morcegos e coleópteros (*Bombus* sp). No Brasil até o presente momento apenas foram verificadas abelhas e mariposas.

O fruto é uma baga indeiscente caracterizada por apresentar formato globoso a elipsóide, com 10 a 12cm de diâmetro (HERNÁNDEZ, 2000), polpa branca, casca vermelha e massa variando de 60 a 160g (PIMIENTA-BARRIOS & TOMAS-VEGA, 1993), embora CANTO (1993) apresente valores médios de 400g/fruto. O fruto possui auréolas dispostas em aproximadamente cinco séries de espirais, glabras e com escama basal fotiácea (HERNÁNDEZ, 2000). Em pós-colheita são classificados como não climatéricos (não apresentam maturação contínua após a retirada da planta), são sensíveis ao *chilling* (ZEE et al., 2004) e podem ser colhidos aos 30 (trinta) dias após o pegamento, embora quando a colheita é feita mais tardia (aproximadamente 50 dias após o pegamento) os frutos têm maior teor de sólidos solúveis e possivelmente tamanho maior, visto que este cresce até ser colhido (CHANG & YEN, 1997). Frutos frescos apresentam, em geral, baixos valores de acidez total (2,4 a 3,4%), sólidos solúveis entre 7,1 e 10,7°Brix, conteúdos minerais relativamente altos de potássio, magnésio e cálcio, mas por outro lado possuem valores surpreendentemente baixos (menos de 11 mg.L<sup>-1</sup> de vitamina C), visto que outras cactáceas como exemplo a *Opuntia strigil* possui conteúdo de vitamina C compatível à laranja.

A produtividade média da pitaya é variável de acordo com as condições edafo-climáticas, técnicas de cultivo e idade do pomar, podendo variar de 10 a 30 t.ha<sup>-1</sup> (Le BELLEC et al., 2006). VAILLANT et al. (2005) afirmaram que na Nicarágua, cultivos bem conduzidos podem produzir até 26 t.ha<sup>-1</sup>, e após cinco anos apresentam produtividade de 12 t.ha<sup>-1</sup>.

Quanto à pós-colheita, a pitaya é um fruto tropical que sob condições de ambiente se deteriora com relativa facilidade e por consequência a vida útil pós-colheita é curto, aproximadamente 6 a 8 dias sob condições naturais (NERD & MIZRAHI, 1999). MAGAÑA et al. (2006) concluíram que a temperatura de armazenamento e o tempo influenciam os processos fisiológicos da pitaya incrementando a vida útil dos frutos, especialmente sob temperatura de 8°C, que resultou em melhor qualidade de frutos.

A propagação pode ser realizada por via seminífera ou vegetativa, destacando-se a estaquia, enxertia e micropropagação. Apesar das sementes apresentarem rápida e elevada taxa de germinação, as plantas propagadas por esse método apresentam

variabilidade genética, crescimento inicial lento e requerem maior período de tempo para início de produção (HERNÁNDEZ, 2000), fatores que tornam as sementes uma forma economicamente inviável (SILVA, 2005). Com fins econômicos, a estaquia destaca-se por apresentar elevado percentual de estacas enraizadas e de sobrevivência (LÓPEZ-GÓMES et al., 2000; ANDRADE et al., 2007), precocidade de produção e possibilidade de formar grande número de mudas a partir de uma única matriz com as características desejáveis sendo preservadas. Adicionalmente a produção de mudas da pitaya também pode ser feita por micropropagação (MOHAMED-YASEEN, 2002; EL OBEIDY, 2006).

Durante a última década a pitaya recebeu maior atenção devido seu potencial como nova frutífera exótica, tornando-se objeto de estudo em muitos países (NERD & MIZRAHI, 1997).

### **1.1.2. Anatomia radicular de estacas**

A base anatômica que torna possível a propagação assexual pelo processo de estaquia compreende as características de totipotência e desdiferenciação que ocorrem em extremidades de raízes, calos, ápices de ramos, regiões lesadas, etc., constituindo-se processos básicos de crescimento vegetativo normal, mas não há homogeneidade nesse processo dentre as espécies, determinando que algumas apresentam facilidade e outras dificuldade na emissão de raízes em estacas (HUSEN & PAL, 2006).

As raízes formadas em estacas são denominadas adventícias, isto é, raízes que se originam na parte aérea que desempenham papel importante na propagação vegetativa de plantas e têm origem endógena, formando-se, de uma forma geral, nas proximidades dos tecidos vasculares (região do periciclo) e crescendo entre os tecidos localizados ao redor do ponto de origem (APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO, 2006).

Mais especificamente, HARTMANN et al. (2002) afirmaram que a origem das raízes adventícias em estacas ocorre no tecido jovem do floema secundário, dos tecidos vasculares, do câmbio ou dos calos produzidos na base das estacas. Nesse sentido há a necessidade de determinação da origem das raízes adventícias da pitaya e

as raízes adventícias não surgem apenas na base, mas também no corpo da estaca que se encontra sombreado sem a prévia formação de calos, como reportam HERNÁNDEZ (2000) e Le BELLEC et al. (2006).

ONO & RODRIGUES (1996) sugerem a existência de duas fases distintas no processo de iniciação das raízes: a de formação do meristema radicular e a fase do crescimento e alongamento radicular. Os mesmos autores dividem o processo de enraizamento em quatro estágios: desdiferenciação ou meristemização; iniciação da divisão celular, formando células organizadas que formam as raízes iniciais; diferenciação do primórdio radicular e crescimento e emergência das raízes.

A capacidade de emissão de raízes em estacas caulinares de frutíferas parece estar relacionada com a estrutura anatômica do floema primário (BEAKBANE, 1961), porque plantas de difícil enraizamento apresentam alto grau de esclerificação e, aparentemente a diferença entre variedades de fácil ou difícil enraizamento é inversamente relacionada com a continuidade da camada de esclerênquima (ONO & RODRIGUES, 1996).

MAYER et al. (2006) concluíram que a baixa capacidade de enraizamento de *Vitis* sp. pode estar relacionada às características anatômicas próprias da planta em estudo, dentre as quais citam-se disposição das fibras no floema secundário, permanência das fibras do floema primário, raios estreitos e elementos de vaso de menor diâmetro.

FAHN (1982) concluiu que algumas estacas de fácil enraizamento apresentaram raios vasculares largos, e espécies de raios vasculares estreitos enraizam com dificuldade.

Em estacas caulinares de café, antes da emissão de raízes há a formação de calos pela divisão das células do câmbio e do floema, o que também pode ocorrer a partir de células do periciclo, córtex e medula (ONO & RODRIGUES, 1996).

### 1.1.3. Juvenilidade

Algumas espécies apresentam simultaneamente as fases juvenil, intermediária e adulta na copa. Para TAIZ & ZEIGER (1998) a sequência cronológica das três distintas fases de desenvolvimento (juvenil, adulta vegetativa e adulta reprodutiva) resulta num gradiente espacial de juvenilidade ao longo do dossel da planta denominado cone de juvenilidade. Para algumas espécies como maçã, oliveira e eucalipto, as diferenças em determinadas características morfológicas como tamanho da folha tornam mais fácil a distinção entre as fases adulta (superior) e juvenil (inferior). O maracujazeiro também apresenta modificação morfológica como indicativo de mudança de fase, observando-se que a folha passa de lobada para trilobada (RUGGIERO & OLIVEIRA, 1998). Para a pitaya não foram encontradas informações na literatura nacional e internacional sobre a presença ou não do cone de juvenilidade.

Deve-se ressaltar que não há indicadores generalizados para todas as espécies que possibilitem afirmar se o material é juvenil ou adulto (MEIER-DINKEL & KLEINSCHMIT, 1990), embora exista evidência de que a transição entre as fases de desenvolvimento seja geneticamente regulada (BATTEY & TOOKE, 2002).

As formas juvenil e adulta podem ser separadas de uma mesma planta na formação de mudas a partir da estaquia (DAVIS et al., 1988).

A mudança de fase de juvenil para adulto pode ser lenta e é característica própria de cada espécie. Entretanto, há alternativas que podem acelerar ou suprimir a fase juvenil de determinada espécie, como observado por LEWANDOWSKI & ZURAWICZ (2000) que enxertaram garfos de macieiras com dois anos de idade em porta-enxertos maduros e observaram 30% de florescimento no segundo ano e 40% no terceiro enquanto as não enxertadas não floresceram no período de avaliação.

A juvenilidade é um dos fatores importantes que devem ser levados em consideração na propagação vegetativa, visto que há influência desse fenômeno sobre a propagação assexuada (HAAPALA, 2004). A idade de uma planta propagada vegetativamente é dependente da idade ontogenética da parte da planta matriz da qual o propágulo foi extraído, ou seja, se o propágulo for retirado de uma parte juvenil da

planta, a nova progênie deverá inicialmente expressar a fase juvenil (HARTMANN et al., 2002), por esse motivo a idade ontogenética é de grande importância na propagação vegetativa.

No processo de propagação por estacquia, observa-se que estacas retiradas durante a fase juvenil ou de parte do dossel da planta em estado juvenil têm maior potencial de enraizamento que aquelas oriundas de ramos adultos (PALANISAMY & KUMAR, 1997; BHUSAL et al., 2001; BHUSAL et al., 2003; KIBBLER et al., 2004). DAVIS et al. (1988) argumentam que a condição fisiológica determina a formação de raízes adventícias e não a idade cronológica da planta. KIBBLER et al. (2004) concluíram que o sucesso de enraizamento entre materiais de partes juvenis e adultas pode determinar a mudança de fase e a co-existência dos estádios juvenil e adulto numa mesma planta. Essa diferença pode estar associada à maior presença de inibidores (citocininas, ácido abscísico e giberelinas) em ramos adultos em detrimento de promotores (auxinas, etileno e carboidratos) em ramos juvenis.

Assim, RAVIV et al. (1986) isolaram e identificaram quatro promotores de enraizamento com acetileno (dentre os quais 1, 2, 4-trihydroxy-n-hepta-deca-16yn é o mais ativo) que se acumularam mais rapidamente na base de estacas juvenis se comparadas às estacas adultas do abacateiro; GIROUARD (1967) observou que os processos anatômicos de enraizamento são diferentes em ambos os tipos de estacas (adulta e juvenil) e BHUSAL et al. (2003) concluíram que há necessidade de investigar quais os mecanismos fisiológicos e bioquímicos podem estar envolvidos no processo de maturação que reduz a capacidade de enraizamento de ramos ou plantas adultas.

#### **1.1.4. Intensidade luminosa para a pitaya**

A radiação solar é um elemento fundamental para todos os processos físicos e biológicos que ocorrem na biosfera, sendo utilizada pelas plantas de diversas maneiras de acordo com intensidade, qualidade, direção de incidência, duração, etc e exerce efeitos biológicos classificados como fotoenergéticos e fotoestimulantes (PASCALE & DAMARIO, 2004).

A pitaya é encontrada espontaneamente em florestas tropicais da América em condições de sub-bosque, o que leva a crer que quando cultivada comercialmente faz-se necessária a instalação de um sistema de proteção contra a incidência direta dos raios solares sobre a planta. Entretanto, ROBLES et al. (2000) afirmaram que no México apenas os ramos de *Stenocereus* sp. que se encontram sob total exposição direta à luz solar produzem frutos, o que também é reportado para a Guatemala.

Por outro lado, em Israel MIZRAHI & NERD (1999) observaram que o dossel da pitaya sofre queimaduras e pode chegar a morte quando cultivadas sem proteção em função da intensidade de radiação, isso porque densidades de fluxo de fótons não fotossintéticas podem atingir  $2200 \mu\text{mol fótons m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e as cactáceas epífitas (dentre as quais se insere a pitaya) requerem uma radiação fotossinteticamente ativa baixa com cerca de  $200 \mu\text{mol fótons m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , nível que promove nessas plantas menor proporção entre clorofila e concentração de pigmentos. RAVEH et al. (1996) afirmaram que para ótimo desenvolvimento, a pitaya deve ser plantada protegida, recebendo de 30 a 60% da luminosidade total dependendo das condições locais. Adicionalmente, para MIZRAHI & NERD (1999) os níveis de sombreamento a serem empregados (expressos em percentual do total de luz solar emitida) são dependentes das temperaturas locais e variam de 20% em áreas com verões moderadamente quentes a 60% em áreas sob elevadas temperaturas.

Em trabalho sobre o gênero *Hylocereus*, RAVEH et al. (1993) observaram que o sombreamento tem efeito significativo no crescimento das plantas e na produção de frutos, observando-se que sob 30% de intensidade luminosa o rendimento obtido no segundo ano de cultivo foi de  $16 \text{ t}.\text{ha}^{-1}$ .

A experiência com o cultivo da pitaya vermelha em Israel demonstra que essa espécie é sensível à elevadas intensidades luminosas (RAVEH et al., 1993).

De fato, é pertinente destacar que há variabilidade genética por ser esta uma espécie de polinização aberta, o que possibilita a segregação genética, portanto pode ser esperado que a pitaya apresente diferentes adaptações ao ambiente e práticas de manejo devem ser planejadas de acordo. Adicionalmente, algumas espécies dos gêneros *Hylocereus* e *Stenocereus* são conhecidas por pitaya, portanto é de se esperar

resultados diferenciados visto que os gêneros têm exigências e tolerâncias distintas quanto à luz. Entretanto, há na literatura científica poucos trabalhos que estudam a ecofisiologia e manejo da pitaya em condições de campo, destacando-se RAVEH et al. (1998) e NERD et al. (2002), ambos para as condições de Israel.

Fator diretamente relacionado com a intensidade luminosa, a temperatura também exerce efeito intenso sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, visto que em regiões tropicais o incremento de radiação solar tem relação direta com a temperatura do ar. MIZRAHI & NERD (1999) em estudo realizado em Israel observaram que injúrias causadas pelo frio são frequentes quando a temperatura é inferior a 4°C, embora quando a temperatura se eleve a recuperação seja rápida. NERD et al. (2002) concluíram que áreas onde a temperatura do ar é superior à faixa de 34-38°C devem ser evitadas para o cultivo da pitaya porque o florescimento pode ser significativamente reduzido, conforme também encontrado por MIZRAHI & NERD (1999) ao concluírem que uma temperatura média de 39°C reduz de 15 a 20% a produção de flores de *Hylocereus undatus*.

A taxa fotossintética é incrementada com a intensidade luminosa até certo ponto, conhecido como ponto de saturação luminosa (varia de 25.000 a 120.000 lux de acordo com a espécie) a partir do qual começa a diminuir (PASCALE & DAMARIO, 2004), fato que determina a necessidade de estudos locais e individualizados para cada espécie, especialmente para aquelas com elevada diversidade genética, para as quais possivelmente a sensibilidade também será diferenciada.

Portanto, o conhecimento das relações entre florescimento e condições ambientais é de considerável importância para uma produção regular de frutos durante o ano, considerando-se a sensibilidade da planta a altas densidades de fluxo luminoso (RAVEH et al., 1998), o que torna necessário em muitos casos, incluindo nas condições do Estado de São Paulo, de sistema de sombreamento para que ocorra floração e frutificação satisfatórias da pitaya.

### **1.1.5. Adubação orgânica e nutrição mineral da pitaya**

No cultivo da pitaya, como em muitos outros, há o problema de se fornecer um quantitativo correto de fertilizantes que possa conduzir a planta à máxima produção, inclusive ao longo dos anos. São aplicadas doses empíricas baseadas na experiência dos cultivos ou se utilizam níveis recomendados para outros países com sistemas ecológicos diferentes da região produtora brasileira, que se encontra atualmente no Estado de São Paulo.

De acordo com MARSCHNER (2005) e MALAVOLTA (2006) para uma correta recomendação de fertilizantes é fundamental o conhecimento da dinâmica nutricional da planta, o qual é função da velocidade de crescimento vegetal e da ecofisiologia cultural, portanto, não se recomenda extrapolar resultados obtidos em outros sistemas ecológicos.

Mediante esse fato alguns trabalhos têm sido realizados com o objetivo de definir doses de adubação mineral a exemplo de GALEANO & SILVA (2006) na Nicarágua, TURCIOS & MIRANDA (1998) e HERNÁNDEZ (2000) no México, WEISS et al. (1994) e MIZRAHI & NERD (1999) em Israel, INFANTE (1996) na Colômbia e LUDERS (2004) na Austrália. Por outro lado, a literatura quanto à recomendação de produtos orgânicos (seja compostos orgânicos, biofertilizantes, etc) ainda é escassa destacando-se os trabalhos de NATIVIDAD (1995) no México, THOMSON (2002) nos Estados Unidos, ZEE et al. (2004) em Taiwan, GARCÍA & MONCADA (2005) na Nicarágua e NEGRI (2006) na Costa Rica. Adicionalmente, ainda não se encontram no Brasil trabalhos envolvendo estudos de adubação (mineral ou orgânica) ou nutrição mineral da pitaya, o que demonstra a necessidade de estudos com essas finalidades que possam subsidiar os atuais e potenciais produtores de pitaya, visto que a cultura encontra-se em expansão no país, com novos cultivos sendo instalados além do Estado de São Paulo, em Minas Gerais e Bahia.

Apesar da maioria dos trabalhos encontrados na literatura serem focados na adubação mineral, o sistema radicular da pitaya é superficial e pode absorver rapidamente pequenos teores de nutrientes no solo (Le BELLEC et al., 2006) o que

contribuiu para a formação de cultivos orgânicos já que a utilização de compostos orgânicos e esterco de origem animal têm sido usados na Califórnia com grande sucesso, inclusive sem suplementação mineral (THOMSON, 2002). Quantitativamente, para as condições de solo de Taiwan, ZEE et al. (2004) recomendaram o fornecimento de 9 L.planta<sup>-1</sup> de esterco de bovinos jovens a cada quatro meses de cultivo iniciando em abril e suplemento com fertilizante mineral; NEGRI et al. (2006) indicaram como ideal a aplicação de 10 L de esterco bovino no momento de preparo das covas.

O solo adequado para o cultivo comercial da pitaya deve apresentar um percentual de matéria orgânica considerado alto (7%) com a finalidade de manter a umidade, temperatura e características texturais e químicas do solo (GUZMÁN, 1994) o que justifica o fornecimento de produtos orgânicos ao solo. Dentre os benefícios trazidos pela adubação orgânica ao solo estão a melhoria das propriedades químicas, por meio do fornecimento de nutrientes, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), formação de complexos e aumento do poder tampão; nas propriedades físicas, o aumento na estabilidade de agregados e melhoria na estrutura do solo que se traduz em melhor aeração, permeabilidade, retenção de água e resistência à erosão; e ainda, a biologia do solo pelo aumento da atividade biológica (MEEK et al., 1982).

Os principais elementos demandados pela pitaya e que devem ser fornecidos via fertilização são nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (HERNÁNDEZ, 2000). O nitrogênio estimula a emissão de raízes e brotos mais vigorosos, sendo mais requerido pela planta durante o crescimento vegetativo até o pré-florescimento da pitaya (LUDERS, 2004); o potássio promove aumento do diâmetro do caule da pitaya (INTA, 2002), sendo um dos elementos mais requeridos especialmente por exercer as funções de translocação de carboidratos e regulação de abertura e fechamento de estômatos (MARSCHNER, 2005); o fósforo é um elemento que apresenta maior demanda pela pitaya no início da formação dos frutos. Dentre os micronutrientes deve-se destacar para a pitaya o boro, com fundamental função no pegamento, tamanho e massa dos frutos, conforme concluiu INFANTE (1996).

Em estudo com doses crescentes de nitrogênio, fósforo e micronutrientes no cultivo da pitaya, TURCIOS & MIRANDA (1998) concluíram que a maior produção de

frutos foi obtida com aplicações de nitrogênio e potássio; a alternativa de aplicação simultânea de potássio e micronutrientes deve ser mais estudada e, finalmente, a pitaya apresentou resposta econômica significativa à aplicação de nitrogênio e fósforo. Estas conclusões concordam com as de GUZMÁN (1994) ao afirmar que o cultivo da pitaya responde significativamente às aplicações de nitrogênio e fósforo.

NOBEL & PIMIENTA-BARRIOS (1995) avaliaram o estado nutricional de *Selenicereus queretaroensis*, também conhecida na Colômbia como pitaya, e observaram que os relativamente baixos conteúdos dos micronutrientes ferro e manganês, bem como o extremamente baixo conteúdo de nitrogênio são consistentes com os também baixos valores de absorção de CO<sub>2</sub>, quando comparados com culturas de metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) sob cultivo tecnificado.

MERTEN (2003) destacou que muito pouco foi publicado com relação à adubação e nutrição mineral dessa espécie, o que ainda persiste nos dias atuais. O mesmo autor destaca que doses padronizadas deverão ser trabalhadas para incremento de florescimento e produção de frutos.

## 1.2. REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.A.; MARTINS, A.B.G.; SILVA, M.T.H. Influência da fonte de material e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.183-186, 2007.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia vegetal**. 2ª rev. Viçosa: UFV, 2006. 438p.

BARBEAU, G. La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. **Fruits**, Paris, v.45, n.2, p.141-147, 1990.

BARTHLOTT, W.; HUNT, D. R. Cactaceae. In: KUBITZKI, K. (Ed.). **The Families and Genera of Vascular Plants**. Berlin: Springer, 1993. p.161-196.

BASTOS, D.C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J.A.; LIBARDI, M.N.; ALMEIDA, L.F.P.; GALUCHI, T.P.D.; BAKKER, S.T. Propagação da pitaya 'vermelha' por estaquia, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.6, p.1106-1109, 2006.

BATTEY, N.; TOOKE, F. Molecular control and variation in the floral transition. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdã, v.5, p.62-68, 2002.

BEAKBANE, A.B. Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting. **Nature**, Londres, v.192, p.954-955, 1961.

BHUSAL, R.C.; MIZUTANI, F.; MOON, D.G.; RUTTO K.L. Propagation of citrus by stem cuttings and seasonal variation in rooting capacity. **Pakistan Journal of Biological Science**, Islamabad, v.4, p.1294-1298, 2001.

BHUSAL, R.C.; MIZUTANI, F.; RUTTO, K.L. Effects of juvenility on the rooting of trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf.) stem cuttings. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tóquio, v.72, p.43-45, 2003.

BUAINAIN, A.M.; BATALHA, M.O. **Cadeia produtiva de frutas**. v.7. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007. 102p. (Série Agronegócios).

CANTO, A.R. **El cultivo de pitahaya en Yucatán**. Yucatán: Universidad Autónoma de Chapingo, 1993. 53p.

CAVALCANTE, Í.H.L.; BECKMANN, M.Z.; MARTINS, A.B.G.; CAVALCANTE, L.F. Pitaia e a salinidade. In: CAVALCANTE, L.F.; LIMA, E.M. (Eds.). **Algumas Frutíferas Tropicais e a Salinidade**. Jaboticabal: FUNEP, 2006a, p.137-148.

CAVALCANTE, Í.H.L.; BECKMANN, M.Z.; MARTINS, A.B.G.; GALBIATTI, J.A.; CAVALCANTE, L.F. Water salinity and initial development of red pitaya. **International Journal of Fruit Science**, New York, v.7, n.3, p.39-46, 2007.

CAVALCANTE, Í.H.L.; JESUS, N.; MARTINS, A.B.G. Physical and chemical characterization of yellow mangosteen fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.325-327, 2006b.

CAVALCANTE, Í.H.L.; MARTINS, A.B.G. Physical and chemical characterization of dovyalis fruits. **International Journal of Fruit Science**, New York, v.5, n.4, p.39-46, 2005.

CHANG, F.R.; YEN, C.R. Flowering and fruit growth of pitaya (*Hylocereus undatus* Britt. & Rose). **Journal of Chinese Society for Horticultural Science**, Pequim, v.43, n.4, p.314–21, 1997.

DAVIS, T.D., HAISSIG, B.E., SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides, 1988. 314p.

EL OBEIDY, A.A. Mass propagation of pitaya (dragon fruit). **Fruits**, Paris, v.61, p. 313–319, 2006.

FAHN, A. **Anatomia Vegetal**. 3a ed. Madrid: Piramide, 1982.

FAO. FAOSTAT - **Statistics Database**. Disponível em: <<http://apps.fao.org/>>. Acesso em 10 dez. 2007.

GALEANO, L.A.M.; SILVA, C.E.M. **Efecto de tres leguminosas sobre la dinámica poblacional, abundancia, diversidad de malezas y su aporte de (NPK) a partir de la**

**matéria orgánica al suelo en el cultivo de la pitahaya.** 2006. 48f. Monografía (Graduação em Agronomia) - Facultad de Agronomia, Universidad Nacional Agraria, Managua, 2006.

GARCÍA, C.F.C.; MONCADA, L.A.G. **Efecto de tres leguminosas sobre la cantidad de materia orgánica, aporte de NPK y la incidencia de malezas sobre el crecimiento de la pitahaya.** 2005. 52f. Monografía (Graduação em Agronomia) - Facultad de Agronomia, Universidad Nacional Agraria, Managua, 2005.

GIROUARD, R.M. Initiation and development of adventitious roots in stem cuttings of *Hedera helix*. Anatomical studies of the juvenile growth phase. **Canadian Journal of Botany**, Guelph, v.45, p.1877-1881, 1967.

GUZMÁN, R. Fertilización de la pitahaya. In: Primer encuentro nacional del cultivo de la pitahaya, 1994, San Marcos, **Memorias...** San Marcos, 1994, p.80-82.

HAAPALA, T. **Establishment and use of juvenility for plant propagation in sterile and non-sterile conditions.** 2004. 53f. (Dissertation) - University of Helsinki, Helsinki, 2004.

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

HERNÁNDEZ, Y.D.O. **Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya.** Oaxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN, 2000. 124p.

HUSEN, A.; PAL, M. Variation in shoot anatomy and rooting behaviour of stem in relation to age of donor plants in teak (*Tectona grandis* Linn. f.). **New Forests**, Amsterdã, v.31, n.1, p.57-73, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2007.

INFANTE, G.S. El cultivo de la pitahaya: experiencias en Colombia. In: CASTILLO, M.; CÁLIX, H. **Memoria del primer curso teórico-práctico sobre el cultivo de la pitahaya**. Quintana: Universidad de Quintana Roo, 1996. p.17-31.

INTA. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuária. **Guía tecnológica del cultivo de la pitahaya**. San Marcos: INTA, 2002. p. 2, 5 e 7.

INTA. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuária. **Guía técnica para la producción de pitahaya**. San Marcos: INTA, 1994. 52p.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M.E.; WILLIAMS, R.R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell 1. Plant genotype, juvenility and characteristics of cuttings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.102, p.133–143, 2004.

Le BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, Paris, v.61, p.237-250, 2006.

LEWANDOWSKI, M.; ZURAWICZ, E. Shortening the juvenile period in apple seedlings by grafting on P22 dwarfing rootstock. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Skierniewice, v.8, p.33-37, 2000.

LÓPEZ-GÓMEZ, R.; DÍAZ-PÉREZ, J.C.; FLORES-MARTÍNEZ, G. Vegetative propagation of three species of cacti: pitaya (*Stenocereus griseus*), TUNILLO (*Stenocereus stellatus*) and jiotilla (*Escontria chiotilla*). **Agrociencia**, Montecillo, v.34, n.3, p.363-367, 2000.

LUDERS, L. **The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*)**. Darwin: University of Darwin, 2004. 5p. (Agnote N°778).

MAGAÑA, B.W.; BALBÍN, M.A.; CORRALES, J.G.; RODRÍGUEZ, A.C.; SAUCEDO, C.V. Principales características de calidad de las pitahayas (*Hylocereus undatus* haworth), frigoconservadas en atmósferas controladas. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, Havana, v.15, n.2, p. 52-56. 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: CERES, 2006. 631p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**, 6th edition. London: Academic Press, 2005. 889p.

MAYER, J.L.S.; BIASI, L.A.; BONA, C. Capacidade de enraizamento de estacas de quatro cultivares de *Vitis L. (Vitaceae)* relacionada com os aspectos anatômicos. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.20, n.3, p.563-568, 2006.

MEEK, B.; GRAHAM, L.; DONOVAN, T. Long-term effects of manure on soil nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, organic matter and water infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p.1014-1019, 1982.

MEIER-DINKEL, A.; KLEINSCHMIDT, J. Aging in tree species: present knowledge. In: RODRIGUEZ, R.; SANCHEZ-TAMES, R.; DURZAN, D.J. (Eds.). **Plant Aging: Basic and Applied Approaches**. New York: Plenum Press, 1990. p. 51-63.

MERTEN, S. A Review of *Hylocereus* production in the United States. **Journal of the Professional Association For Cactus Development**, California, p.98-105. 2003.

MIZRAHI, Y.; NERD, A. Climbing and columnar cacti: new arid land fruit crops. In: JANICK, J.(Ed.). **Perspectives on new crops and new uses**. Alexandria: ASHS Press, 1999. p.358-366.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P.S. Cacti as crops. **Horticultural Reviews**, Leuven, v.18, p.291-319, 1997.

MOHAMED-YASSEEN, Y. Micropropagation of pitaya (*Hylocereus undatus* Britton et Rose). **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, Raleigh, v.38, p.427–429, 2002.

NATIVIDAD, R. **El cultivo de pitahayas y sus perspectivas de desarrollo en México**. Tabasco: México, 1995. 29p.

NEGRI, L.A.B. **Propuesta metodológica para evaluar la adaptación de los productores a la variabilidad climática, principalmente a la sequía, en cuencas hidrográficas en américa central**. 2006. 146f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, 2006.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. **Horticultural Reviews**, Leuven, v.18, p.321-346. 1997.

NERD, A.; Tel-Zur, N.; MIZRAHI, Y. Fruits of vine and columnar cacti. In: NOBEL, P.S. (Ed.). **Cacti: Biology and Uses**. Berkeley: University of California Press, 2002, p.185-197.

NERD, A; MIZRAHI, Y. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.15, p.99-105, 1999.

NOBEL, P.S., PIMIENTA-BARRIOS, E. Monthly stem elongation for *Stenocereus queretaroensis*: relationships to environmental conditions, net CO<sub>2</sub> uptake and seasonal variations in sugar content. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdã, v.35, p.17-24, 1995.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83p.

ORTIZ, Y.D.M.; LIVERA, M.M.; COLINAS, L.M.T.; CARRILLO, J.A.S. Estrés hídrico y intercambio de CO<sub>2</sub> de la pitahaya (*Hylocereus undatus*), **Agrociencia**, Montecillo, v.33, p.397-405, 1999.

PALANISAMY, K; KUMAR, P. Effect of position, size of cuttings and environmental factors on adventitious rooting in neem (*Azadirachta indica* A. Juss). **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v.98, p.277-280, 1997.

PASCALE, A.J.; DAMARIO, E.A. **Bioclimatología agrícola y agroclimatología**. Buenos Aires: Editorial Facultad Agronomía. 2004.

PEREIRA. **Aspectos fisiológicos de la productividad vegetal**. Quito: Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1991. 12p.

PIMIENTA-BARRIOS, E.; TOMAS-VEGA, M.V. Caracterización de la variación en el peso y la composición química del fruto en variedades de pitayo (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum). **Revista Sociedad Mexicana Cactología**, Cidade do México, v.38, p.82-88, 1993.

RAVEH, E., A. NERD; Y. MIZRAHI. Responses of climbing cacti to different levels of shade and to carbon dioxide enrichment. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.434, p.271–278, 1996.

RAVEH, E.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.73, p.151-164, 1998.

RAVEH, E.; WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Pitayas (genus *Hylocereus*): a new fruit crop for the Negev Desert of Israel. In: JANICK, J.; SIMON, J.E.(Eds.). **New Crops**. New York: Wiley, 1993. p.491-495.

RAVIV, M.; REUVENI, O.; GOLDSCHMIDT, E.E. The physiological basis for loss of rootability with age of avocado seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v.3, p.112-115, 1986.

ROBLES, J.R.S.; BAUTISTA, R.O.; CRUZ, F.R.; ZAVALA, J.R.; RIVAS, C.O.; FLORES, H.P.; TRUEBA, L.A.C. Producción y comercialización de pitahayas en México. **Aserca**, Junio, p.3-22, 2000.

RUGGIERO, C; OLIVEIRA, J. C. Enxertia do maracujazeiro. In: RUGGIERO, C. (Ed.). **Maracujá do plantio à colheita**. Jaboticabal: FCAV/SBF, 1998. p.70-92.

RUSSELL, E.C.; FELKER, P. The prickly-pears (*Opuntia* spp. Cactaceae): a source of human and animal food in semiarid regions. **Economic Botany**, St. Louis, v.41, p.433-445, 1987.

SEGEREN, A. **Viabilidade de sementes de rambutan**. 2006. 64f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SILVA, M.T.H. **Propagação sexuada e assexuada da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw)**. 2005. 44f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. 792p.

THOMSON, P. **Pitahaya (Hylocereus species): A Promising New Fruit Crop for Southern California**. Bonsall: Bonsall Publications, 2002.

TURCIOS, O.L.; MIRANDA, A.G. Evaluación de dosis de nitrógeno y fósforo en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*). **Agronomía Mesoamericana**, San José, v.9, n.1, p.66-71, 1998.

VAILLANT, F.; PEREZ, A.; DAVILA, I.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colorant and antioxidant properties of red pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Fruits**, Paris, v.60, p.1–7, 2005.

WEISS, J.; NERD, A; MIZRAHI, Y. Flowering and pollination requirements in *Cereus peruvianus* cultivated in Israel. **Israel Journal of Plant Science**, Jerusalem, v.42, p.149–158, 1994.

ZEE, F.; CHUNG-RUEY, Y; NISHINA, M. **Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear)**. Mānoa: University of Hawai'i, 2004. 3p. (F&N-9).

## **CAPÍTULO 2 – JUVENILIDADE NA PROPAGAÇÃO DA PITAYA VERMELHA POR ESTAQUIA**

**RESUMO** – A pitaya (*Hylocereus undatus*) é uma frutífera não convencional ainda pouco conhecida no Brasil que precisa de estudos básicos principalmente quanto aos aspectos fisiológicos, incluindo juvenilidade, enfatizando a co-existência de estágios juvenil e adulto na mesma planta. Nesse sentido, um experimento foi realizado com quatro tratamentos e cinco repetições em delineamento inteiramente casualizado, sendo cada tratamento representado pela porção do dossel onde as estacas foram coletadas (superior, intermediária e inferior e estacas oriundas de plantas jovens). Foram registradas as variáveis: estacas com raízes (%), estacas vivas (%), densidade ( $\text{mm}\cdot\text{ml}^{-1}$ ), diâmetro (mm), área ( $\text{mm}^2$ ), comprimento (mm) e massa seca de raízes (g). Os resultados foram submetidos à análise de variância, teste de Tukey a 1% de probabilidade e correlação simples. Os resultados indicaram que a posição de coleta da estaca exerceu efeito quantitativo na formação de raízes da pitaya. Estacas juvenis apresentaram 35% mais estacas com raízes que estacas adultas. As variáveis densidade, área, comprimento e massa seca de raízes dependeram da juvenilidade, sendo registrados os maiores resultados para estacas juvenis, independentemente da variável. Os estágios juvenil e adulto co-existem no dossel da pitaya.

**Palavras-chave:** *Hylocereus undatus*, cone de juvenilidade, enraizamento.

## INTRODUÇÃO

A pitaya (*Hylocereus undatus*) é uma frutífera cactácea trepadeira nativa das florestas tropicais do México e Américas Central e do Sul (MIZRAHI et al., 1997; HERNÁNDEZ, 2000) considerada uma nova e promissora frutífera (Le BELLEC et al., 2006) para o Brasil, apesar de já ocupar um nicho de mercado na Europa (IMBERT, 2001) e Estados Unidos (MERTEN, 2003).

No Brasil a pitaya é ainda pouco conhecida, o interesse do consumidor é ainda recente e, conseqüentemente, conhecimento mais detalhado sobre a pitaya é necessário em relação a informações básicas como genética, fisiologia, nutrição mineral, qualidade tecnológica e propagação, incluindo estudos de juvenilidade.

A propagação da pitaya por estaquia é o mais comum, simples e preferível método, devido promover reprodução fiel da variedade e frutificação precoce [menos de um ano, segundo HERNÁNDEZ (2000)]. No Brasil, BASTOS et al. (2006) e ANDRADE et al. (2007) estudaram a propagação da pitaya vermelha por estaquia. Adicionalmente, a pitaya pode também ser propagada por sementes, destacando-se que a viabilidade da semente é alta e a germinação rápida, apesar das novas plântulas apresentarem período juvenil mais longo e variação genética, afetando negativamente a produção e qualidade de frutos; a micropropagação pode também ser usada como proposto por MOHAMED-YASSEEN (2002) e DREW & AZIMI (2002).

Na propagação vegetativa (como exemplo a estaquia) a idade ontogenética (juvenil ou adulto) é importante porque tanto gemas como estacas quando removidas da planta mãe, perpetuam a idade ontogenética na nova planta (HARTMANN et al., 2002). Neste sentido, DAVIS et al. (1988) reportam que os estágios juvenil ou adulto podem apresentar-se separadamente ou co-existir na mesma planta e podem ser identificados através da estaquia, o que demonstra a relevância de estudos objetivando identificar a idade ontogenética e sua influência na propagação vegetativa, especialmente em espécies não convencionais, como a pitaya no Brasil.

Aparentemente a pitaya é uma espécie homoblástica, isto é, há pouca modificação na anatomia vegetal na transição da fase juvenil para adulta (HARTMANN et al., 2002).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi identificar a co-existência de estágios juvenil e adulto e o efeito desses na propagação da pitaya vermelha por estaquia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização da área experimental e material para propagação**

O experimento foi conduzido no período de maio a julho de 2007 com estacas de pitaya vermelha (*Hylocereus undatus*) coletadas de plantas pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal. As matrizes de pitaya vermelha, para os tratamentos referentes à posição da estaca na planta, apresentavam 1,5 ano de idade no período de coleta das estacas, foram propagadas a partir de estacas retiradas da região superior da copa, plantadas em espaçamento de 3m entre linhas e 2m entre plantas, tutoradas em moirões com hastes de madeira acopladas ao ápice interligados com seis fios de arame liso para sustentação das plantas à 1,6m de altura, cultivadas sob 50% de luminosidade e irrigadas pelo sistema de microaspersão. As plantas jovens foram propagadas por sementes a apresentavam 1,0 ano de idade e também cultivadas sob 50% de luminosidade

O clima local é classificado como Cwa com precipitação média de 1400mm/ano e temperaturas médias entre 18,5 e 25°C.

As estacas de pitaya (aproximadamente 25cm de comprimento) imediatamente após coletadas tiveram a base imersa em solução com fungicida Captan<sup>®</sup>, foram plantadas em sacos de polietileno preto (15cm de diâmetro x 20cm de altura) preenchidos com substrato comumente usado na formação de mudas na proporção 3:3:1 de solo(latossolo vermelho):areia peneirada:esterco bovino, mantidos sob 50% de luminosidade e diariamente irrigados (uma vez ao dia) com água de boa qualidade (pH

6,8 e condutividade elétrica  $0,3 \text{ dS.m}^{-1}$ ) conforme CAVALCANTE & CAVALCANTE (2006), pelo sistema localizado de microaspersão. Aproximadamente 15cm da estaca ficou exposta à atmosfera. Não foi usada auxina exógena (AIB), conforme estudo prévio de ANDRADE et al. (2007).

### Tratamentos e delineamento experimental

Um delineamento inteiramente casualizado foi adotado e quatro tratamentos foram usados, com cinco repetições de 10 (dez) estacas cada, num total de 200 estacas. Cada tratamento foi representado pela porção do dossel de origem das estacas (como se pode observar na Figura 1), e identificadas como superior (ES), mediana (EM) e inferior (EI); estacas de plantas jovens também foram estudadas (EJ).



Figura 1. Porção do dossel de onde as estacas foram retiradas: superior (ES), mediana (EM) e inferior (EI).

### Variáveis registradas e análises estatísticas

As estacas foram removidas do substrato seis semanas após o plantio e as raízes adventícias (em média) foram analisadas pelas seguintes variáveis: i) número de

estacas com raízes; ii) número de estacas vivas; iii) densidade de raízes ( $\text{mm.ml}^{-1}$ ); iv) diâmetro de raízes (mm); v) área de raízes ( $\text{mm}^2$ ); vi) comprimento de raízes (mm) e vii) massa seca de raízes (g). De posse dos resultados das variáveis i e ii, foram calculados os percentuais de estacas com raízes e de estacas vivas. Para determinação das variáveis iii-vii, as raízes adventícias foram conduzidas ao laboratório de Biologia Aplicada à Agropecuária da FCAV/UNESP, lavadas em água corrente, separado 1g e acondicionado em álcool metílico a 20% para conservação em geladeira. Posteriormente foi realizada a coloração das raízes pela imersão em solução de azul de metileno 0,5% durante 5 minutos, distribuídas em bandeja de vidro contendo água para digitalização em scanner no modo TIFF 5.0 e as leituras obtidas no software “Delta-T Scan”, conforme recomendações de KIRCHHOF & PENDAR (1993).

Realizou-se análise de variância (ANAVA), comparação de médias usando o teste de Scott-Knott e análise de correlação simples entre as variáveis dependentes (FERREIRA, 2000). Todas as análises foram realizadas no programa SAS (SAS, 2000) considerando significativo para  $P \leq 0,01$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar da ausência de significância estatística, a percentagem de estacas com raízes apresentou grande amplitude de 44,38 a 68,16% (Figura 2A). O maior resultado foi registrado para as estacas juvenis, enquanto o menor para estacas adultas com uma diferença de aproximadamente 35% que é representativa num processo de progação por estaquia. A partir dos resultados, pode-se inferir que a habilidade de emitir raízes adventícias em estacas foi reduzido com a maturidade da planta, portanto em concordância com ANSARI et al. (1995), os quais reportaram que o enraizamento de estacas de *Dalbergia sissoo* variou com a posição da estaca na planta e está correlacionado com a existência de gradiente de juvenilidade do dossel. Por outro lado, KIBBLER et al. (2004) em trabalho similar com *Backhousia citriodora* não observaram

diferença no enraizamento entre estacas coletadas na base ou na porção superior do dossel.

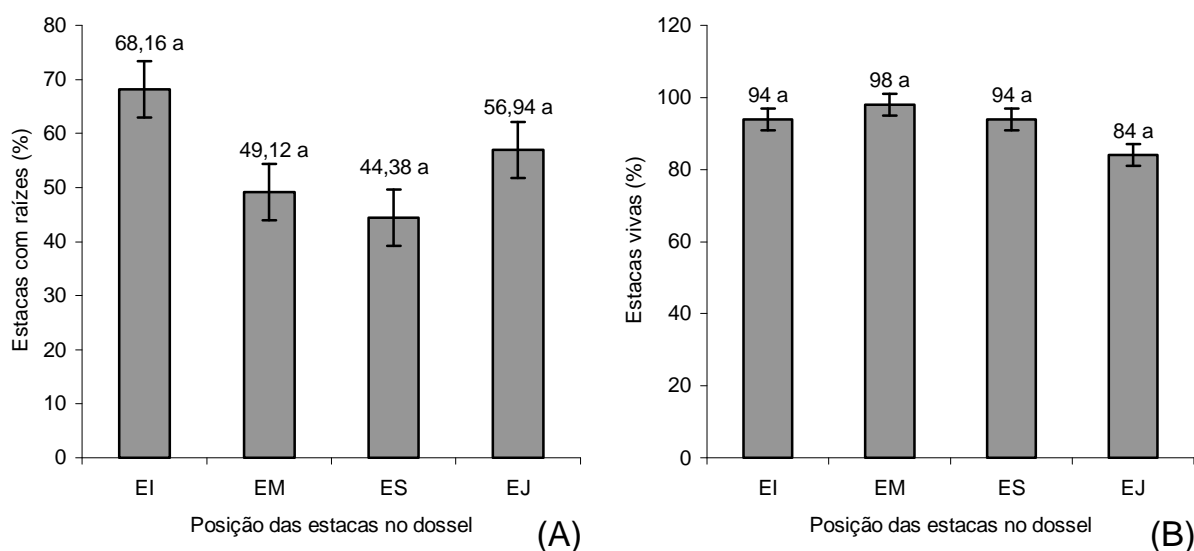


Figura 2. Percentagem de estacas com raízes (A) e de estacas vivas (B) de pitaya em função da porção do dossel de coleta das estacas.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade. [C.V.<sub>(A)</sub>= 39,98; C.V.<sub>(B)</sub>= 9,52; C.V.=Coeficiente de variação]. Símbolos representam o erro padrão. Porção de coleta da estaca: Superior (ES), mediana (EM), inferior (EI) e planta jovem (EJ).

Em estudo sobre a influência da juvenilidade no enraizamento de estacas do porta-enxerto de laranja *Poncirus trifoliata*, BHUSAL et al. (2003) verificaram que o percentual de estacas com raízes de estacas juvenis foi estatisticamente superior às adultas, sendo registrada uma média 76,7% maior nas estacas juvenis.

Quando comparados aos resultados de enraizamento de BASTOS et al. (2006) e ANDRADE et al. (2007) ambos em trabalhos sobre estaquia da pitaya, observa-se que as médias do estudo em apreço são inferiores, independentemente do tratamento.

O declínio no percentual de estacas com raízes adultas pode estar associado à presença de inibidores de enraizamento como citocininas, ácido abscísico e giberelina, enquanto os promotores (auxinas, etileno e carboidratos) são observados em estacas juvenis. Estudos demonstram que o potencial de iniciação radicular pode estar relacionado à síntese ou atuação do etileno. RAVIV et al. (1986) isolaram e

identificaram quatro promotores de enraizamento com acetileno (1, 2, 4 - trihydroxy-n-hepta-deca-16yn é a mais ativa) que se acumulam mais rápido nas bases de estacas juvenis de abacate durante o processo de enraizamento. No mesmo sentido, GIROUARD (1967) observou que os processos anatômicos da iniciação radicular são, em parte, diferentes em estacas juvenis e adultas.

Para a percentagem de estacas vivas (Figura 2B), o menor percentual (84%) foi registrado para estacas oriundas de plantas jovens e diferenças estatísticas não foram observadas entre as porções do dossel onde as estacas foram coletadas, demonstrando que a juvenilidade não teve efeito significativo na sobrevivência das estacas. Em complemento, nenhuma correlação entre o percentual de estacas com raízes e o percentual de estacas vivas foi registrada, como também reportam MALDONADO et al. (2005) e FRANCO et al. (2007). O elevado percentual de estacas vivas evidencia as adequadas condições nas quais o experimento foi realizado em relação à planta matriz, ambiente e técnicas adotadas, conforme proposto por HARTMANN et al. (2002) de uma forma geral.

O comprimento radicular foi drástica e significativamente influenciado pela porção da planta de retirada das estacas, como pode ser observado na Figura 3A. Estacas juvenis promoveram as raízes mais longas, quase 87% maiores que as maduras, evidenciando a juvenilidade no dossel da planta de pitaya, previamente observada para outras espécies por HARTMANN et al. (2002) que configuraram esse fenômeno como “cone de juvenilidade”, ou seja, as plantas sujeitam-se às fases juvenil, intermediária e adulta de desenvolvimento em vários graus em diferentes partes da planta em gradiente a partir da base para o topo.

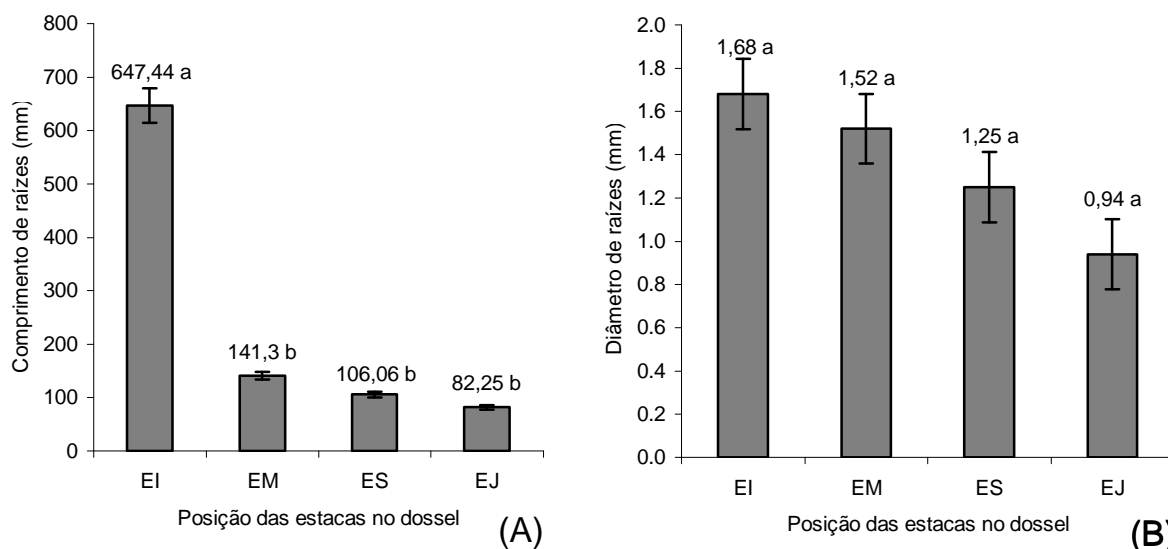


Figura 3. Comprimento (A) e diâmetro (B) de raízes de pitaya em função da porção do dossel de coleta das estacas.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. [C.V.<sub>(A)</sub>= 117,35; C.V.<sub>(B)</sub>= 41,71; C.V.= Coeficiente de variação]. Símbolos representam o erro padrão. Porção de coleta da estaca: Superior (ES), mediana (EM), inferior (EI) e planta jovem (EJ).

O comprimento radicular foi positiva e altamente correlacionado com a massa seca de raízes ( $r=0,96$ , significativo ao nível de 1%), conforme parâmetro definido por FERREIRA (2000). Por outro lado, o diâmetro radicular não se correlacionou significativamente com quaisquer variáveis, confirmando que o comprimento radicular foi mais afetado pela juvenilidade em relação ao diâmetro das raízes.

Como também observado para a percentagem de estacas com raízes, o diâmetro radicular não foi estatisticamente influenciado pela juvenilidade da planta, apesar da quantitativa redução de aproximadamente 25,59% no diâmetro radicular ter sido registrada das estacas oriundas de plantas jovens para as juvenis (Figura 3B).

Os resultados de massa seca (Figura 4A), área (Figura 4B) e densidade (Figura 4C) de raízes dependeram da idade ontogenética da porção onde foram coletadas as estacas. Seguindo a mesma tendência do comprimento (Figura 3A) e diâmetro (Figura 3B) de raízes, estacas da base da planta de pitaya apresentaram médias significativamente superiores registrando-se aumento aproximado de 93, 91 e 93% para

massa seca, área e densidade de raízes, respectivamente. Esses resultados evidenciam que a juvenilidade afetou a iniciação radicular e o crescimento e desenvolvimento inicial da raiz. Adicionalmente, estacas coletadas durante a fase juvenil da maioria das espécies, naturalmente apresentam maior potencial de enraizamento em relação às aquelas da fase adulta (BHUSAL et al., 2003; HAAPALA, 2004).

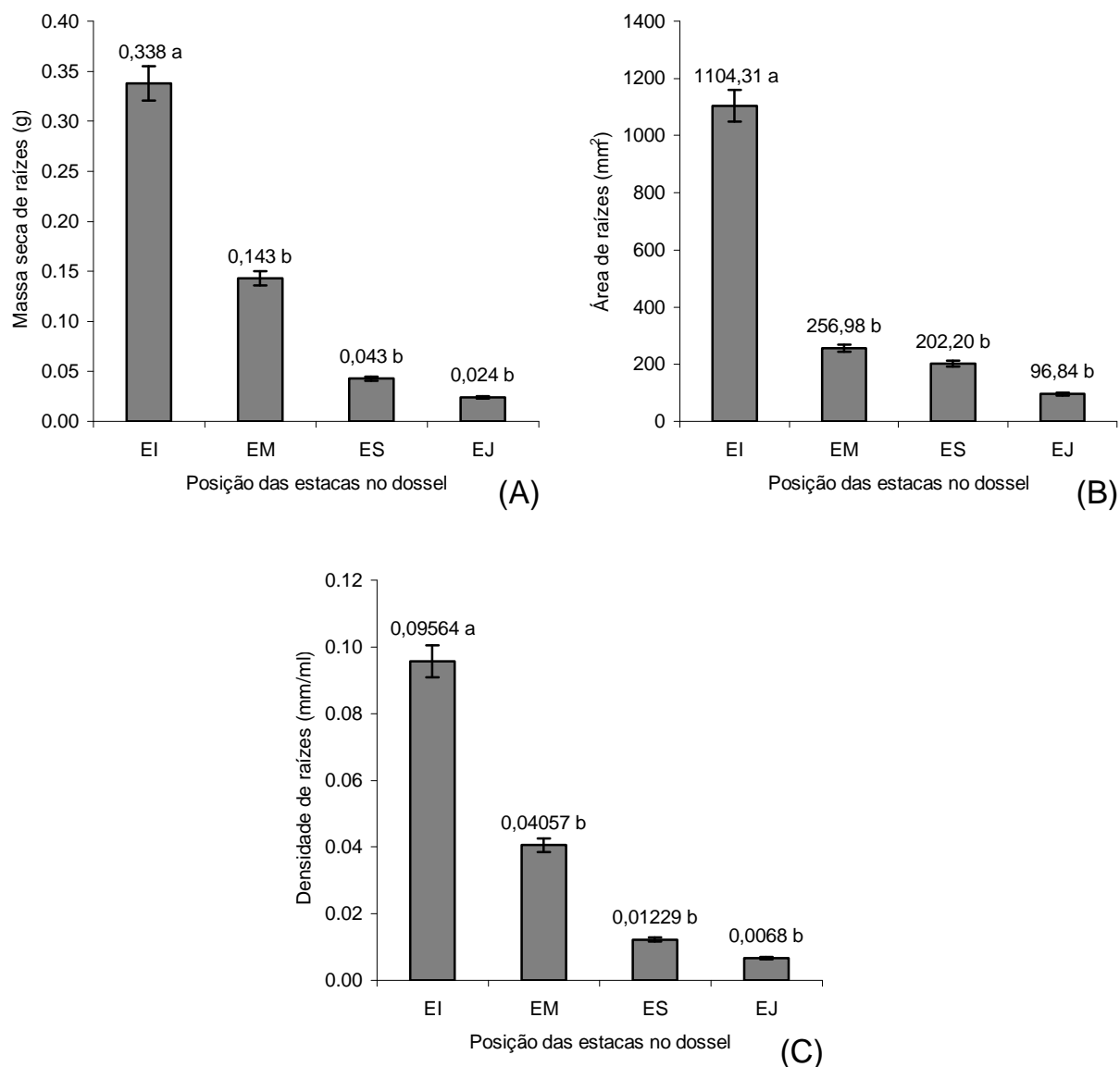


Figura 4. Massa seca (A), área (B) e densidade (C) de raízes de pitaya em função da porção do dossel de coleta das estacas.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. [C.V.<sub>(A)</sub>= 114,24; C.V.<sub>(B)</sub>= 121,61; C.V.<sub>(C)</sub>= 114,22; C.V.= Coeficiente de variação]. Símbolos representam o erro padrão. Porção de coleta da estaca: Superior (ES), mediana (EM), inferior (EI) e planta jovem (EJ).

DAVIS et al. (1988) concluíram que há uma perda ontogenética da capacidade de formar raízes adventícias, mas o gradiente é variável de acordo com a espécie,

demonstrando a importância de estudos específicos à respeito de cada espécie, especialmente para aquelas pouco estudadas no Brasil, como a pitaya.

Significativo inclusive é o fato das estacas de plantas jovens também propagadas por estaquia terem apresentado o segundo maior percentual de estacas com raízes, apesar dessa sequência não ter sido observada para outras variáveis, demonstrando que houve uma diferença do efeito da planta quanto à iniciação radicular e o crescimento e desenvolvimento inicial de raízes.

## CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que:

- As fases juvenil e adulta co-existem no dossel da pitaya;
- A juvenilidade é um importante fator na formação e na qualidade de raízes em estacas de pitaya.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.A.; MARTINS, A.B.G.; SILVA, M.T.H. Influência da fonte de material e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.183-186, 2007.

ANSARI, S.A.; KUMAR, P.; MANDAL, A.K. Effect of position and age of cuttings and auxins on induction and growth of roots in *Dalbergia sissoo* Roxb. **Indian Forestry**, Dehradun, v.121, p. 201-206, 1995.

BASTOS, D.C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J.A.; LIBARDI, M.N.; ALMEIDA, L.F.P.; GALUCHI, T.P.D.; BAKKER, S.T. Propagação da pitaya 'vermelha' por estaquia, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.6, p.1106-1109, 2006.

BHUSAL, R.C.; MIZUTANI, F.; RUTTO, K.L. Effects of juvenility on the rooting of trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata* [L.] Raf.) stem cuttings. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tóquio, v.72, p.43-45, 2003.

CAVALCANTE, L.F.; CAVALCANTE, Í.H.L. Uso de água salina da agricultura. In: CAVALCANTE, L.F.; LIMA, E.M. (Eds.). **Algumas Frutíferas Tropicais e a Salinidade**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, p.1-18.

DAVIS, T.D., HAISSIG, B.E., SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides, 1988. 314p.

DREW, R.A.; AZIMI, M. Micropropagation of red pitaya (*Hylocereus undatus*). **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.575, p.93-98, 2002.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à Agronomia**. Maceió: UFAL, 2000. 680p.

FRANCO, D.; OLIVEIRA, I.V.M.; CAVALCANTE, Í.H.L.; CERRI, P.E.; MARTINS A.B.G. Estaquia como processo de clonagem do bacuripari (*Redhia gardneriana* Miers ex Planch e Triana). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, p.176-178, 2007.

GIROUARD, R.M. Initiation and development of adventitious roots in stem cuttings of *Hedera helix*. Anatomical studies of the juvenile growth phase. **Canadian Journal of Botany**, Guelph, v.45, p.1877-1881, 1967.

HAAPALA, T. **Establishment and use of juvenility for plant propagation in sterile and non-sterile conditions**. 2004. 53f. (Dissertation) - University of Helsinki, Helsinki, 2004.

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

HERNÁNDEZ, Y.D.O. **Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya**. Oaxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN, 2000. 124p.

IMBERT, E. La pitahaya, un marché en devenir. **Fruitrop**, Montpellier, v.80, p.13, 2001.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M.E.; WILLIAMS, R.R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell 1. Plant genotype, juvenility and characteristics of cuttings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.102, p.133–143, 2004.

KIRCHHOF, G.; PENDAR, K. **Delta-T SCAN User Manual**. Cambridge: Delta-T Scan Devices Ltd, 1993. 244p.

Le BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, Paris, v.61, p.237–250, 2006.

MALDONADO, G.C.R.; GUERRERO, R.; RAMIREZ, M. Enraizamiento de estacas de semeruco (*Malpiguia glabra* L.). **Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)**, Maracaibo, v.22, p. 33-40, 2005.

MERTEN, S. A Review of *Hylocereus* production in the United States. **Journal of the Professional Association For Cactus Development**, California, p.98-105. 2003.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P.S. Cacti as crops. **Horticultural Reviews**, Leuven, v.18, p.291-319, 1997.

MOHAMED-YASSEEN, Y. Micropropagation of pitaya (*Hylocereus undatus* Britton et Rose). **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, Raleigh, v.38, p.427–429, 2002.

RAVIV, M.; REUVENI, O.; GOLDSCHMIDT, E.E. The physiological basis for loss of rootability with age of avocado seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v.3, p.112-115, 1986.

SAS. **SAS/STAT user's guide, version 4.0.2**, SAS Inst. Inc., Cary, USA, 2000.

### **CAPÍTULO 3 – ANATOMIA RADICULAR EM ESTACAS DE PITAYA**

**RESUMO** – A pitaya (*Hylocereus undatus*) é uma cactácea frutífera e ornamental de sub-bosque originária de florestas úmidas da América tropical ainda pouco estudada no Brasil, tanto de forma geral como especificamente no que se refere a anatomia radicular em estacas de pitaya uma vez que as informações nesse aspecto são bastante incipientes e escassas na literatura científica. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo estudar anatomicamente as raízes adventícias de estacas de pitaya, buscando identificar o tecido de origem destas. As estacas utilizadas foram procedentes do Banco Ativo de Germoplasma do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal-SP e analisadas anatomicamente por cortes histológicos transversais. As raízes adventícias em estacas de pitaya originam-se no periciclo. Não há a formação de calos em estacas de pitaya.

**Palavras-chave:** Estaquia, raízes adventícias, iniciação radicular.

## INTRODUÇÃO

A pitaya vermelha pertencente à família *Cactaceae* e ao gênero *Hylocereus*, o qual inclui várias espécies frutíferas (MOHAMED-YASSEEN et al., 1995), apresenta vários nomes vulgares em inglês: queen of the night, night-blooming cereus, dragon fruit e espanhol: pitahaya e pitaya, sendo ainda pouco conhecida no Brasil.

Trata-se de uma espécie (*Hylocereus undatus*) com elevado potencial para desenvolvimento agrícola (MOHAMED-YASSEEN, 2002), especialmente em áreas onde a disponibilidade hídrica e solar seja abundante, cuja propagação economicamente viável é realizada por estaquia, visto que as sementes, apesar de apresentarem elevada taxa de germinação e em curto período de tempo, promovem lento crescimento inicial e início de produção tardia (HERNÁNDEZ, 2000; ANDRADE et al., 2007). Estudos sobre a propagação vegetativa da pitaya por estaquia têm sido desenvolvidos e revelado resultados animadores, mas, por outro lado, deve-se ressaltar que esse método apresenta como ponto crítico o início do desenvolvimento de um sistema radicular funcional (MAYER et al., 2006) e as informações quanto à anatomia radicular em estacas de pitaya ainda são bastante incipientes e escassas na literatura científica.

A origem de raízes adventícias em estacas de plantas com crescimento secundário pode ocorrer a partir do tecido jovem do floema secundário, dos raios vasculares, do câmbio ou dos calos produzidos na base das estacas (HARTMANN et al., 2002). Para BEAKBANE (1961), a estrutura anatômica do floema primário influencia a capacidade de formação de raízes em estacas caulinares de frutíferas e, adicionalmente, as plantas de difícil enraizamento são caracterizadas por apresentar alto grau de esclerificação, revelando que a diferença entre variedades de fácil ou difícil enraizamento pode estar inversamente relacionada à continuidade da camada de esclerênquima, como também observaram ONO & RODRIGUES (1996).

No Brasil, são pouco frequentes os trabalhos anatômicos e morfológicos desenvolvidos sobre a família *Cacataceae* destacando-se os de SOFFIATTI & ANGYALOSSY (2003) e ARRUDA et al. (2005).

Estudos anatômicos sobre a propagação ou regeneração da pitaya são necessários devido à escassez de informação na literatura especializada e ao grande interesse nesta espécie para a formação de pomares nacionais, motivando o presente trabalho que objetivou estudar anatomicamente as raízes adventícias de estacas de pitaya buscando identificar o tecido de origem destas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido, no período de maio a agosto de 2006, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal, com estacas oriundas da região superior de plantas pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Fruticultura do Departamento de Produção Vegetal, com aproximadamente 18 meses de idade, propagadas vegetativamente pelo processo de estaquia, tutoradas em moirões de 1,6m de altura, irrigadas pelo sistema de aspersão convencional e cultivadas sob 50% de luminosidade.

As matrizes de pitaya vermelha apresentavam 1,5 ano de idade no período de coleta das estacas, foram propagadas por estaquia, plantadas em espaçamento de 3m entre linhas e 2m entre plantas, tutoradas em moirões com hastes de madeira acopladas ao ápice interligados com seis fios de arame liso para sustentação das plantas à 1,6m de altura e cultivadas sob 50% de luminosidade.

Para obtenção do material vegetal, estacas de pitaya vermelha (*Hylocereus undatus*), foram coletadas na parte superior das plantas. Imediatamente após a coleta, as estacas (aproximadamente 25cm de comprimento) tiveram a base imersa em solução com fungicida Captan<sup>®</sup>, foram plantadas em sacos de polietileno preto (15cm de diâmetro x 20cm de altura) preenchidos com substrato comumente usado na formação de mudas na proporção 3:3:1 de solo(latossolo vermelho):areia peneirada:esterco bovino, mantidos sob 50% de luminosidade e diariamente irrigadas (uma vez ao dia) com água de boa qualidade (pH 6,8 e condutividade elétrica 0,3 dS.m<sup>-1</sup>), pelo sistema localizado de microaspersão. Aproximadamente 15cm da estaca ficou

exposta à atmosfera. Não foi usada auxina exógena (AIB), conforme estudo prévio de ANDRADE et al. (2007).

Aos 42 dias após a remoção da planta matriz, 10 estacas foram retiradas do substrato, lavadas em água corrente até a retirada completa do substrato e conduzidas ao laboratório de Morfologia Vegetal do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da FCAV/UNESP para realização das observações anatômicas da inserção das raízes adventícias na estaca caulinar, realizadas por registro fotográfico em microscópico ótico e estereomicroscópio.

As amostras permaneceram por uma semana em solução fixadora em FAA (formalina-aceto-álcool, composta por 90 mL de etanol 95%, 5 mL de ácido acético glacial e 5mL de formaldeído 37%), de acordo com metodologia indicada por JOHANSEN (1940), em seguida foram desidratadas em série gradual de álcool etílico, diafanizadas em xilol, incrustadas e emblocadas em parafina seguindo processo de preparação de lâminas histológicas permanentes, de acordo com JOHANSEN (1940) e KRAUS & ARDUIN (1997), sendo também parte do Protocolo do Laboratório de Anatomia e Morfologia Vegetal/FCAV/UNESP. As amostras de tecidos foram fotomicrografadas em microscópio ótico.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Figura 1 apresenta cortes histológicos transversais de estacas de pitaya indicando a origem e formação de raízes adventícias dessa espécie. A pitaya apresenta potencial para ser propagada de forma economicamente viável pelo processo de estaquia devido ao elevado percentual de estacas com raízes registradas por autores como SILVA (2005), BASTOS et al. (2006) e ANDRADE et al. (2007), o que pode ser atribuído também ao fato dessa espécie não apresentar uma camada de esclerênquima contínua que constitui uma barreira à emergência das raízes adventícias, conforme se pode observar nessa figura.

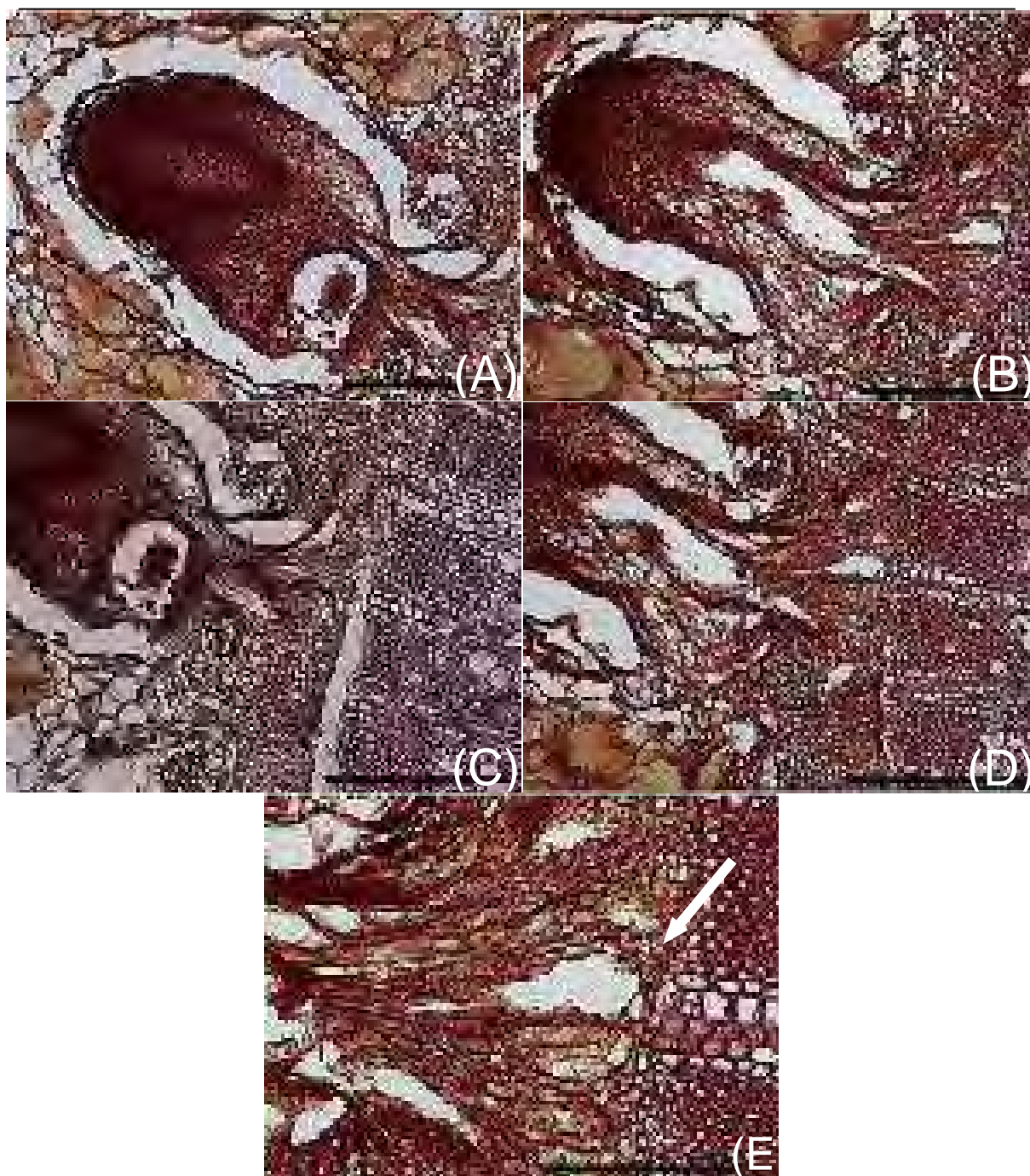


Figura 1. Cortes transversais de estacas de pitaya enraizadas. (A) e (B) = ápice de desenvolvimento do primórdio radicular; (C) e (D) = base de desenvolvimento do primórdio radicular; (E) = detalhe aproximado da origem da raiz adventícia.

Ao analisar a Figura 1 é possível observar o desenvolvimento de um primórdio de raiz adventícia de pitaya a partir do periciclo em direção à epiderme, mas ainda passando pelo córtex. APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO (2006) e PAOLILLO & ZOBEL (2002) em estudos anatômicos realizados respectivamente com *Gomphrena macrocephala* e dicotiledôneas de uma forma geral também registraram o periciclo como sendo a origem da raiz adventícia (Figura 2).



Figura 2. Cortes transversais de estacas de *Gomphrena macrocephala*.  
Fonte: A = APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO (2006)  
B = PAOLILLO & ZOBEL (2002)

Por outro lado, PACHECO et al. (1998) trabalhando com a videira muscanídea observaram que as raízes adventícias originam-se nas proximidades da zona cambial nas regiões nodais e internodais dos ramos; BLAZICH & HEUSER (1979) para o feijão,

tomate e abóbora identificaram o parênquima do floema e MANCUSO (1998) para a *Crassula* sp. concluíram que a epiderme é o ponto inicial de formação dessas raízes.

Em estudo sobre anatomia de órgãos vegetativos de cactáceas, ARRRUDA et al. (2005) observaram que apenas raízes adventícias surgem da base do hipocótilo, constituindo um sistema radicular fasciculado. O sistema de revestimento apresenta, em estrutura primária, a epiderme unisseriada de onde partem pêlos unicelulares. Na região cortical, as células apresentam contorno arredondado e estão limitadas internamente pela endoderme. Em estrutura secundária, o sistema de revestimento é composto pela periderme, cujas células das camadas externas apresentam paredes lignificadas.

Para HARTMANN et al. (2002), as raízes adventícias de espécies herbáceas geralmente se originam entre os vasos condutores de seiva, próximo ao câmbio vascular, mas as células envolvidas no local de origem podem variar significativamente de acordo com a espécie e técnica de propagação, determinando a necessidade de estudos específicos.

Como indicado da Figura 1, verifica-se que não ocorre a formação prévia de calos (maço celular indiferenciado) para posterior emissão das raízes adventícias o que é comum ocorrer em espécies frutíferas como goiaba e uva, de acordo com HARTMANN et al. (2002). Adicionalmente, TETSUMURA et al. (2001) avaliando a anatomia de raízes em estacas de caqui concluíram que a iniciação de raízes adventícias é facilmente identificada como sendo nos calos, estes diferenciados a partir do câmbio vascular.

A regeneração das raízes adventícias a partir de estacas vegetais, semelhantemente à apresentada na Figura 1 é possível mediante a duas características particulares das células vegetais: totipotência e dediferenciação. A totipotência permite, por exemplo, que uma célula do parênquima da raiz divida-se e produza uma gema adventícia e a dediferenciação é a capacidade de células adultas voltarem à condição meristemática e desenvolver um novo ponto de crescimento (TAIZ & ZEIGER, 1998).

PAOLILLO & ZOBEL (2002) sugerem que a formação de raízes adventícias refletem as respostas dos potenciais tecidos meristemáticos em indutores endógenos e ambientais que são aplicados às raízes no crescimento secundário, ou seja, além do tempo de vida no qual um periciclo está disponível para fornecer respostas apropriadas.

As comparações entre espécies quanto à origem das raízes adventícias em partes vegetativas, principalmente em estacas visando a propagação vegetativa é pertinente apenas quando ambos os experimentos foram submetidos às mesmas condições e com espécies de mesma classificação cotiledonar (mono ou dicotiledônea). KRISANTINI et al. (2006) afirmam que os tratamentos como estiolamento e aplicação exógena de auxinas podem interferir na origem das raízes e as raízes adventícias das monocotiledôneas (RUDALL, 1991; RODRIGUES & ESTELITA, 2002) originam-se na sua maioria de um meristema periférico ao cilindro vascular denominado “meristema de espessamento primário” ou MEP.

## CONCLUSÕES

Pelo presente trabalho, conclui-se:

- As raízes adventícias em estacas de pitaya originam-se no periciclo;
- Não há formação de calos em estacas de pitaya.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.A.; MARTINS, A.B.G.; SILVA, M.T.H. Influência da fonte de material e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.183-186, 2007.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia vegetal**. 2ª rev. Viçosa: UFV, 2006. 438p.

ARRUDA, E.; MELO-DE-PINHA, G.F.; ALVES, M. Anatomia dos órgãos vegetativos de Cactaceae da caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.3, p.589-601, 2005.

BASTOS, D.C.; PIO, R.; SCARPARE FILHO, J.A.; LIBARDI, M.N.; ALMEIDA, L.F.P.; GALUCHI, T.P.D.; BAKKER, S.T. Propagação da pitaya 'vermelha' por estaquia, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.6, p.1106-1109, 2006.

BEAKBANE, A.B. Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting. **Nature**, Londres, v.192, p.954-955, 1961.

BLAZICH, F.A.; HEUSER, C.W. A histological study of adventitious root initiation in mung bean cuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.104, n.1, p.63-67, 1979.

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

HERNÁNDEZ, Y.D.O. **Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya**. Oaxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN, 2000. 124p.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: Mc Graw-Hill Book, 1940. 523p.

KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997. 198p.

KRISANTINI, S.; JOHNSTON, M.; WILLIAMS, R.R.; BEVERIDGE, C. Adventitious root formation in *Grevillea* (Proteaceae), an Australian native species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.107, p.171-175, 2006.

MANCUSO, S. Seasonal dynamics of electrical impedance parameters in shoots and leaves relate to rooting ability of olive (*Olea europaea*) cuttings. **Tree physiology**, Victoria, v.19, p.95-101, 1998.

MAYER, J.L.S.; BIASI, L.A.; BONA, C. Capacidade de enraizamento de estacas de quatro cultivares de *Vitis* L. (*Vitaceae*) relacionada com os aspectos anatômicos. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.20, n.3, p.563-568, 2006.

MOHAMED-YASSEEN, Y. Micropropagation of pitaya (*Hylocereus undatus* Britton et Rose). **In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant**, Jonesboro, v.38, p.427-429, 2002.

MOHAMED-YASSEEN, Y.; BARRINGER, S.A.; SPLITTSTOESSER, W.E. A note on the uses of *Opuntia* spp. in central/North America: aspects and future prospects. **Journal of Arid Environment**, Amsterdã, v.32, p.347-353, 1995.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83p.

PACHECO, A.C.; CASTRO, P.R.C.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Aspectos anatômicos do enraizamento da videira muscanídia (*Vitis rotundifolia* Michx.) através de alporquia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.2, p. 210-217, 1998.

PAOLILLO JR, D.J.; ZOBEL, R.W. The formation of adventitious roots on root axis is a widespread occurrence in field-grown dicotyledonous plants. **American Journal of Botany**, Stanford, v.89, n.9, p.1361-1372, 2002.

RODRIGUES, A.C.; ESTELITA, M.E.M. Primary and secondary development of *Cyperus giganteus* Vahl rhizome (Cyperaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.25, p.251-258, 2002.

RUDALL, P. Lateral meristems and stem thickening growth in monocotyledons. **The Botanical Review**, New York, v.57, p.150-163, 1991.

SILVA, M.T.H. **Propagação sexuada e assexuada da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw)**. 2005. 44f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

SOFFIATTI, P.; ANGYALOSSY, V. Stem anatomy *Cipocereus* (Cactaceae). **Bradleya**, Londres, v. 21, p.39-48, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. 792p.

TETSUMURA, T.; TAO, R.; SUGIURA, A. Some factors affecting the rooting of softwood cuttings of japanese persimmon. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tóquio, v.70, n.3, p.275-280, 2001.

## **CAPÍTULO 4 – ADUBAÇÃO ORGÂNICA E INTENSIDADE LUMINOSA NO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DA PITAYA**

**RESUMO** - A pitaya é uma cactácea de sub-bosque originária de florestas tropicais do México e das Américas Central e do Sul pouco estudada no Brasil principalmente quanto à intensidade luminosa, adubação e nutrição mineral, necessitando de informações nessas áreas para dar condições de expansão à cultura. Nesse sentido, realizou-se um experimento objetivando avaliar o crescimento e desenvolvimento iniciais e o estado nutricional da pitaya em função da intensidade luminosa e adubação orgânica. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com tratamentos distribuídos em esquema fatorial 5 x 3, referentes respectivamente aos níveis de adubação orgânica (0, 5, 10, 20 e 30 L.cova<sup>-1</sup>) e aos percentuais da tela de propileno utilizado como cobertura (0, 50 e 75% de sombreamento), com quatro repetições. Foram avaliadas semanalmente o diâmetro de cladódio, a altura de estacas e o comprimento do ramo secundário e ao final do experimento, massa fresca da parte aérea e massa seca de raiz e parte aérea bem como as concentrações dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, B e Na. Para as variáveis mensuradas semanalmente foram calculados os respectivos incrementos percentuais semanais. No cultivo da pitaya é necessário o uso de cobertura contra a incidência direta dos raios solares, onde as estruturas com 50% ou 75% de luminosidade podem ser usados. Os níveis de esterco influenciaram significativamente as concentrações de N, P, K e Na. A concentração no tecido vegetal do N, P, K, S, B, Zn e Na foram incrementadas com o aumento do nível de esterco fornecido à cova de plantio. O fornecimento de 20 L.cova<sup>-1</sup> de esterco bovino pode ser adotado como quantitativo no preparo de covas de pitaya nas condições de clima e solo onde foi executado o experimento.

**Palavras-chave:** *Hylocereus undatus*, esterco bovino, sombreamento, nutrição mineral.

## INTRODUÇÃO

Cactácea epífita, perene e suculenta, a pitaya apresenta caule triangular, com espinhos e classificado morfológicamente como cladódio de onde partem numerosas raízes adventícias que permitem o crescimento da planta sobre árvores e pedras em ambientes sombreados de florestas tropicais da América (CANTO, 1993). O fruto tem sido consumido há gerações no México, Vietnã, Colômbia e Nicarágua (ROBLES et al., 2000) e recebeu durante a década de 90 maior atenção devido seu potencial como nova frutífera não convencional, tornando-se objeto de estudo principalmente quanto ao aspecto fisiológico em Israel, Estados Unidos e Austrália (NERD & MIZRAHI, 1997).

A pitaya atualmente é pouco estudada no Brasil com trabalhos básicos e específicos, determinando a necessidade de estudos que possam ter referência, preferencialmente, a aspectos práticos e informar ao potencial produtor as tecnologias que devem ser aplicadas para cultivos nas condições brasileiras, visto que a cultura apresenta-se em expansão, fato que justifica estudos sobre temas como tolerância à luminosidade e necessidade de adubação orgânica.

Sensível à elevadas intensidades luminosas (ZEE et al., 2004), a pitaya vermelha necessita de proteção contra incidência direta dos raios solares em regiões onde esse tipo de característica é observada. Nesse sentido, estudos preliminares foram realizados em Israel (RAVEH et al., 1993; RAVEH et al., 1998; MIZRAHI & NERD, 1999) comprovando que a necessidade de cobertura é dependente das condições locais.

No cultivo da pitaya há ainda o problema de se fornecer a quantidade correta de nutrientes para obter resultados satisfatórios quanto a crescimento, desenvolvimento e produção, inclusive ao longo dos anos visto que trata-se de uma cultura perene. Atualmente são aplicadas doses empíricas baseadas na experiência dos cultivos ou se utilizam níveis recomendados para outros países com sistemas ecológicos diferentes da região produtora brasileira, que se encontra atualmente no Estado de São Paulo.

A maioria dos trabalhos de adubação da pitaya são caracterizados pela fertilização mineral, entretanto o sistema radicular da planta é superficial e pode

absorver rapidamente pequenos teores de nutrientes no solo (Le BELLEC et al., 2006) contribuindo para a formação de cultivos orgânicos já que a utilização de compostos orgânicos e esterco de origem animal têm sido usados na Califórnia com grande sucesso, inclusive sem a necessidade de suplementação mineral (THOMSON, 2002). A dose recomendada para as condições de solo de Taiwan (ZEE et al., 2004) é de 9 L.planta<sup>-1</sup> de esterco de bovinos jovens a cada quatro meses de cultivo iniciando em abril mais suplemento com fertilizante mineral; NEGRI (2006) indica como ideal a aplicação de 10 L de esterco bovino no momento de preparo das covas.

Na nutrição mineral da pitaya observa-se que os elementos mais extraídos do solo pelas plantas são nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (HERNÁNDEZ, 2000), destacando-se que o nitrogênio estimula a emissão de raízes e brotos mais vigorosos, sendo mais requerido pela planta durante o crescimento vegetativo até o pré-florescimento (LUDERS, 2004); o potássio promove aumento do diâmetro do caule (INTA, 2002), sendo um dos elementos mais requeridos especialmente por exercer as funções de translocação de carboidratos e regulação de abertura e fechamento de estômatos para utilização de água (MARSCHNER, 2005); o fósforo é um elemento que apresenta maior demanda pela pitaya no início da formação dos frutos. Dentre os micronutrientes deve-se destacar como importante para a pitaya o boro, com fundamental função no pegamento, tamanho e massa dos frutos, conforme concluiu INFANTE (1996).

Considerando o exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o crescimento, desenvolvimento e o estado nutricional da pitaya em função da intensidade luminosa e adubação orgânica durante o período inicial da cultura no campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área experimental e obtenção das mudas

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus/PI, localizado a 09°04'28" de latitude Sul, 44°21'31" de longitude oeste e com altitude média de 277 m. Foram estudadas plantas de pitaya vermelha (*Hylocereus undatus*) no período de 03/04/2007 a 30/09/2007.

O município onde o experimento foi realizado apresenta precipitação pluvial média de 900 a 1200 mm/ano distribuída entre os meses de novembro e março e temperatura média de 26,5°C, embora durante o ano seja comum temperaturas de 40°C (VIANA et al., 2002).

Os dados referentes à intensidade luminosa durante a realização do experimento estão contidos na Figura 1.

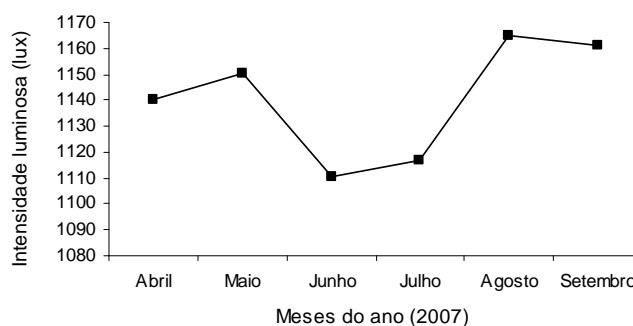


Figura 1. Intensidade luminosa no local do experimento. Bom Jesus/PI, 2007.

As mudas de pitaya foram obtidas na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal/SP, propagadas vegetativamente por estaquia (padronizadas com aproximadamente 25cm de comprimento), sem a utilização de reguladores vegetais (conforme estudo prévio de ANDRADE et al., 2007), a partir de plantas matrizes pertencentes ao Banco Ativo de

Germoplasma, também propagadas pelo processo de estaquia, da FCAV/UNESP e cultivadas sob 50% de luminosidade.

### **Tratamentos e delineamento experimental**

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com tratamentos distribuídos em esquema fatorial 5 x 3, referentes aos níveis de adubação orgânica (0 – sem adubação, 5, 10, 20 e 30 L.cova<sup>-1</sup>) e ao percentual do sombra utilizado como cobertura (0 – sem cobertura, 50 e 75%) respectivamente, com quatro repetições, totalizando 60 plantas úteis.

### **Condução do experimento e tratos culturais**

O solo onde o experimento foi realizado é um Latossolo Vermelho Eutrófico cujas características químicas encontram-se na Tabela 1.

Após a realização da calagem na dose de 1 t.ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico, as covas para instalação do experimento foram abertas na dimensões 0,40 x 0,40 x 0,40m espaçadas 2,0 m entre plantas e 4,0 m entre linhas, aos 30 dias antes do plantio, preenchendo-as com solo + cada dose de esterco bovino curtido de vacas leiteiras, caracterizando a aplicação desses tratamentos.

As plantas foram irrigadas a cada dois dias pelo sistema de aspersão convencional (aspensor<sup>®</sup> Plona KS 1500) com água de boa qualidade quanto a pH e condutividade elétrica, conforme CAVALCANTE & CAVALCANTE (2006).

Por tratar-se de uma cactácea epífita, as plantas foram tutoradas em moirões com hastes de madeira acopladas ao ápice interligados com seis fios de arame liso para sustentação das plantas à 1,6m de altura. Após o plantio, as mudas foram conduzidas em haste única até atingirem o ápice da estrutura onde os ramos se distribuíram.

Os tratos culturais corresponderam ao controle de plantas invasoras através de capinas manuais, aplicações (2) de cal da bordalesa (sulfato de cobre + cal hidratada) e controle químico de formigas.

Tabela 1. Características químicas do esterco bovino e do solo antes da implantação do experimento no perfil de 0-20cm de profundidade. Bom Jesus, 2008.

Variável	Solo	Esterco bovino
Matéria orgânica (g dm <sup>-3</sup> )	2,87	156,00
pH (H <sub>2</sub> O)	5,80	9,09
-----		
Teores trocáveis	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
Cálcio – Ca <sup>2+</sup>	0,20	4,40
Magnésio – Mg <sup>2+</sup>	0,95	1,50
Alumínio – Al <sup>3+</sup>	0,00	0,00
Sódio – Na <sup>+</sup>	-	19,58
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	1,07	2,97
-----		
% CTC pH 7,0:	2,30	59,42
Soma de bases (SB)	1,23	56,44
Saturação por base (V%)	53,5	94,90
-----		
	mg.dm <sup>-3</sup>	
Fósforo	11,08	2785,00
Potássio – K <sup>+</sup>	30,00	12109,00
Boro – B	0,42	2,10
Cobre – Cu	0,07	0,00
Ferro – Fe	8,49	11,08
Manganês – Mn	5,27	1,69
Zinco – Zn	0,11	0,78

P, K, Na: Extrator Melich 1; H + Al: Extrator acetato de cálcio 0,5M, pH 7; Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M; CTC: Capacidade de troca catiônica.

### Variáveis estudadas

O crescimento da planta foi monitorado semanalmente (totalizando 19 avaliações) após o transplântio (DAT) registrando-se: i) altura da estaca (cm): medida a partir do solo até o ápice do ramo utilizando uma fita métrica; ii) comprimento do ramo secundário (cm), medido a partir da inserção do ramo primário; iii) diâmetro do cladódio (mm): medido a 10 cm do solo rente ao colo da planta com uso de paquímetro digital (Digimess<sup>®</sup>, amplitude 0,01 mm-300 mm). De posse dos dados, foram calculados os

incrementos percentuais médios das variáveis “i”, “ii” e “iii”, semanais e do início para o final do experimento. O desenvolvimento e estado nutricional foram determinados ao final do experimento, registrando-se: iv) massa fresca da parte aérea (g); v) massa seca de raiz e parte aérea (g): material submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70°C por 72 horas e pesado em balança digital (precisão 0,01 g). O material seco da parte aérea das plantas foi moído e analisado quimicamente para a determinação dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, B e Na.

O nitrogênio foi determinado pelo método Semi-Microkjeldahl e titulação com NaOH a 1N. O fósforo foi quantificado em extrato preparado a partir da digestão nitroperclórica efetuando a leitura de absorvância em fotocolorímetro. Os teores de potássio e de sódio foram obtidos por meio de leituras em fotômetro de chama acoplado com filtro de comprimento de onda 766 e 589  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Os conteúdos de cálcio e magnésio foram obtidos através de leituras de substratos, empregando-se o espectrofotômetro de absorção atômica. A determinação do enxofre foi por turbidometria. As concentrações dos micronutrientes: cobre, ferro, manganês e zinco foram determinadas em leitura no espectrofotômetro de absorção atômica e correção em curva padrão. A extração do boro foi realizada pelo processo de incineração do material em forno mufla, na temperatura entre 550 e 650°C (EMBRAPA 1997). Para correção das leituras foi usada curva padrão de calibração (MALAVOLTA et al., 1997).

### **Avaliação estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância para verificação de efeitos estatísticos dos fatores isolados e da interação entre ambos. As médias referentes aos percentuais de sombra foram comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,01$ ) utilizando o software SAS (SAS, 2000) e os relativos à adubação orgânica submetidos à regressão polinomial no software ORIGIN 6.1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### i) Crescimento e desenvolvimento da planta

Pelos resultados da análise de variância contidos na Tabela 2, observam-se diferenças significativas entre os níveis de adubação orgânica (AO) bem como entre as intensidades luminosas determinadas a partir dos percentuais de sombra (IL) apenas para o comprimento do ramo secundário.

No presente trabalho a interação entre os percentuais de sombra utilizados e os níveis de fertilização orgânica não exerceu efeitos significativos sobre quaisquer das variáveis estudadas contidas na Tabela 2, situação que não evidencia interdependência entre os fatores estudados.

Tabela 2. Resumo das análises de variância referentes aos incrementos percentuais de altura de estaca (ALT), crescimento do ramo secundário (CRS) e diâmetro do caule (DC) da pitaya em função de adubação orgânica e percentual de sombra.

	Valor "F"		
	ALT	CRS	DC
Blocos	0,81 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>
AO (L cova <sup>-1</sup> )	0,55 <sup>ns</sup>	2,81 <sup>**</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
IL (%)	0,56 <sup>ns</sup>	2,92 <sup>**</sup>	1,96 <sup>ns</sup>
0 (sem cobertura)	7,60 a	235,22 b	11,94 a
50	9,45 a	528,38 a	18,53 a
75	8,05 a	491,83 a	15,72 a
AO x IL	0,54 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	60,08	80,46	59,69

AO = adubação orgânica; IL = intensidade luminosa; C.V. = coeficiente de variação.

#### i1) Intensidade luminosa

Apesar da ausência de diferença estatística, as plantas submetidas à incidência direta dos raios solares apresentaram menor incremento percentual da altura de estaca com média aproximadamente 20% menor em relação àquelas sob 50% de sombra (Tabela 2). Em função do tempo, o incremento percentual médio da altura de estaca apresentou aumento marcante da primeira para a segunda semana, principalmente nas plantas sob 50% de sombra. A partir dessa avaliação (14 DAT), os incrementos

percentuais semanais foram mais baixos, registrando-se os menores valores para as plantas sem cobertura (Figura 2A).

Os pequenos incrementos, com máximo de aproximadamente 5,0%, eram previamente esperados, visto que o crescimento da pitaya é caracterizado por inserção de segmentos sequenciados e não de um caule contínuo como caracterizadas a maioria das plantas. Por outro lado, o aumento bruscamente superior aos 14 DAT seguido de reduções significativas pode demonstrar a influência do clima local sobre a espécie, como também observado por RAVEH et al. (1998) e MIZRAHI & NERD (1999) para as condições de Israel e ANDRADE et al. (2006) em trabalho realizado no México.

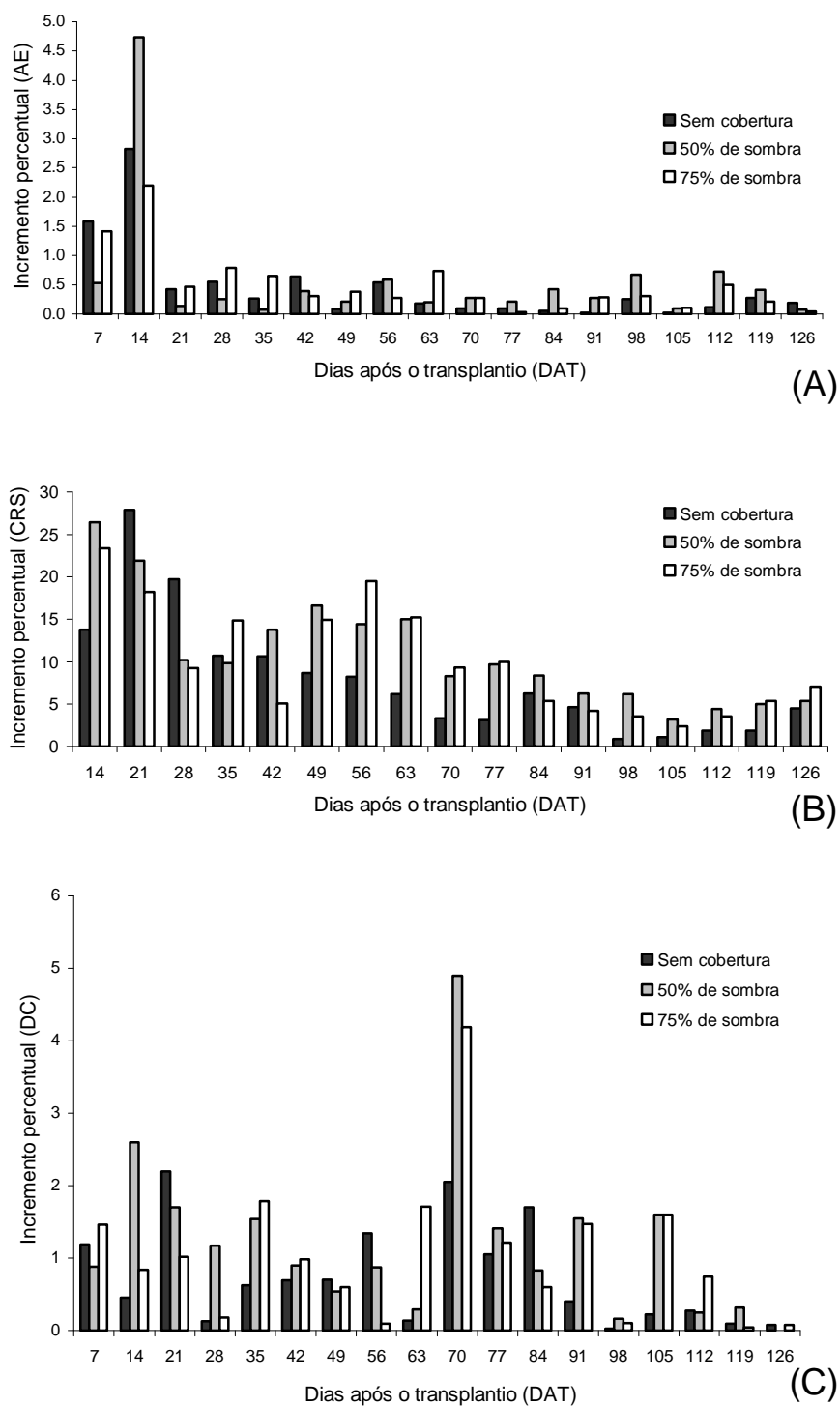


Figura 2. Incrementos percentuais semanais de altura de estaca (AE, A), comprimento do ramo secundário (CRS, B) e diâmetro do caule (DC, C) da pitaya em função do percentual de sombra adotado no cultivo.

O comprimento do ramo secundário (CRS) da pitaya foi significativamente influenciado pela redução da intensidade luminosa (Tabela 2), observando-se maior crescimento para as plantas sob 50% de luminosidade com incremento próximo de 56% superior às plantas sem cobertura, resultado que releva a importância da cobertura nas condições sob as quais o experimento foi realizado. Os incrementos percentuais semanais do CRS contidos na Figura 2B demonstram um pico de crescimento aos 21 e 28 DAT para as plantas cultivadas sem cobertura, enquanto os demais apresentaram incrementos semanais mais homogêneos durante a execução do experimento com redução paulatina, resultado que concorda com ANDRADE et al. (2006) ao concluírem que o crescimento do ramo foi maior nos tratamentos sob condições sombreadas, principalmente após o período inicial no qual as plantas foram conduzidas ao campo.

Ao se aproximar do final do experimento o crescimento das plantas avaliado pelo CRS foi reduzido o que, possivelmente, pode ser função da mudança do estágio de desenvolvimento de algumas plantas, passando para o reprodutivo, principalmente porque o florescimento da pitaya é induzido por dias longos, isto é, com maior fotoperíodo (RAVEH et al., 1998).

Comparativamente com resultados de outros países quanto à necessidade ou não da cobertura contra a incidência direta dos raios solares é pertinente observar a espécie a qual se refere, visto que várias espécies são conhecidas como pitaya e a comparação apenas pelo nome vulgar pode não proceder. Um exemplo disso é a afirmação de ROBLES et al. (2000) de que no México apenas os ramos que se encontram sob total exposição direta à luz solar produzem frutos, o que também é reportado para a Guatemala, e pode ser explicado pelo fato de algumas espécies do gênero *Hylocereus* como a *H. polyrhizus* e *H. Costaricensis* possuírem uma camada de cera no caule, o que não é observado na *H. undatus*, tornando essa planta mais susceptível aos danos causados pelo sol e ao ataque de enfermidades bacterianas, como a causada pela bactéria *Erwinia* sp. (HERNÁNDEZ, 2000).

Por outro lado, em Israel MIZRAHI & NERD (1999) observaram que o dossel da pitaya sofre queimaduras ao ponto de provocar a morte quando cultivadas sem proteção devido à intensidade de radiação, isso porque densidades de fluxo de fótons

não fotossintéticas podem atingir até  $2200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e as cact\u00e1ceas ep\u00edfitas (dentre as quais se insere a pitaya) requerem uma radia\u00e7\u00e3o fotossinteticamente ativa baixa, com cerca de  $200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , n\u00edvel que promove nessas plantas menor propor\u00e7\u00e3o entre clorofila e concentra\u00e7\u00e3o de pigmentos. RAVEH et al. (1996) afirmam que para atingir o \u00f3timo desenvolvimento, a pitaya deve ser plantada protegida, recebendo de 30 a 60% da luminosidade total dependendo das condi\u00e7\u00f5es locais. Adicionalmente, para MIZRAHI & NERD (1999) os n\u00edveis de sombreamento empregados (expressos em percentual do total de luz solar emitida) s\u00e3o dependentes das temperaturas locais e variam de 20% em \u00e1reas com ver\u00f5es moderadamente quentes a 60% em \u00e1reas sob elevadas temperaturas.

O di\u00e2metro do caule da pitaya n\u00e3o foi influenciado estatisticamente pela intensidade luminosa (Tabela 2). Entretanto, incrementos variando de 11,94% e 18,53%, respectivamente para os tratamentos sem cobertura e sob 50% de sombra foram encontrados, representando uma diferen\u00e7a percentual de aproximadamente 36%, e confirmando o que foi identificado no campo a partir de observa\u00e7\u00f5es visuais.

A partir da Figura 2C \u00e9 poss\u00edvel inferir que os incrementos semanais do di\u00e2metro do caule apresentaram um pico aos 70 DAT, independentemente do tratamento aplicado, resultado que pode ser atribu\u00eddo \u00e0 intensidade luminosa durante esse per\u00edodo que corresponde ao m\u00eas de junho, quando se registrou a menor m\u00e9dia durante a realiza\u00e7\u00e3o do experimento, como se pode observar na Figura 1, seguindo elevado para os tratamentos sem cobertura at\u00e9 os 84 DAT, a partir de quando a intensidade luminosa eleva-se (Figura 1). Os resultados do presente trabalho concordam com os apresentados na literatura cient\u00edfica especializada, confirmando a grande influ\u00eancia da intensidade luminosa no di\u00e2metro do caule da pitaya previamente estudada por RAVEH et al. (1998) e GRAHAM & NOBEL (2005).

GRAHAM & NOBEL (2005) em estudo sobre o fluxo h\u00eddrico na pitaya reportaram que a transpira\u00e7\u00e3o e o movimento de \u00e1gua no caule da pitaya devem influenciar o crescimento em di\u00e2metro, registrando modifica\u00e7\u00f5es di\u00e1rias nesse \u00f3rg\u00e3o da pitaya cultivada no campo, destacando que durante o dia ocorre perda de \u00e1gua correspondente a aproximadamente 1,7% do total de \u00e1gua di\u00e1rio transpirado pela

planta e, em contraposição, ocorre um relativamente mais acelerado crescimento do diâmetro do caule nas primeiras horas da manhã, acompanhado de lenta redução durante a noite. Os mesmos autores registraram variação de até 70% do valor inicial do diâmetro do caule da pitaya durante um dia quando submetida a condições de estresse hídrico, o que determina a resposta direta dessa variável quanto às condições climáticas as quais é submetida, principalmente a incidência luminosa.

Para plantas de caule suculento, dentre as quais se insere a pitaya, TAIZ & ZEIGER (1998) esclarecem que elevados índices de transpiração estão associados à redução do diâmetro do caule. Possivelmente altas transpirações diminuem o potencial hídrico desse tipo de caule devido a perda de água.

A produção de massa seca e verde seguiu o mesmo padrão de distribuição, com a observação dos maiores valores sempre para os tratamentos condicionados à sombra (Figura 3), evidenciando que o crescimento lateral nas condições sob sombreamento foi maior. Nesse sentido, NERD & NEUMANN (2004) justificaram que os ramos maduros de pitaya sob condições sombreadas promovem o suprimento de água e açúcares aos ramos jovens a partir do floema.

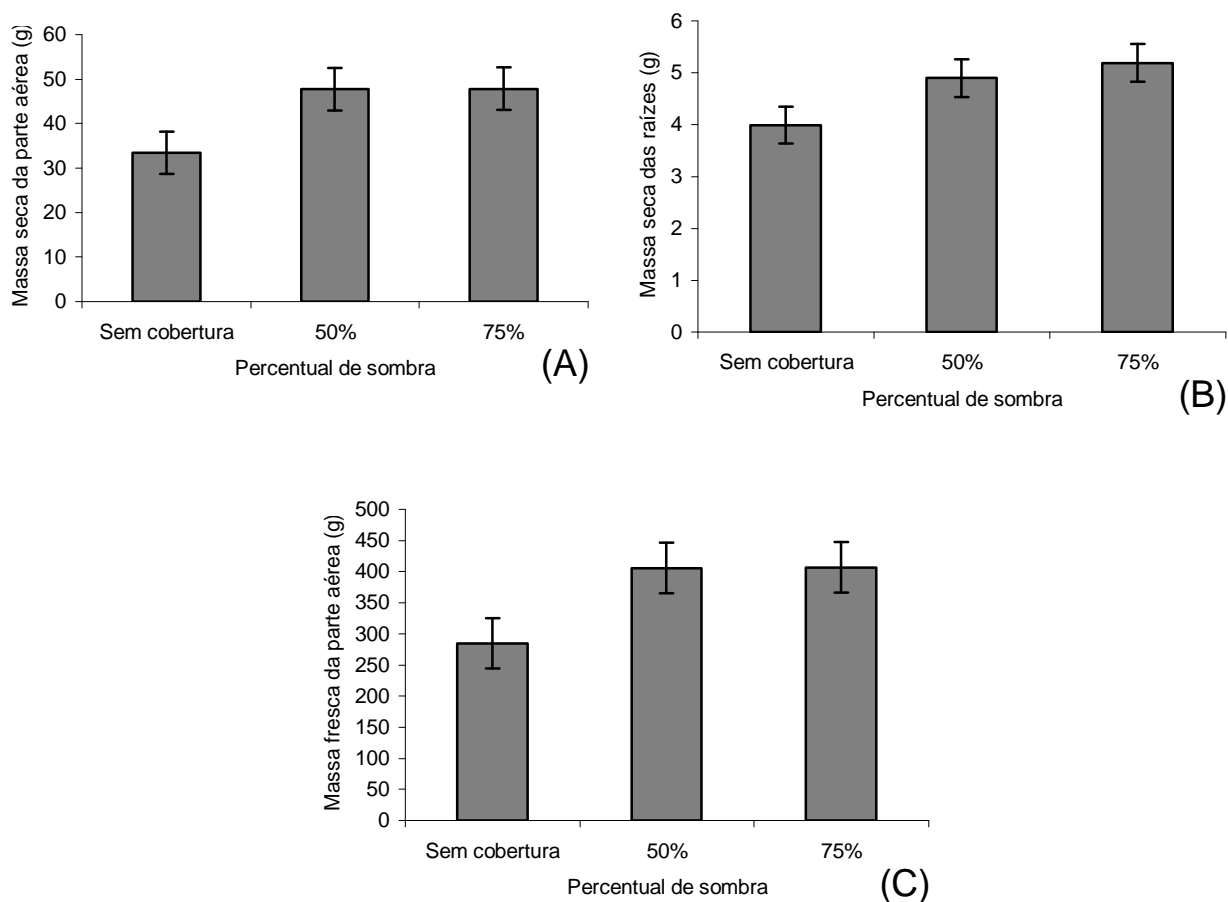


Figura 3. Massa seca de parte aérea (A; C.V. = 31,82% e DP = 13,68) e de raízes (B; C.V. = 32,56% e DP = 1,53) e massa fresca da parte aérea (C; C.V. = 31,81%) e DP = 116,39) de pitaya em função do percentual do sombra adotado no cultivo. CV = coeficiente de variação(%); DP = desvio padrão; barras indicam erro padrão da média.

GRAHAM & NOBEL (2005) afirmaram que a pitaya da espécie *H. undatus* possui um potencial de armazenamento de água relativamente baixo quando comparado com outras espécies suculentas, enfatizando que a referida espécie apresenta fluxo hídrico no caule em resposta à perda de água através via transpiração.

ANDRADE et al. (2006) observaram que para a pitaya as trocas gasosas e o crescimento são inibidos quando as plantas são expostas à total radiação solar. Adicionalmente, é relevante observar que sob condições de total exposição aos raios

solares a evapotranspiração e o fluxo de fótons para fotossíntese são incrementados, fazendo com que a planta transfira mais água para a atmosfera, e conseqüentemente, diminua a fixação de  $\text{CO}_2$  (ORTIZ-HERNÁNDEZ et al., 1999), motivo pelo qual os plantios comerciais de pitaya são conduzidos sob condições de sombra artificial que atenuam de 30 a 60% da radiação solar incidente, conforme recomendam NOBEL & De la BARRERA (2004).

Quanto ao cultivo da pitaya vermelha em Israel os resultados expressam que essa espécie é sensível a elevadas intensidades luminosas (RAVEH et al., 1993).

#### i2) Adubação orgânica

Os níveis de adubação orgânica apenas apresentaram influência estatística sobre o comprimento do ramo secundário, conforme se pode observar na Tabela 2.

Para a altura de estaca, em função do tempo (Figura 4A), invariavelmente as plantas em covas adubadas com quaisquer níveis de esterco bovino apresentaram os maiores incrementos aos 14 DAT, e os tratamentos 20 e 30  $\text{cova}^{-1}$  alternaram-se com os maiores incrementos nas demais avaliações. A sequência apresentada aos 14 DAT foi semelhante quando comparada ao incremento do início para o final do experimento contido na Figura 5A, ou seja, aumento no crescimento da estaca até a dose 20  $\text{L.cova}^{-1}$  seguido de um decréscimo até os 30  $\text{L.cova}^{-1}$ , o que poderia evidenciar que com o aumento das doses de esterco bovino, houve aumento dos nutrientes prontamente disponíveis e, conseqüentemente, induzindo à maior crescimento da estaca de pitaya.

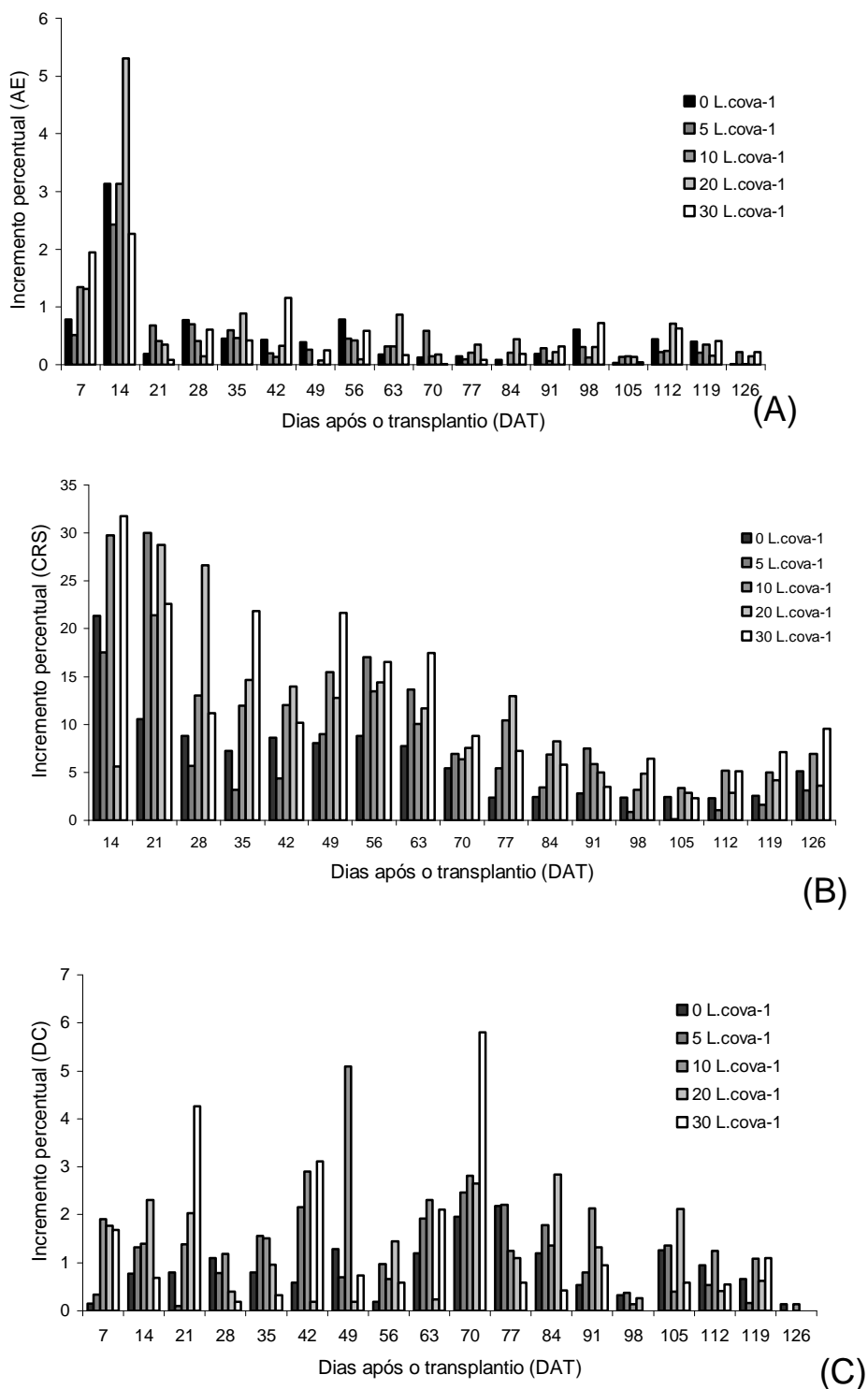


Figura 4. Incrementos percentuais semanais de altura de estaca (AE, A), comprimento do ramo secundário (CRS, B) e diâmetro do caule (DC, C) da pitaya em função da adubação orgânica.

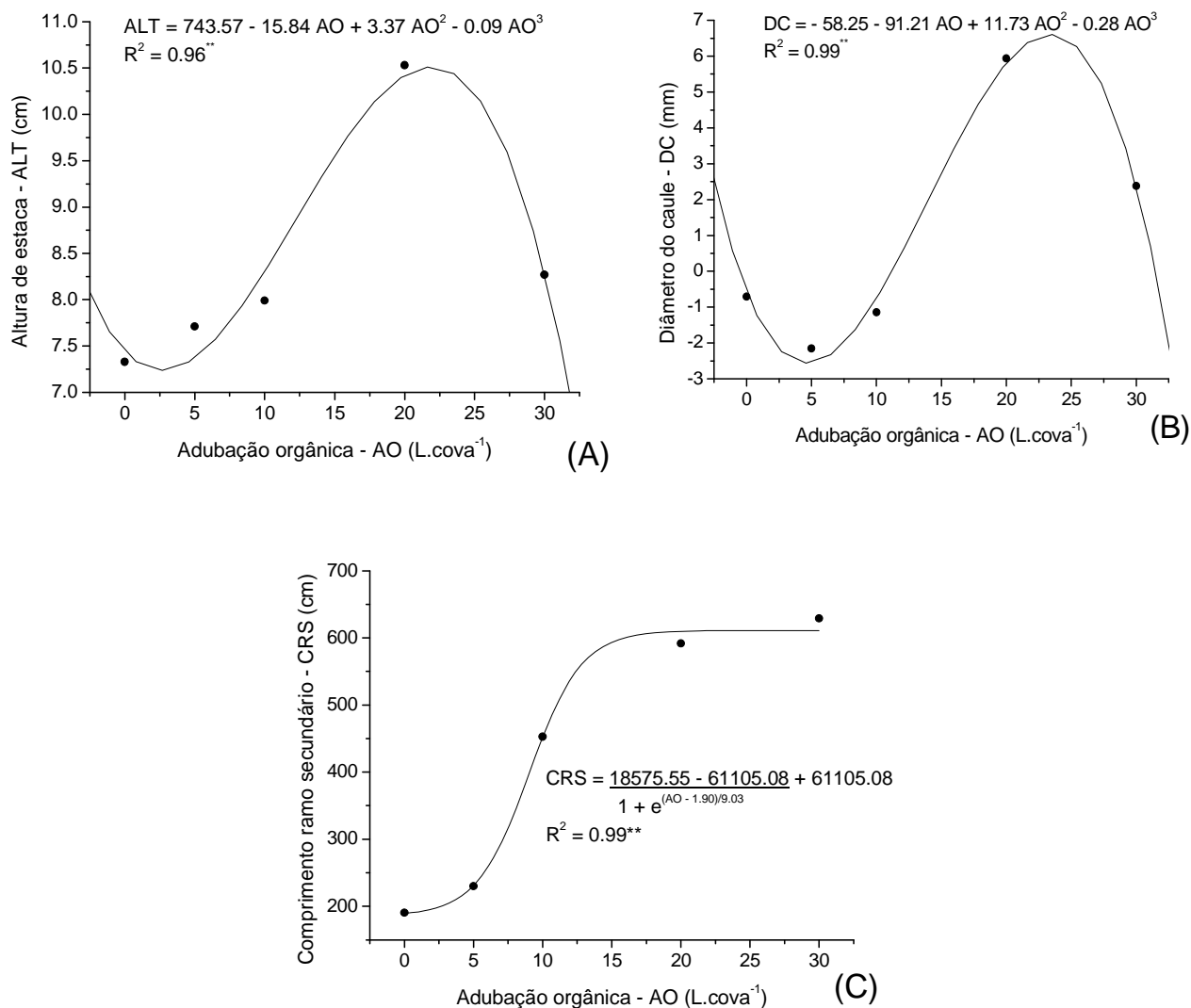


Figura 5. Incrementos percentuais do início para o final do experimento referentes a altura de estaca (A), diâmetro do caule (B) e comprimento do ramo secundário (C) da pitaya em função da adubação orgânica.

De acordo com MALAVOLTA et al. (2002) o esterco de curral mineralizado aumenta o teor de húmus no solo, composto de grande relevância porque promove melhoria nas condições físicas do solo, podendo tornar um solo argiloso mais permeável e aumenta a capacidade de retenção de água dos solos arenosos, fornece nutrientes, desenvolve a vida microbiana, facilita a dissolução dos elementos que se

encontram insolúveis no solo, melhora o poder tampão do solo e modifica o pH. Por outro lado, o fornecimento de doses de matéria orgânica em excesso pode provocar efeito deletério ao solo e conseqüente às plantas, como comprovado por CAVALCANTE et al. (2002) ao concluírem que havendo aumento desbalanceado da concentração de cátions e ânions e depauperam a capacidade produtiva dos solos.

Para o diâmetro do caule, os incrementos semanais foram mais distribuídos durante a execução do experimento (Figura 2C), diferentemente do observado para a altura de estaca. Deve-se enfatizar a semelhança entre as Figuras 2C e 4C, ambas expressando a distribuição dos incrementos semanais do diâmetro do caule, que destaca os maiores crescimentos em diâmetro aos 70 DAT. Essa situação pode ser resposta de que a condição climática tenha sido mais incisiva nos resultados dessa variável do que propriamente os níveis de adubação, quando observado em função do tempo. De maneira geral, durante o período de avaliação as maiores doses de adubo promoveram os maiores incrementos dessa variável, mas quando analisado o incremento do início para o final do experimento (Figura 5B), observa-se distribuição semelhante à altura de estaca, com crescimento do incremento até a quarta dose seguida de uma redução nas plantas com maior dose de esterco bovino.

Observa-se na Figura 5B que o diâmetro do caule para as três menores doses do fertilizante orgânico, apresentou valores negativos de incremento, indicando que a citada variável é bastante susceptível à condição climática local e, por isso, esta não se caracteriza como uma variável importante para expressar os efeitos dos tratamentos o que também foi concluído por CAVALCANTE et al. (2006 e 2007) em estudo sobre a pitaya *Hylocereus undatus* quanto à salinidade da água de irrigação.

O comprimento do ramo secundário, apresentou os maiores incrementos semanais com valor máximo de aproximadamente 35% referente à dose 30 L.cova<sup>-1</sup> aos 14 DAT (Figura 4B). Os maiores incrementos semanais corresponderam às maiores doses de adubo orgânico, o que foi confirmado pelo incremento final quando houve um crescimento acentuado até a dose de 10L.cova<sup>-1</sup> seguido de estabilização entre as duas maiores doses e conduzindo os dados à melhor ajuste ao modelo proposto por Boltzmann, conforme apresentado na Figura 5C. Para essa variável a

maior dose promoveu incremento de quase 70% superior à testemunha, refletindo a impotência da adubação orgânica para o cultivo da pitaya nas condições sob as quais o experimento foi desenvolvido.

LÓPEZ (2000) reportam que o crescimento é uma variável muito importante para a pitaya porque resulta na maior formação de vasos condutores, influenciando de maneira direta na capacidade produtiva da planta.

O período de seis meses de duração do experimento pode ter sido suficiente para ocorrer a mineralização da fonte orgânica e fornecimento de N inorgânico, contribuindo para o aumento da capacidade de troca de íons minerais e maior disponibilidade hídrica às plantas. Resultados de pesquisa revelam que a taxa do N em resíduos de origem animal no solo situa-se entre 13 e 67% após seis meses de aplicado (RODRIGUES & CASALI, 1999). Pelos resultados de estudos realizados por CHAE & TABATABAI (1986), constata-se que em resíduos orgânicos, até o primeiro mês, ocorre baixa mineralização, que aumenta até os três meses e estabiliza a liberação de elementos minerais até os seis meses.

A produção de massa seca (Figura 6A) e fresca (Figura 6B) da parte aérea da pitaya apresentaram basicamente a mesma distribuição em função das doses crescentes de adubação orgânica, ambas com melhor ajuste ao modelo proposto por Gauss, ou seja, aumento da variável até os 20 L.cova<sup>-1</sup> com leve declínio referente a última dose. Esses resultados evidenciam a importância do adubo orgânico no crescimento e desenvolvimento da pitaya, seja pelas melhorias promovidas no solo, seja pelo fornecimento de nutrientes, necessários ao crescimento vegetal (MALAVOLTA et al., 2002).

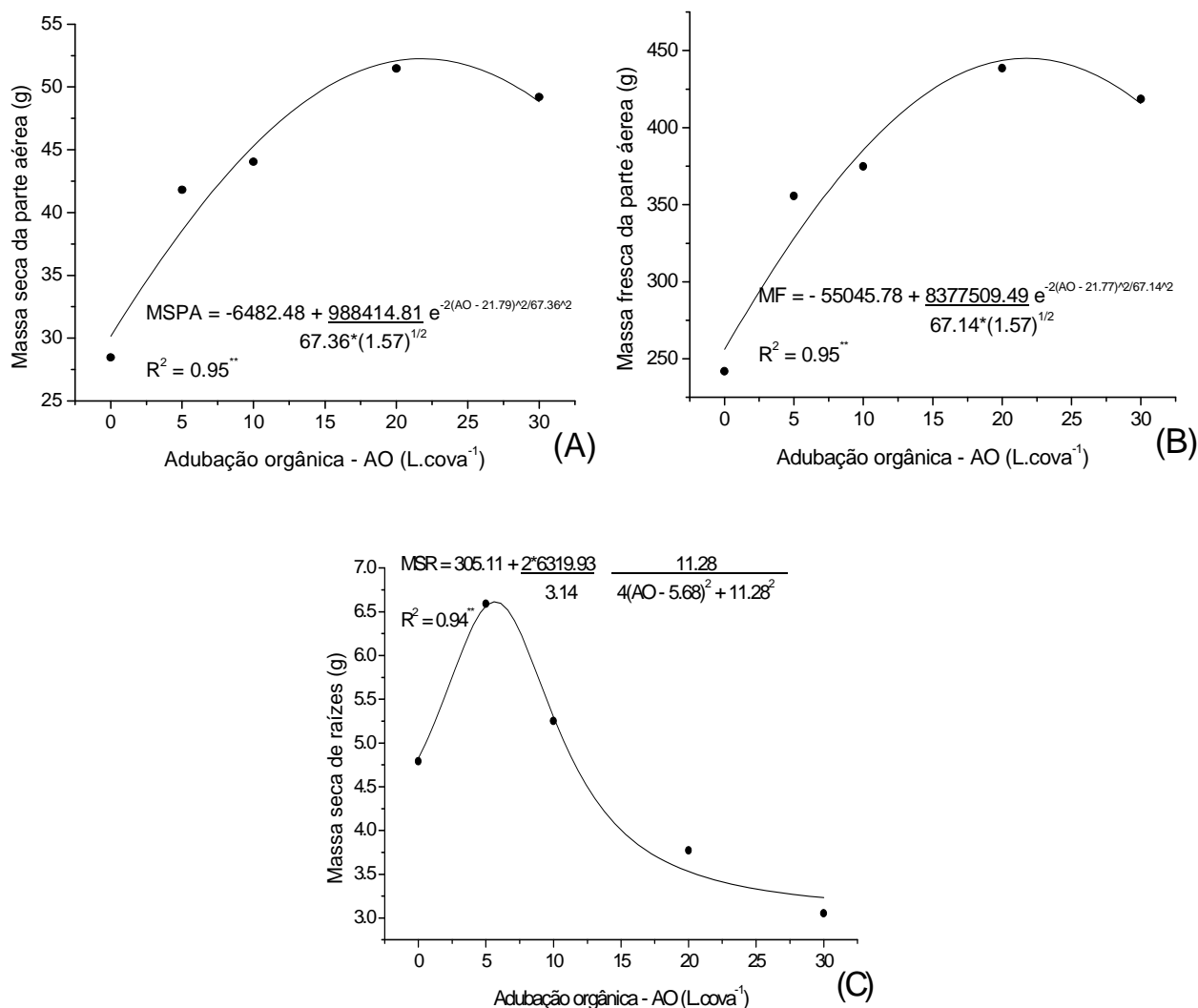


Figura 6. Massa seca de parte aérea (A), massa fresca da parte aérea (B) e massa seca de raízes (C) da pitaya em função da adubação orgânica.

Considerando que o solo da área experimental apresentava teor de matéria orgânica de  $2,87 \text{ g.dm}^{-3}$  ou  $0,287\%$  percebe-se que o esterco bovino expressiva importância no fornecimento de nutrientes, na elevação da umidade do solo, na melhoria de sua estrutura e no aumento da capacidade de troca catiônica, por meio da formação de complexos húmus-argila (YAMADA & KAMATA, 1989), proporcionando melhor aproveitamento dos nutrientes originalmente presentes.

Maiores incrementos de massa seca da parte aérea em função de doses de adubação orgânica foram também observados por SANTOS et al. (2001), os quais atribuíram os resultados à melhoria das características químicas e físico-químicas do solo e, com o passar do tempo à mineralização do material orgânico que pode ter incrementado os teores de bases trocáveis, o teor de fósforo e a capacidade de troca catiônica do solo.

A distribuição da massa seca de raízes em função da adubação orgânica apresentou curva diferenciada em relação às massas fresca e seca da parte aérea, com melhor ajuste ao modelo proposto por Lorentz, registrando-se significativo incremento da testemunha para a menor dose de adubo aplicada ( $5 \text{ L.cova}^{-1}$ ), com subsequente redução da produção de massa seca como o aumento das doses fornecidas (Figura 6C). Essa distribuição pode ser atribuída à textura do solo (dados não apresentados), visto que a pitaya em estudo, apesar de responder à matéria orgânica do solo, quando cultivada em solo de textura arenosa desenvolve maior proporção de raízes (MIZRAHI & NERD, 1999).

O sistema radicular da pitaya é superficial e pode absorver rapidamente pequenos teores de nutrientes no solo (Le BELLEC et al., 2006) o que contribui para a formação de cultivos orgânicos já que a utilização de compostos orgânicos e esterco de origem animal têm sido usados na Califórnia com grande sucesso, inclusive sem a necessidade de suplementação mineral (THOMSON, 2002).

Em estudo sobre o sistema radicular da figueira em função de doses de adubação orgânica, LEONEL & DAMATTO JÚNIOR (2007) concluíram que a adição de matéria orgânica ao solo melhora a distribuição do sistema radicular de plantas de figueira em formação e que as raízes expandem mais no sentido horizontal de distância do caule do que com a profundidade do solo.

De uma forma geral, os baixos resultados da testemunha, independentemente da variável estudada, podem ser atribuídos à baixa qualidade química do solo necessário ao cultivo da pitaya, principalmente quanto ao teor de matéria orgânica onde o experimento foi desenvolvido ( $2,87 \text{ g.dm}^{-3}$  ou 0,287%) quando o mínimo recomendado para a cultura, segundo GUZMÁN (1994), é de 7,00%.

Quantitativamente, a dose de fertilizante orgânico recomendada por PENTEADO (2004) para as culturas frutíferas perenes tradicionais varia de 10 a 20 t.ha<sup>-1</sup> adotando-se como fonte o esterco de curral curtido. Observa-se no presente trabalho que, para a maior parte das variáveis, os melhores resultados estão relacionados às maiores doses do fertilizante orgânico (20 e 30 L.cova<sup>-1</sup>, correspondentes a 12,5 e 25 t.ha<sup>-1</sup> aproximadamente), valores em parte compatíveis com as sugestões de PENTEADO (2004) e NEGRI (2006) ao recomendarem a aplicação de 10 L de esterco bovino no momento de preparo das covas. Por outro lado, ZEE et al. (2004) recomenda para as condições de solo de Taiwan, o fornecimento de 9 L.planta<sup>-1</sup> de esterco de bovinos jovens a cada quatro meses de cultivo iniciando em abril e suplemento com fertilizante mineral.

## ii) Estado nutricional de parte aérea

### ii1) Macronutrientes

Pelos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 3, observa-se que a adubação orgânica exerceu efeito estatístico significativo apenas sobre as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio. A ausência de significância sobre a acumulação de cálcio e potássio na massa seca da parte aérea da pitaya pode ser resposta dos elevados teores dos respectivos macronutrientes no esterco bovino (Tabela 1).

Tabela 3. Resumo das análises de variância referentes às concentrações de macronutrientes na parte aérea de plantas de pitaya ao final do experimento em função da adubação orgânica (AO).

	Valor "F"					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	0,74 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>**</sup>
AO (L cova <sup>-1</sup> )	6,36 <sup>**</sup>	1,19 <sup>**</sup>	5,61 <sup>**</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	15,73	36,09	27,94	27,33	23,18	18,97

C.V. = coeficiente de variação; \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

A concentração do nitrogênio no tecido vegetal da pitaya foi incrementada com o aumento da dose de fertilizante orgânico fornecido à planta (Figura 7A) até a dose 20

L.cova<sup>-1</sup> com suave declínio relativo a última dose, possivelmente causada pela suficiência quanto ao nitrogênio atingida pela planta, demonstrando melhor ajuste ao modelo proposto por Gauss.

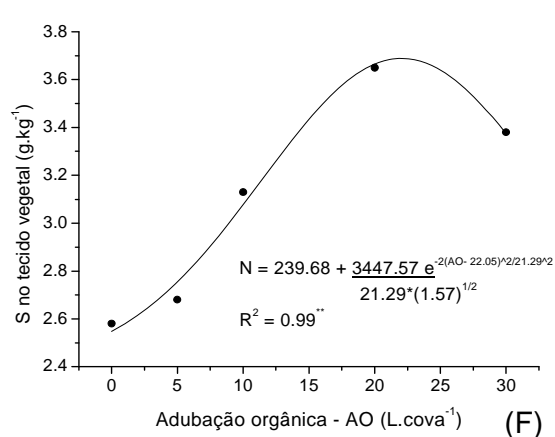
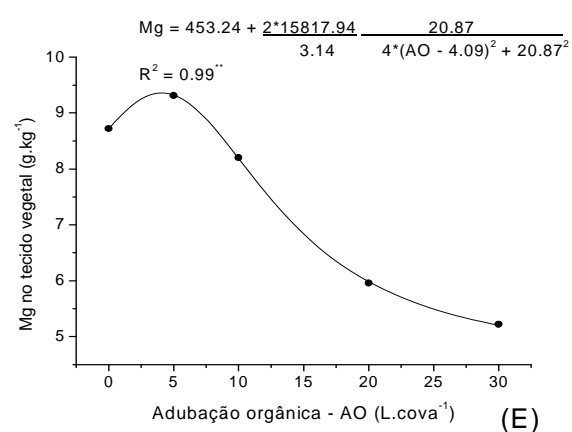
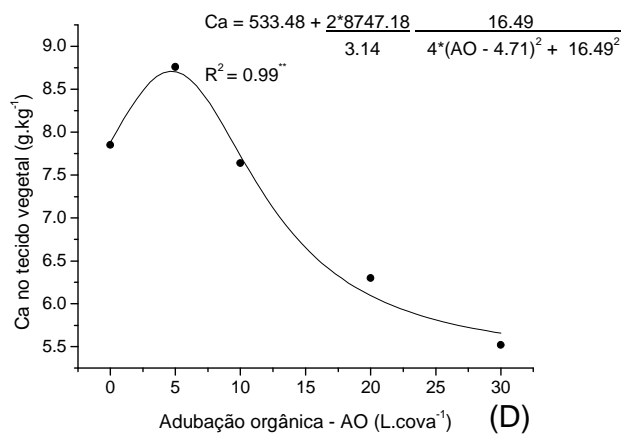
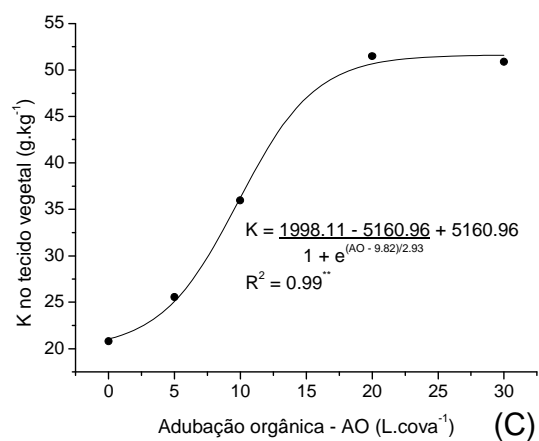
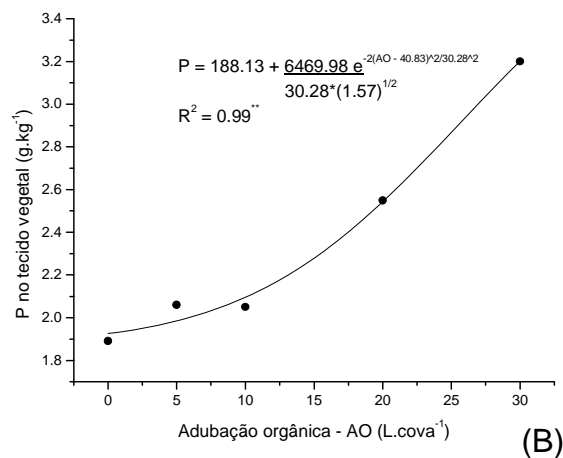
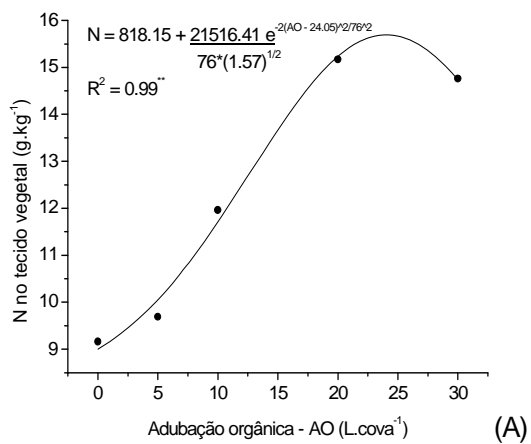


Figura 7. Concentrações de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) no tecido vegetal da pitaya em função da adubação orgânica.

Observa-se efeito semelhante para o potássio, caracterizando ação positiva do esterco bovino, visto que MARSCHNER (2005) enfatiza que a presença do potássio pode estimular a absorção de nitrogênio, principalmente porque o nitrogênio é transportado para a parte aérea na forma de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ). Em complemento, a presença do potássio na parte aérea da planta estimula o transporte do malato para o sistema radicular, o qual constituirá fonte de energia, aumentando a absorção dos nutrientes, dentre eles o nitrogênio. No mesmo sentido pode-se inferir para o fósforo visto que em solos com baixo teor de água a difusão do fósforo é prejudicada e, conseqüentemente, sua absorção é com reflexos na absorção do nitrogênio (ALI et al., 2002).

Sabe-se que há efeito do fertilizante orgânico sobre a redução da acidez do solo [elevação do pH (LAGREID et al., 1999)], portanto o incremento de alguns elementos como exemplo o nitrogênio com o aumento da dose de fertilizante orgânico pode ter sido influenciado positivamente, uma vez que o pH do solo antes da instalação do experimento era 5,8 (Tabela 1).

Os principais elementos demandados pela pitaya e que devem ser fornecidos via fertilização são nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (HERNÁNDEZ, 2000), destacando-se que o nitrogênio estimula a emissão de raízes e brotos mais vigorosos, sendo mais requerido durante o crescimento vegetativo até o pré-florescimento da pitaya (LUDERS, 2004).

O fósforo apresentou concentrações crescentes com o aumento do fertilizante fornecido, relevando-se que as plantas que receberam a maior dose de esterco apresentaram, em comparação com a testemunha, média 41% maior (Figura 7B), possivelmente em resposta ao maior quantitativo do elemento fornecido a partir do fertilizante orgânico que possui  $2785,00 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P, mas que necessita ser degradado para que haja absorção radicular. Nesse sentido, RAGHOTHAMA (1999) reporta que o fósforo apenas está prontamente disponível às plantas quando os microorganismos do solo degradam a matéria orgânica em formas simples, quando ocorre a liberação de íons fosfato inorgânico, forma na qual o fósforo encontra-se

disponível às plantas. Assim, observa-se que de 20 a 80% do total de fósforo do solo está na forma orgânica (principalmente fitato).

Apesar do solo onde o experimento foi realizado possui de baixo a médio ( $11,08 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) teor do elemento P (MALAVOLTA et al., 1997) e da matéria orgânica incrementar a atividade microbiana (BRADY & WEIL, 2007), transformando o fósforo no solo em forma prontamente assimilável às plantas, o que pode justificar a distribuição das concentrações desse elemento na pitaya contido na Figura 7B. Deve-se observar ainda que o teor de magnésio no solo ( $0,95 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) é considerado elevado, o que pode ter influído positivamente na maior absorção de fósforo, visto que há uma relação sinérgica entre o magnésio e o fósforo, isto é, a presença do magnésio aumenta a absorção do fósforo via radicular (MALAVOLTA et al., 1997).

As concentrações de potássio na pitaya apresentaram melhor ajuste ao modelo proposto por Boltzmann, no qual o fornecimento de maior quantidade de fertilizante orgânico proporcionou elevação do potássio no tecido vegetal com estabilização a partir dos  $20\text{L.cova}^{-1}$  (Figura 7C).

A matéria orgânica apresenta o potássio trocável e o próprio elemento como parte da sua constituição, liberando-o pela ação de lavagem e no processo de mineralização (MALAVOLTA et al., 2002).

No processo de absorção do potássio interferem, além de fatores como pH, umidade, tipo de solo e teor do nutriente no solo, os teores dos elementos cálcio e magnésio que em concentrações elevadas podem inibir a absorção de potássio (MARSCHNER, 2005). No presente trabalho, o solo continha, antes no transplântio, elevado teor de magnésio ( $0,95 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) segundo MALAVOLTA et al. (1997) o que pode ter interferido negativamente na absorção do potássio juntamente com o teor desse elemento contido no fertilizante orgânico fornecido às covas de plantio (Tabela 1). Normalmente, na membrana plasmática, o potássio é bastante permeável, facilitando a sua absorção, embora predomine a forma ativa (TAIZ & ZEIGER, 1998).

Comparando-se as tendências de distribuição dos dados contidos na Figura 7, observa-se que o potássio tem semelhança com o fósforo. Nesse sentido é válido

destacar que a absorção de ambos os elementos pela planta é dependente da difusão para atingir a superfície das raízes (RAIJ, 1991).

As concentrações do potássio no tecido vegetal da pitaya foram bastante superiores ao valor  $15,23 \text{ g.kg}^{-1}$  de massa seca observado por NERD et al. (2002), também em estudo com a mesma espécie.

O potássio promove aumento do diâmetro do caule da pitaya (INTA, 2002), sendo um dos elementos mais requeridos especialmente por exercer as funções de translocação de carboidratos e regulação de abertura e fechamento de estômatos para utilização de água (MARSCHNER, 2005).

As concentrações de cálcio e magnésio no tecido vegetal da pitaya em função das doses de adubação orgânica apresentaram distribuição semelhante, inclusive com melhor ajuste ao mesmo modelo, o proposto por Lorentz, observando-se um pequeno incremento no valor do elemento seguido de descréscimo até o último nível de adubação orgânica (Figuras 7D e 7E, respectivamente). Paralelamente, a conhecida competição por sítios ativos de absorção entre ambos os elementos e o potássio descrita por MARSCHNER (2005) pode ter sido observada no presente trabalho, visto que, comparativamente, as curvas de cálcio e magnésio em relação ao potássio são opostas, fato que pode caracterizar a relação de inibição entre os respectivos elementos na absorção já identificada na literatura. Deve-se ainda relevar a influência do íon sódio na absorção do cálcio reportada por HU & SCHMIDHALTER (2004), reforçada pelo fato da concentração do sódio ter apresentado distribuição praticamente contrária ao cálcio, como se pode observar na Figura 8D.

KIEHL (1985) afirmou que a contribuição da matéria orgânica como fornecedor dos nutrientes cálcio e magnésio é pequena, isso porque parte desses elementos fornecidos às plantas provém de minerais do solo.

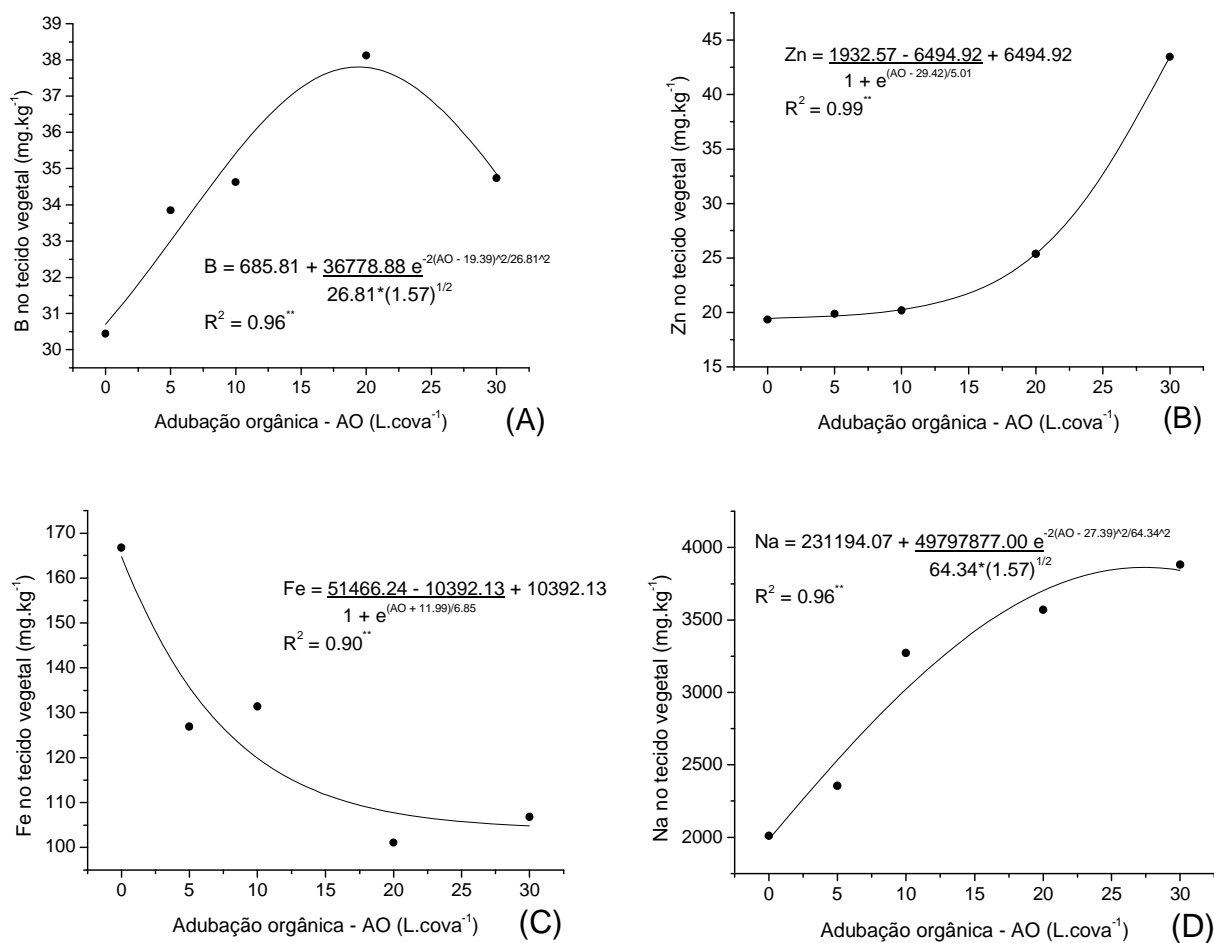


figura 8. Concentrações de boro (A), zinco (B), ferro (C) e sódio (D) no tecido vegetal da pitaya em função da adubação orgânica.

Em complemento, MENGEL & KIRKBY (1987) reportam que a taxa de absorção de cálcio é menor que a de potássio, porque a absorção do primeiro é realizada unicamente nas raízes jovens, nas quais as paredes celulares da endoderme não estão suberizadas, ainda sem estrias de caspary, podendo conduzir à concentrações maiores de potássio em relação ao cálcio. Alertam os autores que esse estudo deve ser direcionado para cada espécie porque as exigências nutricionais podem ser diferenciadas.

Em solos cultivados sob elevadas aplicações de fertilizantes potássicos, especialmente em culturas altamente exigentes em potássio, dentre os quais citros e

bananeira, pode haver indução de deficiência de magnésio, principalmente em solos com baixo teor do elemento.

Os valores de enxofre no tecido vegetal apresentaram curva semelhante à observada para o nitrogênio, inclusive com ajuste ao mesmo modelo de distribuição (Figura 7F). Esse incremento em conjunto de ambos os elementos (Figuras 7A e 7F respectivamente) é de vital importância para a planta, visto que MARSCHNER (2005) e MALAVOLTA (2006) recomendam adubação balanceada de nitrogênio e enxofre devido a relação negativa entre os elementos podendo conduzir a planta à deficiência, o que geralmente ocorre quando se usa fonte nitrogenada além do recomendado para a cultura e sem a presença do enxofre na composição, fato possivelmente não registrado no presente trabalho pois os fertilizantes orgânicos geralmente possuem enxofre.

Os valores de enxofre na massa seca das plantas aumentaram com as doses de esterco bovino adicionadas ao solo (Figura 7A), comportamento em consonância com (MALAVOLTA et al., 2002) ao afirmarem que a matéria orgânica é uma fonte de enxofre. Dessa forma o insumo orgânico deve ter elevado o teor de matéria orgânica no solo que inicialmente era muito baixo para o cultivo da pitaya (GUZMÁN, 1994) e, conseqüentemente, contribuindo para o aumento de enxofre disponibilizado para as plantas.

#### ii2) Micronutrientes e o sódio

Conforme se pode observar na Tabela 4 não houve influência estatística da adubação orgânica sobre as concentrações dos micronutrientes na massa seca da pitaya, mas, por outro lado, os valores do elemento sódio foram significativamente afetados pela adição de matéria orgânica.

Tabela 4. Resumo das análises de variância referentes as concentrações de micronutrientes e sódio na parte aérea de plantas de pitaya ao final do experimento em função da adubação orgânica (AO).

	Valor "F"					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Blocos	0,86 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>
AO (L.cova <sup>-1</sup> )	0,16 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	3,25 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	5,86**
C.V. (%)	34,41	91,40	33,28	31,66	74,53	19,02

C.V. = coeficiente de variação; \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

Os dados referentes aos elementos cobre e manganês não se ajustaram significativamente a nenhum modelo de regressão. Possivelmente, as pulverizações com calda bordaleza (fonte de cobre) possam ter homogeneizado os valores desse elementos nas plantas.

O boro nas plantas de pitaya apresentou incremento de 20,12% da testemunha para o tratamento com a maior concentração (20 L.cova<sup>-1</sup>), com decréscimo para o último nível, adequando-se portanto ao modelo de distribuição proposto por Gauss (Figura 8A).

A tendência dos resultados está compatível com RAIJ (1991) ao afirmar que a principal fonte de boro para as plantas é a matéria orgânica do solo. A partir disso pode-se afirmar que solos com baixo teor de matéria orgânica e/ou baixa taxa de mineralização da matéria orgânica podem apresentar baixas concentrações do elemento, podendo induzir a planta à deficiência. O teor inicial de boro no solo do experimento de 0,42 mg.dm<sup>-3</sup> é considerado por RAIJ et al. (1996) médio, ou seja, entre 0,20 e 0,60 mg.dm<sup>-3</sup>. Com a aplicação do fertilizante orgânico esse percentual pode ter sido incrementado, mas por outro lado, cada planta possui um potencial de resposta à aplicação desse micronutriente o qual varia com a exigência da cultura (MARSCHNER, 2005). Observa-se que plantas com os menores valores de boro também apresentaram os menores de potássio e fósforo, isso porque de acordo com SALISBURY & ROSS (1994) a deficiência de boro pode reduzir a absorção de potássio e fósforo e comprometer a atividade da ATPase da plasmalema e da RNAase, o teor de fosfolipídeos e galactolipídeos, provocando diminuição do teor de proteínas nas membranas. Os

mesmos autores afirmam que o referido processo pode promover danos na formação e estabilidade da plasmalema, diminuindo assim o funcionamento dos canais protéicos.

Comparativamente, os valores de boro do presente trabalho encontram-se expressivamente acima do valor ( $3,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) reportado por NERD et al. (2002) diferentes regiões de Israel.

Para a pitaya, o boro exerce fundamental função no pegamento, tamanho e massa dos frutos, conforme concluiu INFANTE (1996).

As concentrações do tecido vegetal referentes ao zinco (Figura 8B) foram marcadamente aumentadas com o maior fornecimento do fertilizante orgânico, principalmente do penúltimo para o último nível de adubação quando o incremento foi de aproximadamente 42%. Numa avaliação geral observa-se que a adubação orgânica aumentou o zinco no tecido vegetal de pitaya, visto que plantas dos tratamentos em covas sem o fornecimento do insumo apresentaram concentração do elemento quase 56% menor, embora não se tenha identificado sintomas visuais de deficiência apesar dessa superioridade.

Geralmente o zinco está presente no solo em pequenas quantidades e muitas vezes adsorvido às argilas e à matéria orgânica (RAIJ, 1991), motivos pelos quais torna-se um elemento cuja deficiência na agricultura não é difícil de ser encontrada.

No presente trabalho observa-se que as concentrações do zinco e fósforo apresentaram tendências semelhantes e crescentes com o fornecimento do esterco bovino. Essa situação pode ser devido à concentração do fósforo no solo considerada média (RAIJ et al., 1996), uma vez que segundo MARSCHNER (2005), elevadas concentrações de fósforo no solo podem induzir deficiência de zinco na planta. Para RAIJ (1991) a matéria orgânica no solo em elevadas quantidades pode adsorver o zinco, tornando-o indisponível para as plantas, o que também pode ser causado pela ação microbiana do solo e provavelmente aconteceu no presente trabalho.

A adição de matéria orgânica oriunda do esterco bovino inibiu a absorção e acumulação de ferro no tecido vegetal da pitaya (Figura 8C) com declínio de aproximadamente 36% entre a maior dose de esterco fornecido e a testemunha,

O teor do ferro no solo antes da aplicação dos tratamentos ( $8,49 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) é considerado médio por RAIJ et al. (1996), pois encontra-se entre 5 e  $12 \text{ mg.dm}^{-3}$ . Entretanto, a aplicação do calcário para elevação do pH do solo, inicialmente em 5,8 deve ter diminuído a disponibilidade do nutriente às plantas. Adicionalmente, MALAVOLTA et al. (2002) afirmam que os teores elevados de matéria orgânica também exercem efeito positivo na elevação do pH e, conseqüentemente com reflexo positivo na disponibilidade do fósforo, embora, nesse caso, a influência seja negativa para a disponibilidade do ferro para as plantas. Esse efeito deletério descrito por MALAVOLTA et al. (2002) pode explicar a redução na concentração do ferro na planta com o aumento da dose do esterco bovino fornecida (Figura 8C), juntamente com a tendência contrária apresentada para o fósforo, conforme apresentado na Figura 7B. Deve-se salientar ainda que, ao tratar-se de um micronutriente, as exigências das culturas são pequenas e, com efeito, talvez o teor disponível no solo inicialmente tenha sido suficiente para suprir as necessidades da pitaya durante o período de avaliação, visto que sintomas de excesso ou deficiência na planta não foram identificados.

Outro fator importante concernente ao ferro é a relação entre esse elemento e o zinco reportada por FAGERIA et al. (2002). Segundo esses autores a absorção do ferro é influenciada pelo zinco, presumivelmente por inibição competitiva, o que pode ter acontecido na pitaya ao comparar-se as tendências contrárias dos elementos Fe e Zn nas plantas (Figuras 8B e 8C). De fato, o teor inicial de zinco no solo ( $0,11 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) é considerado baixo por RAIJ et al. (1996), mas deve ter sido incrementado significativamente pelo fertilizante orgânico que apresentou em sua dose máxima ( $30 \text{ L.cova}^{-1}$ ) o que corresponde a  $23,40 \text{ mg.dm}^{-3}$ , um valor alto para RAIJ et al. (1996).

Os valores de sódio na biomassa da pitaya aumentaram quase 49% comparando-se o maior nível de fertilizante orgânico fornecido com a testemunha (Figura 8D), adequando-se ao modelo postulado por Gauss. O teor desse elemento no solo antes da execução do experimento foi mínimo, incapaz de ser detectado pela análise de solo (Tabela 1), entretanto no tecido vegetal da pitaya foi aumentado conforme aumentada a quantidade de esterco bovino fornecida à cova de plantio, indicando que o esterco representou uma fonte de sódio para a planta, como reportou

também MALAVOLTA (2002), já que o fertilizante orgânico usado no estudo apresentou  $19,58 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de sódio em sua composição (Tabela 1). Apesar do incremento na concentração do sódio e das médias desse elemento terem sido maiores que a de qualquer micronutriente estudado no presente trabalho, nenhuma planta apresentou sintomas de toxidez, indicando que o sódio não atingiu níveis críticos na planta como também concluíram CAVALCANTE et al. (2008) para o maracujazeiro amarelo cultivado em solo com fertilizante orgânico.

Os resultados do sódio no tecido vegetal da pitaya variando de 2009,10 a 3881,87  $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$  de massa seca são bastante inferiores ao intervalo obtido por NERD et al. (2002) de 3,93-9,13  $\text{g}.\text{kg}^{-1}$ .

O sódio foi classificado por SUBBARAO et al. (2002) como sendo um elemento funcional, pois em sua função osmótica pode substituir parcialmente o potássio, visto que o compartimento vacuolar contém diversos outros solutos como açúcares, aminoácidos e sais de sódio, sendo também importante como íon acompanhante na deposição do  $\text{NO}_3^-$  no vacúolo (MALAVOLTA, 2006).

## CONCLUSÕES

Pelo presente trabalho, conclui-se:

- No período inicial da pitaya no campo é necessário o uso de cobertura contra a incidência direta dos raios solares;
- As coberturas com 50% ou 75% de luminosidade podem ser usadas durante o período inicial da pitaya no campo;
- A concentração no tecido vegetal do nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, boro, zinco e sódio são incrementadas com o aumento do nível de esterco fornecido à planta;
- O fornecimento de 20  $\text{L}.\text{cova}^{-1}$  de esterco bovino promove um crescimento da parte aérea em função do sistema radicular.

## REFERÊNCIAS

ALI, J.; BAKHT, J.; SHAFI, M.; KHAN, S.; SHAH, W.A. Uptake nitrogen as affected by various combinations of nitrogen and phosphorus. **Asian Journal of Plant Sciences**, Faisalabad, v.1, n.4, p.367-369, 2002.

ANDRADE, R.A.; MARTINS, A.B.G.; SILVA, M.T.H. Influência da fonte de material e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.183-186, 2007.

ANDRADE, J.L.; RENGIFO, L.; RICALDE, M.F.; SIMÁ, J.L.; CERVERA, J.C.; VARGAS-SOTO, G. Microambientes de luz, crecimiento y fotosíntesis de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en un agrosistema de yucatán, México. **Agrociencia**, Montecillo, noviembre-diciembre, p.687-697, 2006.

BRADY, N.C.; WEIL, R. **Nature and properties of soils**. McMillan: New York, 2007. 965p.

CANTO, A.R. **El cultivo de pitahaya en Yucatán**. Yucatán: Universidad Autónoma de Chapingo, 1993. 53p.

CAVALCANTE, Í.H.L.; BECKMANN, M.Z.; MARTINS, A.B.G.; CAVALCANTE, L.F. Pitaia e a salinidade. In: CAVALCANTE, L.F.; LIMA, E.M. (Eds.). **Algumas Frutíferas Tropicais e a Salinidade**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, p.137-148.

CAVALCANTE, Í.H.L.; BECKMANN, M.Z.; MARTINS, A.B.G.; GALBIATTI, J.A.; CAVALCANTE, L.F. Water salinity and initial development of red pitaya. **International Journal of Fruit Science**, New York, v.7, n.3, p.39-46, 2007.

CAVALCANTE, L.F.; CAVALCANTE, Í.H.L. Uso de água salina da agricultura. In: CAVALCANTE, L.F.; LIMA, E.M. (Eds.). **Algumas Frutíferas Tropicais e a Salinidade**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, p.1-18.

CAVALCANTE, L.F.; CAVALCANTE, Í.H.L.; SANTOS, G.D. Micronutrient and sodium foliar contents of yellow passion plants as a function of biofertilizers. **Fruits**, Paris, v.63, p.1-8, 2008.

CAVALCANTE, L.F.; LIMA, R.L.S.; SANTIAGO, R.D.; CAVALCANTE, Í.H.L.; ARAÚJO, F.A.R. Melhoria química e física de um solo salino sódico tratado com matéria orgânica e cultivado com leguminosas forrageiras. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v.6, n.1, p.27-35, 2002.

CHAE, Y.M.; TABATABAI, M.A. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. **Journal of Environmental Quality**, Stanford, v. 15, n. 2, p. 193-198, 1986.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p. (Documentos, 1).

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, Amsterdã, v.77, p. 185-268, 2002.

GRAHAM, E.A.; NOBEL, P.S. Daily changes in stem thickness and related gas exchange patterns for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. **International Journal of Plant Science**, Chicago, v.166, n.1, p.13–20, 2005.

GUZMÁN, R. Fertilización de la pitahaya. In: Primer encuentro nacional del cultivo de la pitahaya, 1994, San Marcos, **Memorias...** San Marcos, 1994, p.80-82.

HERNÁNDEZ, Y.D.O. **Hacia el conocimiento y la conservación de la pitahaya**. Oaxaca: IPN-SIBEJ-CONACYT-FMCN, 2000. 124p.

HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Limitation of salt stress to plant growth. In: HOCK, E. **Plant Toxicology**. 4.ed. New York: Marcel Dekker Inc., 2004. p.191-224.

INFANTE, G.S. El cultivo de la pitahaya: experiencias en Colombia. In: CASTILLO, M.; CÁLIX, H. **Memoria del primer curso teórico-práctico sobre el cultivo de la pitahaya**. Quintana: Universidad de Quintana Roo, 1996. p.17-31.

INTA. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuária. **Guía tecnológica del cultivo de la pitahaya**. 2002. p. 2, 5 e 7.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492p.

LAGREID, M.; BOCKMAN, O.C.; KAARSTAD, O. **Agriculture, fertilizers and the environment**. Cambridge: CABI, 1999. 294p.

Le BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, Paris, v.61, p.237–250, 2006.

LEONEL, S.; DAMATTO JÚNIOR, E.R. Perfil radicular da figueira sob efeito de níveis de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.191-194, 2007.

LÓPEZ, A. **Ventajas agrobiológicas de la introducción de abonos verdes en el cultivo de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en Nicaragua**. 2000. 23f. Dissertação (Mestrado) – Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, Managua. 2000.

LUDERS, L. **The pitaya or dragon fruit (*Hylocereus undatus*)**. Darwin: University of Darwin, 2004. 5p. (Agnote N°778).

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: CERES, 2006. 631p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 281p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. Orlando: Academic Press, 2005, 889p.

MENGEL, K.; KIRKBY, A.E. **Principles of Plant Nutrition**, 4.ed. Berna: International Potash Institute, 1987. 687p.

MIZRAHI, Y.; NERD, A. Climbing and columnar cacti: new arid land fruit crops. In: JANICK, J.(Ed.). **Perspectives on new crops and new uses**. Alexandria: ASHS Press, 1999. p.358-366.

NEGRI, L.A.B. **Propuesta metodológica para evaluar la adaptación de los productores a la variabilidad climática, principalmente a la sequía, en cuencas hidrográficas en américa central**. 2006. 146f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, 2006.

NERD, A.; NEUMANN, P.M. Phloem water transport maintains stem growth in a drought-stressed crop cactus (*Hylocereus undatus*). **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.129, n.4, p.486-490, 2004.

NERD, A.; MIZRAHI, Y. Reproductive biology of cactus fruit crops. **Horticultural Reviews**, Leuven, v.18, p.321-346. 1997.

NERD, A.; SITRIT, Y.; KAUSHIK, R.A.; MIZRAHI, Y. High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.96, p.343–350, 2002.

NOBEL, P.S.; De la BARRERA, E. CO<sub>2</sub> uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.144, p.1–8, 2004.

ORTÍZ-HERNÁNDEZ, Y.D., LIVERA-MUÑOZ, M.; CARRILLO-SALAZAR, A. Asimilación de CO<sub>2</sub> por la pitahaya *Hylocereus undatus* en condiciones de campo. **Agrociencia**, Montecillo, v.33, p.165-169, 1999.

PENTEADO, S.R. **Fruticultura orgânica: formação e condução**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2004. 324p.

RAGHOTHAMA, K.G. Phosphate acquisition. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.665-693, 1999.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: CERES, 1991. 343p.

RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 285p.

RAVEH, E., A. NERD; Y. MIZRAHI. Responses of climbing cacti to different levels of shade and to carbon dioxide enrichment. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.434, p.271–278, 1996.

RAVEH, E.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.73, p.151-164, 1998.

RAVEH, E.; WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Pitayas (genus *Hylocereus*): a new fruit crop for the Negev Desert of Israel. In: JANICK, J.; SIMON, J.E.(Eds.). **New Crops**. New York: Wiley, 1993. p.491-495.

ROBLES, J.R.S.; BAUTISTA, R.O.; CRUZ, F.R.; ZAVALETA, J.R.; RIVAS, C.O.; FLORES, H.P.; TRUEBA, L.A.C. Producción y comercialización de pitahayas en México. **Aserca**, Junio, p.3-22, 2000.

RODRIGUES, E.T.; CASALI, V.W.D. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p.125-128, 1999.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiología vegetal**. Ciudad de México: Editorial Iberoamericana, 1994. 759p.

SANTOS, R.H.S.; SILVA, F.; CASALI, V.W.D.; CONDE, A.R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1395-1398, 2001.

SAS/STAT. **User's Guide**, version 4.0.2. Cary: SAS Inst. Inc., 2000.

SUBBARAO, G.V.; STUTTE, G.V.; WHEELER, R.M.; BERRY, W.L. Sodium: a functional nutrient in plants. In: PESSARAKLI, M. **Handbook of Plant Crop Physiology**. 2nd edition. New York: Marcell Dekker, 2002. p.363-384

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. 792p.

THOMSON, P. **Pitahaya (*Hylocereus species*): A Promising New Fruit Crop for Southern California**. Bonsall: Bonsall Publications, 2002.

VIANA, T.V.A.; VASCONCELOS, D.V.; AZEVEDO, B.M.; SOUZA, V.F. Estudo da aptidão agroclimática do Estado do Piauí para o cultivo da aceroleira. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 33, n.2, p. 5-12, 2002.

YAMADA H; KAMATA H. Agricultural technological evaluation of organic farming and gardening I. Effects of organic farming on yields of vegetables and soil physical and chemical properties. **Bulletin of the Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture**, Kanagawa, v.130, p.1-13, 1989.

ZEE, F.; CHUNG-RUEY, Y; NISHINA, M. **Pitaya (Dragon Fruit, Strawberry Pear)**. Mānoa: University of Hawai'i, 2004. 3p. (F&N-9).