

ÁCIDOS HÚMICOS, BRASSINOSTEROIDES, POTÁSSIO E SILÍCIO
NA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO

PAULO CESAR DOS SANTOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO – 2016

ÁCIDOS HÚMICOS, BRASSINOSTEROIDES, POTÁSSIO E SILÍCIO NA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO

PAULO CESAR DOS SANTOS

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCT / UENF

67/2016

Santos, Paulo Cesar dos

Ácidos húmicos, brassinosteroides, potássio e silício na otimização da produção de mudas de abacaxizeiro / Paulo Cesar dos Santos. – Campos dos Goytacazes, 2016.

84 f. : il.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Laboratório de Fitotecnia. Campos dos Goytacazes, 2016.

Orientador: Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

Área de concentração: Produção Vegetal.

Bibliografia: f. 69-84.

1. PROPAGAÇÃO DE PLANTAS 2. *Ananas comosus* 3. ABACAXI 4. HÚMUS 5. FITOMÔNIO I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Laboratório de Fitotecnia II. Título

CDD 634.774

ÁCIDOS HÚMICOS, BRASSINOSTEROIDES, POTÁSSIO E SILÍCIO NA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO

PAULO CESAR DOS SANTOS

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”

Aprovada em 29 de março de 2016.

Comissão Examinadora:

Pesq. Diego Noleto Luz Pequeno (D.Sc., Modelagem de Culturas) – UF

Prof^a. Janie Mendes Jasmim (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Patrícia Gomes de Oliveira Pessanha (D.Sc., Fruticultura) – UENF

Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho (D.Sc., Fruticultura) – UENF
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus.

Aos meus pais, minha irmã pelo apoio e confiança.

Ao Seu Júlio e Dona Tereza pelo apoio durante todos esses anos.

À minha família.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e a Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador Prof. Almy pelos ensinamentos, oportunidades e apoio durante esses anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Professor Patricio Munoz pela oportunidade de fazer o período sanduíche na Universidade da Florida,

Aos meus amigos de graduação e pós-graduação que conquistei durante essa jornada pelo companheirismo e alegria que me proporcionaram durante esse tempo.

Aos amigos e colegas do laboratório de fitotecnia que ajudaram na condução e avaliação dos experimentos.

Aos amigos que fiz durante esses 7 meses na Florida

Aos técnicos do Laboratório de Fitotecnia Detony José C. Petri e ao Senhor José Acácio pela cooperação das análises de nutrientes.

À Empresa Agrolatino Ind. e Com. de Adubos e Fertilizantes Ltda pelo
fornecimento do Condicionador Orgânico de Solo
Ao Dr. Gean Carlos Silva Matias pela colaboração.
A todos que, direta e indiretamente, colaboraram neste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT	vi
1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	4
2.1. Abacaxizeiro e suas cultivares.....	4
2.2. Propagação do abacaxizeiro	5
2.3. Brassinosteroides	7
2.4. Ácidos húmicos.....	8
2.5. Potássio	9
2.6. Silício.....	10
3. TRABALHOS.....	13
CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO 'VITÓRIA' COM CLORETO DE POTÁSSIO E ÁCIDO SILÍCIO	13
ÁCIDOS HÚMICOS E BRASSINOSTEROIDES NO CRESCIMENTO E NA NUTRIÇÃO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO DURANTE A FASE DE ACLIMATIZAÇÃO.....	30

BRASSINOSTEROIDES E ÁCIDOS HÚMICOS NA PRODUÇÃO PRECOCE DE REBENTOS PROVENIENTES DE COROAS DE ABACAXI	50
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

RESUMO

Santos, Paulo Cesar dos. Eng. Agrônomo, D.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2016. Ácidos húmicos, brassinosteroides, potássio e silício na otimização da produção de mudas de abacaxizeiro. Orientador: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

Com o objetivo de aumentar a produção de mudas de abacaxizeiro em quantidade e em qualidade, foram realizados três experimentos para avaliar as respostas de mudas micropropagadas (oriundas de cultivo *in vitro*) e do tipo rebento precoce (provenientes da técnica de eliminação do meristema apical de coroas de abacaxi), com relação a aplicações de ácidos húmicos, brassinosteroides, potássio e silício quanto ao seu desenvolvimento, crescimento e estado nutricional. No primeiro experimento: avaliou-se o efeito da adubação com silicato e potássio sobre o crescimento e composição nutricional de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' produzidas em cultivo *in vitro*. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x2, com quatro doses de cloreto de potássio (0; 1,25; 2,5 e 3,75 g L⁻¹), na presença ou na ausência da aplicação de ácido silícico, com cinco repetições. Observou-se que doses crescentes de cloreto de potássio, juntamente com o ácido silícico resultaram na produção de raízes com menor volume. O acúmulo de potássio nas mudas foi menor quando estas foram fertilizadas com ácido silícico. No segundo experimento: avaliou-se o efeito de ácidos húmicos e brassinosteroides na

aclimatização de mudas do abacaxizeiro 'Vitória'. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, num fatorial 5x2, sendo cinco doses de brassinosteroides (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg L⁻¹) na presença e na ausência de ácidos húmicos, com cinco repetições. Como fonte de brassinosteroides foi utilizado o BIOBRAS-16 e para fonte de ácidos húmicos foi utilizado o condicionador orgânico de solo Agrolmin HF[®]. A aplicação de ácidos húmicos garantiu a produção de mudas com maior número de folhas. Além disso, a altura e a massa radicular das mudas foram maiores quando se aplicou ácidos húmicos na dose 0 de brassinosteroides. O teor médio foliar de nitrogênio, de fósforo, de potássio, cálcio e de magnésio foi 13,04, 1,77, 40,2, 8,79 e 3,17 g kg⁻¹ respectivamente. Observou-se redução dos teores de nitrogênio e de potássio e aumento dos teores de fósforo em função do tempo de aclimatização. No terceiro experimento: avaliou-se o efeito da aplicação de ácidos húmicos e de brassinosteroides na produção de mudas do tipo rebento por meio de coroas de abacaxi. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, num fatorial 4x2, sendo quatro doses de brassinosteroides (0, 0,5, 0,75 e 1,00 mg L⁻¹) na presença e na ausência de ácidos húmicos, com cinco repetições. As primeiras emissões de rebentos foram registradas aos 30 dias após o plantio das coroas nos vasos e estes foram coletados quando atingiram pelo menos 10 cm de altura. Aos 360 dias após o plantio das coroas, verificou-se que na dose 0 de brassinosteroides, com a aplicação de ácidos húmicos, houve incremento de 32,4% na produção de rebentos.

ABSTRACT

Santos, Paulo Cesar dos. Agronomist, D.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March 2016. Humic acids, brassinosteroids, potassium and silicon for optimizing the production of pineapple plantlets. Supervisor: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

Aiming to increase the production of pineapple plantlets both in quantity and quality, three experiments were carried out to evaluate the response of both micro-propagated plantlets (obtained from *in vitro* culture) and pineapple precocious saplings (obtained by eliminating the apical meristem of pineapple crowns) to humic acids, brassinosteroids, potassium and silicon on their growth, development and nutritional status. In the first experiment the effects of the fertilization with silicon and potassium on the growth and nutrient composition of pineapple plantlets 'Vitória' produced *in vitro* were evaluated. The experimental design was in randomized blocks, in a factorial scheme 4x2, with four doses of potassium chloride (0; 1.25; 2.5 and 3.75 g L⁻¹), with or without the use of silicic acid, with five replications. It was observed that increasing doses of potassium chloride along with silicic acid resulted in a smaller volume of roots. The increase of potassium in the plantlets was lower when they were fertilized with silicic acid. In the second experiment the effect of humic acids and brassinosteroids in the acclimatization of pineapple plantlets 'Vitória'. The experimental design was in randomized blocks in a factorial scheme 5x2, with five doses of brassinosteroids (0; 0.25; 0.50; 0.75 and 1.00 mg L⁻¹) with or without humic acids, with five replications. The source of

brassinosteroids was BIOBRAS-16, and the organic soil conditioner Agrolmin HF[®] was the source of humic acids. The application of humic acids guaranteed plantlets with a higher number of leaves. Besides, the plantlet heights and root masses were higher when they were treated with humic acids in the absence of brassinosteroids. The mean contents of leaf nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium were 13.04, 1.77, 40.2, 8.79 and 3.17 g kg⁻¹, respectively. Reduced nitrogen and potassium contents were observed as a function of acclimatization time, conversely there was an increase in phosphorus contents. The third experiment evaluated the effects of humic acids and brassinosteroids on the production of saplings from pineapple crowns. The experimental design was in randomized blocks in a factorial scheme 4x2, with four doses of brassinosteroids (0, 0.5, 0.75 and 1.00 mg L⁻¹) with or without humic acids, with five replications. The first emissions of saplings were observed at 30 days after planting the crowns in pots and those saplings were harvested when they reached a minimum height of 10 cm. At 360 after planting, an increase of 32.4% of saplings was observed in the treatment with humic acids but without brassinosteroids.

1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro é considerado uma espécie frutífera tropical de expressiva importância econômica e nutricional para o Brasil. Dentre os estados produtores, o Rio de Janeiro vem se destacando nos últimos anos e no ano de 2014 a área colhida foi de 4.305 ha, com plantio de cerca de 150 milhões de mudas e produção de 109.810 mil frutos (IBGE, 2016).

Entretanto, considera-se um entrave para o aumento da produtividade da cultura a indisponibilidade de mudas com padrão de qualidade morfológico, fisiológico e fitossanitário. A produção de mudas de abacaxizeiro, quando executada dentro dos padrões técnicos adequados resulta em elevados custos. Estes são justificados pela longa permanência das mudas no viveiro, até atingir o tamanho ideal para plantio (25 cm), o que desestimula esta atividade por parte dos viveiristas e dificulta a aquisição destas pelos produtores. Além disso, um grave problema fitossanitário que compromete o desenvolvimento da cultura do abacaxizeiro é a alta incidência de fusariose, patologia causada pelo fungo *Fusarium guttiforme*. Sabe-se que a utilização de mudas de qualidade é a forma mais eficaz de prevenir a disseminação desta doença e de seu agente patogênico (Matos et al., 2009).

Como alternativa a estas dificuldades, o desenvolvimento de novas tecnologias de propagação acelerada do abacaxizeiro, como a cultura de tecidos vegetais, tem possibilitado a produção de milhares de mudas a partir de uma única gema, num curto espaço de tempo. Porém, essas mudas necessitam passar por um longo processo de aclimatização e posterior aclimatação depois

que saem da condição *in vitro* (Baldotto et al., 2010), onerando a produção e inviabilizando a utilização destas mudas pelos produtores. Outro método de propagação acelerado do abacaxizeiro consiste na utilização da coroa de abacaxi para produzir rebentos precoces após eliminação do meristema apical (Santos et al., 2011; Coelho et al., 2007; Heenkenda, 1993).

Acredita-se que todos os métodos de propagação podem ser potencializados com a aplicação de ácidos húmicos (Baldotto et al., 2010) brassinosteroides (Freitas et al., 2015) e/ou adição de doses mais adequadas de nutrientes como potássio (Coelho, 2005) e silício (Asmar et al., 2013), considerando-se o sucesso relatado para outras frutíferas quando estas substâncias foram aplicadas de forma isolada (Braga et al., 2009; Vichiato et al., 2007).

A aplicação dos ácidos húmicos nas plantas garante um efeito bioestimulante que se reflete no incremento do crescimento e da produtividade. Esse produto aumenta o enraizamento, a eficiência de absorção de nutrientes e o teor de clorofila (Melo et al., 2015), além de fornecer nutrientes para as plantas por meio de sua mineralização (Cordeiro et al., 2010).

Os brassinosteroides promovem respostas sobre a divisão de células (Clouse e Sasse, 1998), o alongamento celular (Azpiroz et al., 1998, Clouse e Sasse, 1998), ativação de bombas de prótons (Müssig, 2005) e ainda podem conferir às plantas tolerância a estresse abióticos (Ramakrishna e Rao, 2015), efeitos estes que se traduzem no maior crescimento das plantas (Oriika Ono et al., 2000)

O silício é considerado um elemento agronomicamente benéfico para muitas Liliopsidae e para algumas Magnoliopsidae (Guntzer et al., 2012). Ao ser acumulado, ele proporciona mudanças anatômicas nos tecidos, como o surgimento de células epidérmicas mais espessas (Sujatha et al., 2012), em decorrência da deposição de sílica (Asmar et al., 2011). Isto garante a formação de uma barreira mecânica capaz de dificultar o ataque de insetos sugadores (Gomes et al., 2005) e mastigadores (Hunt et al., 2008), e impede a penetração de fungos (Epstein, 1999). O silício pode atuar também como ativador da expressão de reações de defesa natural das plantas via produção de compostos fenólicos e taninos que podem agir como substâncias inibidoras a patógenos (Pereira, 2007; Fawe et al., 2001; Ma e Yamaji, 2006).

Diferentemente do silício, o potássio é essencial para o desenvolvimento das plantas (Ramos et al., 2011), sendo no abacaxizeiro o nutriente mineral mais absorvido (Coelho, 2005). Participa direta ou indiretamente de processos bioquímicos envolvidos com o metabolismo de carboidratos (Römheld et al., 2010), a fotossíntese e a respiração, e sua carência é refletida numa baixa taxa de crescimento (Marschner, 2012). Em muitos casos, as plantas deficientes em potássio tendem a ser mais susceptíveis ao ataque de pragas (Sarwar, 2012) e doenças (Wang et al., 2013).

Considerando-se os entraves que impedem a produção de mudas de qualidade em um curto espaço de tempo, como o longo período de aclimação e/ou o tempo total de produção, a utilização de combinações entre ácidos húmicos e brassinosteroides ou de aplicações com cloreto de potássio e ácido silícico pode se constituir em uma alternativa para a aceleração do crescimento e aumento da qualidade nutricional de mudas de abacaxizeiro, visando a redução do período de enviveiramento.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho, avaliar o efeito dos ácidos húmicos, dos brassinosteroides, do silício e do potássio no crescimento e na nutrição de mudas de abacaxizeiro. Os objetivos específicos foram: (i) Avaliar o efeito de doses de cloreto de potássio e de ácido silícico sobre o crescimento e o estado nutricional de mudas de abacaxizeiro oriundas de cultivo *in vitro* durante a aclimatização; (ii) Avaliar o efeito de ácidos húmicos e de brassinosteroides na aclimatização de mudas do abacaxizeiro 'BRS Vitória' oriundas de cultivo *in vitro*; (iii) Avaliar a produção de mudas do tipo rebento a partir de coroas de abacaxi submetidas a aplicação de ácidos húmicos e brassinosteroides.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Abacaxizeiro e suas cultivares

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) é produzido em vários países tropicais ou onde as condições de cultivo são adequadas para seu desenvolvimento e o seu fruto é apreciado em várias regiões do mundo (Crestani et al., 2010). No Brasil, é considerado um dos principais produtos da fruticultura nacional, porém o país não participa do comércio exterior dessa fruta (Araújo et al., 2009).

Os abacaxizeiros pertencem à família Bromeliaceae e aos gêneros *Ananas* e *Pseudananas*, no primeiro gênero há produção de uma infrutescência formada pela coalescência dos frutos individuais e no segundo os frutos continuam livres (Py, 1969). É uma planta herbácea perene (Cunha e Cabral, 1999) e as cultivares mais abundantes no mundo estão reunidas nos grupos Cayenne, Spanish, Queen, Pernambuco e Perolera, que diferem em número de filhotes, número de rebentos, comprimento das folhas, presença de espinhos, comprimento do pedúnculo, massa do fruto, forma e tamanho dos frutinhos, coloração da polpa, teor de açúcar e acidez (Py et al., 1984).

Mundialmente a cultivar mais importante é a Smooth Cayenne, pertencente ao grupo Cayenne, sendo a mais cultivada tanto em área quanto em faixa de latitude. As principais características favoráveis à exploração agrícola dessa cultivar devem-se ao crescimento semiereto, com folhas de até 1,0 m de comprimento e com apenas dois a três pares de espinhos na extremidade, além

de possuir um pedúnculo curto com ± 15 cm. Apresenta poucos filhotes, porém há grande formação de rebentos. Em relação ao fruto, este possui forma cilíndrica, com peso de 1,5 a 2,5 kg, polpa amarela, coloração externa alaranjada, elevado teor de açúcar e média acidez o que favorece a sua dupla aptidão para consumo *in natura* e agroindústria (Cunha e Cabral, 1999).

Já o abacaxizeiro ‘Pérola’ ou ‘Pernambuco’, “Grupo Pernambuco” é plantado exclusivamente no Brasil, e as principais características são: porte médio, crescimento ereto, folhas com ± 65 cm de comprimento e com espinhos nos bordos, pedúnculo longo em média 30 cm, grande formação de filhotes e pequena produção de rebentos. O fruto tem forma cônica, coroa grande, peso de 1 a 1,5 kg, polpa branca com muito suco e pouco ácida e não apresenta características adequadas para a industrialização e exportação *in natura* (Cunha e Cabral, 1999).

As cultivares de abacaxizeiro Smooth Cayenne e Pérola possuem muitos caracteres favoráveis à exploração agrícola, contudo a fusariose causada pelo fungo *Fusarium guttiforme* (Matos et al., 2009) é um dos principais entraves para o desenvolvimento da cultura no país.

Nessa linha, programas de melhoramento genético têm realizado esforços para o desenvolvimento de novas cultivares resistentes a essa doença. A cultivar BRS Vitória apresenta resistência à fusariose e possui características agrônômicas semelhantes ou superiores às cultivares Pérola e Smooth Cayenne. Nesta cultivar há ausência de espinhos nas folhas e os frutos têm dupla aptidão, apresentando ainda, polpa branca com boa suculência e reduzido tamanho do eixo central, além de elevado teor de açúcares e excelente desempenho nas análises químicas e sensoriais (Ventura et al., 2009).

2.2. Propagação do abacaxizeiro

Apesar do abacaxizeiro poder ser propagado tanto por via sexuada como a assexuada, a primeira via é somente utilizada em trabalhos de melhoramento genético (Cunha e Cabral, 1999). A propagação assexuada é usada no estabelecimento da cultura e perpetua as características da planta que lhe deu origem. As mudas podem ser originadas de diferentes partes da planta, sendo os tipos mais comuns as coroas, os filhotes e os rebentos (Py et al., 1984).

As mudas de abacaxizeiro comercializadas no Brasil para a instalação de novos plantios são as de ocorrência natural (filhotes e rebentos) denominadas do tipo convencional. Geralmente são oriundas de plantios conduzidos para a produção de frutos, e isto pode se tornar um problema pois estas mudas não apresentam características fitossanitárias ideais de plantio (Matos et al., 2009).

A garantia de fitossanidade do plantio começa pela aquisição de mudas sadias para se evitar a introdução acidental de pragas e doenças. Porém, a propagação do abacaxizeiro é um processo lento, o que tem desestimulado sua produção em viveiros. Dessa maneira, é necessário o desenvolvimento ou aprimoramento de métodos de propagação que possam assegurar mudas em quantidade e principalmente, com qualidade fitotécnica e produzidas em menor espaço de tempo (Freitas et al., 2011).

Estudos têm desenvolvido novos métodos de propagação que proporcionam a obtenção de mudas sadias e suficientes para a formação de novas lavouras, sendo estes métodos tidos/classificados/conhecidos como acelerados. A propagação do abacaxizeiro por meio da utilização da coroa de abacaxi após destruição mecânica do seu ápice caulinar para induzir o desenvolvimento de gemas laterais, pode ser uma alternativa promissora. Esse é um método simples e que permite a formação de mudas por meio do desenvolvimento de gemas axilares da coroa, que saem do estado dormente para o fisiologicamente ativo pela eliminação da dominância do meristema apical (Santos et al., 2011).

Coelho et al. (2007) demonstraram que a propagação acelerada do abacaxizeiro pelo uso de coroas para produção de rebentos pode produzir 5,2 mudas com 35 cm de comprimento cada (em 360 dias). Portanto, há possibilidade do emprego dessa técnica para produção de rebentos.

Para melhorar a eficiência da produção de mudas do tipo rebento pelo emprego de coroas de abacaxi, Santos et al. (2011) reduziram o comprimento mínimo de coleta das mudas para 10 cm e conseguiram colher 23 mudas em 420 dias. Esses resultados demonstram que o número de mudas produzidas pode aumentar com a retirada do rebento a intervalos mais curtos. Entretanto o tamanho mínimo ainda deve ser discutido em função ao destino final da muda, plantio direto ao campo ou para canteiros (Coelho et al., 2007).

Outro método de propagação acelerado do abacaxizeiro que permite a produção de mudas com qualidade fitossanitária é o cultivo *in vitro* (Cruz et al., 2009). Contudo, essas mudas precisam passar por um processo de aclimatização imediatamente após remoção do ambiente *in vitro*, e essa fase consiste em adaptar o metabolismo da planta de mixotrófica para autotrófica e, neste momento, as mudas são sensíveis aos tratamentos culturais (Bregonci et al., 2008).

Considera-se que os métodos de propagação do abacaxizeiro do tipo acelerado ainda precisam ser aprimorados pois ainda são processos dispendiosos. Além disso, ainda há pouco conhecimento sobre a qualidade de frutos obtidos em plantas oriundas desse método, e isto tem sido um dos principais problemas para que produtores possam utilizar tais propágulos nos seus cultivos.

Nessa linha, são necessários estudos que busquem diminuir o período de produção de mudas, e a aplicação de substâncias como os ácidos húmicos, brassinosteroides e/ou adubação com doses mais adequadas de potássio e, ainda, a inclusão do silício, podem contribuir com uma maior produção, uma vez que resultados promissores foram relatados no abacaxizeiro por Baldotto et al. (2010); Freitas et al. (2015), Coelho (2005); Asmar et al. (2013); Braga et al. (2009); Vichiato et al. (2007).

2.3. Brassinosteroides

Os hormônios vegetais desempenham um importante papel no controle do crescimento, diferenciação e desenvolvimento das plantas e quando são aplicados exogenamente nas plantas são chamados de reguladores de crescimento e podem ser sintéticos ou análogos (Zullo et al., 2003; Taiz e Zeiger, 2009). O emprego de reguladores de crescimento para otimizar as produções agrícolas pode ser uma alternativa na propagação do abacaxizeiro, uma vez que tem sido observado aumento considerável na produção e/ou qualidade do produto colhido para várias culturas (Hayat, 2011; Symons, 2006). As doses mais adequadas de aplicação dos brassinosteroides têm oscilado na faixa de 0,1 a 1 mg L⁻¹, podendo ser utilizado em misturas com diluentes sólidos, pastosos ou líquidos (Vázquez e Rodríguez, 2000).

As respostas à aplicação dos brassinosteroides sobre o crescimento e o desenvolvimento vegetal são: divisão e alongamento celular (Azpiroz et al., 1998; Clouse e Sasse, 1998), crescimento das plantas (Freitas et al., 2015), mudanças nas atividades enzimáticas, potencial de membrana, síntese de DNA, RNA e proteínas, fotossíntese, desenvolvimento de gemas vegetativas e florais (Khripach et al., 2000), inibição de raízes (Colli, 2004) e ainda participam de processos de tolerância das plantas a estresses, como temperaturas extremas, seca, salinidade e ataque de patógenos (Krishna, 2003; Yang et al., 2007).

Mudas de meloeiro responderam com maior incremento de massa seca e número de folhas quando receberam aspersões foliares de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ de 24-epibrasinolídeo (Wang et al., 1994). Em espécies frutíferas, os resultados obtidos indicam potencial na redução ao estresse térmico de mudas de bananeira FHIA-18 quando se aplicaram doses de brassinosteroides durante a fase de aclimação (González-Olmedo et al., 2005). Mudas de tangerineira 'Cleópatra' a partir dos 130 dias após a semeadura responderam positivamente às concentrações de $0,1$; $0,5$ e $1,00 \text{ mg L}^{-1}$ de brassinosteroides sobre o diâmetro do caule das plantas (Altoé et al., 2008).

Mudas de abacaxizeiro 'Imperial' cultivadas em substrato com bagaço-decana + torta de filtro e que receberam doses de $0,1 \text{ g L}^{-1}$ de um análogo de brassinosteroides acumularam 2,8 vezes mais massa seca na parte aérea (Catunda et al., 2008). O crescimento e os teores de nitrogênio de mudas de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' provenientes do seccionamento do caule foram maiores em mudas que receberam doses de brassinosteroides (Freitas et al., 2012)

2.4. Ácidos húmicos

As substâncias húmicas podem ser fracionadas de acordo com sua solubilidade em: humina (fração insolúvel em meio alcalino e ácido); ácido fúlvicos (solúvel em meio alcalino e ácido); e ácidos húmicos (solúvel em meio alcalino e insolúvel em meio ácido) (Stevenson, 1994). Os ácidos húmicos constituem a fração estável e reativa entre essa divisão e possuem coloração escura, alto teor de anéis aromáticos e grupos funcionais hidrofílicos contendo oxigênio (Guerra et al., 2008).

Efeitos estimulantes dos ácidos húmicos no crescimento de plantas têm sido amplamente documentados em diversas culturas especialmente por estimular o crescimento e a produtividade. Eles proporcionam o aumento no conteúdo de clorofila; aumento na velocidade e síntese de ácidos nucleicos e aumento ou inibição da atividade de enzimas (Nannipieri et al., 1993). Além disso, apresentam um efeito bioestimulante no crescimento radicular por meio da ativação e expressão das H^+ -ATPases e maior transporte de íons, de forma semelhante ao efeito auxínico (Nardi et al., 2002; Dobbss et al., 2010; Ramos et al., 2015) e ainda podem garantir um maior fornecimento de nutrientes para as plantas por meio da mineralização (Cordeiro et al., 2010).

Vale a pena ressaltar que o sucesso da aplicação dos ácidos húmicos sobre as plantas ainda necessita de estudos para que se defina/padronize a melhor dose para cada cultura. Em plantas de milho foi observado incremento de 34% na massa fresca de raízes com adição de ácidos húmicos (Baldotto e Baldotto 2016). Aplicações de ácidos húmicos em eucalipto proporcionaram incrementos no diâmetro do caule, na massa seca radicular, caule e folhas (Pinheiro et al., 2010). A adição em meio de cultura proporcionou incremento de 81 e 159% em *Cattleya warneri* var. *concolor* para a massa fresca das folhas e das raízes, respectivamente (Silva et al., 2015).

Baldotto et al. (2009) sugeriram o uso de ácidos húmicos na aceleração do crescimento vegetal de mudas de abacaxizeiro propagadas *in vitro*. Observou-se que durante a fase de aclimatização ocorreram incrementos tanto no crescimento da parte aérea como no sistema radicular, além de incrementos significativos nos conteúdos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

2.5. Potássio

O potássio atua em muitos processos fisiológicos e em mais de 60 sistemas enzimáticos (sintetases, oxidoredutases, desidrogenases, transferases); além disso, atua na respiração e fotossíntese (Tsonev et al., 2011), e favorece um alto estado de energia (necessária para a produção da ATP). Também mantém o turgor das células (Egilla et al., 2005); regula a abertura e o fechamento estomático (Padro et al., 2004); aumenta a eficiência do uso da água; favorece o transporte e armazenamento de carboidratos; incrementa a absorção do N e a

síntese de proteínas; e participa na síntese de amido nas folhas (Marschner, 2012; Meurer, 2006).

A absorção do potássio é altamente seletiva e está intimamente acoplada à atividade metabólica. No solo este elemento aparece na forma iônica K^+ , como o potássio é um íon monovalente, ao competir com elevadas concentrações de cátions divalentes como o Ca^{2+} e o Mg^{2+} sofre inibição competitiva. Entretanto, baixas concentrações de Ca contribuem para sua absorção (efeito sinérgico) (Taiz e Zeiger, 2009). Este elemento é caracterizado pela alta mobilidade nas plantas e é transportado a longa distância via xilema e floema. O elemento é imobilizado das folhas e órgãos mais velhos para os mais novos ou para os frutos em crescimento (Malavolta et al., 1997). Esta redistribuição ocorre de forma bastante fácil, porque o potássio não faz parte permanente de nenhum composto orgânico (Taiz e Zeiger, 2009).

Em abacaxizeiro, Ramos et al. (2009) relataram que plantas com sintomas de deficiência de potássio apresentam folhas com menor tamanho e mais estreitas, progredindo para avermelhamento, com posterior ápice amarronzado e necrosado nas folhas mais velhas. Nos frutos, há tendência ao tombamento do fruto e na polpa são observadas manchas escuras, correspondentes aos sintomas de escurecimento interno.

2.6. Silício

Na solução do solo, o silício ocorre principalmente, como ácido monossilícico [H_4SiO_4 ou $Si(OH)_4$], que é resultante da decomposição de resíduos vegetais. Os principais drenos de silício incluem a polimerização do ácido silícico, lixiviação, adsorção por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e, principalmente absorção pelas plantas. A fração areia, apesar de ser constituída fundamentalmente por silício (SiO_2 quartzo), apresenta baixo potencial de liberação desse elemento para as plantas. Além disso, a maior drenagem nesse tipo de solo favorece às perdas do silício por lixiviação (Korndörfer, 2006). Segundo Matichenkov et al. (2001), solos arenosos são pobres em silício biogeoquimicamente ativo.

Segundo Sripanyakorn et al. (2005), o silício pode formar longas cadeias ou mesmo estruturas mais complexas, juntamente com o oxigênio, pelo qual

apresenta elevada afinidade. Na natureza este elemento não é encontrado em sua forma elementar, mas, sim em formas combinadas com cátions.

Os silicatos podem ser aplicados ao solo em pó, granulados (ex. silicato de cálcio e magnésio) ou ainda na forma líquida (via solo ou via foliar, ex. silicato de potássio e sódio). Os silicatos em pó são aplicados em área total e incorporados, já os silicatos granulados são normalmente aplicados com outras matérias-primas, na composição de adubos NPK (Korndörfer, 2006). Fertilizantes contendo silicatos solúveis podem aumentar o pH e a concentração de ácido silícico na solução do solo (Lima Filho, 2010).

As plantas absorvem silício diretamente da solução do solo e ele é transportado até as raízes principalmente via fluxo de massa (Dayanadam et al., 1983). O silício é absorvido pelas plantas preferencialmente na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), uma molécula de carga neutra, e nessa mesma forma transportado até a parte aérea pelo xilema (Dayanadam et al., 1983).

Nas folhas, a perda de água por transpiração, faz com que o ácido monossilícico se concentre e polimerize em sílica (SiO_2), depositando-se nos tecidos vegetais (Oliveira et al., 2010), onde a água é perdida em grande quantidade, ou seja, na epiderme foliar (Dayanadam et al., 1983). Uma vez depositado, o silício torna-se imóvel e não mais se redistribui na planta (Balastra et al., 1989).

Embora todas as plantas contenham silício, há grandes variações nos padrões de acúmulo deste elemento na parte aérea das espécies. As plantas diferem quanto à capacidade de absorver e acumular silício e podem ser classificadas em três grupos: as acumuladoras, em geral, as monocotiledôneas, que têm processo ativo de absorção deste elemento; as não acumuladoras, em geral leguminosas, que absorvem silício a favor de um fluxo de transpiração de forma mais lenta que a absorção de água; e as intermediárias, absorvem o silício por simplasto na mesma velocidade que a absorção de água (Takahashi et al., 1990).

Os efeitos benéficos do silício incluem a redução do estresse hídrico, por propiciar menor transpiração (Gao et al., 2006) e aumento da eficiência na fotossíntese, por manter folhas mais eretas e rígidas e com maior interceptação da luz. Além disso, contribuiu para o aumento da resistência a doenças (Vicentini et al., 2009) e a pragas (Hunt et al., 2008), à salinidade e à toxidez provocada

pelo excesso de Al, Mn e Fe (Fischer et al., 1990; Ma et al., 1997). Muitos desses benefícios são atribuídos à camada de sílica que se acumula abaixo da cutícula (Guntzer et al., 2012).

Além do efeito na transpiração, ao ser acumulado pelas plantas, o silício proporciona mudanças anatômicas nos seus tecidos, como o surgimento de células epidérmicas mais espessas, em decorrência da deposição de sílica, resultando na formação de uma barreira mecânica capaz de dificultar o ataque de insetos sugadores e mastigadores e impedir a penetração de fungos (Epstein, 1999). Pode, também, atuar como ativador da expressão de reações de defesa natural das plantas via produção de compostos fenólicos e taninos (Laing et al., 2006), que podem agir como substâncias inibidoras ao patógeno (Pereira, 2007). Bekker et al. (2006) relataram que o silício tem um mecanismo de ação direta, bem como indireta pela elevação dos níveis de compostos fenólicos em plantas de abacateiro. Segundo Ferreira (2009), o controle da bactéria em meloeiro foi obtido pela ativação da resistência sistêmica da planta tratada com silício.

Braga (2009) com o objetivo de avaliar fontes de silício (silicato de cálcio e potássio) e dose (1 g L^{-1}) de silício ao meio básico de cultura MS na micropropagação do abacaxizeiro 'Gomo de Mel', verificou aumento no número de brotações e massa seca do abacaxizeiro foi observado quando se acrescentou silicato de potássio (K_2SiO_3) ao meio MS.

Braga et al. (2009) realizaram um experimento com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes fontes de silício (silicatos de cálcio, de sódio e de potássio), utilizadas na micropropagação, sobre as características anatômicas de mudas de morangueiro. Os resultados mostraram que o maior número de folhas e massa de matéria fresca foram observados nos tratamentos $\text{MS} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$ e MS; a suplementação do meio de cultura com K_2SiO_3 e Na_2SiO_3 proporcionou maior teor de clorofila *a* e clorofila *b*.

Vichiato et al. (2007) relataram que a aplicação de silício ao substrato não influenciou nas características de crescimento (altura, biomassa seca total das folhas) das mudas do mamoeiro 'Improved sunrise solo 72/12'. Entretanto, houve efeito da adição de silício ao substrato sobre a espessura da epiderme adaxial e da espessura total das folhas das mudas do mamoeiro.

3. TRABALHOS

CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO 'VITÓRIA' COM CLORETO DE POTÁSSIO E ÁCIDO SILÍCIO¹

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação com silicato e potássio no crescimento e composição nutricional de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' provenientes do cultivo *in vitro*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação durante o período de novembro de 2013 a abril de 2014, num total de 150 dias. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em 4x2 fatorial, com quatro doses de cloreto de potássio (0, 1,25, 2,5 e 3,75 g L⁻¹), na presença ou ausência de ácido silícico aplicação, com cinco repetições e 12 plantas cada. Verificou-se que a concentração de silício nas mudas variou de 11,57-16,97 g kg⁻¹, e observou-se um aumento de 33% nos níveis de nutrientes em plantas adubadas com a dose mais baixa de cloreto de potássio. Observou-se que doses crescentes de cloreto de potássio, juntamente com o ácido silícico resultaram menores volumes de raízes nas mudas. O acúmulo de potássio nas mudas de abacaxizeiro fertilizados com ácido silícico foi inferior ao das mudas não fertilizadas.

¹ Artigo submetido na Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária) ISSN (ON LINE) 1981-0997

Palavras-chave: *Ananas comosus* var. *comosus*, produção de mudas, silício, adubação potássica, aclimatação

GROWTH AND NUTRITIONAL COMPOSITION OF PINEAPPLE PLANTLETS 'VITÓRIA' FERTILIZED WITH POTASSIUM CHLORIDE AND SILICIC ACID

Abstract - The objective of this study was to evaluate the effect of silicon and potassium fertilization on the growth and nutrient content of pineapple plantlets 'Vitória' obtained from *in vitro* cultivation. The experiment was conducted in a greenhouse from November 2013 to April 2014, totaling 150 days. The experimental design was in randomized blocks, in a 4x2 factorial scheme, with four doses of potassium chloride (0, 1.25, 2.5 and 3.75 g L⁻¹) with or without the application of silicic acid, with five replications of 12 plants each. The silicon concentration in pineapple plants ranged from 11.57 to 16.97 g kg⁻¹, and an increase of 33% in the nutrient levels in plants fertilized with the lowest dose of potassium chloride was observed. It was observed that increasing doses of potassium chloride together with silicic acid resulted in lower root volumes in pineapple plantlets. Potassium accumulation of pineapple plantlets fertilized with silicic acid was lower than that of non-fertilized plantlets.

Key words: *Ananas comosus* var. *comosus*, seedling production, silicon, potassium fertilization, acclimatization

INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro é uma frutífera tropical de expressiva importância econômica para o Brasil, principalmente por gerar emprego na agricultura e pela elevada demanda dos consumidores, uma vez que seu fruto pode ser consumido

in natura e/ou processado. Dentre as regiões produtoras, o estado do Rio de Janeiro destaca-se como a sexta maior, com produtividade média de 22 mil frutos por hectare (IBGE, 2015). Entretanto, esta produtividade poderia ser ainda maior. Para isso, o primeiro passo é a implantação de novas lavouras com mudas que possuam padrão morfológico, fisiológico e fitossanitário de qualidade.

Outro fator que, também, contribui para a baixa produtividade do abacaxizeiro é o ataque da cochonilha (*Dysmicoccus brevipes*) que prejudica o desenvolvimento da planta por meio da sucção da seiva, além de ser vetor de uma doença complexa de origem virótica conhecida como murcha-do-abacaxizeiro, sendo que a forma mais eficiente de prevenir a disseminação dessa praga é o emprego de mudas de qualidade (Sanches, 2005).

A propagação do abacaxizeiro por meio da cultura de tecidos vegetais permite a obtenção de milhares de mudas a partir de uma única gema, em curto espaço de tempo. Entretanto, vale ressaltar que essas mudas necessitam passar por um longo processo de aclimatização e posterior aclimatação depois que saem da condição *in vitro* (Baldotto et al., 2010), encarecendo o preço da muda e consequentemente, não compensando economicamente sua utilização pelos produtores de abacaxi.

Avanços na tecnologia de propagação de plantas estão cada vez mais presentes na agricultura, na busca de alternativas para aumento da qualidade e da quantidade de mudas (Baldotto et al., 2010; Freitas et al., 2012; Santos et al., 2011a, 2011b). A adição de doses mais adequadas de nutrientes como o potássio e/ou a aplicação de silício (Asmar et al., 2013), podem proporcionar resultados promissores na propagação do abacaxizeiro, uma vez que em outras frutíferas, tem sido relatado sucesso quando esses nutrientes são aplicados de forma isolada (Braga et al., 2009).

O silício é considerado um elemento agronomicamente benéfico para muitas Liliopsidae e para algumas Magnoliopsidae (Guntzer et al., 2012). Ao ser acumulado, o silício proporciona mudanças anatômicas nos seus tecidos, como o surgimento de células epidérmicas mais espessas (Sujatha et al., 2012), em decorrência da deposição de sílica (Asmar et al., 2011), resultando na formação de uma barreira mecânica capaz de dificultar o ataque de insetos sugadores (Gomes et al., 2005) e mastigadores (Hunt et al., 2008) e de impedir a penetração

de fungos (Epstein, 1999). Pode também, atuar como ativador da expressão de reações de defesa natural das plantas via produção de compostos fenólicos e taninos (Ma e Yamaji, 2006), que podem agir como substâncias inibidoras aos patógenos.

Diferentemente do silício, o potássio é essencial para o desenvolvimento das plantas (Ramos et al., 2011), sendo no abacaxizeiro o nutriente mineral mais absorvido. Participa direta ou indiretamente de inúmeros processos bioquímicos envolvidos com o metabolismo de carboidratos, como a fotossíntese e a respiração, sendo que sua carência é refletida numa baixa taxa de crescimento (Römheld et al., 2010). Em muitos casos, as plantas deficientes em potássio tendem a ser mais susceptíveis ao ataque de pragas (Sarwar, 2012) e doenças (Wang et al., 2013). No entanto, efeitos da aplicação de combinações de doses de potássio e silício, visando a produção de mudas frutíferas com qualidade, precisam ser pesquisados.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do cloreto de potássio e do ácido silícico no crescimento e na composição nutricional de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' oriundas de cultivo *in vitro*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2013 a abril de 2014, totalizando 150 dias, em casa de vegetação com sombrite preto (50%) nas laterais protegido com plástico transparente de 150 μm na parte superior.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x2, sendo quatro doses de cloreto de potássio (0; 1,25; 2,5 e 3,75 g L⁻¹) na presença ou na ausência do ácido silícico (1%), com cinco repetições e 12 plantas por unidade experimental.

Os valores das temperaturas mínima, média e máxima, foram monitoradas ao longo o experimento pelo medidor WATCH DOG – Weather – Station (Spectrum Technologies, Inc) programado para realizar leituras a intervalos de uma hora e estão apresentados na Figura 1.

As mudas de abacaxizeiro 'Vitória' utilizadas para implantação do experimento foram produzidas pelo Laboratório Biomudas localizado no município de Venda Nova do Imigrante-ES. As mesmas foram transplantadas para bandejas de poliestireno de 128 células preenchidas previamente com areia quartzosa, e mantidas por quinze dias sob nebulização intermitente com água comum e após esse período foram conduzidas com sistema de aspersão por 135 dias com água desionizada para serem aclimatizadas.

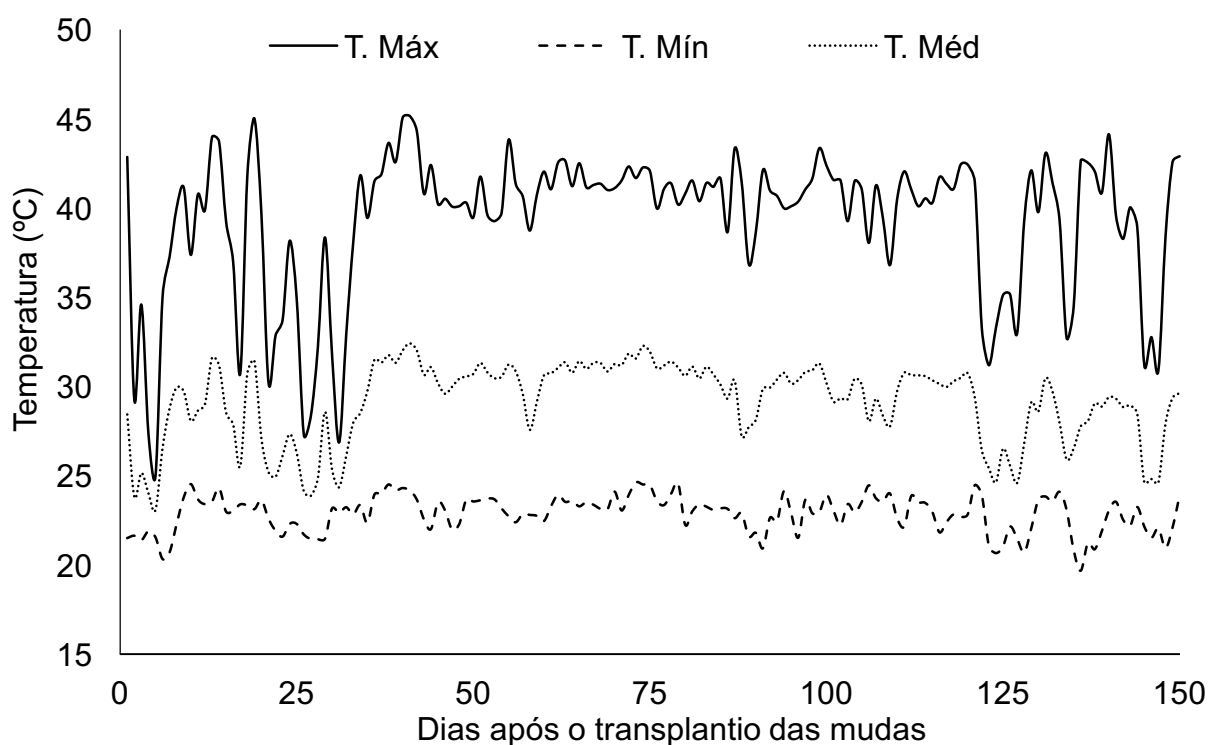


Figura 1. Temperaturas mínima (T. Mín.), média (T. Méd.) e máxima (T. Máx.), em °C, registradas em casa de vegetação durante o período do experimento.

A adubação com cloreto de potássio foi iniciada aos 20 dias após o transplante das mudas e em intervalos de 30 dias durante o experimento. Para o fornecimento do silício foi utilizado o ácido silícico puríssimo, o qual foi aplicado aos 30 dias após o transplante das mudas e em intervalos de 30 dias durante o experimento. Tanto a adubação com ácido silícico como a com cloreto de

potássio foram realizadas no substrato e no tratamento controle foi aplicada água desionizada.

Aos 150 dias após o transplante, as mudas de abacaxizeiro foram coletadas para realização das seguintes avaliações: altura da muda (medida com régua graduada, da base da muda até a extremidade da folha maior); área foliar (obtida na passagem individual de cada folha no medidor de área foliar de bancada modelo LI-3100 LICOR, Lincoln, NE, USA); área superficial radicular, diâmetro médio radicular e volume radicular (obtido após digitalização e análise no software Winrhizo); massa seca aérea e radicular (obtidas após a secagem em estufa sob ventilação forçada de ar a 70°C por três dias).

Depois de secas, as amostras da parte aérea foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 20 *mesh* e armazenadas em frascos hermeticamente fechados, para posterior quantificação dos teores de silício (Si), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).

Para a determinação dos teores de N, o material vegetal foi submetido à digestão sulfúrica, e posteriormente determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965). Os teores de P, K, Ca, Mg, e S foram determinados usando plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu, após digestão com HNO₃ e H₂O₂, em sistema de digestão aberta (Peters, 2005). O processo de extração de silício (Si) na planta foi determinado pelo método amarelo, de acordo com a metodologia descrita por Elliott e Snyder (1991).

Os dados foram submetidos a análises de variância pelo teste F. As médias obtidas para o fator ácido silícico foram comparadas pelo teste Tukey ($p > 0,05$), enquanto as médias obtidas para o fator dose de cloreto de potássio foram submetidas a análises de regressão ($p > 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontra-se o resumo da análise de variância com os valores de F para cada variável mensurada. Observa-se que com exceção das

variáveis conteúdos de nitrogênio, de fósforo, de cálcio, de magnésio e de enxofre houve interação significativa entre os fatores estudados.

Os teores de silício nas mudas de abacaxizeiro variaram de 11,57 a 16,97 g kg⁻¹, sendo constatado um incremento de 33% nos teores de Si nas mudas que não foram adubadas com cloreto de potássio (Figura 2). Este resultado evidencia que apesar da fonte de silício estudada nesse trabalho ser pouco solúvel em água, o incremento no teor de Si nas mudas de abacaxizeiro, é eficaz em fornecer Si às mudas de abacaxizeiro 'Vitória' nesta fase.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura da muda, área foliar, massa seca aérea, massa seca radicular, área superficial radicular, diâmetro médio radicular, volume radicular, conteúdos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e silício de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' aos 150 dias após o transplante, em função de doses de cloreto de potássio (KCl) na presença ou ausência de ácido silícico (AS).

Causas de Variação	Altura da muda (cm)	Área foliar (cm ²)	Massa seca aérea (mg)	Massa seca radicular (mg)	Área superficial radicular (cm ²)	Diâmetro médio radicular (mm)	Volume radicular (cm ³)
	AS	12,4183**	5,4197**	13,7147**	21,4205**	7,7417**	2,9642 ^{ns}
KCl	1,5444 ^{ns}	1,704 ^{ns}	1,0831 ^{ns}	5,6868**	0,3559 ^{ns}	2,5787 ^{ns}	1,624 ^{ns}
AS x KCl	4,3789**	1,1561 ^{ns}	2,7197 ^{ns}	8,6571**	3,2661**	3,2730**	3,2715**
Média geral	8,37	50,00	77,95	49,4	36,79	0,137	0,614
CV (%)	7,72	15,85	14,72	20,64	12,69	9,1	13,39
Causas de Variação	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre	Silício
	mg planta ⁻¹						
AS	6,4063**	11,5279**	46,3618**	10,5998**	17,1038**	10,5089**	17,58**
KCl	0,2958 ^{ns}	1,4199 ^{ns}	67,0802**	1,6813 ^{ns}	0,8116 ^{ns}	0,5910 ^{ns}	8,1376**
AS x KCl	0,4109 ^{ns}	0,8290 ^{ns}	5,3539**	0,9863 ^{ns}	0,8051 ^{ns}	0,7976 ^{ns}	4,1329**
Média geral	0,881	0,0417	1,43	0,341	0,109	0,0618	13,15
CV (%)	17,92	24,34	12,64	20,22	16,22	19,24	11,61

^{ns} não significativo; * significativo a p>0,05 e ** significativo a p<0,01 pelo teste F.

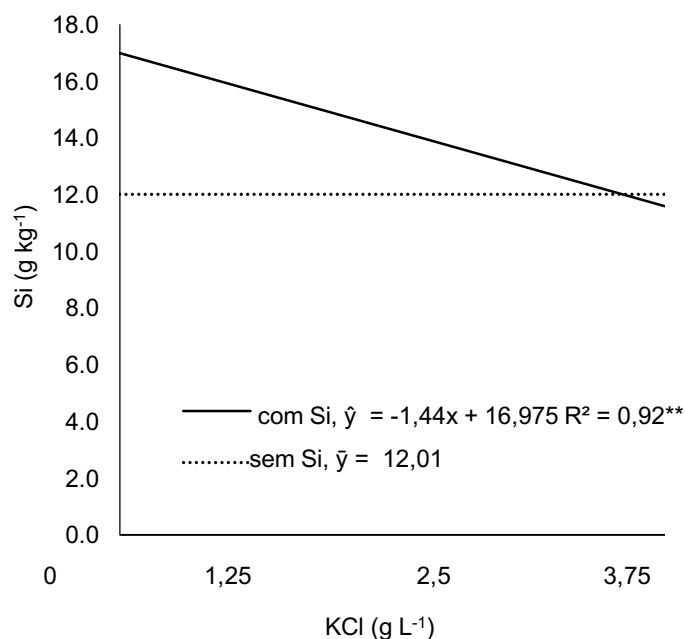


Figura 2. Teor de silício de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' aos 150 dias após o transplante em função de doses de cloreto de potássio na presença ou ausência de ácido silícico. *significativo a $p > 0,05$ pelo teste F.

A presença de silício nas mudas de abacaxizeiro 'Vitória' que não receberam adubação silicatada, pode ser explicada pelo fato do silício ser o segundo elemento mais abundante na natureza (Ma et al., 2001), estando assim presente em toda parte, inclusive na água de irrigação.

Verificou-se que as mudas que receberam aplicação de ácido silícico não apresentaram diferença em função das doses de cloreto de potássio para as variáveis área superficial, diâmetro médio, e massa seca radiculares. Ao utilizar o modelo de regressão, obteve-se maiores valores para as variáveis citadas anteriormente nas doses 3,75; 3,75 e 0 KCl, respectivamente, quando não foi adicionado o ácido silícico (Figura 3).

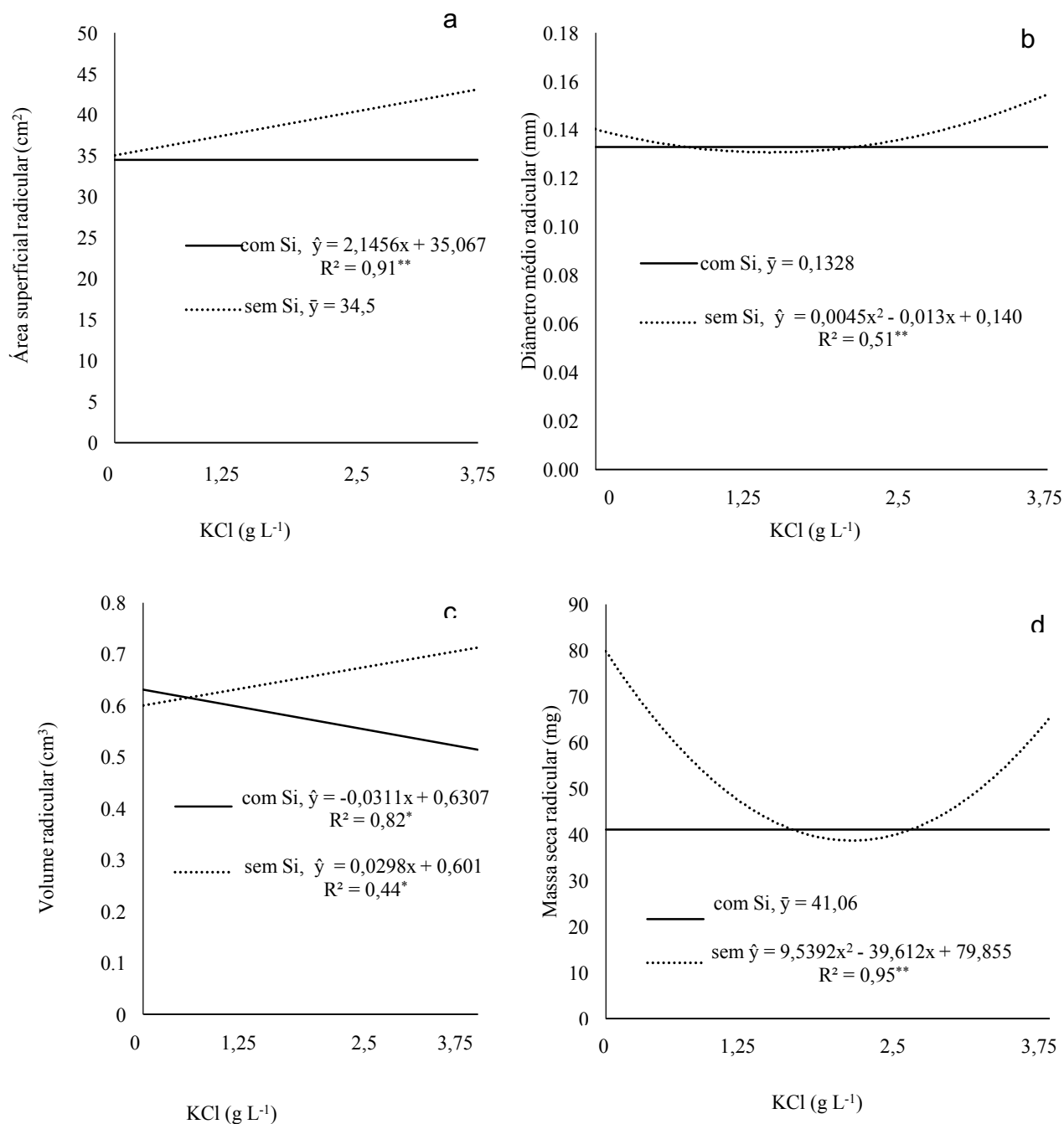


Figura 3 - (a) Área superficial radicular, (b) diâmetro médio radicular, (c) volume radicular e (d) massa seca radicular de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' aos 150 dias após o transplante, em função de doses de cloreto de potássio na presença ou ausência da aplicação de ácido silícico. * significativo a $p > 0,05$.

Observou-se que o aumento das doses de KCl nas mudas de abacaxizeiro 'Vitória' adubadas com ácido silícico proporcionaram menores valores de volume radicular. Já as mudas de abacaxizeiro 'Vitória' que não receberam a adubação com o ácido silícico, o aumento das doses de KCl proporcionaram maiores valores de volume radicular (Figura 3).

Ao avaliar a parte aérea, verificou-se que o aumento das doses de KCl reduziu a altura das mudas de abacaxizeiro 'Vitória' quando adubadas com ácido silícico, sendo constatado uma redução de 16,07% nas mudas adubadas como a maior dose de KCl (Figura 4). As mudas de abacaxizeiro 'Vitória' também apresentaram redução de 12,25 e de 17,55% na área foliar e na massa seca aérea, respectivamente, independente da presença da dose de KCl (Tabela 2).

Tabela 2. Área foliar, massa seca aérea, conteúdos de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' aos 150 dias após o transplante em função da presença ou ausência da aplicação de 1% de ácido silícico.

Ácido silícico	Área foliar (cm ²)	Massa seca aérea (mg)	Conteúdo de nutrientes				
			Nitrogênio	Fósforo	Cálcio	Magnésio	Enxofre
-----mg planta ⁻¹ -----							
Presença	46,74 b	70,44 b	0,810 b	0,0356 b	0,3016 b	0,0962 b	0,05375 b
Ausência	53,27 a	85,44 a	0,952 a	0,0478 a	0,3811 a	0,1220 a	0,06975 a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p > 0,05$.

O silício pode ser fornecido às plantas por meio de várias fontes, sendo as silicatadas as mais pesquisadas e utilizadas no mundo, predominando o fornecimento via solo, por meio do uso de escórias de siderurgia na forma de silicatos de cálcio e de magnésio (Sousa et al., 2007). Quanto mais silício a planta absorver maiores serão seus efeitos benéficos, não tendo sido constatado seu efeito tóxico nas plantas, inexistindo pesquisas relacionadas a limites para a aplicação desse elemento (Korndörfer et al., 2004). Contudo, os resultados deste trabalho indicam que pode ter ocorrido fitotoxidez pela aplicação de ácido silícico nas mudas de abacaxizeiro 'Vitória'. Uma vez que, a adubação silicatada

promoveu menor crescimento das mudas de abacaxizeiro 'Vitória' além de menor acúmulo de nitrogênio, de fósforo, de cálcio, de magnésio e de enxofre (Tabela 2).

O silício acumulado nas células epidérmicas e nas paredes dos estômatos encontra-se na forma de H_4SiO_4 (ácido monossilícico), quando o silício se polimeriza, diminui a flexibilidade das paredes dos estômatos e a tendência é de permanecerem fechados. Com isso, a transpiração diminui e a perda de água também (Luz et al., 2006). Como consequência a fotossíntese diminui, e isso poderia ter acarretado em menor crescimento das mudas de abacaxizeiro 'Vitória' cultivadas com ácido silícico (Figuras 3 e 4).

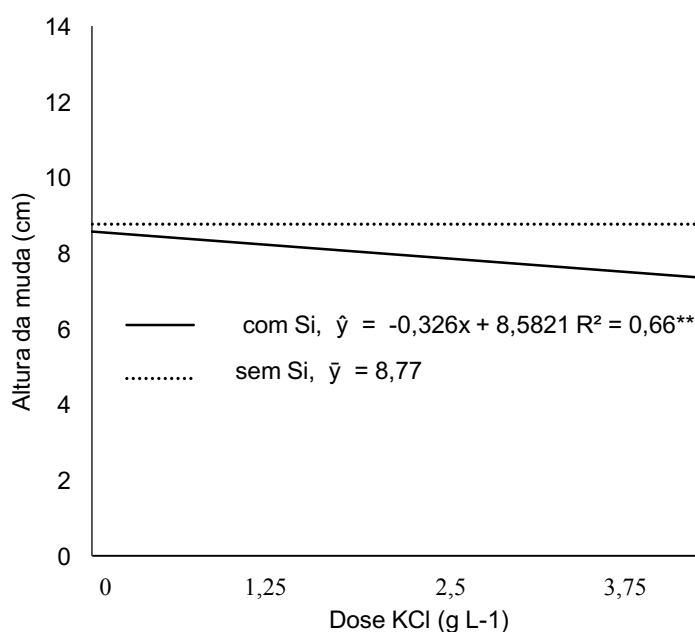


Figura 4. Altura de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' aos 150 dias após o transplante, em função de doses de cloreto de potássio na presença ou ausência da aplicação de ácido silícico. * significativo a $p > 0,05$.

Outro fator que pode ter acarretado efeito negativo no crescimento das mudas de abacaxizeiro 'Vitória', foi o impedimento físico formado após interação entre o substrato de cultivo das mudas e a adubação com o ácido silícico que foi se agravando à medida que mais adubações foram realizadas. Isso pode ter

comprometido a expansão radicular das mudas de abacaxizeiro 'Vitória' e, assim, diminuído o fluxo de nutrientes e água para a parte aérea das mudas. Além disso, as mudas oriundas de cultivo *in vitro* são mais sensíveis e apresentam menor capacidade de tolerar estresse nutricional.

Luz et al. (2006) com o objetivo de avaliar o efeito da adubação silicatada (fonte sílica gel) sobre o desempenho de nove variedades de alface cultivadas em solução nutritiva no sistema hidropônico, verificaram que estas apresentaram menor diâmetro da parte aérea, menor massa fresca e seca de parte aérea e de raiz. Segundo os autores, isso ocorreu provavelmente, porque o silício interferiu negativamente na absorção de algum nutriente essencial à cultura.

Em relação ao conteúdo de potássio, verifica-se que as mudas de abacaxizeiro 'Vitória' que foram adubadas com ácido silícico tiveram menores valores deste nutriente em relação às mudas de abacaxizeiro 'Vitória' não adubadas (Figura 5).

Crusciol et al. (2013) com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de silício via foliar, na forma de ácido silícico estabilizado, na nutrição e na produtividade das culturas da soja, feijão e amendoim, verificaram que esta aplicação proporcionou menor teor foliar de potássio na cultura do feijoeiro, contudo, não houve efeito dos tratamentos nos teores foliares de nitrogênio, de fósforo, de cálcio, de magnésio e nem de enxofre.

Pei et al. (2010) aplicaram silicato de sódio em *Triticum aestivum* e verificaram que os teores de potássio foram menores quando as plantas receberam adubação silicatada.

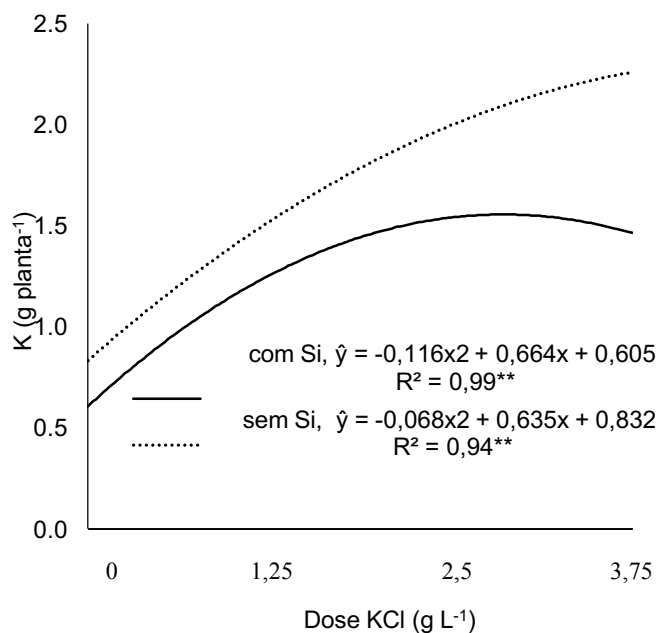


Figura 5. Conteúdo de potássio de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' aos 150 dias após o transplante, em função de doses de cloreto de potássio na presença ou ausência da aplicação de ácido silícico. * significativo a $p > 0,05$ pelo teste F.

Na literatura ainda não existem faixas de teores de silício recomendados para os solos discriminando sua deficiência, sua suficiência ou seu excesso para a cultura do abacaxizeiro. Contudo, com os resultados deste trabalho, foi possível verificar que a dose de ácido silícico utilizada promoveu efeito negativo para a cultura. Sugere-se que sejam realizados novos trabalhos avaliando diferentes fontes e dosagens de silício sobre o crescimento de mudas de abacaxizeiro, bem como o monitoramento da água de irrigação, a fim de saber sua influência na quantidade de silício fornecido por esta via.

CONCLUSÃO

A adubação com cloreto de potássio aumenta a área superficial, o diâmetro e o volume radicular das mudas de abacaxizeiro 'Vitória' na fase de aclimatização, o que contribui para maior absorção de nutrientes.

A adubação com ácido silícico reduz o crescimento, o acúmulo de nitrogênio, de fósforo, de potássio, de cálcio, de magnésio e de enxofre nas mudas de abacaxizeiro 'Vitória' na fase de aclimatização, não sendo recomendado seu uso na dose utilizada deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Asmar, S.A., Pasqual, M., Rodrigues, F.A.R., Araújo, A.G., Pio, L.A.S., Oliveira e Silva, S. (2011). Fontes de silício no desenvolvimento de plântulas de bananeira 'Maçã' micropropagadas. *Ciência Rural*, 41:1127-1131.
- Asmar SA, Pasqual M, Araujo, AG, Silva RAL, Rodrigues FA, Pio LAS (2013). Características morfofisiológicas de bananeiras 'Grande Naine' aclimatizadas em resposta a utilização de silício *in vitro*. *Semina: Ciências Agrárias*. 34:73-82.
- Baldotto MA, Giro VB., Baldotto LEB, Canellas LP, Velloso ACX (2011). Initial performance of pineapple and utilization of rock phosphate applied in combination with organic compounds to leaf axils. *Revista Ceres*. 58:393-401.
- Braga FT, Nunes CF, Fávero AC, Pasqual M, Carvalho JG, Castro EM (2009). Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 44:128-132.
- Catunda PHA, Marinho CS, Gomes MMA, Carvalho AJC (2008). Brassinosteroides e substratos na aclimatização do abacaxizeiro 'Imperial'. *Acta Scientiarum Agronomy*. 30:345-352.

- Crusciol CAC, Soratto RP, Castro GSA, Hideo C, Costa M, Neto JF (2013). Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. *Revista Ciência Agronômica*. 44:404-410.
- Epstein E (1999). Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. *Plant Biology*. 50:641-664.
- Freitas SJ, Santos PC, Carvalho AJC, Berilli SS, Gomes MMA (2012). Brassinosteroid and nitrogen fertilization on growth and nutritional status of plantlets from pineapple sectioning stem. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 34:612-618.
- Gomes FB, Moraes JC, Santos CD, Goussain MM (2005). Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Scientia Agricola*. 62:547–551.
- Guntzer F, Keller C, Meunier J (2012). Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2:201-213.
- Hunt JW, Dean AP, Webster RE, Johnson GN, Ennos AR (2008). A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory. *Annals of Botany*. 102:653–656.
- IBGE (2015). Dados de safra de abacaxi no Brasil. <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 05/06/2015.
- Jackson ML (1965). Soil chemical analysis. New Jersey: Prentice Hall.
- Korndörfer GH (2006). Elementos básicos. In: Fernandes, M. S. *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa. p. 355-374.
- Laing MD, Gatarayiha MC, Adandonon A (2006). Silicon use for pest control in agriculture: A review. *Proceedings of the South African Sugar Technologists Association*. 80:278-286.

- Luz JMQ, Guimaraes STMR, Korndorfer GH (2006). Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. *Horticultura Brasileira*. 24:295-300.
- Ma JF, Yamaji N (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants: Review. *Trends in Plant Science*. 11:392-397.
- Ramos MJM, Monnerat PH, Pinho LGR, Silva JA (2011). Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 33:261-271.
- Römheld V, Kirkby EA (2010). Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant and Soil*. 335:155-180.
- Sanches NF (2005). Manejo integrado da cochonilha do abacaxi. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.
- Santos PC, Freitas MSM, Freitas SJ, Silva MPS, Berilli SS (2011a). Fungos micorrízicos no crescimento e nutrição de rebentos oriundos de coroa de abacaxi. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 33:658-665.
- Santos PC, Freitas SJ, Freitas MSM, Sousa LB, Carvalho AJC (2011b). Produção de mudas do tipo rebentão, utilizando coroas de três cultivares de abacaxi inoculadas com fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 33:954-961.
- Sarwar, M. (2012). Effects of potassium fertilization on population build up of rice stem borers (*Lepidopteron pests*) and rice (*Oryza sativa L.*) yield. *Journal of Cereals and Oil Seeds*. 3:6-9.
- Sousa JPB, Furtado NAJC, Jorge R, Soares AEE, Bastos JK (2007). Perfis físico-químico e cromatográfico de amostras de própolis produzidas nas

microrregiões de Franca (SP) e Passos (MG), Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 17:85-93.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 14:7370-7390.

ÁCIDOS HÚMICOS E BRASSINOSTEROIDES NO CRESCIMENTO E NA NUTRIÇÃO DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO DURANTE A FASE DE ACLIMATIZAÇÃO

RESUMO

A aplicação de ácidos húmicos e de brassinosteroides pode ser uma alternativa para a redução do tempo de aclimatização de mudas de abacaxizeiro oriundas de cultivo *in vitro*, uma vez que resultados promissores foram verificados quando essas substâncias foram usadas de forma independente em outros métodos de propagação. Contudo, o efeito da aplicação de combinações dessas substâncias em mudas de abacaxizeiro ainda é pouco conhecido. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de ácidos húmicos e de brassinosteroides em mudas do abacaxizeiro 'BRS Vitória' oriundas de cultivo *in vitro* durante a aclimatização. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, num fatorial 5x2, sendo cinco doses de brassinosteroides (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg L⁻¹) na presença e na ausência de ácidos húmicos (15 mmol L⁻¹ de C), com cinco repetições. Como fonte de brassinosteroides foi utilizado o BIOBRÁS-16 e para ácidos húmicos foi utilizado o condicionador orgânico de solo Agrolmin HF[®]. A partir dos 60 dias após transplântio as mudas foram coletadas para avaliação a cada 30 dias. Foram analisadas as seguintes características: número de folhas, comprimento, área foliar, massa seca da parte aérea, massa seca

radicular e teores foliares de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio). Verificou-se que o número de folhas, o comprimento e a massa radicular das mudas foram maiores com a aplicação de ácidos húmicos sem brassinosteroides. Os teores foliares de nitrogênio, de fósforo, de potássio, de cálcio e de magnésio foram 13,04; 1,77; 40,2; 8,79 e 3,17 mg kg⁻¹, respectivamente. Independentemente dos tratamentos os teores de nitrogênio e de potássio nas mudas reduziram, enquanto os teores de fósforo aumentaram em função do tempo de aclimatização.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, propagation, *in vitro*.

HUMIC ACIDS AND BRASSINOSTEROIDS ON PINEAPPLE PLANTLETS GROWTH AND NUTRITION DURING ACCLIMATIZATION

ABSTRACT

Treatment with humic acids and brassinosteroids can be an alternative to reduce the acclimatization time of *in vitro* cultivated plantlets. Good results were found with the independent use of these substances on pineapple plants subjected to different propagation methods. However, the effect of using a mix of such substances on pineapple plantlets remains little known. Therefore, the objectives of this work were to evaluate the effect of humic acids and brassinosteroids on the acclimatization of pineapple plantlets 'Vitória' originated by *in vitro* cultivation. The randomized block design was used, in a factorial 5x2 scheme, with five doses of Brassinosteroids (0; 0.25; 0.50; 0.75 and 1.00 mg L⁻¹), with or without humic acids, in five replications. BIOBRAS-16 was used as a source of brassinosteroids; and Agrolmin HF[®] was the source of humic acids. The plantlets were harvested at 60,90,120 and 150 days after transplantation to evaluate the following parameters: number of leaves, height, leaf area, shoot and root dry mass; leaf contents of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium. The number of leaves was higher for the treatment with humic acids. The height and root dry mass were

higher with the use of humic acids without the use of brassinosteroids. The mean of nitrogen, phosphorus potassium, calcium and magnesium contents on the leaves were 13.04, 1.77, 40.2, 8.79 and 3.17, respectively. Regardless of the treatment, the levels of nitrogen and potassium on pineapple plantlets decreased as the levels of phosphorus increased.

Key word: *Ananas comosus*, propagation, *in vitro*.

INTRODUÇÃO

As cultivares de abacaxizeiro mais plantadas no Brasil são Pérola e Smooth Cayenne (Agrianual, 2012), ambas suscetíveis à fusariose, doença causada pelo fungo *Fusarium guttiforme*. Esta é a principal doença da cultura no país e pode ser responsável pela perda de até 40% da produção (Matos et al., 2009). Nos últimos anos diversos grupos de pesquisa têm trabalhado para o lançamento de cultivares resistentes a essa doença e o abacaxizeiro 'BRS Vitória' constitui-se numa promissora alternativa por possuir também vários caracteres agronômicos favoráveis (Ventura et al., 2009).

Biofábricas especializadas já comercializam mudas do abacaxizeiro 'BRS Vitória' que são oriundas da técnica de cultura de tecidos. Esta tem se constituído em uma ferramenta indispensável para a disponibilização de matrizes em todo território nacional, uma vez que em pouco tempo e em pequeno espaço é possível produzir grandes quantidades de mudas homogêneas e de excelente qualidade (Berilli et al., 2011). Entretanto, vale ressaltar que este tipo de muda ainda é pouco acessível aos produtores rurais brasileiros em função do seu alto custo (Moraes et al., 2010).

O custo final de um propágulo oriundo desse método de propagação pode chegar a 10 vezes mais que as mudas do tipo convencional (filhote e rebento). Nesse contexto, o desenvolvimento de novas tecnologias que aprimorem essa técnica é fundamental para ofertar mudas com melhor padrão e menores custos. A aplicação de substâncias como ácidos húmicos e brassinosteroides podem

atender a esse propósito, já que alguns estudos usando estas substâncias, isoladamente, em abacaxizeiro obtiveram resultados promissores (Catunda et al., 2008; Baldotto et al., 2009; Freitas et al., 2012; Santos et al., 2014).

Os principais efeitos que os brassinosteroides podem promover são: alongamento e expansão celular, resistência ao estresse, e retardamento da abscisão das folhas (Fujioka; Saakurai, 1997). A deficiência na biossíntese ou na percepção destes hormônios gera plantas anãs e com coloração verde-escuro, apresentando epinastia nas folhas com reduzida ou nenhuma fertilidade e retardo do desenvolvimento (Bishop; Koncz, 2002).

A aplicação de ácidos húmicos podem proporcionar maior crescimento e produtividade das plantas por influenciar positivamente no transporte de íons, facilitando a absorção de nutrientes (Nardi et al., 2002). Além disso, aumentam a respiração e a velocidade das reações do ciclo de Krebs, resultando em maior produção de ATP (Canellas et al., 2002), e ainda fornecem nutrientes para as plantas por meio de sua mineralização (Cordeiro et al., 2010).

Esses enfoques tecnológicos podem resultar na promoção do crescimento das mudas de abacaxizeiro em viveiros e podem impactar o sistema produtivo das Biofábricas e com isso torná-las mais acessíveis financeiramente aos produtores rurais. Neste sentido, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito da aplicação de ácidos húmicos e de brassinosteroides no crescimento e nos teores de nutrientes foliares de mudas de abacaxizeiro 'BRS Vitória' durante o período de aclimatização.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, em Campos dos Goytacazes – RJ, situada a 21°48' de latitude sul, 41°20' de longitude W, altitude de 11 m.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em sistema fatorial 5X2X4, sendo cinco doses do brassinosteroides (0; 0,25; 0,50;

0,75; 1,0 mg L⁻¹), na presença e na ausência de ácidos húmicos, em quatro épocas de amostragem (60, 90, 120 e 150 dias após o transplântio), com cinco repetições para cada tratamento. A unidade experimental foi composta por 4 mudas cultivadas individualmente.

As mudas do abacaxizeiro do cultivar BRS Vitória, propagadas *in vitro*, foram fornecidas pela biofábricas BIOMUDAS, localizada em Venda Nova dos Imigrantes – ES. Todo o processo de aclimatização ocorreu em bandejas de poliestireno de 200 células, previamente preenchidas com a mistura do substrato comercial Basaplant[®] Hortaliças, peneirado em malha de 2 mm e 20% de vermiculita expandida.

Como fonte de brassinosteroides utilizado foi o BIOBRÁS-16[®] (análogo espirosteróico da castasterona - (25R)-2 α ,3 α -diidroxi-5 α -espirostan-6-ona), o qual foi aplicado aos 2 dias após o transplântio das mudas e em intervalos de 30 dias durante todo o período experimental. Para as aplicações do regulador de crescimento foi utilizada a via foliar, por meio de pulverizações de solução dos respectivos tratamentos (adicionado 0,1% do Tween 20 como agente tensoativo).

Como fonte de ácidos húmicos foi utilizado o condicionador orgânico de solo Agrolmin HF[®] e na tabela 1 estão apresentadas as características químicas desse produto. Aos 15 dias após o transplântio das mudas e em intervalos de 15 dias durante o experimento foram efetuadas as aplicações de volume ácidos húmicos na concentração de 15 mmol L⁻¹ de C diretamente ao substrato das mudas, com auxílio de uma pipeta automática (totalizando nove aplicações). No tratamento controle foi aplicada água deionizada.

Os dados de temperatura e de umidade relativa do ar foram coletados pela estação meteorológica (WATCH DOG - Weather Station, Spectrum Technologies, Inc), programado para realizar leituras a intervalos de uma hora (Figura 1).

Semanalmente, foram aplicados 2 mL de solução nutritiva com a seguinte composição, em mg L⁻¹: N(NO₃⁻) = 112; N(NH₄⁺) = 3,5; P = 7,74; K = 156,4; Ca = 80; Mg = 24,3; S = 32,0; Cl = 1,77; Mn = 0,55; Zn = 0,13; Cu = 0,03; Mo = 0,05; B = 0,27; Fe = 2,23 com pH = 5,5 por muda. A cada quinze dias, também foram aplicados, por muda, 2 mL de uma solução de ureia na concentração de 1 g L⁻¹.

Tabela 1. Características químicas do condicionador de solo a base ácidos húmicos Agrolmin®

C _{org} total	N solúvel	K ₂ O	Zn	B	Densidade
-----g L ⁻¹ -----					
108	16,2	16,2	3,78	2,16	1,08

Lote: 400.014, Fabricação: 25/02/2011

Fonte de matéria-prima: Hidróxido de Potássio, Ureia, Turfa, Sulfato de Zinco, Ácido Bórico e água.

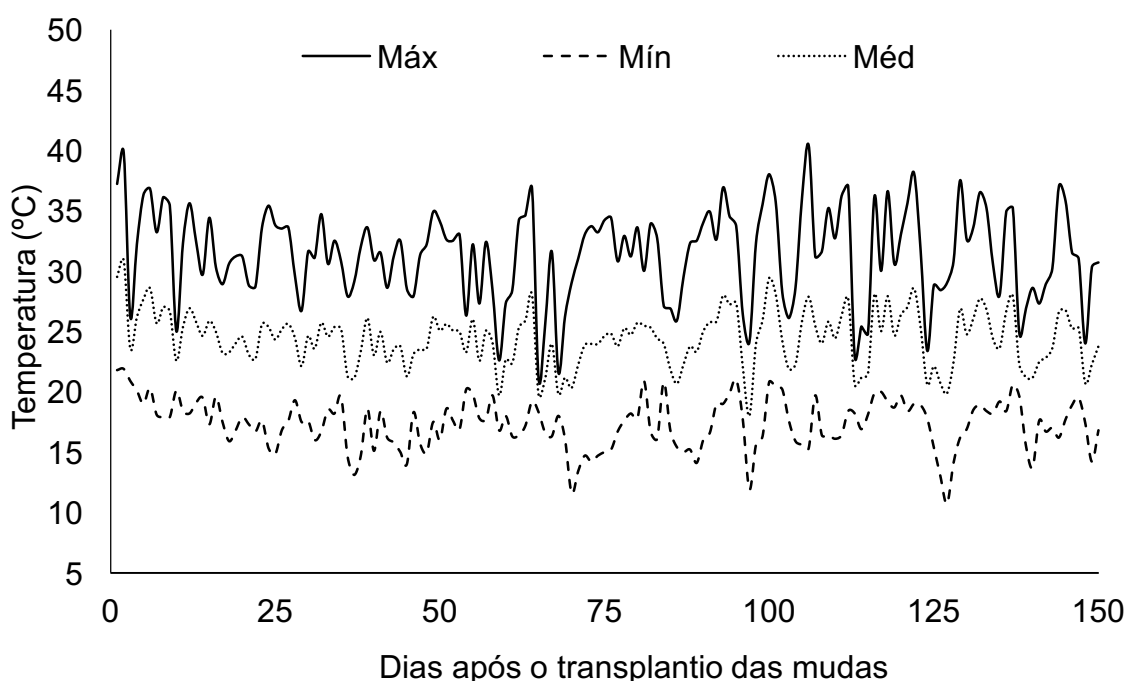


Figura 1. Temperaturas mínima (T. Mín.), média (T. Méd.) e máxima (T. Max.), em °C, registradas em casa de vegetação durante o período do experimento, em Campos dos Goytacazes – RJ.

Em cada época de amostragem foram avaliadas nas mudas de abacaxizeiro as seguintes características:

- Área foliar: no medidor de área foliar de bancada modelo LI -3100 LICOR, Lincoln, NE, USA;

- Comprimento: utilizando-se uma régua graduada, para isso, as mudas tiveram suas folhas agrupadas para cima, aferindo-se desde a base até a extremidade da maior folha,
- Massa seca radicular e aérea (após secagem em estufa sob ventilação forçada a 70°C por 72 horas);
- Teores foliares dos elementos nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

Para a determinação dos teores nutricionais do material moído, pesou-se uma amostra de cada tratamento para a digestão sulfúrica (determinação do teor de nitrogênio) e uma para digestão nitro-perclórica (determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio). O nitrogênio orgânico foi dosado pelo método de Nessler. O fósforo foi determinado colorimetricamente pelo método do molibdato; o cálcio e o magnésio por espectrometria de absorção atômica; e o potássio foi dosado por espectrofotometria de emissão atômica (Malavolta et al., 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, as médias obtidas para o fator ácidos húmicos foram comparadas pelo teste Tukey (5% de probabilidade), enquanto as médias obtidas para os fatores doses de brassinosteroides e épocas de amostragem foram submetidas a análises de regressão (5% de probabilidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3, encontram-se descritos os dados obtidos pela análise de variância com os valores de F para cada variável avaliada. Verificou-se efeito entre os fatores, sendo interações triplas (brassinosteroides*ácidos húmicos*épocas) para a massa seca radicular e para os teores de fósforo e de potássio; interações duplas (brassinosteroides*época) para a altura, a área foliar e para os teores de nitrogênio e de cálcio; (brassinosteroides*ácidos húmicos) para a altura da muda; e (ácidos húmicos*época) para os teores de cálcio e de magnésio. Foi observado efeito independente do fator brassinosteroides para o

teor de magnésio e do fator épocas de amostragem para a massa seca da parte aérea.

Verificou-se que as aplicações de ácidos húmicos nas mudas do abacaxizeiro proporcionaram aumento de 6,2% no comprimento da muda na dose 0 de brassinosteroides (Tabela 4). Vale ressaltar que o comprimento da muda é uma característica biométrica importante no processo de aclimatização, sendo este o parâmetro indicado por diversas biofábricas para determinar o ponto final desta fase. Normalmente as mudas são comercializadas para aclimatação quando têm 6 a 7 cm de comprimento (Berilli et al., 2011).

Na aclimatização do abacaxizeiro as mudas sofrem ajustes estruturais e fisiológicos, passando do metabolismo mixotrófico para autotrófico. Essa etapa é muito demorada em relação ao ciclo produtivo da cultura, especialmente pela lentidão de crescimento tanto da parte aérea como do sistema radicular. Vários fatores podem influenciar este processo e impactar na produção e adaptação das mudas (Barboza et al., 2006).

Tanto o número de folhas, como o comprimento das mudas, são parâmetros para a avaliação do crescimento vegetativo durante a fase da aclimatização, principalmente, por possuir correlação com a área foliar e a massa seca aérea das mudas. Quando o abacaxizeiro cresce em condições climáticas favoráveis e no campo, emite em média uma folha por semana até a emissão da inflorescência (Giacomelli, 1982).

A aplicação de ácidos húmicos independente da dose de brassinosteroides, proporcionou um aumento de 2,6% no número de folhas nas mudas destes tratamentos (Tabela 4). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Baldotto et al. (2009) que também trabalharam com mudas do abacaxizeiro 'BRS Vitória' durante a fase de aclimatização e verificaram incremento no crescimento e na parte aérea destas mudas após serem submetidas a tratamento com aplicação de ácidos húmicos na concentração de 15 mmol L⁻¹ de carbono.

Conforme já mencionado, apesar do comprimento da muda ser uma das características mais utilizadas para estimar o término do período de aclimatização, segundo Moreira et al. (2006), a área foliar também poderia ser utilizada para esse fim, uma vez que maiores valores desse parâmetro podem proporcionar maior área fotossintética para produção de matéria orgânica.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis: número de folhas, comprimento, área foliar, massa seca aérea, massa seca radicular, teores de nitrogênio, de fósforo, de potássio, de cálcio e de magnésio de mudas de abacaxizeiro 'BRS Vitória' com aplicações de cinco doses brassinosteroides (BRs) com aplicação ou não de ácidos húmicos (AH) avaliado em quatro épocas de amostragem

Causas de Variação	Número de folhas	Comprimento da muda (cm)	Massa seca aérea (mg)	Massa seca radicular (mg)	Área foliar (cm ²)
BRs	1,09 ^{ns}	2,52**	1,63 ^{ns}	5,86**	3,00**
AH	6,20**	0,87 ^{ns}	0,01 ^{ns}	32,00**	2,45 ^{ns}
Época	719,97**	856,01**	581,23**	360,42**	919,79**
BRs*AH	0,71 ^{ns}	3,08**	0,86 ^{ns}	6,69**	2,17 ^{ns}
BRs*Época	0,76 ^{ns}	1,94**	0,40 ^{ns}	3,42**	6,70**
AH*Época	1,68 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,18 ^{ns}	9,32**	1,35 ^{ns}
BRs*AH*Época	1,39 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,96 ^{ns}	3,16**	1,72 ^{ns}
Média geral	12,67	7,26	286,05	51,8	28,10
CV (%)	7,11	7,22	19,41	23,66	11,88

Causas de Variação	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
g kg ⁻¹				
BRs	2,98**	5,05**	1,24 ^{ns}	0,43 ^{ns}	7,68**
AH	0,67 ^{ns}	10,96**	2,16 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Época	424,89**	66,34**	84,55**	31,00**	16,18**
BRs* AH	1,53 ^{ns}	2,65**	4,44**	0,89 ^{ns}	1,25 ^{ns}
BRs*Época	2,10**	3,00**	1,55 ^{ns}	2,56**	1,59 ^{ns}
AH*Época	0,32 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,26 ^{ns}	9,88**	3,08**
BRs*AH*Época	1,38 ^{ns}	2,13**	3,24**	0,94 ^{ns}	0,93 ^{ns}
Média geral	13,04	1,77	40,2	8,79	3,17
CV (%)	13,16	15,19	8,78	7,89	13,05

^{ns} não significativo e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4. Comprimento e número de folhas de mudas de abacaxizeiro 'BRS Vitória' em função da aplicação de cinco doses de brassinosteroides aclimatizadas em casa de vegetação.

Aplicação de ácidos húmicos	Comprimento da muda (cm)					Número de folhas
	Doses de brassinosteroides					Média de todas as doses de brassinosteroides
mg L ⁻¹					
	0	0,25	0,50	0,75	1,00	
Com	7,49 a	7,00 a	7,38 a	7,04 a	7,20 a	12,83 a
Sem	7,05 b	7,19 a	7,50 a	7,31 a	7,40 a	12,51 b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p > 0,05$.

Com relação a aérea foliar das mudas em reposta às doses de brassinosteroides em função das épocas de aclimatização, verificou-se que as taxas de incremento (coeficiente angular das equações de regressão) das mudas que receberam às aplicações do regulador de crescimento foram maiores em relação as mudas do tratamento que receberam a menor dose (Tabela 5). Em plantas de *Tabebuia alba*, Orika Ono et al. (2010) também constataram maior expansão foliar quando foram realizadas aplicações com brassinosteroides.

A produção de massa seca aérea das mudas de abacaxizeiro não foram influenciadas pelas aplicações de ácidos húmicos e de brassinosteroides. Estas tiveram seu crescimento ajustado com equação quadrática ($\hat{y} = 0,0004x^2 + 4,7803x - 220,88$ $R^2 = 0,99^{**}$) em função do período de aclimatização. Entretanto, Catunda et al. (2008) verificaram incremento no acúmulo de massa seca 2,8 vezes maior em mudas de abacaxizeiro 'BRS Imperial' tratadas com a aplicação de 0,1 mg L⁻¹ de brassinosteroides em relação à testemunha. Freitas et al. (2012) ao avaliarem o efeito da aplicação de doses de brassinosteroides variando de 0 a 1 mg L⁻¹ no crescimento de mudas de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' oriundas de seccionamento de caule, verificaram que a dose estimada de 0,68 mg L⁻¹ proporcionou maior massa seca aérea.

Tabela 5. Diferença (DIF) entre o controle (CON), dose 0 mg L⁻¹ de brassinosteroides e as demais doses de brassinosteroides - BRs (0,25; 0,50; 0,75; 1,0 mg L⁻¹) para as variáveis área foliar, teor de nitrogênio e de cálcio em mudas de abacaxizeiro 'BRS Vitória' em função das equações de regressão em função do tempo de aclimatização (150 dias após plantio).

Variável	BRs (mg L ⁻¹)	Equação	R ²	CON	X=150 (dias)	DIF (%)
Área foliar (cm ²)	0	$\hat{y} = 0,312x - 5,781$	0,99**		41,02	-
	0,25	$\hat{y} = 0,386x - 11,67$	0,84**		46,23	12,7%
	0,50	$\hat{y} = 0,363x - 8,96$	0,95**	41,02	45,49	10,9%
	0,75	$\hat{y} = 0,344x - 8,134$	0,93**		43,46	5,9%
	1,00	$\hat{y} = 0,354x - 8,827$	0,97**		44,27	7,9%
Teor de nitrogênio (g kg ⁻¹)	0	$\hat{y} = -0,1351x + 27,50$	0,84**		7,24	-
	0,25	$\hat{y} = -0,1306x + 27,25$	0,85**		7,66	5,8%
	0,50	$\hat{y} = -0,1033x + 23,13$	0,89**	7,24	7,63	5,4%
	0,75	$\hat{y} = -0,1249x + 26,10$	0,86**		7,36	1,7%
	1,00	$\hat{y} = -0,1085x + 24,50$	0,88**		8,23	13,7%
Teor de cálcio (g kg ⁻¹)	0	$\hat{y} = -0,0003x^2 + 0,07x + 5,11$	0,60**		8,41	-
	0,25	$\hat{y} = -0,0003x^2 + 0,07x + 5,07$	0,93**		8,36	-0,6%
	0,50	$\bar{y} = 8,80$	-	8,41	8,80	4,6%
	0,75	$\bar{y} = 8,78$	-		8,78	4,4%
	1,00	$\hat{y} = 0,0131x + 7,33$	0,59**		9,30	10,6%

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O sistema radicular das mudas foi significativamente alterado pelas aplicações dos ácidos húmicos, sendo registrado um incremento de 63% na matéria seca radicular das mudas de abacaxizeiro aos 150 dias após plantio (Tabela 6).

Mudas micropropagadas com maior massa radicular poderão ser mais vigorosas, podendo apresentar melhor adaptação nas fases de aclimação e transplante em campo, visto que quanto mais desenvolvido o sistema radicular, maior será a absorção de nutrientes e com isso, maior será o crescimento da planta. Os resultados deste trabalho corroboraram com os encontrados por Baldotto et al. (2010) que encontraram efeitos positivos em mudas micropropagadas de abacaxizeiro quando foram aplicados ácidos húmicos. Façanha et al. (2002) também verificaram em plântulas de milho e de café que os ácidos húmicos possuem efeito fisiológico na

promoção do crescimento radicular.

Os principais efeitos dos ácidos húmicos no crescimento são respostas aos estímulos que essa substância provoca, sendo semelhante ao efeito do fitormônio auxina, que estimula a atividade da bomba eletrogênica H⁺-ATPase de membrana plasmática (Hager et al., 1991), provocando expansão celular e ativação de transportadores secundários em membranas celulares (Sondergaard et al., 2004).

Verificou-se, também, que quando os ácidos húmicos foram aplicados em conjunto com as doses 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg L⁻¹ de brassinosteroides, proporcionaram redução de 16, 19, 23 e 39% na massa seca radicular, respectivamente, ao comparar as mudas do tratamento com aplicações de ácidos húmicos e na dose 0 mg L⁻¹ de brassinosteroides (Tabela 6). Esses resultados sugerem que o efeito bioestimulante dos ácidos húmicos sobre o sistema radicular pode ser reduzido com aplicações de brassinosteroides. Roddick et al. (1993) relataram que aplicações continuadas de brassinosteroides promovem a inibição do crescimento radicular.

O abacaxizeiro tem o desenvolvimento dependente do estado nutricional e quando estas mudas são cultivadas sob deficiência, o ritmo de crescimento e o desenvolvimento destas podem ser reduzidos, podendo inclusive interferir nas fases posteriores (Faria, 2008). Porém, pouco se sabe sobre os teores adequados de nutrientes durante a fase de aclimatização do abacaxizeiro.

Tabela 6. Diferença (DIF) entre o controle (CON) e os demais tratamentos [interação da aplicação com ou sem ácidos húmicos – AH e as doses de brassinosteroides – BRs (0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0 mg L⁻¹)] para as variáveis massa seca radicular, teor de fósforo e de potássio em mudas de abacaxizeiro ‘BRS Vitória’ em função das equações de regressão do tempo de aclimatização (150 dias após cultivo *in vitro*)

Variável	AH	BRs (mg L ⁻¹)	Equação	R ²	CON	X=150 (dias)	DIF (%)
Massa seca radicular (mg)	Sem	0	$\hat{y} = 0,7048x - 31,11$	0,94**		74,6	-
		0,25	$\hat{y} = 0,663x - 25,34$	0,88**		74,1	-1%
		0,50	$\hat{y} = 0,5551x - 13,04$	0,87**	74,6	70,2	-6%
		0,75	$\hat{y} = 0,6534x - 21,27$	0,91**		76,7	3%
		1,00	$\hat{y} = 0,4838x - 4,965$	0,78*		67,6	-9%
	Com	0	$\hat{y} = 1,1913x - 56,71$	0,97**		121,9	63%
		0,25	$\hat{y} = 1,0161x - 49,99$	0,85**		102,0	37%
		0,50	$\hat{y} = 0,8735x - 31,93$	0,83**	74,6	99,0	33%
		0,75	$\hat{y} = 0,8815x - 38,43$	0,81**		93,8	26%
		1,00	$\hat{y} = 0,591x - 14,03$	0,86**		74,6	0%
Teor de fósforo (g kg ⁻¹)	Sem	0	$\hat{y} = 0,0002x^2 - 0,050x + 3,97$	0,55**		1,03	-
		0,25	$\hat{y} = 0,0001x^2 - 0,019x + 2,32$	0,68**		1,72	67%
		0,50	$\hat{y} = 0,0002x^2 - 0,048x + 4,03$	0,67**	1,03	1,30	26%
		0,75	$\hat{y} = 0,0001x^2 - 0,020x + 2,44$	0,69**		1,69	64%
		1,00	$\hat{y} = 0,0002x^2 - 0,043x + 3,62$	0,83**		1,74	69%
	Com	0	$\hat{y} = 0,0001x^2 - 0,019x + 2,48$	0,73**		1,86	81%
		0,25	$\hat{y} = 0,0004x^2 - 0,070x + 4,51$	0,99**		3,00	191%
		0,50	$\hat{y} = 0,0003x^2 - 0,055x + 4,3$	0,73**	1,03	2,85	177%
		0,75	$\hat{y} = 0,0002x^2 - 0,050x + 3,78$	0,74**		2,62	154%
		1,00	$\hat{y} = 0,0002x^2 - 0,035x + 3,20$	0,73**		2,30	123%
Teor de potássio (g kg ⁻¹)	Sem	0	$\hat{y} = -0,1831x + 57,49$	0,95**		30,0	-
		0,25	$\hat{y} = -0,1345x + 55,34$	0,97**		35,3	18%
		0,50	$\hat{y} = -0,0752x + 47,99$	0,47**	30,0	36,7	22%
		0,75	$\hat{y} = -0,0821x + 48,81$	0,77**		36,5	22%
		1,00	$\hat{y} = -0,0791x + 48,88$	0,52**		37,0	23%
	Com	0	$\hat{y} = -0,0579x + 48,49$	0,96**		39,8	33%
		0,25	$\hat{y} = -0,0794x + 46,25$	0,61**		34,3	14%
		0,50	$\hat{y} = -0,1506x + 55,92$	0,87**	30,0	33,3	11%
		0,75	$\hat{y} = -0,1651x + 55,75$	0,78**		30,9	3%
		1,00	$\hat{y} = -0,1164x + 53,71$	0,79**		36,3	21%

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Verificou-se que o aumento das doses de brassinosteroides provocou aumento de 13,7% nos teores de nitrogênio foliar, ao se comparar as mudas que receberam a menor dose do regulador de crescimento em relação às que receberam a maior dose (Tabela 5). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Freitas et al. (2012), que verificaram que as doses de brassinosteroides proporcionaram efeito significativo nos teores de nitrogênio, apresentando um comportamento linear crescente, sendo a dose de 1,0 mg L⁻¹ proporcionou incremento de 11,1% no teor nutricional das mudas de abacaxizeiro quando comparada com a testemunha.

Freitas et al. (2015), ao trabalhar com mudas da tangerineira 'Cleópatra', verificaram que a concentração de 1,0 mg L⁻¹ do brassinosteroides associada com fungos micorrízicos arbusculares proporcionou um incremento de 15,4% no conteúdo de nitrogênio na massa seca aérea. Vale ressaltar que independentemente da dose do regulador de crescimento utilizada, os teores de nitrogênio foram reduzidas em 63, 61, 55, 69 e 54% para as doses 0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 mg L⁻¹ de brassinosteroides, respectivamente dos 60 para os 150 dias do período de aclimatização (Tabela 6). Porém, esse efeito foi menor para as doses 0,50 e 1,00 mg L⁻¹ de brassinosteroides.

Catunda (2007) constatou que as mudas de abacaxizeiro 'Imperial' tratadas com brassinosteroides Biobras-16 nas concentrações de 0,1 até 1,0 mg L⁻¹ e, cultivadas no substrato bagaço-de-cana mais torta de filtro, apresentaram maiores teores de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea em relação ao tratamento em que não foi aplicado brassinosteroides.

Diniz et al. (1999), avaliando a absorção de macronutrientes por explantes de bananeira *in vitro*, verificaram que o teor de nitrogênio foi maior nos primeiros 10 dias, e diminuiu em função do tempo de cultivo. Segundo os autores, essa redução do teor de nitrogênio nos tecidos pode ocorrer em função do efeito de diluição devido a maior produção de massa seca. Esta observação corrobora com os resultados obtidos neste experimento, no qual, também, foi verificado maior teor de nitrogênio na parte aérea aos 60 dias após o plantio seguido por uma redução em função do tempo (Tabela 5).

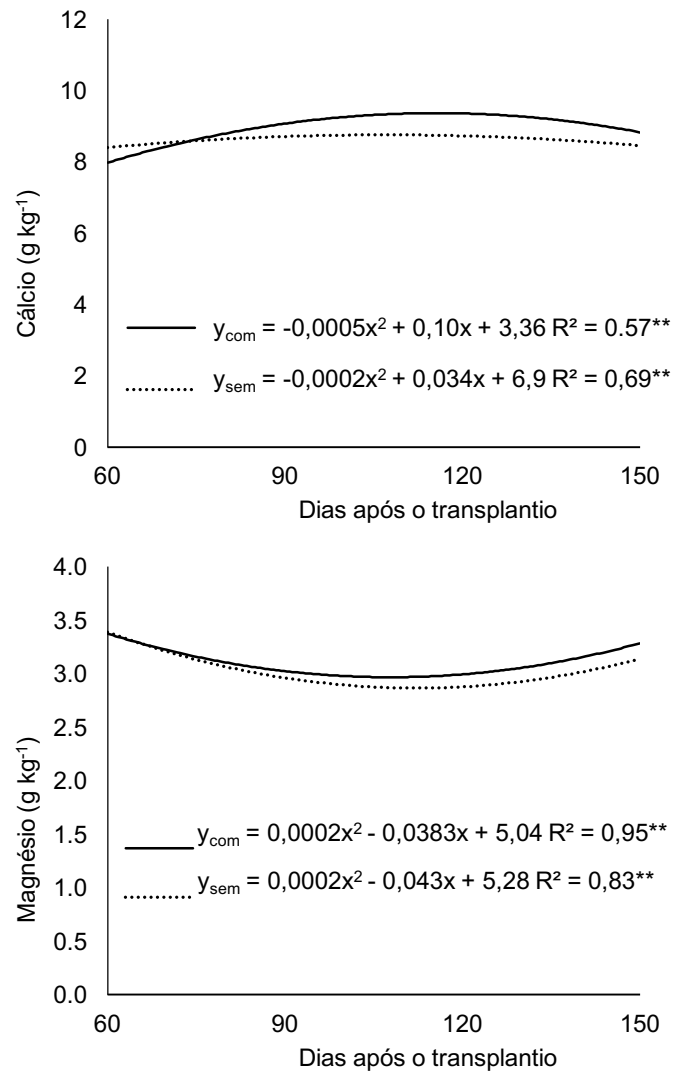


Figura 2. Teores de cálcio e magnésio de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' com aplicação ou não de ácidos húmicos em função de quatro épocas (60, 90, 120 e 150) após transplante. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os maiores teores de fósforo foram registrados nas mudas que receberam ácidos húmicos em conjunto com as doses de brassinosteroides. O oposto ocorreu com o potássio, onde a aplicação em conjunto dos ácidos húmicos e brassinosteroides resultaram em menor teor nas mudas quando comparado com as mudas tratadas apenas com ácidos húmicos (Tabela 6).

Verificou-se que a dose $1,00 \text{ mg L}^{-1}$ de brassinosteroides proporcionou um aumento de 10,6% do teor foliar de cálcio nas mudas de abacaxizeiro aos 150 dias de tempo de aclimatização (Tabela 5). Já para os teores de magnésio em função da aplicação de brassinosteroides, verificou-se por meio da equação ($\hat{y} = -0,368x + 3,35$, $R^2 = 0,65^{**}$) que os teores decresceram linearmente e quando aplicou-se a dose 0 mg L^{-1} de brassinosteroides o teor foi $3,35 \text{ g kg}^{-1}$ e reduziu 11% na maior dose do regulador de crescimento.

Ao analisar o efeito isolado dos ácidos húmicos em função do tempo de aclimatização para os teores de cálcio e de magnésio, verificou-se que os maiores valores para esses elementos foram observados quando se aplicou essa substância (Figura 2).

Cordeiro et al. (2010) citaram que além do efeito bioestimulante sobre o crescimento das plantas, os ácidos húmicos podem fornecer nutrientes para as plantas por meio de sua mineralização.

Os resultados deste trabalho apontam potencial da utilização de produtos à base de ácidos húmicos e de brassinosteroides na redução do período de enviveiramento. Contudo, devem-se realizar mais estudos sobre esses tratamentos na aclimatização e também no comportamento efetivo das mudas após o seu transplântio para canteiros para aclimatação

CONCLUSÃO

As utilizações de ácidos húmicos aumentam a massa seca radicular, o comprimento e o número de folhas das mudas de abacaxizeiro 'BRs Vitória';

A utilização de brassinosteroides reduz a massa radicular e os teores de magnésio de mudas de abacaxizeiro 'BRs Vitória'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriannual (2012) Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, Instituto FNP, AgraFNP, 504p.
- Berilli, S.; Carvalho, A.; Freitas, S.; Faria, D.C.; Marinho, C. (2011) Avaliação do desenvolvimento de diferentes tamanhos de mudas micropropagadas de abacaxizeiro, após aclimação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:208-214.
- Baldotto, L.E.B.; Baldotto, M.A.; Olivares, F.L.; Viana, A.P. Bressan-Smith, R. (2010) Seleção de bactérias promotoras de crescimento no abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) cultivar Vitória durante a aclimatização. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 349-360.
- Baldotto, L.E.B., Baldotto, M.A., Giro, V.B., Canellas, L.P., Olivares, F.L., Bressan-Smith, R. (2009) Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 33 (4): 979-990.
- Barbosa, S.B.S.C., Graciano-Ribeiro, D., Teixeira, J.B., Portes, T.A., Souza, L.A. (2006) Anatomia foliar de plantas micropropagadas de abacaxi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(2): 185-194.
- Berilli, S., Carvalho, A., Freitas, S., Faria, D. C., Marinho, C. (2011) Avaliação do desenvolvimento de diferentes tamanhos de mudas micropropagadas de abacaxizeiro, após aclimação. *Revista Brasileira Fruticultura*, 33: 208-214.
- Bishop, G.J.; Koncz, C. (2002) Brassinosteroids and Plant Steroid Hormone Signaling. *The Plant Cell, Norwich*, 14: 97-110.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Façanha, A. L., Façanha, A. R. (2002) Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation,

- Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiology*, 130 (4): 1951-1957.
- Catunda, P.H.A., Marinho, C.S., Gomes, M.M.A., Carvalho, A.J.C. DE. (2008) Brassinosteroides e substratos na aclimatização do abacaxizeiro 'Imperial'. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30 (3): 345-352.
- Cordeiro, F.C., Souza, S.R. (2010) Influência dos ácidos húmicos no metabolismo vegetal pode ser considerada uma resposta auxínica?. *Revista de Ciências da Vida*, 30 (2): 111-131.
- Diniz, J.D.N., Gonçalves, A.N., Hernandez, F.F.F, Torres, A.T. (1999) Absorção de macronutrientes por explantes de bananeira in vitro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(7):1201-1209.
- Façanha, A.R.; Façanha, A.L.O.; Olivares, F.L.; Guridi, F.; Santos, G.A.; VELLOSO, A.C.X.; Rumjanek, V.M.; Brasil, F.; Schripsema, J.; Braz-Filho, R.; Oliveira, M.A.; Canellas, L.P. (2002) Bioatividade de ácidos húmicos: Efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1301-1310.
- Faria, D.C. *Desenvolvimento e produtividade do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em função de adubação nitrogenada e tipos de mudas no Norte Fluminense*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes- RJ. 67p. 2008.
- Freitas, J.A.A.; Marinho, C.S.; Freitas, I.L. de J.; Santos, P.C.; da Silva, M.P.S.; Carvalho, A.J.C. de (2015) Brassinosteroides e fungo micorrízico arbuscular na produção do porta-enxerto tangerineira 'Cleópatra'. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10(1):54-59.
- Freitas, S. de J.; Santos, P. C. dos; Carvalho, A.J.C. de; Berilli, S. da S.; Gomes, M. de M. de A. (2012) Brassinosteroid and nitrogen fertilization on growth and

- nutritional status of plantlets from pineapple sectioning stem. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 34(2):612-618.
- Fujioka, S.; Sakurai, A. (1997) Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids. *Plant Physiology*, 100(3):710-715.
- Giacomelli, E.J. 1982. Expansão da abacaxicultura no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, p.28-29.
- Hager, A.; Debus, G.; Edel, H.G.; Stransky, H., Serrano, R. (1991) Auxin induces exocytosis and rapidsynthesis of a high-turnover pool of plasma-membraneH⁺-ATPase. *Planta*, 185: 527-537.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. de. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas - Princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 201p.
- Matos, A.P. (2009) Vitória: New Pineapple cultivar resistant to fusariosis. *Acta Horticulturae*, The Hague, 822: 51- 56.
- Moraes, A.M.; Almeida, F.A.C.; Bruno, R.L.A.; Filho, J.C.; Nunes, S.T.; Gomes, J.P. (2010) Micropropagação de abacaxizeiro cv. Emepa 1. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(9):932-936.
- Moreira, M.A. Carvalho, J. G. D., Pasqual, M., Fráguas, C. B., Silva, A. B. D. (2006) Efeito do substrato na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxi cv. Pérola. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(5):875-879.
- Nardi, S.; Pizzeghello, D.; Muscolo, A. Vianello, A. (2002) Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34:1527-1536.

- Orika Ono, E.; Nakamura, T.; Machado, S.R.; Rodrigues, J.D. (2000) Application of brassinosteroid to *Tabebuia alba* plants. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, 12(3):187-194.
- Roddick, J.; Rijnenberg, A.L.; Ikekawa, N. (1993) Developmental effects of 24-epibrassinolide in excised roots of tomato grown *in vitro*. *Physiologia Plantarum*, 87: 453-458.
- Santos, P.C.; Silva, M.P.; Freitas, S.D.J.; Berilli, S.D.S.; Altoé, J.A.; Silva, A.D.A., Carvalho, A.J.C. de (2014). Ácidos húmicos e brassinosteroides no crescimento e estado nutricional de rebentos de coroas de abacaxi. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(4)532-537.
- Sondegaard, T.E.; Schulza, A.; Palmgren, M.G. (2004) Energization of transport processes in plants. Roles of plasma membrane H⁺-ATPase. *Plant Physiol.*, 136: 2475-2482.
- Ventura, J.A.; Costa, H., Caetano, L.C. (2009) Abacaxi 'Vitória': uma cultivar resistente à fusariose. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(4):632-637.

BRASSINOSTEROIDES E ÁCIDOS HÚMICOS NA PRODUÇÃO PRECOCE DE REBENTOS PROVENIENTES DE COROAS DE ABACAXI

RESUMO

O abacaxizeiro é uma das espécies vegetais mais importantes para a agricultura brasileira, entretanto alguns entraves para o aumento da produtividade da cultura têm sido relacionadas à ausência de qualidade fitotécnica e fitossanitária das mudas utilizadas para implantação de novas lavouras. A oferta de mudas saudáveis é a principal forma de assegurar o sucesso do cultivo, contudo a produção destas, quando executada dentro dos padrões técnicos adequados resulta em elevados custos. Neste contexto, têm sido realizados trabalhos com a propagação do abacaxizeiro visando à redução da fase de enviveiramento e o aumento da produtividade no viveiro. Dentre os métodos de propagação acelerada, verifica-se elevado potencial na utilização da coroa de abacaxi para produção precoce de rebentos pelo método de destruição do meristema apical. Aliadas a essa técnica, aplicações de insumos como ácidos húmicos e brassinosteroides podem ser utilizadas como estratégia para acelerar o crescimento das mudas e reduzir o tempo de sua formação. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da aplicação de ácidos húmicos e de brassinosteroides em coroas de abacaxi visando a produção de mudas do tipo rebento. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, num fatorial 4x2, sendo quatro doses de

brassinosteroides (0, 0,5, 0,75 e 1,00 mg L⁻¹) com aplicação ou não de ácido húmico, com cinco repetições. As primeiras emissões de rebentos foram registradas aos 30 dias após o plantio das coroas e estes foram coletados quando atingiram pelo menos 10 cm de altura. Aos 360 dias após o plantio das coroas, verificou-se que o tratamento dose 0 de brassinosteroides com a aplicação de ácidos húmicos provocou incremento de 32,4% na produção de rebentos.

Palavras-chaves: *Ananas Comosus*; propagação, abacaxizeiro

BRASSINOSTEROIDS AND HUMIC ACIDS THE PRODUCTION OF EARLY SAPLINGS FROM PINEAPPLE CROWNS

Abstract - The pineapple is one of the plant species of great importance for Brazilian agriculture, but some of the obstacles to increase productivity of the pineapple crop have been linked to the lack of agronomical and sanitary qualities of the plantlets used for the establishment of new crop areas. The supply of healthy plantlets is the main way to ensure the success of cultivation, but production of pineapple plantlets, when performed within the appropriate technical standards, results in high costs. Among the methods of rapid propagation, the destruction of the shoot apical meristem of pineapple fruit crowns for producing precocious saplings shows a great potential. Along with this technique, input applications such as humic acid and brassinosteroids can be used as a strategy to accelerate the growth of plantlets and to reduce the time of plantlet formation. Thus, the aim of this study was to evaluate the production of plantlets from saplings, originated from pineapple fruit crowns, with the application of humic acid and brassinosteroids. A randomized block design in a factorial 4x2 was used, with four levels of brassinosteroid (0, 0.5, 0.75 and 1.00 mg L⁻¹), with or without humic acid. The first saplings were observed at 30 days after planting the pineapple fruit crowns, and they were harvested when they reached at least 10 cm of height. The application of humic acid, in the absence of brassinosteroids (dose 0) caused an increase of 32.4% in saplings production at 30 days after planting the crowns.

Keywords: *Ananas comosus*; propagation, precocious sapling.

INTRODUÇÃO

O principal problema fitossanitário da abacaxicultura no Brasil é a fusariose, a que é disseminada, principalmente, por meio de mudas de baixa qualidade. Os abacaxizeiros dos tipos 'Pérola' e 'Smooth Cayenne' predominam nos plantios comerciais e são suscetíveis a essa doença.

O processo atual de produção de material propagativo do abacaxizeiro é caracterizado pela falta de um sistema de produção profissionalizado principalmente atribuído à baixa eficiência dos métodos e ao longo tempo para a obtenção das mudas em relação ao ciclo total da cultura, o que eleva o preço final das mudas e inviabiliza a aquisição pelos produtores (Coelho et al., 2007; Santos et al., 2011).

A propagação do abacaxizeiro utilizando-se a coroa de abacaxi para a produção de rebentos precoces, após a destruição mecânica de seu ápice caulinar, foi apontada por Coelho et al. (2007) como uma alternativa para ofertar mudas de qualidade no Brasil. Dependendo do tamanho, a coroa pode apresentar até 40 folhas, podendo desenvolver dezenas de gemas, que, por sua vez, poderão gerar vários rebentos. Esses mesmos autores relataram a produção média de 5,2 rebentos por coroa de abacaxi 'Smooth Cayenne' com 35 cm de comprimento, no período de 360 dias. Indicaram ainda a possibilidade de que o número de rebentos emitidos e colhidos poderiam aumentar com a retirada constante do maior rebento, a intervalos mais curtos.

Santos et al. (2011) potencializaram a produção de rebentos precoces do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' a partir da coroa de abacaxi com a retirada da

muda com 10 cm de comprimento, sendo produzidas em média 23,73 mudas em 420 dias. Entretanto, essas mudas precisam passar pela fase de enviveiramento até atingir o tamanho adequado para plantio no campo.

O tamanho mínimo para a colheita da muda ainda precisa ser discutido em função do destino que se dará aos rebentos. Contudo, é inquestionável o potencial dessa técnica como alternativa no futuro para ampliar a produção de mudas do abacaxizeiro. Nessa linha, a aplicação de substâncias como brassinosteroides e ácidos húmicos pode ser uma alternativa, visto que Catunda et al. (2007), Baldotto et al. (2010) e Freitas et al. (2015), usando estas substâncias isoladamente em abacaxizeiro obtiveram resultados promissores tanto em qualidade como em quantidade das mudas.

Os principais efeitos dos brassinosteroides são: aumento da divisão (Clouse e Sasse, 1998) e do alongamento celular (Azpiroz et al., 1998), crescimento das plantas (Orika Ono et al., 2000), desenvolvimento de gemas vegetativas e florais (Khripach et al., 2000), inibição de raízes (Colli, 2004), além de participar de processos de tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos (Krishna, 2003).

Os ácidos húmicos podem estimular diretamente o crescimento e a produtividade das plantas, por influenciar positivamente o transporte de íons facilitando a absorção de nutrientes; aumento no conteúdo de clorofila e na velocidade e síntese de ácidos nucléicos (Nannipieri et al., 1993). Além disso, fornecem nutrientes para as plantas por meio de sua mineralização (Cordeiro et al., 2010).

Nesse contexto, acredita-se que são imprescindíveis o aprimoramento ou a adoção de novas tecnologias que possam trazer maior eficiência, rapidez e simplicidade na execução das etapas necessárias para a produção de mudas de abacaxizeiro. A aplicação de ácidos húmicos e de brassinosteroides em coroas de abacaxi apresentaram resultados positivos na produção de rebentos, porém, estas substâncias não foram investigadas em conjunto. Com isso, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito da aplicação de ácidos húmicos e de brassinosteroides em coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' visando a produção de rebentos precoces.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no *Campus* da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, em Campos dos Goytacazes – RJ, situada a 21°48' de latitude sul, 41°20' de longitude W, altitude de 11 m.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4X2, sendo quatro doses do brassinosteroides (0; 0,50; 0,75; 1,0 mg L⁻¹), na presença e na ausência de ácidos húmicos, com cinco repetições para cada tratamento. A unidade experimental foi composta por um vaso com uma coroa de abacaxi plantada individualmente.

O substrato foi constituído de uma mistura de areia lavada, horizonte A e de vermiculita nas proporções 2:1:1 (v/v), respectivamente. Após a mistura o substrato apresentou as características químicas descritas na tabela 1.

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado para plantio das coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne'

pH	K	Ca	Mg	Al	SB	V	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mmol _c dm ⁻³					(%)	mg dm ⁻³					
6,1	2,5	17,9	12,7	0	35,1	90	18	327,10	1,53	3,07	40,57	0,28
Matéria orgânica = 35,7 g dm ⁻³												

Os frutos de abacaxizeiro Smooth Cayenne foram adquiridos em uma lavoura comercial no município de São Francisco do Itabapoana - RJ. As coroas foram destacadas do fruto e selecionadas por massa fresca (150 – 200 g) e tiveram seu meristema apical eliminado, com auxílio de um alicate com ponta fina e uma chave de fenda.

Para o fornecimento do brassinosteroides foi utilizado o BIOBRAS-16 (análogo espiroestânico da castasterona - (25R)-2 α ,3 α -diidroxí-5 α -espirostan-6-

ona). O qual foi aplicado aos 30 dias após o plantio das coroas e em intervalos de 30 dias durante o experimento, via foliar, por meio de pulverizações de solução dos respectivos tratamentos (adicionado 0,1% do Tween 20 como agente tensoativo).

Como fonte de ácidos húmicos foi utilizado o condicionador orgânico de solo Agrolmin HF[®] cujas características químicas são apresentadas na tabela 2. Aos 15 dias após o transplante das coroas e em intervalos de 15 dias durante o experimento, o condicionador foi aplicado na dose correspondente a 200 L ha⁻¹ (diluído em 400 mL de água) diretamente ao substrato. No tratamento controle foi aplicado 400 mL de água desionizada.

Tabela 2. Características químicas do condicionador de solo a base ácidos húmicos Agrolmin HF[®]

C _{org} total	N solúvel	K ₂ O	Zn	B	Densidade
-----g L ⁻¹ -----					
108	16,2	16,2	3,78	2,16	1,08

Lote: 400.014, Fabricação: 25/02/2011. Fonte de matéria-prima: Hidróxido de Potássio, Ureia, Turfa, Sulfato de Zinco, Ácido Bórico e água.

A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas pelo medidor WATCH DOG - Weather Station (Spectrum Technologies, Inc), que foi programado para realizar leituras a intervalos de uma hora (Figura 1).

Os rebentos foram coletados semanalmente quando atingiam altura mínima de 10 cm e mensurados quanto ao comprimento, à massa fresca, ao diâmetro e ao número de folhas.

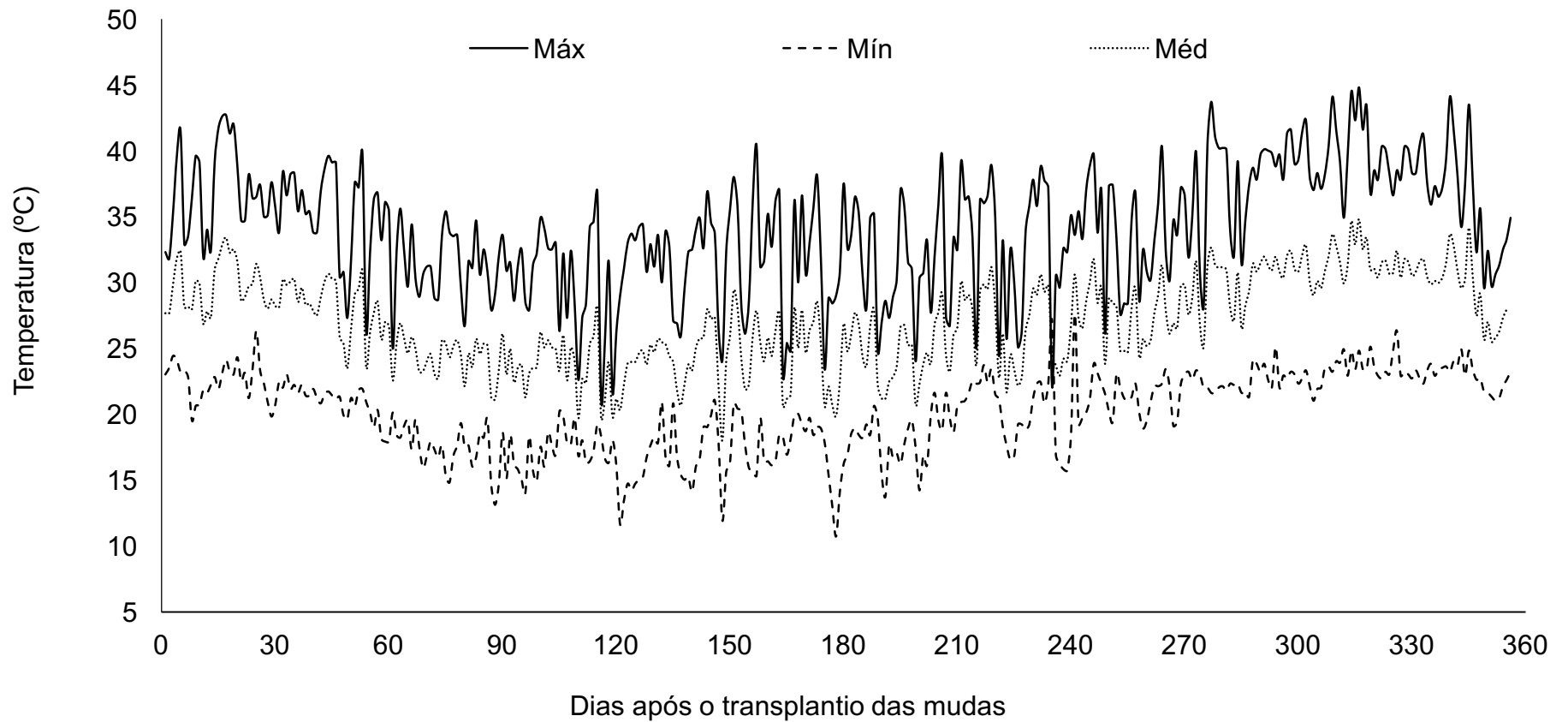


Figura 1. Temperaturas mínima (T. Mín.), média (T. Méd.) e máxima (T. Máx.), em °C, registradas em casa de vegetação durante o período do experimento, em Campos dos Goytacazes – RJ.

Para o comprimento, as mudas tiveram suas folhas agrupadas para cima, sendo medido da base até a extremidade da folha maior com auxílio de uma régua. A massa fresca foi obtida em balança de precisão. O diâmetro do caule foi aferido cerca de um centímetro acima da base do rebento com paquímetro digital. O número de folhas foi obtido por meio da contagem de todas as folhas visíveis.

Aos 360 dias após o início do experimento, as coroas de abacaxi foram coletadas e levadas ao laboratório para quantificação do volume radicular (pelo método do deslocamento de água em proveta) e da massa seca da parte aérea e radicular (após secagem em estufa por 72 horas a 70°C) em balança de precisão.

Os dados foram submetidos a análises de variância pelo teste F, as médias obtidas para o fator ácidos húmicos foram comparadas pelo teste Tukey (5% de probabilidade), enquanto as médias obtidas para o fator dose de brassinosteroides foram submetidas a análises de regressão (5% de probabilidade).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, encontra-se a descrição dos dados obtidos pela análise de variância com os valores de F calculado para cada variável mensurada. Observa-se que com exceção do efeito sobre o total de rebentos precoces produzidos não foi verificada interação significativa entre os fatores estudados.

As primeiras emissões de rebentos foram observadas aos 30 dias após o plantio das coroas de abacaxi, que sofreram eliminação da dominância apical. Estes resultados estão próximos aos encontrados por Coelho et al. (2007), que verificaram as primeiras emissões de rebentos aos 33 dias após o plantio das coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' tratadas com ácido giberélico e benzilaminopurina ao empregarem o mesmo método de eliminação do ápice caulinar.

Heenkenda (1997), ao avaliar a emissão de rebentos no abacaxizeiro 'Kew' após empregarem a decapitação mecânica, observou as primeiras emissões de rebentos a partir de 58 dias após o tratamento. Porém, além desses autores

terem utilizado plantas em estágio de desenvolvimento bem mais avançado, a cultivar pode influenciar diretamente no início do desenvolvimento das gemas. Santos et al. (2011) observaram as primeiras emissões de rebentos precoces a partir dos 30; 60 e 90 dias após o plantio das coroas de abacaxi para as cultivares 'Smooth Cayenne', 'Pérola' e 'Jupí', respectivamente.

Tabela 3. Resumo da análise de variância, com os respectivos valores de probabilidade para as variáveis: total de rebentos emitidos, comprimento, número de folhas, diâmetro e massa fresca do rebento, e massa seca aérea e radicular, e volume radicular das coroas de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em função das doses brassinosteroides (BRs) e com a aplicação ou não de ácidos húmicos (AH)

Causas de Variação	Probabilidade			
	Total de rebentos emitidos	Comprimento do rebento (cm)	Número de folhas do rebento	Diâmetro do rebento (mm)
BRs	0,630	0,075	0,516	0,114
AH	0,550	0,825	0,059	0,862
BRs* AH	0,002	0,349	0,273	0,086
Média geral	12,63	13,53	14,54	22,83
CV (%)	13,61	6,07	9,92	8,42

Causas de Variação	Probabilidade			
	Massa fresca do rebento (g)	Massa seca da coroa (g)	Massa seca radicular da coroa (g)	Volume do sistema radicular (cm ³)
BRs	0,388	0,1465	0,515	0,184
AH	0,587	0,8900	0,302	0,792
BRs* AH	0,106	0,2440	0,221	0,204
Média geral	30,18	6,80	40,06	47,50
CV (%)	20,02	47,15	17,82	37,15

Observou-se durante o decorrer do experimento, assim como relatado por Coelho et al. (2007) e Santos et al. (2011), que os novos rebentos inibem o desenvolvimento das demais gemas, provavelmente por estes funcionarem como fonte temporária de auxina. Contudo, esse efeito era eliminado quando se destacavam os rebentos e as novas gemas eram estimuladas a se desenvolver, eliminando-se o principal sítio de síntese de auxinas (Maerere, 1997; Souza et al., 2003).

Taiz e Zeiger (2009) apresentam duas hipóteses para explicar o mecanismo da dominância apical: a hipótese nutricional e a hormonal. Com relação a hipótese nutricional, a gema em crescimento ativo constitui um forte dreno de nutrientes e comanda o suprimento destes para esta região, em detrimento das demais gemas axilares. De acordo com a hipótese hormonal, uma gema apical em crescimento ativo não é somente uma região de consumo de nutrientes, mas também de síntese de hormônios, os quais controlam o desenvolvimento das demais gemas.

Em relação ao número total de mudas produzidas, verificou-se por meio de estimativas, que as coroas de abacaxi dos tratamentos com as aplicações de ácidos húmicos combinados às doses (0; 0,50; 0,75; 1,0 mg L⁻¹) de brassinosteroides produziram; 15,13; 11,23; 11,54 e 13,37 mudas, respectivamente, enquanto que as coroas que receberam as doses (0; 0,50; 0,75 e 1,0 mg L⁻¹) de brassinosteroides e que não receberam as aplicações de ácidos húmicos, produziram 11,43; 13,71; 13,16; e 11,48 mudas, respectivamente (Figura 2).

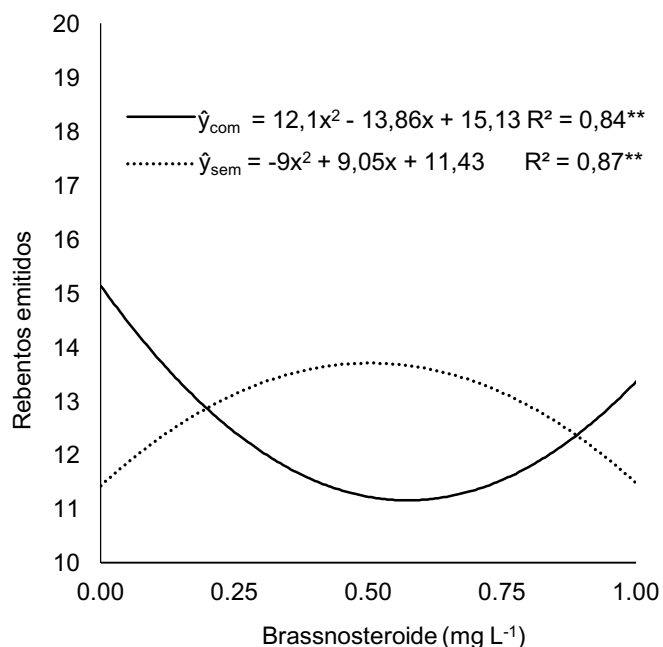


Figura 2. Produção total de rebentos precoces produzidos em coroas de abacaxizeiro submetidos a quatro doses de brassinosteroides com ou sem aplicação de ácidos húmicos os 360 dias após plantio em casa de vegetação. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Observaram-se aumentos de 32,4 e de 20% na produção de rebentos precoces em coroas de abacaxi para os tratamentos com aplicações combinadas de ácidos húmicos na dose 0 mg L^{-1} e $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ de brassinosteroides sem aplicação de ácidos húmicos, respectivamente, quando comparado com o tratamento controle (Figura 2).

Freitas et al. (2015) trabalhando com cinco doses de brassinosteroides (0; 0,5; 0,75 e $1,0 \text{ mg L}^{-1}$) na brotação, no desenvolvimento inicial e na composição nutricional de mudas provenientes de gemas axilares de secções de caule de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', constataram que o brassinosteroides proporcionou efeito positivo no desenvolvimento de gemas axilares de secções do caule de abacaxizeiro e verificaram incremento de 18,9 e 19,3% no número de folhas e no diâmetro do caule das mudas, respectivamente, quando os autores compararam os resultados obtidos com a maior dose aplicada e a menor dose aplicada.

Cortes et al. (2003), ao avaliarem o desenvolvimento de gemas vegetativas de cacto em resposta a aplicação de cinco doses de brassinosteroides (0 a 10 mg L^{-1}), verificaram que as aplicações com o regulador de crescimento proporcionaram antecipação do desenvolvimento das gemas em sete dias quando comparado ao controle e ainda aumentaram a taxa de crescimento dos brotos.

Freitas et al. (2012) constaram a atuação do brassinosteroides sobre o crescimento de mudas do tipo rebento oriundos de seccionamento de caule do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. Os autores observaram que a dose $0,75 \text{ mg L}^{-1}$ de brassinosteroides pode reduzir o tempo de permanência das mudas no viveiro em até 28 dias quando comparado com as mudas que não receberam o regulador de crescimento.

Considerando que o tratamento controle produziu 11,43 rebentos por coroa de abacaxi em 360 dias, e que estas podem ser plantadas em espaçamentos $30 \times 30 \text{ cm}$ em canteiros com $1,20 \times 20 \text{ m}$ de dimensão, um hectare pode produzir até 760.095 mudas com 10 cm de comprimento em um ano, evidenciando o potencial dessa técnica para suprir a demanda por mudas de qualidade. Outro aspecto importante a ser considerado é que a coleta de rebentos com pelo menos 10 cm, conforme adotado nesse experimento, pode prolongar ainda mais o tempo

de produção de rebentos pelas coroas de abacaxi, uma vez que os rebentos retiraram menor reserva da matriz.

Verificou-se que a aplicação de ácidos húmicos proporcionou maior número de folhas nos rebentos (Tabela 4). Esses dados estão de acordo com os encontrados por Baldotto et al. (2009) que observaram incremento significativo no crescimento de mudas do abacaxizeiro 'BRS Vitória' propagado por cultura de tecidos após à aplicação de doses de ácidos húmicos isolados de vermicomposto.

O número de folhas com desenvolvimento normal, em abacaxizeiro, é uma característica importante para a avaliação do crescimento e do desenvolvimento de planta, pois tem forte correlação com a área foliar, matéria fresca e seca da parte aérea e altura de planta (Freitas et al., 2012).

Tabela 4. Número de folhas em rebentos oriundos de coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' em função da aplicação de ácidos húmicos

Ácidos húmicos	Número de folhas
Com	12,83 a
Sem	12,51 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Baldotto e Baldotto (2016) avaliando o efeito de seis doses de ácidos húmicos de 0 a 80 mmol L⁻¹ de carbono isolados de bokashi no milho, verificaram que essas substâncias provocam efeitos positivos no crescimento inicial dessa cultura.

Os resultados encontrados nesse estudo trazem avanços no aprimoramento da técnica da destruição mecânica do ápice caulinar em coroas de abacaxi. Foi observado que os tratamentos proporcionaram aumento na produção de rebentos e não houve interação negativa da aplicação dos brassinosteroides com ácidos húmicos sobre os parâmetros biométricos das mudas em comparação com o controle (Tabela 3).

Freitas et al. (2015) aplicando doses de brassinosteroides variando de 0 a 1,0 mg L⁻¹ e avaliando o crescimento de mudas do abacaxizeiro oriundas de secções de caule e cultivadas em casa de vegetação até 120 dias após o plantio, também não verificaram resposta do brassinosteroides na altura, no número de folhas, no diâmetro do caule de mudas nem na massa fresca dos rebentos, quando comparadas com aquelas do tratamento sem o regulador de crescimento.

Catunda et al. (2008) observaram o efeito da aplicação de doses de brassinosteroides (0; 0,1; 0,3; 0,5 e 1 mg L⁻¹) e do uso de dois substratos sobre a aclimatização de mudas micropropagadas do abacaxizeiro 'Imperial' e constataram que o regulador de crescimento e o substrato produzido pela compostagem entre uma mistura de bagaço de cana e torta de filtro promoveram maior crescimento da parte aérea das mudas.

Além do efeito na fase de produção de mudas em abacaxizeiro, os brassinosteroides têm demonstrado efeito benéfico em outras espécies como: meloeiro (Wang et al. (1994), ipê amarelo (Orika Ono et al., 2000) e tangerineira (Altoé et al., 2008).

Resultados encontrados por Coelho et al. (2007) e Santos et al. (2014) demonstram o potencial da utilização da coroa de abacaxi como planta matriz para produção de rebentos precoces. Neste trabalho, também se observa que o número de rebentos pode aumentar, se coletado com tamanho menor, o que evidencia a necessidade de mais pesquisas para se definir um protocolo de produção de mudas de abacaxizeiro a partir de coroa de abacaxi.

CONCLUSÕES

A aplicação de ácido húmico em coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' aumenta em 32,4% a produção de rebentos precoces com pelo menos 10 cm de comprimento;

A aplicação da dose 0,5 mg L⁻¹ de brassinosteroides sem ácido húmico em coroas de abacaxi 'Smooth Cayenne' aumenta em 20% a produção de mudas de abacaxizeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altoé, J.A.; Marinho, C.S.; Muniz, R.A.; Rodrigues, L.A.; Gomes, M.M.A. (2008) Tangerineira 'Cleópatra' submetida à micorrização e a um análogo de brassinosteroides. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30 (1): 3-17.
- Azpiroz, R., Wu, Y., Cascio, J. C., Feldmann, K. A. (1998) An Arabidopsis brassinosteroid dependent mutant is blocked in cell elongation. *The Plant Cell*, Tucson, 10: 219-230.
- Baldotto, M. A., Baldotto, L. E. B. (2016) Initial performance of corn in response to treatment of seeds with humic acids isolated from bokashi. *Revista Ceres*, 63 (1), 62-67.
- Baldotto, L.E.B.; Baldotto, M.A.; Giro, V.B.; Canellas, L.P.; Olivares, F.L.; Bressan-Smith, R. (2009) Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 33: 979-990.
- Baldotto, L. E. B., Baldotto, M. A., Canellas, L. P., Bressan-Smith, R., Olivares, F. L. (2010) Growth promotion of pineapple 'Vitória' by humic acids and burkholderia spp. during acclimatization. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 34 (5):1593-1600.
- Catunda, P.H.A.; Marinho, C.S.; Gomes, M.M.A.; Carvalho, A.J.C. de. (2008) Brassinosteróide e substratos na aclimatização do abacaxizeiro 'Imperial'. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30 (3): 345-352.
- Clouse, S. D., Sasse, J.M. (1998) Brassinosteroids: essential regulators of plant grow and development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49:727-457.

- Coelho, R.I.; Carvalho, A.J.C. de; Lopes, J.C.; Teixeira, S.L.; Marinho, C.S. (2007) Coroa do abacaxi 'Smooth Cayenne' na produção de mudas do tipo rebentão. *Ciência e Agrotecnologia*, 31: 1867-1871.
- Colli, S. Outros reguladores: brassinosteroides, poliaminas, ácido jasmônico e salicílico. In: Kerbauy, G.B. Fisiologia vegetal. São Paulo: Guanabara Koogan, p.333-340, 2004.
- Cordeiro, F. C.; Souza, S. R. (2010) Influência dos ácidos húmicos no metabolismo vegetal pode ser considerada uma resposta auxínica? *Revista de Ciências da Vida*, 30 (2): 00-00.
- Cortes, P.A.; Terrazas, T.; Leon, T.C.; Larque-Saavedra, A. (2003) Brassinosteroid effects on the precocity and yield of cladodes of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.) *Scientia Horticulturae*, 97 (1): 65-73.
- Freitas, S. D. J., Santos, P. C. D., Carvalho, A. J. C. D., Berilli, S. D. S., Gomes, M. D. M. D. A. (2012) Brassinosteroid and nitrogen fertilization on growth and nutritional status of plantlets from pineapple sectioning stem. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34 (2): 612-618.
- Freitas, S.J., Santos, P. C., da S Berilli, S., Lopes, L. C., e de Carvalho, A. J. (2014). Brotação, desenvolvimento e composição nutricional de mudas de abacaxizeiro provenientes de gemas axilares submetidas ao brassinosteroides. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9 (1): 19-24.
- Guerra, J.C.M.; Santos, G.A.; Silva, L.S. e Camargo, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A., ed. Fundamentos da matéria orgânica do solo: *Ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.19-26.

- Heenkenda, H. M. S. (1997) Effect of plant density and establishment method on sucker promotion in kew pineapple by mechanical decapitation. *Acta Horticulture*, 425: 321-328.
- Heenkenda, H. M. S. (1993) Effect of plant size on sucker promotion in 'Mauritius' pineapple by mechanical decapitation. *Acta Horticulture*, 334: 331-336.
- Khripach, V. et al. Twenty years of brassinosteroids: sterioidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Ann. Bot.*, 86: 441-447, 2000.
- Krishna, P. (2003) Brassinosteroid-mediated stress responses. *Journal Plant Growth Regul*, 22: 289-297.
- Maerere, A. P. (1997) Axillary-bud development as it determines suckering in 'Queen Victoria' and 'Smooth Cayenne' pineapples. *Acta Horticulture*, 425: 309-320.
- Malavolta, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Ceres, 1980. 251 p.
- Matos, A. P. de; Reinhardt, D. H.; Sanches, N; F.; Souza, F. S.; Teixeira, F. A.; Elias Júnior; Gomes, D. C. Produção de Mudanças Sadias de Abacaxi. Circular Técnica, 89. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009.
- Nannipieri, P., Greco, S., Dell'agnola, G., Nardi, S. (1993) Proprietá biochimeche e fisiologic hedellasostanza orgânica. In: Nannipieri, P. Ed. *Ciclo dellasostanza orgânica nelsuelo: aspect agronomici, chimici, ecologici, selvioculturali*. Bologna, Patron, p. 67-78.
- Orika Ono, E. Nakamura, T., Machado, S. R., Rodrigues, J. D. (2000) Application of brassinosteroid to *Tabebuia alba* plants. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, 12 (3): 187-194.

Santos, P. C. dos; Freitas, M. S. M.; Freitas, S. de J.; Silva, M. P. S. da ;Berilli, S. da S. (2011) Fungos micorrízicos no crescimento e nutrição de rebentos oriundos de coroa de abacaxi. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 658-665.

Santos, P. C. dos; Freitas, S. de J.; Freitas, M. S. M. ; Sousa, L. B. de ; Carvalho, Al. J. C. de. (2011) Produção de mudas do tipo rebentão, utilizando coroas de três cultivares de abacaxi inoculadas com fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 954-961.

Souza, B. M.; Kraus, J. E.; Endres, L.; Mercier, H. (2003) Relationships between endogenous hormonal levels and axillary bud development of *Ananas comosus* nodal segments. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41: 733-739.

Taiz, L., Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4^a ed. Porto Alegre: Artmed, 848p.

Wang, Y.Q. Wenhua, L., Rujuan, X. (1994) Effect of epibrassinolide on growth and fruit quality of watermelon. *Plant Physiology Communications*, 30: 423-425.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A principal restrição para o crescimento da produtividade de abacaxi é relacionada a ausência de mudas com qualidade para o plantio, já que na maioria das vezes se utilizam mudas que não garantem sanidade e nem uniformidade. Nesse contexto, foram conduzidos três experimentos com objetivos de avaliar respostas ao efeito da aplicação de ácidos húmicos, brassinosteroides, cloreto de potássio e ácido silícico aplicados em diferentes métodos de propagação acelerada do abacaxizeiro.

No primeiro experimento objetivou-se avaliar o efeito da adubação com silicato e potássio no crescimento e na composição nutricional de mudas de abacaxizeiro 'Vitória' produzidas em cultivo *in vitro*. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x2, com quatro doses de cloreto de potássio (0; 1,25; 2,5 e 3,75 g L⁻¹), na presença ou na ausência da aplicação de ácido silícico, com cinco repetições. Conclui-se que as doses crescentes de cloreto de potássio, juntamente com o ácido silícico resultaram valores mais baixos de volume de raiz das mudas de abacaxizeiro e o acúmulo de potássio nas mudas de abacaxizeiro foi menor quando estas foram fertilizadas com ácido silícico.

No segundo experimento objetivou-se avaliar o efeito de ácidos húmicos e brassinosteroides na aclimatização de mudas do abacaxizeiro 'Vitória' oriundas de cultivo *in vitro*. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, num fatorial 5x2, sendo cinco doses de brassinosteroides (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg L⁻¹) na

presença e na ausência de ácidos húmicos, com cinco repetições. Conclui-se que a altura e a massa radicular das mudas foram maiores quando se aplicou ácidos húmicos na dose 0 de brassinosteroides e independentemente dos tratamentos os teores de nitrogênio e de potássio nas mudas reduziram, enquanto os teores de fósforo aumentaram ao longo do período de aclimatização.

No terceiro experimento objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de ácidos húmicos e de brassinosteroides na produção de mudas do tipo rebento por meio de coroas de abacaxi. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, num fatorial 4x2, sendo quatro doses de brassinosteroides (0, 0,5, 0,75 e 1,00 mg L⁻¹) na presença e na ausência de ácidos húmicos, com cinco repetições. Conclui-se que a dose 0 de brassinosteroides com a aplicação de ácidos húmicos estimula a produção de rebentos em 32,4%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriannual (2012) Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, Instituto FNP, AgraFNP, 504p.
- Altoé, J.A.; Marinho, C.S.; Muniz, R.A.; Rodrigues, L.A.; Gomes, M.M.A. (2008) Tangerineira 'Cleópatra' submetida à micorrização e a um análogo de brassinosteroides. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30 (1): 3-17.
- Araujo, K. G. L.; Sabaa-Srur, A. U. O.; Rodrigues, F. S.; Manhães, L. R. T.; Canto, M. W. do; (2009) Utilização de abacaxi (*Ananas comosus* L.) cv. Perola e Smooth Cayenne para a produção de vinhos: estudo da composição química e aceitabilidade. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 29 (1): 56-61.
- Asmar SA, Pasqual M, Araujo, AG, Silva RAL, Rodrigues FA, Pio LAS (2013). Características morfofisiológicas de bananeiras 'Grande Naine' aclimatizadas em resposta a utilização de silício *in vitro*. *Semina: Ciências Agrárias*. 34:73-82.
- Asmar SA, Pasqual M, Rodrigues FAR, Araujo AG, Pio LAS, Oliveira e Silva S (2011). Fontes de silício no desenvolvimento de plântulas de bananeira 'Maçã' micropropagadas. *Ciência Rural*. 41:1127-1131.

- Azpiroz, R., Wu, Y., Cascio, J. C., Feldmann, K. A. (1998) An Arabidopsis brassinosteroid dependent mutant is blocked in cell elongation. *The Plant Cell*, Tucson, 10: 219-230.
- Balastra, M.L.F., Perez, C.M., Juliano, B.O., Villreal, P. (1989) Effects of silica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hult. *Canadian Journal Botany*, 67(8): 2356-2363.
- Baldotto MA, Giro VB., Baldotto LEB, Canellas LP, Velloso ACX (2011). Initial performance of pineapple and utilization of rock phosphate applied in combination with organic compounds to leaf axils. *Revista Ceres*. 58:393-401.
- Baldotto, L. E. B., Baldotto, M. A., Canellas, L. P., Bressan-Smith, R., Olivares, F. L. (2010) Growth promotion of pineapple 'Vitória' by humic acids and burkholderia spp. during acclimatization. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 34 (5):1593-1600.
- Baldotto, L.E.B., Baldotto, M.A., Giro, V.B., Canellas, L.P., Olivares, F.L., Bressan-Smith, R. (2009) Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 33 (4): 979-990.
- Baldotto, L.E.B.; Baldotto, M.A.; Olivares, F.L.; Viana, A.P. Bressan-Smith, R. (2010) Seleção de bactérias promotoras de crescimento no abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) cultivar Vitória durante a aclimatização. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 349-360.
- Baldotto, M. A., Baldotto, L. E. B. (2016) Initial performance of corn in response to treatment of seeds with humic acids isolated from bokashi. *Revista Ceres*, 63 (1): 62-67.

- Barbosa, S.B.S.C., Graciano-Ribeiro, D., Teixeira, J.B., Portes, T.A., Souza, L.A. (2006) Anatomia foliar de plantas micropropagadas de abacaxi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(2): 185-194.
- Bekker, T.F., Kaiser, C., Labuschagne, N. (2006) Efficacy of water soluble silicon against *Phytophthora cinnamomi* root rot of avocado: A progress report. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 29: 58-62.
- Berilli, S., Carvalho, A., Freitas, S., Faria, D. C., Marinho, C. (2011) Avaliação do desenvolvimento de diferentes tamanhos de mudas micropropagadas de abacaxizeiro, após aclimação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 208-214.
- Bishop, G.J.; Koncz, C. (2002) Brassinosteroids and Plant Steroid Hormone Signaling. *The Plant Cell*, Norwich, 14: 97-110.
- Braga FT, Nunes CF, Fávero AC, Pasqual M, Carvalho JG, Castro EM (2009). Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 44:128-132.
- Braga, F.T. (2009) *Silício, luz e substrato na micropropagação de abacaxizeiro [Ananas comosus (L.) Merr 'Gomo de Mel']*. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Lavras-MG, Universidade Federal de Lavras, UFLA. 95p.
- Bregonci, I.S., Schmildt, E.R., Coelho, R.I., Reis, E.F., Brum, V.J., Santos, J.G. (2008) Adubação foliar com macro e micronutrientes no crescimento de mudas micropropagadas do abacaxi cv. Gold [*Ananas comosus (L.) Merrill*] em diferentes recipientes. *Ciência e Agrotecnologia*, 32 (3): 705-711.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Façanha, A. L., Façanha, A. R. (2002) Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiology*, 130 (4): 1951-1957.

- Catunda PHA, Marinho CS, Gomes MMA, Carvalho AJC (2008).
Brassinosteroides e substratos na aclimatização do abacaxizeiro 'Imperial'.
Acta Scientiarum Agronomy, 30:345-352.
- Catunda, P.H.A., Marinho, C.S., Gomes, M.M.A., Carvalho, A.J.C.de (2008)
Brassinosteroides e substratos na aclimatização do abacaxizeiro 'Imperial'.
Acta Scientiarum Agronomy. 30 (3): 345-352.
- Clouse, S. D., Sasse, J.M. (1998) Brassinosteroids: essential regulators of plant
grow and development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant
Molecular Biology*, 49:727-457.
- Coelho, R.I. *Clonagem do abacaxizeiro a partir de coroas e secções de caule
tratadas com reguladores de crescimento e fertilizantes químicos*. 2005. 114p.
Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 2005.
- Coelho, R.I.; Carvalho, A.J.C. de; Lopes, J.C.; Teixeira, S.L.; Marinho, C.S. (2007)
Coroa do abacaxi 'Smooth Cayenne' na produção de mudas do tipo rebentão.
Ciência e Agrotecnologia, 31: 1867-1871.
- Colli, S. Outros reguladores: brassinosteroides, poliaminas, ácido jasmônico e
salicílico. In: Kerbauy, G.B. *Fisiologia vegetal*. São Paulo: Guanabara Koogan,
p.333-340, 2004.
- Cordeiro, F.C., Souza, S.R. (2010) Influência dos ácidos húmicos no metabolismo
vegetal pode ser considerada uma resposta auxínica? *Rev. Univ. Rural, Sér.
Ci. Vida*, 30 (2): 111-131.
- Cortes, P.A.; Terrazas, T.; Leon, T.C.; Larque-Saavedra, A. (2003)
Brassinosteroid effects on the precocity and yield of cladodes of cactus pear
(*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.) *Scientia Horticulturae*, 97 (1): 65-73.

- Crestani, M.; Barbieri, R.L.; Hawerth, F.J.; Carvalho, F.I.F.; Oliveira, A.C. (2010) Das Americas para o Mundo – origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. *Ciência Rural*, 40 (6): 1443-1483.
- Crusciol CAC, Soratto RP, Castro GSA, Hideo C, Costa M, Neto JF (2013). Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. *Revista Ciência Agronômica*. 44:404-410.
- Cruz, M.A.L.; Silva, A.D.C.; Veiga, C.F.M.; Silveira, V. (2009) Biofábricas para produção de mudas por micropropagação: estratégia para o aumento da produtividade de cana-de-açúcar no Rio de Janeiro. *Revista Científica Internacional*, 2(5): 21-38.
- Cunha, G.A.P. da; Cabral, R.S.C. (1999) Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: Cabral, J.R.S., Souza, L.F. da S. O abacaxizeiro – cultivo, agroindústria e economia. 3. ed. Brasília, Embrapa/Mandioca e Fruticultura, p.15-51.
- Dayanadam, P., Kaufman, P.B., Franklin, C.L. (1983) Detection of silica in plants. *American Journal of Botany*, 70 (7): 1079-1084.
- Diniz, J.D.N., Gonçalves, A.N., Hernandez, F.F.F, Torres, A.T. (1999) Absorção de macronutrientes por explantes de bananeira in vitro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34 (7): 1201-1209.
- Egilla, J.N.; Davies, F.T.; Boutton, T.W. (2005) Drought stress influences leaf area content, photosynthesis, and water-use efficiency of hibiscus rosa-sinensis at three potassium concentrations. *Photosynthetica*, 43: 135-140.
- Epstein, E. (1999) Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. *Plant Biology*, 50: 641-664.

- Epstein, E. Silicon in plants: (2001) Facts vs concepts. In: Datnoff, L.E.; Snyder, G.H.; Korndörfer, G.H. (eds.), *Silicon in agriculture*. The Netherlands, Elsevier, p.1-15.
- Façanha, A.R.; Façanha, A.L.O.; Olivares, F.L.; Guridi, F.; Santos, G.A.; VELLOSO, A.C.X.; Rumjanek, V.M.; Brasil, F.; Schripsema, J.; Braz-Filho, R.; Oliveira, M.A.; Canellas, L.P. (2002) Bioatividade de ácidos húmicos: Efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37: 1301-1310.
- Faria, D.C. *Desenvolvimento e produtividade do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' em função de adubação nitrogenada e tipos de mudas no Norte Fluminense*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes- RJ. 67p. 2008.
- Fawe A, Menzies JG, Cherif M, Bélanger RR (2001) Silicon and disease resistance in dicotyledons. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH (eds) *Silicon in agriculture*. Studies in plant science, 8. Elsevier, Amsterdam, p.159-169.
- Ferreira, H.A. (2009) *Silício no controle da mancha-aquosa em meloeiro (Cucumis melo L.)*. Tese (Mestrado em Fitopatologia) – Recife-PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE. 82p.
- Fischer, R., Elmor, I., Milan, P. A., Bissani, C. A. (1990) Efeito do calcário e fontes de silício sobre a toxidez de ferro em arroz irrigado. *Lavoura Arrozeira*, 43 (390): 6-10.
- Freitas SJ, Santos PC, Carvalho AJC, Berilli SS, Gomes MMA (2012). Brassinosteroid and nitrogen fertilization on growth and nutritional status of plantlets from pineapple sectioning stem. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 34:612-618.

- Freitas, J. A. A., Marinho, C. S., de Jesus Freitas, I. L., Santos, P. C., da Silva, M. P. S., Carvalho, A. J. C. (2015) Brassinosteroides e fungo micorrízico arbuscular na produção do porta-enxerto tangerineira 'Cleópatra'. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10 (1).
- Freitas, S. D. J., Carvalho, A. J. C. D., Berilli, S. D. S., Santos, P. C. D., Marinho, C. S. (2011) Substrates and Osmocote® in nutrition and development of plantlets micropropagated of pineapple cv. Vitória. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 672-679.
- Freitas, S. de J., Santos, P. C. dos, Carvalho, A. J. C. de, Berilli, S. da S., Gomes, M. de M. DE A. (2012) Brassinosteroid and nitrogen fertilization on growth and nutritional status of plantlets from pineapple sectioning stem. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34 (2): 612-618.
- Freitas, S.J., Santos, P. C., da S Berilli, S., Lopes, L. C., e de Carvalho, A. J. (2014). Brotação, desenvolvimento e composição nutricional de mudas de abacaxizeiro provenientes de gemas axilares submetidas ao brassinosteroides. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9 (1): 19-24.
- Fujioka, S.; Sakurai, A. (1997) Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids. *Plant Physiology*, 100 (3): 710 - 715.
- Gao, X., Zou, C., Wang, L., Zhang, F. (2006) Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. *Journal of Plant Nutrition*, 29: 1637-1647.
- Gomes F.B., de Moraes J.C., dos Santos C.D., Goussain M.M. (2005) Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Scientia Agricola*, 62 (6): 547-551.

- González-Olmedo, J. L., Fundora, Z., Molina, L. A., Abdulnour, J., Desjardins, Y., Escalona, M. (2005) New contributions to propagation of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) in temporary immersion bioreactors. *In Vitro Cellular e Developmental Biology-Plant*, 41(1): 87-90.
- Guerra, J.C.M.; Santos, G.A.; Silva, L.S. e Camargo, F.A.O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A., ed. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.19-26.
- Guntzer F, Keller C, Meunier J (2012). Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2:201-213.
- Guntzer, F., Keller, C., Meunier, J. (2012) Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 2 (1): 201-213.
- Hager, A.; Debus, G.; Edel, H.G.; Stransky, H., Serrano, R. (1991) Auxin induces exocytosis and rapidsynthesis of a high-turnover pool of plasma-membraneH⁺-ATPase. *Planta*, 185: 527-537.
- Hayat, S.; Ahmad, A. *Brassinosteroids: a class of plant hormone*. 1. ed. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2011.
- Heenkenda, H. M. S. (1993) Effect of plant size on sucker promotion in 'Mauritius' pineapple by mechanical decapitation. *Acta Horticulture*, 334: 331-336.
- Heenkenda, H. M. S. (1997) Effect of plant density and establishment method on sucker promotion in kew pineapple by mechanical decapitation. *Acta Horticulture*, 425: 321-328.
- Hunt JW, Dean AP, Webster RE, Johnson GN, Ennos AR (2008). A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory. *Annals of Botany*.102:653–656.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Produção Agrícola Municipal. 2013. Disponível em: <
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=30ei=P>>,
Acesso em 21 maio de 2016.

Jackson, M.L. (1965) Soil Chemical Analysis. New Jersey, Prentice Hall, 498 p.

Kesy, J.; Trzaskalska, A.; Galoch, E.; Kopcewicz, J. (2003) Inhibitory effect of brassinosteroids on the flowering of the short-day plant *Pharbitis nil*. *Biologia Plantarum*, 47 (4): 597-600.

Khripach, V., Zhabinskii, V., Groot, A. (2000) Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Ann. Bot.*, 86: 441-447.

Korndörfer GH (2006). Elementos básicos. In: Fernandes, M. S. *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa. p. 355-374.

Krishna, P. (2003) Brassinosteroid-mediated stress responses. *Journal Plant Growth Regul*, 22: 289-297.

Laing MD, Gatarayihha MC, Adandonon A (2006). Silicon use for pest control in agriculture: A review. *Proceedings of the South African Sugar Technologists Association*. 80:278-286.

Lima Filho, O.F.de. (2010) Aspectos gerais sobre o silício em solos, plantas e animais. In: Rodrigues, F.A., Silício na agricultura. *Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura*, Viçosa, p.47-60.

Luz JMQ, Guimaraes STMR, Korndorfer GH (2006). Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. *Horticultura Brasileira*. 24:295-300.

- Ma JF, Yamaji N (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants: Review. *Trends in Plant Science*, 11:392-397.
- Ma, J.F., Sasaki, M. (1997) Al-induced inhibition of root elongation in corn, *Zea mays* L. is overcome by Si addition. *Plant Soil*, 188: 171-176.
- Maerere, A. P. (1997) Axillary-bud development as it determines suckering in 'Queen Victoria' and 'Smooth Cayenne' pineapples. *Acta Horticulture*, 425: 309-320.
- Malavolta, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Ceres, 1980. 251p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A.de. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas - Princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 201p.
- Marschner, P. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3ed.San Diego: Elsevier. 2012. 651p.
- Matichenkov, V., Bocharnikova, E., Calvert, D. (2001) Response of citrus to silicon soil amendments. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 114: 94-97.
- Matos, A. P. de; Reinhardt, D. H.; Sanches, N; F.; Souza, F. S.; Teixeira, F. A.; Elias Júnior; Gomes, D. C. (2009) Produção de Mudas Sadias de Abacaxi. *Circular Técnica*, 89. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.
- Melo, R.O., Baldotto, M.A., Baldotto, L.E.B. (2015) Desempenho inicial do milho em resposta a ácidos húmicos isolados de esterco bovino e cama de aviário. *Semina: Ciências Agrárias*, 36: 1863-1874

- Meurer, E.J. (2006) Potássio. In: Fernandes, M.S. (ed) *Nutrição mineral de plantas*. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.281-298.
- Moraes, A. M.; Almeida, F. A. C.; Bruno, R. L. A.; Filho, J. C.; Nunes, S. T.; Gomes, J. P. (2010) Micropropagação de abacaxizeiro cv. Emepa 1. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14 (9): 932-936.
- Moreira, M.A. Carvalho, J. G. D., Pasqual, M., Fráguas, C. B., Silva, A. B. D. (2006) Efeito do substrato na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxi cv. Pérola. *Ciência e Agrotecnologia*, 30 (5): 875-879.
- Mussing, C. (2005) Brassinosteroid - promoted growth. *Plant Biology*, 7 (2): 110-117.
- Nannipieri, P., Greco, S., Dell'agnola, G., Nardi, S. (1993) Proprietá biochimeche e fisiologic hedellasostanza orgânica. In: Nannipieri, P. Ed. *Ciclo dellasostanza orgânica nelsuelo: aspect agronomici, chimici, ecologici, selviocolturali*. Bologna, Patron, p. 67-78.
- Nardi, S.; Pizzeghello, D.; Muscolo, A. e Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology e Biochemistry*, 34: 1527-1536.
- Oliveira, L.A., Abreu Junior, C.H., Carneiro, J.M.T., Bendassolli, J.A. (2010) Mecanismos de absorção do silício pelas plantas. In: Rodrigues, F.A., Silício na agricultura. *Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura*, Viçosa, p. 61-88.
- Orika Ono, E. Nakamura, T., Machado, S. R., Rodrigues, J. D. (2000) Application of brassinosteroid to *Tabebuia alba* plants. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, 12 (3): 187-194.

- Pereira-Netto, A. B.; Roessner, U.; Fujioka, S.; Bacic, A.; Asami, T.; Yoshida, S.; Clouse, S. D. (2009) Shooting control by brassinosteroids: metabolomic analysis and effect of brassinazole on *Malus prunifolia*, the Marubakaido apple rootstock. *Tree Physiology*, 29 (4): 607-620.
- Pereira, S.C. (2007) *Silício como potencializador da atividade de enzimas de defesa à ferrugem em plantas de café e soja*. Tese (Mestrado em Bioquímica Agrícola) – Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa, UFV. 70p.
- Pinheiro, G.L.; Silva, C.A., Furtini Neto, A.E. (2010) Crescimento e nutrição de clone de eucalipto em resposta à aplicação de concentrações de C-ácidos húmicos. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 34:1217-1229.
- Prado, R. D. M., Braghirolli, L. F., Natale, W., Corrêa, M. C. D. M., Almeida, E. V. D. (2004). Potassium application on the nutritional status and dry matter production of passion fruit cuttings. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26 (2), 295-299.
- Pratissoli, D., Almeida, G.D., Jesus JR, W. C., Vicentini, V.B., Holtz, A.M., Cochetto, J.G. (2007) Fertilizante organomineral e argila silicatada como indutores de resistências à varíola do mamoeiro. *Idesia*, 25 (2): 63-67.
- Py, C. *La piña tropical (Lánanas)*. Barcelona: Blume, 278p. 1969.
- Py, C.; Lacoeyllhe, J.J.; Teison, C. (1984) *Ananas, as culture, sés produits*. Paris: G.P. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T., 562p.
- Ramakrishna, B., Rao, S. Ram R. (2015) Foliar application of brassinosteroids alleviates adverse effects of zinc toxicity in radish (*Raphanus sativus* L.) plants, *Protoplasma*, 252 (2): 665-677.

- Ramos MJM, Monnerat PH, Pinho LGR, Silva JA (2011). Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 33:261-271.
- Ramos, A.C.; Dobbss, L.B.; Santos, L.A.; Fernandes, M.F.; Olivares, F.L.; Aguiar, N.O.; Canellas, L.P. (2015) Humic matter elicits proton and calcium fluxes and signaling dependent on Ca²⁺-dependent protein kinase (CDPK) at early stages of lateral plant root development. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2: 1-12.
- Ramos, M. J. M., Monnerat, P. H., Carvalho, A. J. C. de, Pinto, J. L. de A., Silva, J. A. da. (2009). Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'imperial'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31 (1): 252-256.
- Reinhardt, D.H.R.C. (2004) Manejo e produção de mudas de abacaxi. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 19: 13-19.
- Roddick, J. Rijnenberg, A. L., Ikekawa, N. (1993) Developmental effects of 24-epibrassinolide in excised roots of tomato grown *in vitro*. *Physiol. Plantarum*, 87: 453-458.
- Römheld, V., Kirkby, E. A. (2010) Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant and Soil*, 335:155-180.
- Sanches NF (2005). Manejo integrado da cochonilha do abacaxi. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.
- Santos PC, Freitas MSM, Freitas SJ, Silva MPS, Berilli SS (2011a). Fungos micorrízicos no crescimento e nutrição de rebentos oriundos de coroa de abacaxi. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 33:658-665.
- Santos PC, Freitas SJ, Freitas MSM, Sousa LB, Carvalho AJC (2011). Produção de mudas do tipo rebentão, utilizando coroas de três cultivares de abacaxi

inoculadas com fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 33:954-961.

Santos, P. C. dos; Freitas, M. S. M.; Freitas, S. de J.; Silva, M. P. S. da ;Berilli, S. da S. (2011) Fungos micorrízicos no crescimento e nutrição de rebentos oriundos de coroa de abacaxi. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 658-665.

Santos, P. C. dos; Freitas, S. de J.; Freitas, M. S. M. ; Sousa, L. B. de ; Carvalho, Al. J. C. de. (2011) Produção de mudas do tipo rebentão, utilizando coroas de três cultivares de abacaxi inoculadas com fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 954-961.

Santos, P. C., Silva, M. P., Freitas, S. D. J., Berilli, S. D. S., Altoé, J. A., Silva, A. D. A., De Carvalho, A. J. (2014). Ácidos húmicos e brassinosteroides no crescimento e estado nutricional de rebentos de coroas de abacaxi. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9 (4) 532-537.

Sarwar, M. (2012). Effects of potassium fertilization on population build up of rice stem borers (*Lepidopteron pests*) and rice (*Oryza sativa* L.) yield. *Journal of Cereals and Oil Seeds*. 3:6-9.

Silva, A.G.A.; Gonçalves, C.R.; Galvão, R.M.; Gonçalves, A.J.L.; Gomes, J.; Silva, M.N.; Simoni, L. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitas e predadores. Rio de Janeiro: Ministério de Agricultura - Serviço da Defesa Sanitária Vegetal, 1968.

Silva, M. A. C., Dos Santos, W. O., Simoura, N. T., Tesch, J. A., Ruas, K. F., Colodete, C. M., Dobbss, L. B. (2015). Ácidos húmicos de vermicomposto estimulam o crescimento *in vitro* de plântulas de *Cattleya warneri* (Orchidaceae). *Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, 66 (3): 759-768.

- Silva, M. A. C., Dos Santos, W. O., Simoura, N. T., Tesch, J. A., Ruas, K. F., Colodete, C. M., Dobbss, L. B. (2015) Ácidos húmicos de vermicomposto estimulam o crescimento in vitro de plântulas de *Cattleya warneri* (Orchidaceae). *Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, 66 (3): 759-768.
- Sondegard, T.E.; Schulza, A.; Palmgren, M.G. (2004) Energization of transport processes in plants. Roles of plasma membrane H⁺-ATPase. *Plant Physiology*, 136: 2475-2482.
- Sousa JPB, Furtado NAJC, Jorge R, Soares AEE, Bastos JK (2007). Perfis físico-químico e cromatográfico de amostras de própolis produzidas nas microrregiões de Franca (SP) e Passos (MG), Brasil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 17:85-93.
- Souza, B. M.; Kraus, J. E.; Endres, L.; Mercier, H. (2003) Relationships between endogenous hormonal levels and axillary bud development of *Ananas comosus* nodal segments. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41: 733-739.
- Sripanyakorn, S., Jugdaohsingh, R., Thompson, R.P.H., Powell, J.J. (2005) Dietary silicon and bone health: Review. *Nutrition Bulletin*, 30: 222-230.
- Sujatha, K. B., Babu, S. M., Ranganathan, S., Rao, D. N., Ravichandran, S., e Voleti, S. R. (2012) Silicon Accumulation and its Influence on some of the Leaf Characteristics, Membrane Stability and Yield in Rice Hybrids and Varieties Grown under Aerobic Conditions. *Journal of Plant Nutrition*. 36 (6): 963-975.
- Symons, G. M.; Davies, C.; Shavrukov, Y.; Dry, I. B.; Reid, J. B.; Thomas, M. R. (2006) Grapes on steroids Brassinosteroids are involved in grape berry ripening. *Plant Physiology*, 140: 150-158.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4^a ed. Porto Alegre: Artmed, 848p.

- Takahashi, E., Ma, J.F., Miyake, Y. (1990) The possibility of silicon as an essential element for higher plants. *Comments on Agricultural and Food Chemistry*, 2:99-122.
- Tsonev, T.; Velikova, V.; Yildiz-Aktas, L.; Gurel, A.; Edreva, A. (2011) Effect of water deficit and potassium fertilization on photosynthetic activity in cotton plants. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 145: 841–847.
- Vázquez, M.C.N., Rodríguez, R.C.M. *Brasinoesteroides: nuevos reguladores del crecimiento vegetal con amplias perspectivas para la agricultura*. Campinas: IAC, 2000 p. 83. (Documentos IAC, n. 68).
- Ventura, J. A.; Costa, H., Caetano, L. C. (2009) Abacaxi 'vitória': uma cultivar resistente à fusariose. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31 (4): 632-637.
- Vicentini, V.B., Almeida, G.D.de., Zucoloto, M. (2009) Silicato de cálcio e benzotiadiazole na proteção do mamão contra antracnose em pós-colheita. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas, Terapêutica*, 35 (1):131-137.
- Vichiato, M., Vichiato, M.R.de.M., Castro, D.M.de., Marchiori Júnior, W., Lima, C.D.F., Carvalho, J.G.de. (2007) Silício e fósforo no desenvolvimento e anatomia foliar de mudas de mamoeiro 'Improved Sunrise Solo 72/12'. In: Martins, D.S., Costa, A.N., Costa, A.F.S. (eds.). *Papaya Brasil: Manejo, Qualidade e Mercado do Mamão*, Anais... Vitória, p. 399-401.
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 14:7370-7390.
- Wang, Y.Q. Wenhua, L., Rujuan, X. (1994) Effect of epibrassinolide on growth and fruit quality of watermelon. *Plant Physiology Communications*, 30: 423-425.

Zullo, M.A.T.; Kohout, L.; Azevedo, M.B.M. (2003) Some notes on the terminology of brassinosteroids. *Plant Growth Regulation*, 39(1): 1-11.