

**CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE
MACRONUTRIENTES E DE BORO EM ABACAXIZEIRO CULTIVAR
IMPERIAL**

MARIA JOSÉ MOTA RAMOS

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para a obtenção do
título de Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Pedro Henrique Monnerat

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
Janeiro– 2006**

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA/UENF 006/2006

Ramos, Maria José Mota

Caracterização de sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro cultivar Imperial / Maria José Mota Ramos. – 2006.

95 f. : il.

Orientador: Pedro Henrique Monnerat

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2006.

Bibliografia: f. 85–95.

1. Abacaxi 2. Deficiência mineral 3. Solução nutritiva 4. Qualidade sensorial 5. Composição mineral I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

DDD – 634.774

**CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE
MACRONUTRIENTES E DE BORO EM ABACAXIZEIRO CULTIVAR
IMPERIAL**

MARIA JOSÉ MOTA RAMOS

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO- UENF
CAMPOS DOS GOYTACAZES- RJ**

JANEIRO - 2006

**CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE
MACRONUTRIENTES E DE BORO EM ABACAXIZEIRO CULTIVAR
IMPERIAL**

MARIA JOSÉ MOTA RAMOS

Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Doutora em Produção Vegetal.

Aprovada em 20 de janeiro de 2006

Comissão examinadora:

Prof. Almy Júnior Cordeiro de Carvalho (Doutor, Produção Vegetal) – UENF

Prof. Eliemar Campostrini (Doutor, Produção Vegetal) – UENF

Prof. Mauri dos Santos Manhães (PhD., Ciência do Solo) – UFRRJ

Prof. Pedro Henrique Monnerat (Ph.D., Nutrição Mineral de Plantas) - UENF
(Orientador)

A meu pai, Nicomedes de Faria Ramos (in memorian), e a minha mãe, Maria da Conceição Ramos, pelo interesse, incentivo, atenção e carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela fé e perseverança presentes em todos os momentos.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense, pela possibilidade de realização deste curso.

De maneira especial à EMPAER/MT, pela oportunidade de realização deste curso.

A EMBRAPA/CNPMPF, em nome da Dra. Ana Lúcia Borges, pela cessão das mudas de cultura de tecidos do abacaxizeiro cv. Imperial utilizado neste trabalho e pelo rápido atendimento à minha solicitação.

Ao Prof. Monnerat, pela orientação, estímulo e conhecimentos adquiridos.

Aos Profs. Silvério e Silvaldo, pelo importante apoio que me deram em uma das fases de experimentação.

Ao Sr. José Accácio, laboratorista do SNMP/LFIT, pela dedicação e imprescindível colaboração sempre que se fez necessário.

A meus irmãos e em especial à Cristina e Afonso, pelo incentivo, interesse, companheirismo e apoio.

A minha irmã, Maria de Lourdes, pela correção de português, interesse, companheirismo e apoio durante o curso.

Às amigas Patrícia, Deborah, Luciana, Claudinha, Rose, Carol, pela convivência amiga e apoio no dia-a-dia.

Aos amigos, Fábio (in memorian), Carlos Magno e Alexandre, pela convivência em Campos e troca de idéias enriquecedoras durante o curso.

À Gracinha, hoje ausente do laboratório, pela sua dedicação e alegria.

A João Luiz, pelo apoio na realização desta tese.

À Geiza, pelo apoio sempre que se fez necessário no laboratório e na casa de vegetação.

Aos colegas de laboratório, Dadu, André, Marta, Raul e Marcelo, pelos momentos de descontração.

A Leandro, colega de laboratório, pelo ótimo convívio e apoio na realização da minha tese.

Aos colegas e professores dos laboratórios do LIFT, que participaram como degustadores da análise sensorial do abacaxi, pela boa vontade e receptividade.

À Camila e Marcinha, pela boa vizinhança, pelas risadas gostosas e pelos deliciosos quitutes.

Ao Sr. Jader, pela manutenção da limpeza da casa de vegetação.

A todos que, de alguma forma, contribuíram com esse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. O abacaxizeiro – aspectos edafoclimáticos e morfológico.....	4
2.2. Caracterização dos cultivares e exigências nutricionais.....	6
2.3. Diagnóstico do estado nutricional das plantas.....	8
2.3.1. Visual.....	8
2.3.2. Análise foliar.....	9
2.4. Funções dos nutrientes e sintomas de deficiência.....	10
2.4.1. Nitrogênio.....	10
2.4.2. Fósforo.....	12
2.4.3. Potássio.....	13
2.4.4. Cálcio.....	14
2.4.5. Magnésio.....	15
2.4.6. Enxofre.....	16
2.4.7. Boro.....	17
2.5. Qualidade dos frutos.....	18
2.6. Análise sensorial.....	20

	Página
3. TRABALHOS.....	22
3.1. DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE BORO NO	
ABACAXIZEIRO Cv. IMPERIAL: CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES	22
RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	23
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
3.2. DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE BORO NO	
ABACAXIZEIRO Cv. IMPERIAL: ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E	
SENSORIAIS DOS FRUTOS	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	42
INTRODUÇÃO.....	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
3.3. DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE BORO NO	
ABACAXIZEIRO CV. IMPERIAL: CRESCIMENTO E	
CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS VISUAIS.....	66
RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	67
INTRODUÇÃO.....	67
MATERIAL E MÉTODOS.....	69
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
CONCLUSÃO.....	80

	Página
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
4. RESUMOS E CONCLUSÕES.....	83
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

RESUMO

RAMOS, MARIA JOSÉ MOTA; DS. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; janeiro de 2006; **Caracterização de sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro cultivar Imperial**; Orientador: Prof. Pedro Henrique Monnerat, Co-orientador: prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

Para avaliar a influência da deficiência nutricional de macronutrientes e de boro no crescimento, na concentração de nutrientes, na qualidade dos frutos e caracterizar os sintomas visuais dessa deficiência no abacaxizeiro cv. Imperial, foi conduzido um experimento na casa de vegetação da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Em comparação com o tratamento completo, a concentração de todos os nutrientes deficientes foi reduzida na matéria seca da folha "D" do abacaxizeiro. A deficiência de N aumentou a concentração do K e a de K, aumentou a concentração do Mg. As deficiências de N, P, Ca, Mg e S aumentaram os teores de K na matéria seca foliar. As concentrações dos nutrientes foram influenciadas pelo estágio fenológico das plantas. As deficiências de N e K aumentaram a firmeza da casca e a de S diminuiu. A deficiência de K reduziu a percentagem de suco. As deficiências de N e S promoveram incrementos nos teores de acidez titulável (AT) e de vitamina C e reduziram a relação SST/AT, o pH e a coloração da polpa. Além disso, a deficiência de S aumentou os sólidos solúveis totais (SST). Os teores dos sólidos solúveis totais, os de vitamina C e o pH dos frutos diminuíram com a deficiência de K. As deficiências de N, de K e de S prejudicaram a qualidade dos frutos do

abacaxizeiro cv. Imperial. Frutos de plantas sob deficiência de N e K foram menos aceitos pelos provadores da análise sensorial. As deficiências de N e K foram as que mais influenciaram na redução do crescimento vegetativo das plantas de abacaxizeiro. Plantas sob deficiência de N produziram frutos menores e com polpa de coloração esbranquiçada e clorose nas folhas da coroa; sob deficiência de P, os frutos apresentaram casca com coloração avermelhada. A deficiência de K produziu frutos com sintoma de escurecimento interno e as plantas deficientes de Mg apresentaram clorose seguida de necrose na base das folhas da coroa do fruto e da planta. Sob deficiência de B, os frutos apresentaram rachaduras e cortiça entre os frutinhos.

ABSTRACT

RAMOS, MARIA JOSÉ MOTA; DS. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; January, 2006; Characterization of deficiency symptoms of macronutrients and boron on pineapple cv. Imperial; Advisor: Prof. Pedro Henrique Monnerat, Committee member: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

To evaluate the influence of the nutritional deficiency of macronutrients and of boron on the growth, the concentration of nutrients, the quality of the fruits and to characterize the visual symptoms of those deficiencies in the pineapple cv. Imperial, an experiment was driven in a greenhouse in Campos dos Goytacazes, RJ. In comparison to the complete treatment, the concentration of all nutrients under deficiency in the dry matter of the pineapple "D" leaf was reduced. The deficiency of N increased the concentration of K and that of K, increased the concentration of Mg. The deficiencies of N, P, Ca, Mg and S increased the concentrations of K in the leaf dry matter. The concentrations of the nutrients were influenced by the phenological phase of the plants. The deficiencies of N and K increased the firmness of the peel, but the deficiency of S decreased it. The deficiency of K reduced the juice percentage. The deficiencies of N and S promoted increments in the concentration of titratable acidity (TA) and of vitamin C and they reduced the relationship SST/AT, the pH and the coloration of the pulp. Besides, the deficiency of S increased the total soluble solids (SST). The concentrations of the total soluble solids, the vitamin C and the pH of the fruits decreased with the deficiency of K. The deficiencies of N, K and S lowered the

quality of the fruits of the pineapple cv. Imperial. Fruits of plants under deficiency of N and K were less accepted by the assessors of the sensorial analysis. The deficiencies of N and K caused the greater reduction in the vegetative growth of the pineapple plants. Plants under deficiency of N produced smaller fruits and with pulp of whitish coloration and chlorosis in the leaves of the crown of the fruit; under deficiency of P, the fruits presented the peel with a red coloration. The deficiency of K produced fruits with symptom of internal darkening and the Mg deficient plants presented chlorosis followed by necrosis at the base of the leaves of the crown of the fruit and of the plant. Under deficiency of B, the fruits presented cracks and cork among the fruitlets.

1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L., Merr) é uma planta monocotiledônea, herbácea, perene, da família das bromeliaceae (Reinhardt, 2000). O fruto é utilizado para consumo “in natura” e para a indústria que o transforma em pedaços cristalizados ou em calda, em sucos, geléia, licor, vinho, vinagre e aguardente. Como subprodutos da sua industrialização, podem-se obter álcool, ácidos cítrico, málico e ascórbico; rações para animais e bromelina, uma enzima proteolítica de uso medicinal (Carvalho e Cunha, 1999). O caule pode ser aproveitado para extração de bromelina que favorece a digestão. As folhas podem ser utilizadas para obtenção de fibras. De alto valor dietético, a polpa do abacaxi é energética (150 cal por 200ml de suco), rica em vitaminas A, B1 e C, e contém bromelina (IAC, 2005).

Em 2004, a produção mundial de abacaxi foi de 15.288.018 toneladas, área colhida de 843.231 ha e produtividade de 18,13 t ha⁻¹ (FAO, 2005). No Brasil, a área colhida foi de 54.683 ha, a produção de 1.435.190 toneladas e a produtividade de 26,24 t ha⁻¹ (FAO, 2005).

A tendência mundial de consumo é orientada para os produtos de qualidade superior obtidos com uso mínimo de agrotóxicos.

As cultivares de abacaxi mais plantadas atualmente no Brasil são Pérola e Smooth Cayenne. Ambas são suscetíveis à fusariose, principal problema fitossanitário para a cultura no País. A solução para essa doença é o plantio de mudas saudáveis e freqüentes pulverizações com fungicidas. No entanto, a utilização

de cultivares resistentes é o método mais eficiente e econômico recomendado para o controle dessa doença.

Apesar da posição privilegiada da fruticultura pela sua importância não apenas no setor primário, mas também na indústria e no comércio, há diversos aspectos da produção que carecem de aperfeiçoamentos e de pesquisa regional e/ou local. A falta desses procedimentos vem proporcionando baixa produtividade, interferindo na qualidade dos produtos e, conseqüentemente, reduzindo o lucro do produtor. Dentre os fatores que constituem um sistema integrado de produção, a adubação pode ser considerada um dos mais importantes, porque um desequilíbrio nutricional pode ter como conseqüência problemas patológicos e fisiológicos com reflexos, inclusive, no equilíbrio ambiental.

Excesso e falta de nutrientes adequados à planta produzem reflexos negativos sobre a produtividade e qualidade dos frutos; a sanidade e a longevidade do pomar (Basso et al. 1986). Nutrição equilibrada pressupõe boa prática agrícola e assegura que o excesso de nutrientes de um tipo não induza a deficiência de outros, caso do N e do P que conduzem à degradação ambiental (Malézieux e Bartholomew, 2003).

Segundo Paula et al, (1998), potássio e nitrogênio são os nutrientes mais exigidos pelo abacaxizeiro. Potássio é o nutriente que mais se acumula na planta, interfere marcadamente na qualidade do produto e também na produtividade das culturas; o nitrogênio influencia mais no peso do fruto (Souza, 1999b). O abacaxizeiro é pouco exigente em fósforo (Malézieux e Bartholomew, 2003) e a sua importância para a planta é principalmente na fase de diferenciação floral e no desenvolvimento do fruto (Souza, 1999a).

Durante o processo produtivo, é preciso acompanhar o estado nutricional das plantas por meio das análises de solo e foliar. Assim, é possível obter ciclos de nutrientes equilibrados e identificar os pontos críticos para fazer correções. A melhoria e a manutenção da fertilidade do solo são fundamentais para a preservação da qualidade ambiental e da diversidade do meio ambiente. Plantas bem nutridas tornam-se mais resistentes ao ataque de patógenos, requerem menos tratamentos fitossanitários e permitem o controle do uso de agrotóxicos.

O abacaxizeiro é considerado uma planta exigente em nutrientes minerais (Paula et al., 1998, Souza, 1999a) e, quando estes estão inadequados para um determinado elemento essencial, apresenta um distúrbio nutricional que se

manifesta por característicos sintomas de deficiência. Antes que esses sintomas apareçam, o crescimento e a produção já poderão estar limitados (Malavolta et. al., 1997). Observou-se que, nas pesquisas sobre sintomas de deficiência nutricional no abacaxizeiro, os resultados, de maneira geral, apontam mais os aspectos produtivos do fruto e muito pouco sobre a influência dessa deficiência na sua qualidade.

A diagnose nutricional pela análise foliar e pelos sintomas visuais permite que se determine o “status” nutricional da planta com indicativos de deficiência para que se faça uma adubação adequada, no momento oportuno.

Observou-se que, de maneira geral, as informações sobre a deficiência nutricional das plantas, na maioria das cultivares comerciais de abacaxi, em relação aos atributos de qualidade dos frutos, são contraditórias e não associadas à aceitação do consumidor. Inexistem informações sobre a influência da deficiência nutricional na produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi ‘Imperial’ e para as outras cultivares e híbridos elas são escassas.

Os objetivos desse trabalho foram avaliar a influência da deficiência de macronutrientes e de boro no crescimento, na concentração de nutrientes, na qualidade dos frutos e caracterizar os sintomas visuais de deficiência no abacaxizeiro cv. Imperial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1- O abacaxizeiro – aspectos edafoclimáticos e morfológicos

O abacaxizeiro cultivado mundialmente é o da espécie *Ananas comosus* e seu fruto é conhecido como abacaxi ou ananás. Planta de clima tropical, cresce adequadamente e apresenta melhor qualidade de fruto na faixa de temperatura de 22° a 32°C, com amplitude térmica, entre o dia e a noite, variando de 8°C a 14°C. É considerada uma planta bem adaptada aos solos ácidos, sendo a faixa de pH de 4,5 a 5,5, a mais recomendada para o seu cultivo (Reinhardt et al., 2000). É uma planta herbácea, perene, da família Bromeliaceae. Compõe-se de um caule curto e grosso ao redor do qual crescem as folhas em forma de calhas estreitas e rígidas, e no qual também se inserem raízes axilares (Reinhardt, 2000).

O ciclo do abacaxizeiro é dividido em três fases: a primeira, fase vegetativa ou de crescimento vegetativo (folhas), vai do plantio ao dia do tratamento da indução floral (TIF) ou da iniciação floral natural. Se após o plantio as condições para o crescimento são favoráveis, inicia-se o crescimento de raízes seguido do aparecimento de novas folhas. Entre o plantio e a iniciação da inflorescência, o crescimento ocorre nas raízes, no caule e no meristema foliar. A segunda, fase reprodutiva ou de formação do fruto, tem duração bastante estável para cada região, sendo de cinco a seis meses; a terceira fase do ciclo é denominada propagativa ou de formação das mudas (Reinhardt, 2000)..

As folhas do abacaxizeiro, que podem atingir um máximo de 70 a 80 por planta, são rígidas, cerosas na superfície e protegidas por uma camada de pêlos (os tricomas), encontrados na superfície inferior, os quais reduzem a transpiração a um mínimo (Cunha e Cabral, 1999). As folhas são inseridas no caule e dispostas em forma de roseta onde as folhas mais velhas se localizam na parte externa da planta e as mais novas, no centro (Manica, 1999). As folhas D são as mais novas entre as adultas e as mais ativas fisiologicamente entre todas as folhas, razão pela qual são usadas nas avaliações do estado nutricional da planta e nas medidas de crescimento (Cunha e Cabral, 1999). A “folha D” é usada por que é a única que pode ser consistentemente identificada em uma planta; geralmente esta folha é a mais comprida na planta (Malézieux e Bartholomew, 2003).

O sistema radicular de uma planta adulta é do tipo fasciculado e se localiza na parte superficial do solo. A maior parte das raízes está situada nos primeiros 15 a 20 cm de profundidade (Manica, 1999, Souza, 1999a).

A iniciação floral usualmente ocorre quando há redução na velocidade do crescimento vegetativo, com um correspondente aumento na acumulação de amido nas folhas e no caule. O efeito das baixas temperaturas e do fotoperíodo curto no florescimento natural, durante o inverno, pode ser reduzido mantendo-se alto o status de nitrogênio na planta, mas somente o nitrogênio não pode eliminar a diferenciação se a temperatura do ar cair abaixo de 15⁰C (Hepton, 2003).

O fruto do abacaxizeiro é do tipo composto ou múltiplo chamado sincarpo ou sorose, formado pela coalescência dos frutos individuais, do tipo baga, numa espiral sobre o eixo central que é a continuidade do pedúnculo (Reinhardt, 2000). Seu peso depende do tamanho e do estado nutricional da planta no momento da indução floral (Cunha e Cabral, 1999).

É um autêntico produto de regiões tropicais e subtropicais, consumido em todo o mundo, sobretudo sob a forma de compotas e sucos. Além disso, é muito utilizado na fabricação de doces cristalizados, geléias, sorvetes, cremes, gelatinas e pudins (Gonçalves e Carvalho, 2000).

A qualidade dos frutos é atribuída às suas características físicas externas (coloração da casca, tamanho e forma do fruto), e internas, conferidas por um conjunto de constituintes físico-químicos e químicos da polpa, responsáveis pelo

sabor, aroma e valor nutritivo (Gonçalves e Carvalho, 2000, Carvalho, 1999). A coloração do abacaxi se refere à cor da casca e da polpa.

O sabor e o aroma característicos do abacaxi são atribuídos à presença e aos teores de diversos constituintes químicos, ressaltando entre eles os açúcares e os ácidos responsáveis pelo sabor, e outros compostos voláteis associados ao aroma (Carvalho, 1999). Dentre os voláteis presentes em frutos responsáveis pelo aroma encontram-se: ésteres, álcoois, ácidos, aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos, acetais, lactona, etc.(Chitarra, 1994).

Os carotenóides são os responsáveis pela coloração amarela da polpa de algumas cultivares, particularmente a Smooth Cayenne; as vitaminas e os minerais estão relacionados com o valor nutritivo, sobressaindo o ácido ascórbico (vitamina C) e o potássio (Gonçalves e Carvalho, 2000).

A aparência dos frutos, isto é, o formato, a casca, a coroa e o pedúnculo, são os fatores responsáveis pela sua aceitação e pode ser um fator limitante à sua comercialização (Gonçalves e Carvalho, 2000).

2.2. Caracterização das cultivares e exigências nutricionais

As cultivares de abacaxi, mais plantadas atualmente no Brasil, são Pérola e Smooth Cayenne, ambas suscetíveis à fusariose, principal problema fitossanitário da cultura no País. Para minimizar esse problema, é necessário plantar mudas sadias e fazer pulverizações freqüentes com fungicidas. No entanto, a utilização de cultivares resistentes é o método mais eficiente e econômico recomendado para o controle dessa doença.

O abacaxi Imperial é um híbrido resultante do cruzamento de 'Perolera' com 'Smooth Cayenne' lançado em 2003, pela EMBRAPA/CNPMPF. Nas avaliações realizadas em distintas regiões produtoras do Brasil, esse híbrido destacou-se dos demais genótipos por ser resistente à fusariose, apresentando frutos de polpa amarela, teores de açúcar elevados e excelente sabor nas análises sensoriais. Outra vantagem do abacaxi 'Imperial' é a ausência de espinhos nas folhas. As características sensoriais e físico-químicas dos frutos fazem-nos tão apropriados para consumo "in natura" quanto para industrialização (Cabral e Matos, 2003).

O estado nutricional do abacaxizeiro tem uma larga influência no crescimento da planta e, conseqüentemente, na produção e na qualidade do fruto (Malézieux e Bartholomew, 2003).

O abacaxizeiro é considerado uma planta muito exigente em nutrientes (Choairy, 1984, Paula et al., 1998), demandando normalmente mais quantidade que a maioria dos solos cultivados não consegue suprir integralmente. Este nível elevado de exigência resulta quase sempre na obrigatoriedade da prática da adubação nos plantios com fins econômicos (Souza, 1999a).

O N é requerido pelo abacaxizeiro em maior quantidade do que qualquer outro nutriente com exceção para o K (Malézieux e Bartholomew, 2003). Segundo Py e Tissau, citado por Choairy (1984), a cultura é bastante exigente em nitrogênio e potássio, requerendo também quantidade média de magnésio. Paula et al. (1998) citam que, assim como o cálcio, o potássio e o nitrogênio são também muito exigidos pelo abacaxizeiro, porém, Malézieux e Bartholomew (2003) citam que o abacaxizeiro tem uma baixa exigência de cálcio.

O nutriente acumulado em maior quantidade pelo abacaxizeiro é o potássio, que influencia na produtividade das culturas, porém em intensidade bem menor do que o nitrogênio. De maneira geral, pode-se considerar, em relação ao N e K, nutrientes bastante absorvidos pelo abacaxizeiro, que a influência do primeiro é maior no peso do fruto e o segundo se sobrepõe na qualidade (Souza, 1999b). Com relação aos macronutrientes secundários; é maior a acumulação de cálcio, menor a do enxofre, situando-se o Mg numa posição intermediária (Souza, 1999a). O autor cita ainda que é interessante observar que em todas as situações as quantidades extraídas dos três nutrientes são maiores do que as do P.

Segundo Souza (1999) e Malavolta (1982) a ordem decrescente da extração de macronutrientes é a seguinte: K, N, Ca, Mg, S, e P e dos micronutrientes: Mn, Fe, Zn, B, Cu. Mo. O Cl é citado por Souza (1999) como o micronutriente mais absorvido.

2.3 - Diagnóstico do estado nutricional das plantas

2.3.1. Visual

Sintomas visuais de deficiência são resultados finais de uma série de eventos que começam com uma lesão molecular, seguem com mudanças nas organelas subcelulares, instauram-se e finalmente afetam um grupo de células ou de tecidos (Epstein, 1975, Malavolta, 1980).

Os elementos têm diferentes graus de mobilidade, uns podem se redistribuir mais, alguns menos, outros praticamente nada; isto faz com que os sintomas de um elemento de fácil redistribuição apareçam em primeiro lugar nas folhas mais velhas se houver deficiência; portanto, os nutrientes de redistribuição menor apresentam sintomas de carência nas folhas novas (ou órgãos) em primeiro lugar. Em qualquer caso, há sempre um gradiente de intensidade no sintoma de deficiência. Quando isso acontece, as duas folhas de um par ou de folhas sucessivas devem apresentar o sintoma típico. Esta observação, como a do gradiente, ajuda a distinguir os sintomas da falta de um determinado nutriente daqueles causados por pragas ou doenças (Malavolta e al. 1997).

De modo geral, cada nutriente tem funções específicas nas plantas e os diferentes elementos produzem diferentes sintomas de deficiência ou de toxidez. Às vezes, a deficiência de um nutriente específico não afeta, necessariamente, o mesmo processo metabólico em todas as espécies (Fontes, 2001).

O diagnóstico visual consiste em caracterizar, descrever e/ou fotografar, mais precoce e detalhadamente possível, os sintomas de deficiências/toxidez na planta-problema e compará-los com os sintomas-padrões de deficiências/toxidez de cada nutriente descritos na literatura, para aquela espécie ou variedade, se possível. Os sintomas observados nas plantas-problema precisam ser descritos apropriadamente. Ao descrevê-los, é necessário atenção ao início do aparecimento dos sintomas ou sintomas primários, para a exclusão daqueles causados por fatores bióticos e abióticos e não por problemas de nutrição da planta. Na descrição dos sintomas, é importante observar o estado fenológico, a localização do sintoma na planta e nas folhas, e a simetria (Fontes, 2001).

2.3.2. Análise foliar

Para se fazer o diagnóstico do estado nutricional da planta, é fundamental interpretar os resultados da análise foliar, que consiste na comparação dos valores da concentração dos nutrientes na amostra-problema com os valores-padrões publicados nas tabelas ou verificados em plantas normais, decidindo se há ou não deficiência do elemento analisado (Fontes, 2001). Como as folhas são utilizadas para análise foliar, por terem maior atividade metabólica, facilita o diagnóstico da deficiência (Malavolta, 1992). Para exemplificar a Tabela 1 apresenta teores dos nutrientes adequados para o abacaxizeiro, em conformidade com certos autores, nas diferentes formas de amostragem.

Tabela 1-Teores dos nutrientes adequados para o abacaxizeiro, em conformidade com certos autores, nas diferentes formas de amostragem.

Nutriente	Folha inteira ou porção clorofilada ^{-1/}	Porção Clorofilada ^{-2/}	Porção Clorofilada ^{-3/}	Folha inteira ^{-4/}
Macronutrientes (g kg⁻¹)				
N	20-22	15-17	15-17	16,3
P	2,1-2,3	0,8-1,2	<1	2,09
K	25-27	22-30	22-30	20,4
Ca	3-4	8-12	8-12	3,92
Mg	4-5	3-4	<3	2,42
S	2-3	–	–	1,29
Micronutrientes (mg kg⁻¹)				
B	30-40	20-40	>30	26
Cu	9-12	5-10	<10	4,5
Fé	100-200	100-200	100-200	76,9
Mn	50-200	50-200	50-200	67,4
Zn	10-15	5-15	>20	14,3

^{-1/}Malavolta et al. (1997), ^{-2/}Boaretto et al.(1999), ^{-3/}Jones et al., (1991),

^{-4/}Siebeneichler et al.(2002).

2.4- Funções dos nutrientes e sintomas de deficiência

2.4.1. Nitrogênio

Nitrogênio é o elemento mineral que as plantas, em geral, exigem em maiores quantidades. Ele é um constituinte de muitos componentes da célula vegetal como os aminoácidos e os ácidos nucleicos, portanto sua deficiência inibe o crescimento vegetal (Taiz e Zeiger, 2004).

Segundo Malézieux e Bartholomew (2003) quando o N está deficiente, as folhas são verde-amareladas a amarelas. Entretanto, os sintomas no campo são diferentes daqueles normalmente encontrados no cultivo em solução nutritiva. Normalmente, uma planta que aparenta evidente deficiência de nitrogênio terá amarelecimento nas folhas mais velhas porque o nitrogênio dessa planta é translocado para as folhas mais novas. No caso de plantas deficientes em nitrogênio, cultivadas no campo, as folhas mais velhas permanecem verdes por causa do sombreamento mútuo das folhas mais baixas e mais velhas das plantas adjacentes, mesmo que este nutriente lhes seja removido. Plantas com deficiência de nitrogênio têm crescimento lento, são raquíticas, atrasam sua frutificação (Manica, 1999); as folhas estreitas (Manica, 1999) e pequenas são pouco numerosas (Py et al., 1984, Manica, 1999); apresentam coroas muito pequenas; frutos pequenos (Manica, 1999; Gonçalves e Carvalho, 2000). Tay (1975) e Luchi (1978), adubando o abacaxizeiro com N e K, também observaram que a deficiência de nitrogênio havia diminuído o tamanho dos frutos. Bhugaloo et al. (1999); citam que houve redução no comprimento médio da folha D e do fruto da cv. Queen Vitória sob deficiência de N.

Paula et al. (1998) citam que N tem efeito marcante na coloração da polpa, que parece se tornar mais escura. Manica (1999) também cita que elevadas doses de N acentuam a coloração da polpa. Entretanto, segundo Gonçalves e Carvalho (2000), plantas sob deficiência de N produzem frutos coloridos e deformados.

Luchi (1978) observou uma diminuição no diâmetro médio do pedúnculo do fruto da cultivar Smooth Cayenne com menores doses de sulfato de amônio.

Os pesos da coroa e do fruto são reduzidos com a deficiência de N (González-Tejera e Gandia-Dias, 1976, Bhugaloo et al., 1999, Malézieux e

Bartholomew, 2003). O menor peso médio do fruto também foi observado por Tay (1975), Iuchi, (1978), Carvalho e Oliveira (1992). Morales (1974), trabalhando com a cv. Pérola, e Teixeira et al. (2002), com a Smooth Cayenne, observaram que os menores níveis de nitrogênio proporcionaram as menores produções. Paula et al. (1985) também observaram uma diminuição da produção com a deficiência de N. A aplicação de menores doses de N e K diminuiu a produção em todas as densidades testadas para a cv. Giant Kew (Das et al., 2000).

No Rio Grande do Sul, em solo arenoso e de baixa fertilidade, a aplicação de menores doses da combinação de NPK, no abacaxizeiro cv. Pérola diminuiu o peso, o número de frutos e a produção (Rodrigues e Petzhold, 1987).

Py et al. (1987) citam que um aumento de N, que causou redução na acidez dos frutos, pode ou não reduzir os sólidos solúveis totais dos frutos (SST). Tay (1975), adubando o abacaxizeiro, observou que a deficiência de nitrogênio havia diminuído o seu teor em açúcares, entretanto Gonçalves e Carvalho (2000) encontraram resultados discordantes, pois, segundo eles, os frutos são muito doces.

Paula et al. (1998), Bhugaloo et al. (1999) e Malézieux e Bartholomew (2003) citam que há um aumento na acidez dos frutos, à medida que se diminui o fornecimento de N, reduzindo-se a relação açúcar/acidez. Iuchi (1978) observou um decréscimo na relação SST /ATT dos frutos da cv. Smooth Cayenne com a diminuição das doses de sulfato de amônio aplicadas.

Bezerra et al. (1981), Tay (1975) e Iuchi (1978) encontraram uma correlação negativa do N com a acidez dos frutos, pois a deficiência de N pode ter diminuído a turgescência dos frutos, provocando, indiretamente, um aumento nos valores da acidez, em decorrência do aumento da concentração. Também (Bhugaloo et al., 1999) estudando as relações entre nível de nitrogênio, produção e qualidade dos frutos do abacaxi cv. Queen Vitória, na Índia, observaram que com a diminuição do nível de N houve aumento na acidez dos frutos.

No caso de deficiência severa, as raízes crescem muito pouco, os teores de clorofila e proteína diminuem, a planta pode não produzir fruto e, numa deficiência extrema, ela morre (Manica, 1999).

2.4.2. Fósforo

O fósforo (como fosfato) é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-acúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídios que compõem as membranas vegetais. É também componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA. (Taiz e Zeiger, 2004).

Nas plantas deficientes de fósforo, as folhas novas apresentam uma coloração verde-escura, com tons arroxeados; são mais estreitas e de cor verde mais escura, quando são comparadas com as folhas mais velhas. As margens das folhas são mais escuras do que a parte central da folha. As folhas mais velhas murcham a partir das suas extremidades (Souza, 1999a), aparecendo pontas secas de cor marrom alaranjada, estrias transversais marrons e bordas amarelas a partir da ponta (Manica 1999).

Uma quantidade insuficiente de fósforo provoca redução no crescimento da planta que tem porte ereto. As folhas ficam longas e estreitas, as raízes apresentam a parte filamentosa mais longa, mais colorida, menos ramificada (Manica, 1999, Souza, 1999a). Quando a deficiência for muito severa pode não formar fruto, rebento ou filhotes, com o aparecimento de uma clorose acentuada nas folhas mais velhas (Manica, 1999).

A deficiência de fósforo acarreta a formação de frutos pequenos, com coloração avermelhada ou arroxeadada (Gonçalves e Carvalho, 2000, Souza, 1999a). Iuchi (1978) observou que, à medida que se diminuía as doses de superfosfato simples, ocorria um decréscimo no comprimento médio do fruto da Cv. *Smooth Cayenne*.

A adubação fosfatada influenciou o maior peso médio do fruto com coroa e a maior acidez total em relação à testemunha sem fósforo (Botrel, 1991).

Carvalho e Oliveira (1992) testaram doses de NPK e concluíram que não houve efeito significativo para o P na produtividade do abacaxizeiro cv. Pérola.

2.4.3. Potássio

O potássio, presente nas plantas como o cátion K^+ , desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais. Ele também ativa muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2004). Segundo Marschner (1995), a alta concentração do K^+ no citoplasma e nos cloroplastos neutraliza ânions macromoleculares solúveis e insolúveis e estabiliza o pH entre 7 e 8 nesses compartimentos, que é ótimo para a maioria das reações enzimáticas. Marschner (1995) cita ainda que este cátion está envolvido também no carregamento e transporte da sacarose no floema e, assim, na taxa de transporte dos fotoassimilados da fonte para o dreno. O potássio aumenta a taxa fotossintética dos cloroplastos (Dekov e Velichkov, 1992). Esse processo melhora a produção e a qualidade do fruto (Hartz et al., 1999); logo, potássio pode ser considerado o elemento da qualidade.

Inicialmente, observa-se que as folhas mais velhas de plantas mal supridas de potássio permanecem verdes, e secam as pontas, depois, surgem áreas com necrose na superfície e desenvolvem-se pintas amarelo-pálidas características (Manica, 1999 e Souza, 1999a). Com uma deficiência mais acentuada de potássio, as pintas nas folhas apresentam manchas amarelas, algumas delas, vermelho-brilhante (Manica, 1999). Segundo esse autor quando a deficiência se torna mais aguda, no final dos sintomas, as folhas velhas tornam-se marrons e secam, sendo que as novas passam para uma cor marrom-avermelhada, com acentuada queimadura no ápice, e as folhas podem ficar pendentes na planta pela quebra do tecido de sustentação. Segundo Malézieux e Bartholomew (2003), durante estágios preliminares de deficiência de K, as folhas são verde-escuras e estreitas, mas, se a deficiência é prolongada as folhas se tornam amarelas.

As plantas deficientes de potássio têm porte ereto e o pedúnculo do fruto é de pequeno diâmetro (Iuchi, 1978); o fruto, que tem tamanho muito reduzido e não amadurece completamente na parte superior; é pouco ácido (Iuchi, 1978), sem perfume e de qualidade inferior (Manica, 1999; Gonçalves e Carvalho, 2000). O diâmetro e o comprimento dos frutos do abacaxizeiro cv. Pérola diminuem enquanto a acidez aumenta com a redução no nível de K (Veloso et al., 2001).

Owusu-Bennoah e Ahenkarah (1997) conduziram um trabalho com a cultivar Smooth Cayenne em um ecossistema floresta-savana, em Ghana, e encontraram a relação N/K₂O de 1:2,5 utilizando 224 kg ha⁻¹ de N que parece ser a mais adequada para tais condições e ressaltam que altas relações reduzem o tamanho e a qualidade do fruto.

Barbosa et al. (1988) e Pires et al. (1989), constataram que o peso do fruto com coroa foi significativamente influenciado pela adubação potássica.

Paula et al. (1999) observaram a diminuição da porcentagem da acidez titulável total e dos sólidos solúveis totais nos frutos (Py et al., 1987, Malézieux e Bartholomew, 2003) como um efeito da deficiência de K na qualidade dos frutos do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne. Selamat (1993) observou que houve uma diminuição dos sólidos solúveis totais na cv. Singapore spanish e um aumento na cv. Gandul. Razzaque e Ranafi (2001), trabalhando também com a cv. Gandul, não encontraram diferença significativa no teor de açúcar dos frutos do abacaxizeiro sob deficiência de K.

Paula et al. (1991) também obtiveram, com a deficiência de K, baixos valores da relação SST: ATT nos frutos do abacaxi. Os teores foliares de K diminuíram significativamente quando as plantas não foram adubadas com KCl e os teores de Mg aumentaram. O cloreto de potássio reduziu os teores foliares de Ca e Mg no abacaxizeiro cv. Pérola.

Segundo Gonçalves e Carvalho (2000), o K eleva o teor de ácido ascórbico que reduz as quinonas produzidas pela oxidação enzimática, convertendo-se em ácido de-hidroascórbico e atuando como inibidor da atividade da enzima polifenoloxidase, responsável pelo escurecimento interno. Assim, é provável que a deficiência de K possa desencadear o aparecimento dos sintomas do escurecimento interno na polpa do abacaxi.

2.4.4. Cálcio

Os íons cálcio (Ca⁺²) são utilizados na síntese de novas paredes celulares, em particular, a lamela média que separa células em divisão (Taiz e Zeiger, 2004). Segundo Malavolta et al. (1997), o Ca é essencial para manter a integridade estrutural das membranas e da parede celular.

O cálcio, embora não seja exigido em grande quantidade, é essencial para a formação de um bom sistema radicular, diferenciação da inflorescência e o desenvolvimento do fruto (Paula et al., 1998).

Nas plantas com deficiência de Ca, as folhas adquirem uma cor verde-pálida, com algumas pontuações amareladas, e as folhas novas secam, mas, no caso de deficiência muito acentuada, aparece um fendilhamento nas folhas, uma cor avermelhada e rachaduras nas bases. As plantas têm um menor tamanho e são parcialmente cloróticas (Manica, 1999). As folhas são pequenas, estreitas, tenras, quebradiças, também parcialmente cloróticas, com entrenós curtos (Souza, 1999a).

A deficiência de Ca resulta em frutos pequenos, com área interna descolorida, de consistência gelatinosa e sem gosto (Manica, 1999). Segundo Malézieux e Bartholomew (2003), o fornecimento de Ca afetou o aroma do fruto possivelmente porque, em níveis maiores, o Ca interferiu na absorção de K; assim, o efeito provavelmente não é específico.

Segundo esses autores, os sintomas de deficiência de Ca, assim como os de B, são mais prováveis de serem visualizados, inicialmente, no fruto, porque a demanda para ambos, nos pontos de crescimento, é maior na época da diferenciação floral.

2.4.5. Magnésio

O magnésio constitui a molécula da clorofila e é ativador das enzimas transferidoras de fosfato (Paula et al., 1998). Por ser componente dessa molécula sua deficiência poderá reduzir a concentração da clorofila, reduzindo a fotossíntese e, possivelmente, o crescimento (Malézieux e Bartholomew, 2003). Segundo esses autores, magnésio, que é móvel na planta, tem como sintoma visual de deficiência predominante uma coloração amarelada brilhante nas folhas mais velhas, particularmente, nas partes mais expostas à luminosidade.

Em plantas com deficiência de Mg, as folhas mais velhas apresentam uma coloração verde-clara. Continuando a deficiência, aparecem mais tarde manchas amareladas ou folhas completamente amarelas e avermelhadas ao longo das margens; as folhas novas não atingem o seu tamanho normal (Manica, 1999).

O Mg é importante para intensificar a coloração dos frutos (Paula et al., 1998, Gonçalves e Carvalho, 2000). Segundo Gonçalves e Carvalho (2000), o suprimento de Mg é mais importante na coloração do fruto do que o de Ca.

Quando ocorre uma pequena deficiência de Mg, os frutos são pequenos, de baixa acidez, muito pobres em açúcares (Py et al, 1987; Gonçalves e Carvalho, 2000), não têm sabor e, com deficiência aguda, as plantas não produzem frutos (Manica, 1999).

2.4.6. Enxofre

O enxofre é encontrado em dois aminoácidos e é constituinte de várias coenzimas, além de vitaminas essenciais ao metabolismo. Muitos dos sintomas de deficiência de enxofre são similares aos da deficiência de nitrogênio, incluindo clorose e redução do crescimento (Taiz e Zeiger, 2004).

Plantas deficientes em S apresentam, inicialmente, uma pequena mudança na coloração das folhas, com algumas rachaduras nas mais velhas. Posteriormente, elas tornam-se verde-claras, mais tarde amareladas, com centros necrosados, apresentando uma coloração um pouco avermelhada (Manica, 1999). Segundo Py et al. (1987) plantas deficientes em S possuem folhas brilhantes e de coloração verde-limão e são mais largas do que o normal; tanto as folhas novas como as velhas são amareladas. Souza (1999a) cita que plantas deficientes em S são de porte normal, com frutos muito pequenos e apresentam a coloração das folhas amarelo-pálida a dourada com a margem rósea, sobretudo nas folhas velhas. Essa deficiência pode produzir um fruto muito pequeno e maduro; mas, ao contrário de um fruto normal, do ápice para a base, ele fica amarelado na parte superior e verde na base do fruto (Manica, 1999; Gonçalves e Carvalho, 2000). No campo, dificilmente aparecem sintomas de deficiência de enxofre (Souza, 1999b), principalmente quando as plantas são adubadas com sulfatos (Malézieux e Bartholomew, 2003; Manica, 1999).

O enxofre é responsável pelo equilíbrio entre a acidez e os açúcares no fruto, conferindo-lhe um melhor sabor (Gonçalves e Carvalho, 2000).

2.4.7. Boro

Evidências sugerem que o boro desempenha funções no alongamento celular, na síntese dos ácidos nucleicos, nas respostas hormonais e no funcionamento de membranas (Shelp, 1993).

Boro é um dos micronutrientes cuja deficiência interfere, principalmente, na aparência do fruto, com baixa aceitação no mercado consumidor. Observa-se esta deficiência na deformação de frutos no mamoeiro, no aumento da espessura da casca em frutos cítricos, no bronzeamento interno em nabos e rabanetes, no caule oco e no bronzeamento da couve flor e do brócolis (Chandler, 1941, citado por Shelp et al., 1992), e na deformação de frutos de mangueira (Dell e Huang, 1997). Esse efeito na morfologia do fruto é decorrente da ação do B na estruturação da parede celular e na funcionalidade da membrana plasmática.

Siebeneichler et al. (2002) quando trabalharam com o abacaxi Pérola, na casa de vegetação, em Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, observaram que a planta-mãe não apresentara sintoma de deficiência de boro, apesar das diferenças nos teores desse nutriente. As plantas-soca, provenientes da planta-mãe que não receberam B, mostraram sintomas de deficiência desse nutriente, somente no estágio reprodutivo, com sintomas visuais caracterizados por frutos deformados e menores, rachaduras entre os frutinhos, preenchidas por excrescência cortiçosa ou secreção de goma. A deformação e o tamanho reduzido dos frutos e a presença de goma entre os frutinhos também foram observados por Aquino et al. (1986), citado por Quaggio e Pizza Jr. (2001), Lacoecilhe (1982).

As mudas do tipo filhote, formadas nas plantas-soca, apresentaram folhas com falhas na borda e pontas secas e as folhas mais novas retorcidas ou não. O aparecimento dos sintomas de deficiência de boro, somente no estágio reprodutivo das plantas-soca, pode ser justificado pela mobilidade do B em plantas de abacaxi Pérola (Siebeneichler, 2002). A autora cita que a deficiência de boro contribui para a formação de frutos “machos”, ou seja, frutos sem coroa.

Souza (1999a) cita alguns sintomas de deficiência de B observados em plantas de abacaxi em cultivo hidropônico, na Costa do Marfim: as plantas apresentaram coloração amarelada à alaranjada, tornando-se marrom em uma só margem das folhas que tiveram um terço do crescimento reduzido, formação de

ponta seca e apresentaram tendência ao enrolamento. Esse autor sugere que, no campo, esses sintomas ocorreriam freqüentemente em razão da insolubilização do B no solo, resultante do déficit hídrico ou do pH muito elevado do solo.

Na Martinica, em condições de campo, foram observados frutos com coroa múltipla que também foram descritos por Py et al. (1987); Aquino et al. (1986), citado por Quaggio e Pizza Jr. (2001); Lacoeuilhe (1982). Frutos de plantas sob severa deficiência de B são muito menores que os frutos normais (Py et al, 1987).

Segundo Malézieux e Bartholomew (2003), podem ocorrer sintomas de deficiência de B quando a concentração da folha é de $2,4 \text{ mg kg}^{-1}$ da massa seca no terço médio da folha D, aproximadamente 10 meses após o plantio. Segundo Siebeneichler et al. (2002), o teor considerado adequado para o B na folha D inteira é de 30 mg kg^{-1} .

2.5 - Qualidade dos frutos

Os atributos de qualidade dos produtos dizem respeito à sua aparência, sabor e odor, textura, valor nutritivo e segurança alimentar. Esses atributos têm importância variada, de acordo com os interesses de cada segmento da cadeia de comercialização, ou seja, desde o produtor até o consumidor. O grau de importância dos atributos individuais, ou do conjunto de alguns deles, depende dos interesses particulares de cada segmento. Os produtores, em relação à aparência, priorizam a presença de poucos defeitos, alto rendimento na produção, facilidade de colheita, transporte e resistência a doenças. Do mesmo modo, os geneticistas também têm maior interesse pela resistência a doenças, presença ou ausência de injúrias ou desordens fisiológicas. Por sua vez, comerciantes e distribuidores têm a aparência como o atributo mais importante, dando ênfase à firmeza e à boa capacidade de armazenamento. Os consumidores visam à aparência e às características sensoriais do produto. Quando destinado à industrialização, o interesse primário direciona-se para o rendimento da matéria prima, cor, 'flavor' e textura (Chitarra, 1994).

A aparência do produto é caracterizada pelo tamanho, forma, coloração e ausência de defeito. Fatores biológicos, fisiológicos, ambientais/culturais, danos

mecânicos, substâncias estranhas, variação genética e aberrações da pré-colheita podem modular a aparência do produto colhido (Kays, 1999). Esse autor cita ainda que deficiências e toxicidades nutricionais resultam em alterações indesejáveis na aparência dos produtos hortícolas. A criação ou a manutenção das condições de produção que minimizem o aparecimento de produtos indesejáveis é essencial.

As frutas são apreciadas pelo gosto atrativo, aroma, aparência e conteúdo de nutrientes, especialmente o de vitaminas (Hudina, 2000). Açúcares, açúcares-alcoóis, ácidos orgânicos e vitaminas servem como indicadores das atividades metabólicas e das mudanças nos componentes qualitativos dos frutos. Qualquer alteração nos conteúdos dos ácidos orgânicos e da relação açúcares/álcool pode resultar em mudanças de sabor, firmeza e aparência dos frutos (Doyon et. al., 1991). O conteúdo de açúcar no fruto depende diretamente do suprimento de assimilados, que vai depender da eficiência fotossintética e das atividades do transporte de açúcar, que conduzirá os assimilados do floema para as células do parênquima do fruto (Genard, et al., 1996).

A Vitamina C é um dos mais importantes fatores de qualidade nutricional na maioria das culturas e tem muitas atividades biológicas no corpo humano. O conteúdo de vitamina C nos frutos e vegetais pode ser influenciado por vários fatores como diferença genética, condições climáticas, pré-colheita e práticas culturais, maturação e métodos de colheita e procedimentos pós-colheita. Quanto mais alta é a intensidade luminosa durante a estação de crescimento, maior é o conteúdo de vitamina C nos tecidos das plantas. Fertilizantes nitrogenados em taxas mais altas tendem a diminuir o conteúdo de vitamina C na maioria das frutas e hortaliças (Lee e Kader, 2000).

A acidez causada pelos ácidos orgânicos é uma característica importante para a palatabilidade de muitas frutas (Pretty, 1982). Ela está estreitamente ligada à nutrição mineral (Botrel, 1994). A acidez é representada principalmente pelos ácidos cítrico (87% da acidez total) e málico (13%). Além desses, ainda são encontrados o ascórbico e o oxálico, porém em concentrações bem mais baixas (Carvalho e Cunha, 1999).

Segundo Dull (1971), citado por Carvalho (1999), há uma alta predominância da fração sólidos-solúveis em relação aos demais constituintes químicos da matéria seca da polpa do abacaxi maduro. Os açúcares

compreendem a maior porção dessa fração, sendo seguidos pelos ácidos, minerais e vitaminas hidrossolúveis. Quanto ao caroteno, sua ação encontra-se mais relacionada à pigmentação amarelada da polpa de algumas variedades. Dentre os açúcares, sobressai a sacarose, com teores variando de 5,9 a 12%, o que representa, nos frutos maduros, 66% dos açúcares totais em média. Destacam-se, também, a glicose e a frutose, com valores na faixa de 1,0 a 3,2% e 0,6 a 2,3%, respectivamente (Gonçalves e Carvalho, 2000).

O sabor dos frutos tem sido avaliado pelo balanço entre sua doçura e sua acidez, caracterizado pela relação entre os valores dos sólidos solúveis totais (SST) e da acidez (Carvalho e Cunha, 1999). Esses autores citam que, para a indústria, o teor de SST não deve ser inferior a 10,5⁰ Brix e o teor de acidez não superior a 1,35% (expressa em ácido cítrico).

A textura é um atributo importante, porque além de definir a qualidade do fruto para o consumo “in natura” e para o processamento, contribui para sua vida útil pós-colheita, pois influencia na resistência ao transporte e ao ataque de microorganismos (Conway et al., 1995). A diminuição na firmeza durante o amadurecimento tem sido atribuída a modificações e à degradação dos componentes da parede celular (Andrews e Li, 1994).

Sob o ponto de vista fisiológico, os fatores nutricionais e hormonais são determinantes na produção e na qualidade dos frutos. Os primeiros fazem referência, prioritariamente, à disponibilidade de carboidratos; os segundos determinam a capacidade de dreno dos frutos e assim o poder de atrair os carboidratos (Agusti, 1999a).

Fatores endógenos e externos à planta apresentam marcada influência na determinação do tamanho final do fruto. Dentre os fatores externos consideram-se as condições climáticas e edáficas, assim como as práticas culturais, fundamentalmente, a irrigação e a fertilização (Agusti, 1999b).

2.6. Análise sensorial

Os métodos mais empregados na análise sensorial para se medir a aceitação de produtos são as diversas formas de escalas, como a hedônica e a de atitude. Para uma triagem inicial ou uma avaliação preliminar de aceitação de produtos, a análise é normalmente realizada em condições de laboratório com 30

a 50 julgadores não treinados. Um dos métodos de avaliação mais empregados é a Escala Hedônica onde o provador expressa sua aceitação pelo produto, seguindo uma escala previamente estabelecida que varia gradativamente com base nos atributos: “gosta e desgosta” (Chaves e Sproesser, 1999).

A qualidade dos frutos é, em parte, atribuída às suas características físicas (Manica, 1999), responsáveis pela aparência externa, dentre as quais se destacam o tamanho e a forma do fruto, e a coloração da casca: primeiro fator da aceitabilidade ou não dos frutos pelos consumidores. Junto a essas características físicas, a qualidade intrínseca dos frutos tem sua grande importância atribuída à presença de teores de vários constituintes físico-químicos da polpa. É essa qualidade que conferirá aos frutos e aos produtos processados sabor e aroma característicos, responsáveis pela aceitação definitiva de um fruto no mercado consumidor (Carvalho, 1999, Thé et al., 2001). Os consumidores visam a aparência e as características sensoriais (Chitarra, 1994).

3. TRABALHOS

3.1. DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE BORO NO ABACAXIZEIRO CV. IMPERIAL: CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar, por meio da diagnose foliar, a concentração dos nutrientes do abacaxizeiro cv. Imperial sob deficiência nutricional, em quatro épocas. Foram efetuados os seguintes tratamentos: completo; - N; - P; - K; - Ca; - Mg; - S e - B. Foram determinadas concentrações foliares do N, P, K, Ca, Mg, S e B aos cinco, sete, nove e 12 meses após o plantio. A concentração de todos os nutrientes, que foram mantidos a níveis deficientes, foi reduzida na folha D. A concentração de N foi reduzida pela deficiência de P e aumentada pela deficiência de K. A deficiência de N aumentou a concentração de K e a deficiência de K aumentou a concentração de Mg, em todas as quatro épocas avaliadas. As concentrações de Ca, Mg e B aumentaram e as de N, P e K reduziram, na época da colheita dos frutos, no tratamento completo. A concentração de N não foi influenciada pelas épocas de amostragem no tratamento completo. As concentrações dos nutrientes foram influenciadas

pelo estágio fenológico das plantas. Houve uma queda acentuada das concentrações nos tratamentos -N, -P, e -K, na época da colheita dos frutos.

Termos para indexação: diagnose foliar, deficiência nutricional, concentração de nutrientes, solução nutritiva.

ABSTRACT

MACRONUTRIENTS AND BORON DEFICIENCY IN PINEAPPLE CV. IMPERIAL: NUTRIENTS CONCENTRATION

The objective of this work was to evaluate through leaf composition the effects of the macronutrients and boron deficiencies in pineapple cv. Imperial, at four different phases of the cycle. The concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S and B at five, seven, nine and twelve months after planting were determined. Every nutrient under deficiency reduced their own concentration in the dry matter of 'D' leaves. The N deficiency increased the K concentration and K deficiency increased Mg concentration at all four evaluated times. The Ca, Mg and B concentrations increased and the N, P and K reduced at fruit harvest time, in the complete treatment. The N concentration was not influenced by the sampling times in the complete treatment. The nutrient concentrations were influenced by the different phenological phases of the plant.

Index terms: leaf diagnosis, nutritional deficiency, nutrients concentration, nutrient solution.

INTRODUÇÃO

O estado nutricional do abacaxizeiro tem uma larga influência no crescimento da planta e, conseqüentemente, na produção e na qualidade do fruto (Malézieux e Bartholomew, 2003).

Durante o processo produtivo, é preciso acompanhar o estado nutricional das plantas por meio das análises de solo e foliar. Com esse procedimento, podem-se obter ciclos equilibrados de nutrientes, identificação de pontos críticos e correções. A diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional das culturas (Malavolta et al, 1997). É por meio dela que se analisam determinadas folhas em períodos definidos da vida da planta.

As folhas do abacaxizeiro podem atingir um máximo de 70 a 80 por planta (Cunha e Cabral, 1999). As folhas são inseridas no caule e dispostas em forma de roseta onde as folhas mais velhas se localizam na parte externa da planta e as mais novas, no centro (Manica, 1999). A folha 'D', facilmente identificável, é comumente usada para estabelecer o índice de crescimento e avaliar o status nutricional da planta (Malézieux e Bartholomew, 2003, Souza, 2000). Os níveis de nutrientes na folha 'D' fornecem informações sobre a quantidade de nutrientes atualmente absorvidas pelas plantas (Malézieux e Bartholomew, 2003).

Para se diagnosticar o estado nutricional da planta, por meio da diagnose foliar, é necessário, primeiramente, interpretar os resultados da análise foliar que se faz comparando-se os valores da concentração dos nutrientes de uma amostra-problema com os valores-padrões publicados em tabelas, ou verificados em plantas normais; então, constata-se se há ou não deficiência no elemento analisado (Fontes, 2001). As deficiências e os excessos nutricionais das plantas refletem-se principalmente nas folhas, por isso elas são as mais indicadas para serem amostras quando se quer determinar a concentração dos nutrientes (Paula et al. 1998).

As cultivares mais plantadas atualmente no Brasil são Pérola e Smooth Cayenne, ambas suscetíveis à fusariose, principal problema fitossanitário da cultura no Brasil. Para minimizar esse problema é necessário o plantio de mudas saudáveis e pulverizá-las frequentemente com fungicidas. No entanto, a utilização de cultivares resistentes é o método mais eficiente e econômico recomendado para o controle dessa doença.

O ciclo do abacaxizeiro é dividido em três fases: a primeira, fase vegetativa ou de crescimento vegetativo (folhas), vai do plantio ao tratamento da indução floral (TIF) ou da iniciação floral natural; a segunda, fase reprodutiva ou de formação do fruto, tem duração bastante estável para cada região, sendo de

cinco a seis meses; a terceira fase do ciclo é denominada propagativa ou de formação das mudas (Reinhardt, 2000).

Se após o plantio as condições para o crescimento são favoráveis inicia-se o crescimento de raízes seguido do aparecimento de novas folhas. Entre o plantio e a iniciação da inflorescência, o crescimento ocorre nas raízes, caule e meristema foliar. A iniciação floral usualmente ocorre quando há redução na velocidade do crescimento vegetativo, com um correspondente aumento na acumulação de amido nas folhas e no caule. O efeito das baixas temperaturas e do fotoperíodo curto no florescimento natural, durante o inverno, pode ser reduzido mantendo-se alto o status de nitrogênio na planta, mas somente o nitrogênio não pode eliminar a diferenciação se a temperatura do ar cair abaixo de 15^oC (Malézieux et al., 2003).

A quantidade total de nutrientes na planta aumenta com a idade, mas a concentração em um dado tecido pode aumentar, diminuir ou permanecer inalterada, dependendo do nutriente e do tecido. Mudanças sazonais nas concentrações do nutriente no tecido ocorrem, mas, segundo Malézieux e Bartholomew (2003), elas podem resultar de mudanças no crescimento da planta a uma taxa maior do que as de mudanças na disponibilidade do nutriente para a planta.

O abacaxizeiro requer baixos teores de nitrogênio e potássio até aproximadamente quatro meses após o plantio, depois a necessidade aumenta com o crescimento até a indução floral (Malézieux e Bartholomew, 2003).

Nitrogênio e potássio são exigidos pelo abacaxizeiro em maiores quantidades que outro nutriente (Choairy 1984; Paula et al., 1998; Malézieux e Bartholomew, 2003). A necessidade de cálcio é pequena enquanto a de magnésio é intermediária (Py e Tisseau citado por Paula et al., 1999). Potássio acumula-se nas folhas em uma quantidade maior que qualquer outro nutriente. Nitrogênio promove crescimento vegetativo vigoroso e assim exerce uma grande influência no peso do fruto enquanto potássio interfere principalmente na qualidade (Souza e Reinhardt, 2004).

A diagnose nutricional, pela análise foliar, permite que se determine o status nutricional da planta com indicativos de deficiência para adequar a adubação no momento oportuno. É importante estabelecer os teores desses

nutrientes, na fase de produção, para se obter maior produtividade e qualidade do fruto.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a concentração foliar de macronutrientes e de boro no abacaxizeiro cv. Imperial sob deficiência nutricional, em quatro fases do ciclo da planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na casa de vegetação do Setor de Nutrição Mineral de Plantas da UENF, em Campos dos Goytacazes, RJ, no dia 19 de dezembro de 2003, utilizando-se mudas do abacaxizeiro cv Imperial. O delineamento utilizado foi o fatorial em blocos casualizados completos, com oito tratamentos, quatro épocas de amostragem e seis repetições. Cada amostra com seis folhas D, por época de amostragem, foi avaliada aos cinco, sete, nove e 12 meses após o plantio e recebeu os seguintes tratamentos: completo; - N; - P; - K; - Ca; - Mg; - S e - B. As mudas de cultura de tecidos utilizadas foram produzidas na Campo Biotecnologia Vegetal Ltda., Unidade Biofábrica/EMBRAPA -CNPMF.

Utilizou-se como substrato areia de praia tratada com ácido-clorídrico diluído na proporção de um para quatro de água, para se extrair certos nutrientes passíveis de contaminação do substrato. Após esse procedimento, lavou-se a areia com água até que a acidez fosse reduzida a valores de pH, próximos a 5, 0, quando, então, fez-se uma lavagem final com água desionizada. As mudas da cv. Imperial, que tinham um tamanho médio de 6,0 cm, foram plantadas em vasos com 14 kg de areia e foram irrigadas com 500 ml de água, três vezes por semana, durante 15 dias após o transplantio. Depois desse procedimento, em todos os tratamentos, aplicou-se 500 ml da solução nutritiva completa, ocasião em que novas raízes estavam sendo emitidas (Cunha e Cabral, 1999). A concentração dos nutrientes utilizada na solução completa em mg L⁻¹ foi: 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, 0,06; B, 0,27; e Fe-EDTA, 2,23. O pH dessa solução foi ajustado para aproximadamente 5,5. Cinquenta dias após a aplicação da solução completa, foi induzida a deficiência de boro, eliminando-o das plantas que receberam esse tratamento. A indução da deficiência dos macronutrientes iniciou-se três meses

após a aplicação da solução completa e utilizou-se apenas 10% da concentração dessa solução. Cada planta recebeu 500 ml da solução três vezes por semana. Um mês e meio após esse procedimento, a quantidade aplicada passou para 700 ml por planta, ocasião em que se eliminou totalmente o N, P, K, Ca, Mg e o S da solução respectiva. Quatro meses após a eliminação desses nutrientes, para se recuperar plantas que se mostravam muito deficientes, fizeram-se doze novas aplicações do N, na concentração de 10% da solução completa.

Todas as plantas foram induzidas ao florescimento oito meses após o plantio, quando as folhas "D", no tratamento da solução nutritiva completa, atingiram em média 63,4 cm de comprimento e com um número total de folhas de 55. Aplicou-se, na roseta foliar, por planta, 50 ml da solução de Etrell 0,1% , uréia (2%) e 0,035% de hidróxido de cálcio (Veloso, 2001).

O volume de solução nutritiva aplicada por planta passou para 1,0 litro aos 11 meses após o plantio.

Foram avaliados na folha "D" inteira: N-org, P, K, Ca, Mg, S e B, aos cinco, sete (um mês antes da indução floral), nove e 12 meses após o plantio (próximo à colheita dos frutos).

Na determinação dos teores de nutrientes foi utilizada a folha D inteira (Siebeneichler et al., 2002). A coleta dessa folha foi realizada na parte da manhã, entre nove e 10 horas. No Laboratório de Nutrição de Plantas da UENF, as folhas foram limpas com algodão umedecido com água desionizada e secas em estufa de circulação forçada de ar a 70-75° C, por 72 horas. Depois de secas, elas foram pesadas e moídas em moinho tipo Willey, passadas em peneira de 20 mesh e armazenadas em frascos hermeticamente fechados. O N orgânico foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965), após digestão sulfúrica (H₂SO₄ e H₂O₂) do tecido vegetal. No extrato da digestão nitro-perclórica (HNO₃ e HClO₄), foram determinados: P, colorimetricamente, pelo método do molibdato; K, por fotômetro de chama; Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica e S, por turbidimetria de sulfato (Malavolta et al., 1997). Na determinação do B, foi utilizada a colorimetria pela azometina H, após incineração em mufla (Malavolta et al., 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett a 5% e as das épocas, pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Concentração de nitrogênio

A concentração foliar do N foi reduzida pela deficiência de N, nas quatro épocas avaliadas (Tabela 1).

Observa-se pela Tabela 1 que houve aumento da concentração foliar de N, no tratamento -N, no nono mês após o plantio, em relação ao sétimo, porque foram feitas doze novas aplicações na concentração de 10% da solução nutritiva completa, na solução deficiente, no nono mês após o plantio, para recuperar plantas que se mostravam muito deficientes.

A deficiência de P reduziu a concentração do N na folha D aos sete, nove e 12 meses após o plantio e a deficiência de K aumentou essa concentração (Tabela 1).

Em gravioleiras (*Anona muricata* L.) Frazão et al. (2002) observaram que a omissão de K aumentara as concentrações foliares de N. Avilán (1975) e Silva et al. (1986) também notaram que a omissão de K havia aumentado a concentração de N nas folhas dessas plantas. Na fase de floração e desenvolvimento dos frutos (sete, nove e 12 meses após o plantio) uma maior exigência de K, que diminui sua concentração na folha, promoveu aumento no teor foliar de N. Tais mudanças podem ser explicadas pelo antagonismo entre N e K. Além disso, o K atua na síntese e ativação de enzimas e na sua omissão a planta poderá ter seu crescimento reduzido (Taiz e Zeiger, 2004).

O nitrogênio é componente integral de muitos compostos essenciais aos processos de crescimento vegetal, como os aminoácidos e as proteínas. É indispensável para a utilização de carboidratos no interior da planta; estimula o crescimento e o desenvolvimento de folhas, caules e raízes, e promove uma maior absorção de outros nutrientes. Se a planta se encontra na fase produtiva e ainda sob deficiência de N praticamente ocorre paralisação no crescimento vegetativo.

Não houve influência das deficiências de Ca, Mg, S e B na concentração do N em nenhuma das épocas avaliadas (Tabela 1).

A deficiência de S diminuiu a concentração de N (Tabela 1), no décimo segundo mês após o plantio, em relação às outras épocas (Tabela 1). O enxofre é encontrado em dois aminoácidos (metionina e cisteína) e é constituinte de várias coenzimas, além de vitaminas essenciais ao metabolismo vegetal (Taiz e Zeiger, 2004), portanto tem funções e sintomas de deficiência similares ao N. A restrição da síntese de aminoácidos contendo enxofre e das proteínas talvez possa explicar a menor concentração de N na folha 'D' do abacaxizeiro.

Não houve diferença significativa da época de amostragem na concentração de N na solução nutritiva completa (Tabela 1). A absorção e a concentração desse nutriente foliar ocorreram de forma equilibrada em todas as fases do ciclo do abacaxizeiro, o que demonstra a sua importância tanto na fase de crescimento quanto na produtiva.

A concentração de N não foi influenciada pela deficiência de P entre as épocas avaliadas (Tabela 1).

As concentrações de N obtidas nesse trabalho, no tratamento completo, de 13,3 a 14,8 g kg⁻¹, na folha inteira, estão próximas dos valores citados por Jones et al., (1991) e Boaretto et al., (1999) que variaram de 15-17g kg⁻¹ de nitrogênio na porção clorofilada das folhas. Siebeneichler (2002) trabalhando com 'Pérola' encontrou uma concentração de N foliar de 16,3 g kg⁻¹, na folha inteira, acima do nível da 'Imperial', nesse trabalho. Malavolta et al. (1997) citam um teor de 20-22 g kg⁻¹ como adequado para o abacaxizeiro na folha inteira ou porção clorofilada, também, acima do encontrado nesse trabalho.

Tabela 1- Concentração foliar do nitrogênio no abacaxizeiro, cv. Imperial, em função das deficiências dos macronutrientes e de boro, aos cinco, sete, nove e doze meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Épocas	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Meses	g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹
5	13,3A	8,7A -	13,3Ans	14,6Bns	13,2Bns	14,5ABns	13,9ABns	14,0ABns
7	14,8A	6,6B-	12,5A-	16,5A+	15,4Ans	15,2ABns	14,6Ans	15,2Ans
9	14,8A	9,7A-	12,8A-	17,8A+	15,4Ans	15,9Ans	15,3Ans	15,0ABns
12	13,4A	6,8B-	11,8A-	16,6A+	12,8Bns	14,3Bns	13,0Bns	13,6Bns

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; em cada linha, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

CV = 8,13

Concentração de fósforo

A concentração foliar do P foi reduzida pela deficiência de P, nas quatro épocas avaliadas (Tabela 2).

A deficiência de N aumentou a concentração de P aos sete, nove e 12 meses após o plantio, as deficiências de K e Mg aumentaram essa concentração aos 9 e 12 meses e a deficiência de S aos 9 meses após o plantio (Tabela 2). O menor crescimento da planta pela menor síntese e ativação de enzimas causadas pela deficiência de N é o fator da concentração de P nas folhas. Com relação ao magnésio é provável que, por ser um componente da molécula da clorofila, sua deficiência tenderá a uma redução na concentração da clorofila, da fotossíntese e do crescimento, proporcionando o efeito de concentração do P na matéria seca da folha D do abacaxizeiro (Malézieux e Bartholomew, 2003).

Não houve influência da deficiência de Ca e de B nas concentrações foliares de P em nenhuma das quatro épocas avaliadas (Tabela 2).

As deficiências de Mg, S e B diminuíram a concentração de P no décimo segundo mês após o plantio, em relação às outras épocas (Tabela 2).

Na solução completa houve diminuição da concentração de P no décimo segundo mês após o plantio (fase de formação do fruto) em relação ao quinto e ao sétimo mês (Tabela 2). A diminuição da concentração de P a partir do sétimo mês após o plantio, provavelmente tenha ocorrido por uma maior exigência de P próximo ao processo de florescimento e pode ser a causa do efeito de diluição desse nutriente na folha, porque ele se translocou das folhas para o pendão floral. Também é possível que, na fase de formação do fruto, o P tenha sido mais aproveitado pelo abacaxizeiro. Segundo (Souza, 1999) o P é importante para a planta principalmente na fase de diferenciação floral e durante o desenvolvimento do fruto.

As concentrações foliares de P, na solução completa, aos cinco, sete, nove e doze meses após o plantio (Tabela 2) estão de acordo com aquelas encontradas por Quaggio et al. (1996) que variou de 0,9-1,1 g kg⁻¹, mas abaixo do valor de 2,09 g kg⁻¹ encontrado por Siebeneichler (2002) na folha inteira e citado por Malavolta et al. (1997) que variou de 2,1 a 2, 3, g kg⁻¹ na folha D inteira ou porção clorofilada. Siebeneichler (2002) usou areia de rio como substrato para o crescimento das plantas da cv. Pérola enquanto, nesse trabalho, a 'Imperial cresceu em areia de praia lavada com ácido.

Tabela 2- Concentração foliar do fósforo no abacaxizeiro, cv. Imperial, em função das deficiências dos macronutrientes e de boro, aos cinco, sete, nove e doze meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Épocas	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Meses	G kg ⁻¹							mg kg ⁻¹
5	1,30A	1,50Dns	0,97A-	1,40Ans	1,40ABns	1,50Ans	1,40Ans	1,40Ans
7	1,37A	2,00C+	0,70B-	1,50Ans	1,48Ans	1,40Ans	1,40Ans	1,40Ans
9	1,23AB	2,24B+	0,67B-	1,53A+	1,24BCns	1,45A+	1,48A+	1,23Ans
12	1,04B	2,60A+	0,32C-	1,39A+	1,05Cns	1,17B+	1,16Bns	0,95Bns

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; em cada linha, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

CV = 11,27%

Concentração de potássio

A concentração foliar do K foi reduzida pela deficiência de K, nas quatro épocas avaliadas (Tabela 3).

Houve uma redução de 78% na concentração do K quando sob deficiência desse nutriente, aos 12 meses após o plantio em relação aos nove meses (Tabela 3). Esta redução drástica na concentração deste nutriente, quando sob deficiência, próximo à colheita dos frutos, ocorreu pela redistribuição de K das folhas para os frutos, o que demonstra a sua importância para o crescimento e qualidade dos frutos.

A deficiência de N aumentou a concentração de K nas quatro épocas avaliadas, as deficiências de Ca e S aumentaram essa concentração aos sete e 12 meses após o plantio, a deficiência de Mg aumentou a concentração de K no sétimo mês e a de P aos 12 meses após o plantio (Tabela 3). O aumento de K na deficiência de N pode ter ocorrido pela redução no crescimento por causa dessa deficiência. Além disso, aos cinco e sete meses após o plantio, a absorção de K foi inibida pelo N-NH₄, que estava presente na solução nutritiva completa. (Malavolta et al., 1997). Os efeitos da competição entre íons são bem conhecidos no processo de absorção de nutrientes. Isto ocorre principalmente entre aqueles com propriedades físico-químicas similares. São freqüentes os exemplos de competições envolvendo K, Ca e Mg (Marschner, 1995).

O efeito da concentração de K pela deficiência de P poderia ser explicado por ser esse elemento (como PO_4^{3-}) componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA (Taiz e Zeiger, 2004).

Houve diminuição da concentração de K, no tratamento -N, aos nove meses após o plantio em relação ao sétimo mês (Tabela 3). Esse resultado ocorreu porque nessa época, para se recuperar plantas que se mostravam muito deficientes, foram feitas doze novas aplicações de N na concentração de 10% da solução completa para aumentar sua concentração na solução deficiente. O aumento da concentração de nitrogênio aos nove meses (Tabela 1) diminuiu a concentração de K, fato que pode ser explicado pelo antagonismo que existe entre esses dois nutrientes. Viegas et al. (2004) observaram que K foliar foi reduzido em plantas de camu-camu (*Myrciaria dubia*) quando N estava deficiente.

As concentrações de K encontradas na solução completa, no presente estudo (Tabela 3), foram próximas àquelas encontradas por Boaretto et al., (1999) e Jones et al. (1991), que variou de 22-30 g kg^{-1} ; mais altas do que o valor de 20,4 g kg^{-1} , encontrado por Siebeneichler (2002) com exceção para o nono mês; acima do teor de 17,3 g kg^{-1} citados por Hiroce et al. (1977) e Veloso (2001), mas abaixo do teor de 25-27 citados por Malavolta et al. (1997).

Tabela 3- Concentração foliar do potássio no abacaxizeiro, cv. Imperial, em função das deficiências dos macronutrientes e de boro, aos cinco, sete, nove e doze meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Épocas	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Meses	g kg^{-1}							mg kg^{-1}
5	21,6AB	26,6C+	21,6BCns	13,8A -	22,5Bns	22,8Bns	22,5Bns	22,3ABns
7	23,0AB	32,4B+	24,0Bns	11,6B-	26,9A+	26,3A+	26,0A+	25,2Ans
9	20,0B	27,3C+	20,3Cns	11,6B-	21,2Bns	22,7Bns	20,7Bns	20,3Bns
12	23,8A	43,3A+	29,2A+	3,2C-	26,6A+	25,9Ans	26,9A+	24,1Ans

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; em cada linha, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.
CV = 9,05%

Concentração de cálcio

A concentração foliar de Ca foi reduzida pela deficiência de Ca, em relação ao tratamento completo, nas quatro épocas avaliadas (Tabela 4).

Houve aumento da concentração de Ca com as deficiências de K aos sete, nove e 12 meses após o plantio, de Mg aos cinco, nove e 12 meses e as deficiências de S e B elevaram a concentração de Ca aos 12 meses após o plantio; houve redução da concentração de Ca com a deficiência de P (Tabela 4). Viegas et al. (2004) encontrou concentração foliar de Ca reduzida no camucamuzeiro (*Myrciaria dubia*) onde S estava deficiente.

Os efeitos da competição entre íons são bem conhecidos no processo de absorção de nutrientes. Isto ocorre principalmente entre aqueles com propriedades físico-químicas similares. São freqüentes os exemplos de competições envolvendo K, Ca e Mg (Marschner, 1995).

Os efeitos interiônicos entre K, Ca e Mg são evidentes nesse estudo. Provavelmente a mais baixa concentração foliar de Ca reduziu a competição com o K e o Mg.

Não houve influência da deficiência de N na concentração foliar de Ca em nenhuma das quatro épocas avaliadas (Tabela 4).

Houve uma maior concentração de Ca na folha 'D' das plantas cultivadas no tratamento completo e nas deficiências de N, P, K, Mg, S e B, aos 12 meses após o plantio em relação aos cinco, sete e nove meses (Tabela 4). A maior concentração de Ca na solução completa, nessa fase, pode ser explicada porque os frutos dependem dos metabólitos das folhas que são translocados via floema onde esse nutriente fica praticamente imóvel. A força de dreno para o cálcio, nas diferentes partes da planta, deixa esse nutriente bem mais concentrado nos ramos e nas folhas onde há maior transpiração do que nos frutos (Kluge et al., 2001). Sob deficiência dos nutrientes acima citados a redução no crescimento da planta causaria o efeito de concentração do elemento.

As concentrações de cálcio nas folhas das plantas que receberam a solução completa aos cinco, sete e nove meses após o plantio (Tabela 1) foram similares às concentrações de Ca citadas por Siebeneichler (2002) de 3,92 g kg⁻¹ e Malavolta et al., (1997) que variou de 3-4, porém, aos 12 meses, foram superiores.

Tabela 4- Concentração foliar do cálcio no abacaxizeiro, cv. Imperial, em função das deficiências dos macronutrientes e de boro, aos cinco, sete, nove e doze meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Épocas	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Meses	g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹
5	4,30B	4,80Bns	4,60Bns	5,30Bns	2,30A -	5,50B+	5,40Bns	4,50Bns
7	4,40B	3,70Bns	3,30Bns	6,20B+	1,30AB-	5,40Bns	4,60Bns	4,20Bns
9	4,37B	4,73Bns	3,40Bns	5,76B+	0,91B-	6,32B+	4,84Bns	4,87Bns
12	7,59A	8,09Ans	5,55A-	14,9A+	1,72AB-	10,70A+	9,15A+	9,10A+

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; em cada linha, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

CV = 15,65%

Concentração de Magnésio

A concentração foliar de Mg foi reduzida pela deficiência de Mg, nas quatro épocas avaliadas (Tabela 5).

A deficiência de N aumentou a concentração de Mg e a deficiência de P diminuiu esta concentração aos 12 meses após o plantio, a deficiência de K aumentou essa concentração, nas quatro épocas avaliadas e a deficiência de Ca aumentou a concentração de Mg aos sete, nove e 12 meses após o plantio (Tabela 5). O aumento foliar de Mg associado com a deficiência de N e K pode ser atribuído à redução no crescimento por causa da deficiência. Além disso, a absorção de Mg é inibida por N-NH₄, que esteve presente na solução nutritiva completa (Malavolta et al., 1997).

Em gravioleiras (*Anona muricata* L.), Frazão et al. (2002) observaram que a omissão de K aumentara os teores foliares de Mg.

São bem conhecidas as competições envolvendo K, Ca e Mg, assim como as deficiências de Mg induzidas por altas aplicações de K e Ca (Marschner, 1995).

Os maiores valores das concentrações de Mg foram encontrados nas plantas que cresceram na solução completa e nas soluções deficientes de N, P, K, Ca, S e B, aos 12 meses após o plantio, em relação às outras épocas avaliadas (Tabela 5). O fósforo (como PO₄³⁻) é componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA

(Taiz e Zeiger, 2004) e conseqüentemente ocasiona diminuição no crescimento da planta levando ao efeito de concentração do Mg na folha D.

Tabela 5- Concentração foliar do magnésio no abacaxizeiro, cv. Imperial, em função das deficiências dos macronutrientes e de boro, aos cinco, sete, nove e doze meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Épocas	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Meses	g kg ⁻¹							
5	2,10B	2,50Bns	2,10Bns	2,60B+	2,20Cns	1,30A-	1,90Bns	2,00Bns
7	2,30B	2,70Bns	2,00Bns	3,00B+	3,00B+	0,90AB-	2,30Bns	2,20Bns
9	2,26B	2,50Bns	2,12Bns	2,76B+	2,84B+	0,73B-	2,32Bns	2,34Bns
12	3,07A	4,08A+	2,60A -	5,16A+	3,50A +	0,54B-	3,30Ans	3,11Ans

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; em cada linha, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.
CV = 11,98%

Concentração de enxofre

A concentração foliar de S foi reduzida pela deficiência de S, nas quatro épocas avaliadas (Tabela 6). É interessante observar que houve uma redução de aproximadamente 53% na sua concentração, aos sete meses após o plantio, em relação aos cinco meses.

A deficiência de N reduziu a concentração de S aos cinco, sete e doze meses após o plantio; a deficiência de P diminuiu essa concentração aos sete, nove e 12 meses após o plantio; a deficiência de K aumentou a concentração de S aos 12 meses após o plantio e a deficiência de Ca reduziu essa concentração (Tabela 6). A deficiência de B aumentou a concentração de S aos sete meses após o plantio (Tabela 6).

Não houve diferença na concentração de S na solução completa, entre as quatro épocas avaliadas (Tabela 6).

Não houve influência das deficiências de Mg e de B na concentração de S, entre as épocas avaliadas (Tabela 6).

Tabela 6- Concentração foliar do enxofre no abacaxizeiro, cv. Imperial, em função das deficiências dos macronutrientes e de boro, aos cinco, sete, nove e doze meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Épocas	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Meses	g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹
5	1,80A	1,40A-	1,60Ans	1,90Bns	1,70Ans	1,70Ans	1,20A-	1,90Ans
7	1,54A	1,18AB-	1,12B-	1,81Bns	1,59Abns	1,75Ans	0,56B-	1,90A+
9	1,45A	1,24Abns	0,89B-	1,61Bns	1,18Bns	1,65Ans	0,45B-	1,60Ans
12	1,63A	1,01B-	0,96B-	2,26A+	1,30B-	1,82Ans	0,54B-	1,71Ans

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; em cada linha, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

CV = 16,2%

Concentração de boro

A concentração foliar de B foi reduzida pela deficiência de B, nas quatro épocas avaliadas sem, contudo, haver diferença entre as épocas (Tabela 7).

A deficiência de N aumentou a concentração de Boro, aos cinco, nove e 12 meses após o plantio, a deficiência de P diminuiu essa concentração aos nove e doze meses após o plantio e as deficiências de K e S aumentaram a concentração de B aos 12 meses após o plantio (Tabela 7).

Tabela 7 - Concentração foliar do boro no abacaxizeiro, cv. Imperial, em função das deficiências dos macronutrientes e de boro, aos cinco, sete, nove e doze meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Épocas	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Meses	g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹
5	21,2B	25,4B+	21,5Ans	21,9Bns	21,7Bns	22,5Bns	23,2Bns	8,5A-
7	20,0B	22,0Bns	17,6Bns	21,6Bns	20,6BCns	21,5Bns	22,2BCns	5,6A-
9	18,4B	24,3B+	15,0B-	19,2Bns	17,6Cns	19,4Bns	19,2Cns	5,8A-
12	30,5A	39,4A+	22,5A-	37,1 ^a +	30,9Ans	33,0Ans	35,2A+	5,5A-

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; em cada linha, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

CV = 11,5%

Não houve influência da deficiência de Ca e de Mg na concentração foliar de B em nenhuma das quatro épocas avaliadas (Tabela 7).

Concentrações maiores de B ocorreram nos tratamentos -N, -K, -Ca, -Mg e -S aos 12 meses após o plantio, em relação às outras épocas avaliadas (Tabela 7). A concentração de B aumentou em 66,0% no nono mês em relação ao décimo segundo mês após o plantio, no tratamento completo (Tabela 7).

CONCLUSÕES

A deficiência de N aumentou a concentração de P, K, Mg e B e diminuiu a de S.

A deficiência de P aumentou a concentração de K e diminuiu a concentração de N, Ca, Mg, S e B.

A deficiência de K aumentou a concentração de N, P, Ca, Mg, S e B

A deficiência de Ca aumentou a concentração de K e de Mg e diminuiu a de S.

A deficiência de Mg aumentou a concentração de P, K e Ca.

A deficiência de S aumentou a concentração de P, K, Ca e B e a de B aumentou a concentração de Ca.

A deficiência de N aumentou a concentração de K e a deficiência de K aumentou a concentração de Mg, em todas as quatro épocas avaliadas.

A concentração de N e de S não foi influenciada pelas épocas de amostragem no tratamento completo.

As concentrações de K, Ca, Mg e B aumentaram no tratamento completo, na época da colheita dos frutos.

As concentrações dos nutrientes, na folha, foram influenciadas pelo estágio fenológico das plantas.

O comportamento sazonal da concentração foliar dos nutrientes varia com o tipo de nutriente analisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avilán, L.R. (1975) Efecto de la omisión de los macronutrientes en el desarrollo y composición química de la guanábana (*Annona muricata* L.) cultivada en soluciones nutritivas. *Agronomia Tropical*, 25:73-79.
- Boaretto, A.E., Chitolina, J.C., Raij, B.Van, Silva, F.C., Tedesco, M.J., Carmo, C.A.F.S. (1999) Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: Silva, F.C. da. (Org.) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Comunicação para a Transferência de Tecnologia, p. 49- 74.
- Choiry, S.A. (1984) O abacaxizeiro. João Pessoa: EMEPA-PA. 93p (EMEPA-PB, documento, 2).
- Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S. (1999) Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S., Sousa, L.F. da S. (orgs). O abacaxizeiro, cultivo, agroindústria e economia. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 17-51.
- Fontes, P.C.R. (2001) Diagnóstico do estado nutricional pelo método visual. In: Fontes, P.C.R. *Diagnostico do estado nutricional das plantas*. Viçosa: Editora UFV, cap. 8, p.63-86.
- Frazão, D. A .C., Viégas, I. de J.M., Batista, M.M.F., Cruz, E. de S., Silva, J.F. da. (2002) Teores de N, P, K, Ca, Mg e S em Gravioleiras cultivadas em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. Anais do XVIIth Congresso Brasileiro de Fruticultura (*Resumo expandido*), Belém, PA(CD-ROOM).
- Hiroce, R, Bataglia, O.C., Furlani, P.R., Furlani, A.M.C., Giacomelli, E.J., Gallo, J.R. (1977) Composição química inorgânica do abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merr.), cv.Smooth Cayenne da região de Bebedouro,SP. *Ciência e Cultura*, 29 (3): 323-326.
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 498 p.
- Jones, Jr., Wolf, J.B., Mills, H.A. (1991) *Plant analysis Handbook : a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens: Micro-Macro Publishing, 213 p.
- Kluge, R.A., Filho, J.A.S., Jacomino, A.P., Peixoto, C.P. (2001) *Distúrbios fisiológicos em frutos*. Piracicaba: FEALQ, 58p.

- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas : princípios e aplicações*. POTAFOS. 2ª.ed. Piracicaba, 319p.
- Malézieux, E.; Bartholomew, D.P. (2003) Plant. Nutrition. In: Bartholomew, D.P., Paul, R. E.; Rohrbach, K.G. (Eds.). *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing, New York; p. 143-165.
- Malézieux, E., Côte, F., Bartholomew, D.P. (2003) Crop environment, plant growth and physiology. In: Bartholomew, D.P., Paul, R.E., Rohrbach, K.G. *The Pineapple- Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, p- 69-107.
- Manica, I. (1999) *Fruticultura Tropical 5. Abacaxi*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 501p.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. Ed. London :Academic Press, 675p.
- Paula, M.B.de , Mesquita, H.A. de, Nogueira, F.D. (1998) Nutrição e adubação do abacaxizeiro. *Informe agropecuário*, 19 (185): 33-39.
- Paula, M.B. de, Holanda, F.S.R., Mesquita, H.A., Carvalho, V.D. de (1999) Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. *Pesq. agropec. Bras.*, Brasília, 34(.7):.1217-1222.
- Quaggio, J.A., Raij, B.van, Piza Jr., C. T. (1996) Frutíferas. In: Raij, B. van et al. (eds.), *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2nd ed. (Boletim Técnico 100), IAC, Campinas,Brasil, p.121-125.
- Reinhardt, D.H. (2000) A planta e o seu ciclo. In: Reinhardt, D.H, Souza, L. F.da S., Cabral, J. R. S. *Abacaxi- Produção- Aspectos técnicos*. Frutas do Brasil, 7: 13-14.
- Siebeneichler, S. C. (2002) *O boro na cultura do abacaxizeiro 'Pérola' no norte do Estado do Rio de Janeiro*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes-RJ, .Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 75p.
- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C. de, Silva, J.A. da (2002) Composição mineral da folha em abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 24 (1): 194-198.
- Silva, H.; Silva, A.Q. da, Roque, M. L., Malavolta, E. (1986) Nutrição Mineral da Graviola (*Annona muricata* L). II. Teores de macronutrientes e boro. Anais do 8th Congresso Brasileiro de Fruticultura, 8, Brasília: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2: 303-307.

- Souza, L.F. da S. (1999) Exigências edáficas e nutricionais. In: Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S., Souza, L.F. da S. (orgs.) *O abacaxizeiro, Cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.67-82.
- Souza, L.F. da. Adubação (2000) In: Reinhardt, D.H, Souza, L. F.da S., Cabral, J. R. S. *Abacaxi- Produção- Aspectos técnicos. Frutas do Brasil*, 7: 30-34.
- Souza, L.F. da S., Reinhardt, DH. 2004. O abacaxizeiro e a adubação após a indução floral. Available:<http://www.cnpmf.br/publicações/comunicados/comunicado-103.pdf>.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2004) Nutrição Mineral. In: Taiz, L., Zeiger, E. (eds.) Trad. Santarém, R.E. et al. *Fisiologia Vegetal*. 3^a ed. Porto Alegre: Artmed, p. 95-113.
- Veloso, C.A.C., Oeiras, A.H.L., Carvalho, E.J.M., Souza, F.R.S. de (2001) Response of pineapple to nitrogen, potassium and limestone in a yellow latosol in Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 23: 396-402.
- Viegas, I. de J. M., Thomas, M. A A., Silva, J. F. da *et al.* (2004) Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. *Rev. Bras. Frutic.*, 26 (.2): 315-319.

3.2. DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE BORO NO ABACAXIZEIRO CV. IMPERIAL: ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DOS FRUTOS

RESUMO

Os efeitos das deficiências nutricionais na qualidade dos frutos são conhecidos, mas raramente associados às avaliações físico-químicas e às análises sensoriais. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência da deficiência nutricional na qualidade físico-química e organoléptica dos frutos do abacaxizeiro. Foram utilizadas 48 mudas de abacaxizeiro cv. Imperial, distribuídas em blocos casualizados com seis repetições e oito tratamentos: completo, - N - P; - K, - Ca, - Mg, - S e - B. Após a colheita dos frutos, avaliaram-se o peso da coroa e o peso fresco do fruto com e sem coroa; o comprimento da coroa, do fruto e do pedúnculo; o diâmetro do pedúnculo e do fruto; a espessura da casca e a firmeza do fruto; o teor de suco; a acidez titulável; os sólidos solúveis totais; SST/AT; a vitamina C; o pH e a coloração da polpa. A deficiência de S apresentou uma resposta similar à solução completa com relação aos atributos físicos externos (aparência), mas com redução na qualidade intrínseca (constituintes físico-químicos da polpa). As deficiências de N e K aumentaram a firmeza do fruto do abacaxi e a deficiência de S diminuiu. A deficiência de K reduziu a percentagem de suco do fruto. Verificou-se que as deficiências de N e S aumentaram a AT e o teor de vitamina C e diminuíram o pH; a deficiência de K diminuiu os sólidos solúveis totais e o pH dos frutos. A coloração da polpa foi alterada pelas deficiências de N e S. As deficiências de N, K e S influenciaram na qualidade dos

frutos do abacaxizeiro cv. Imperial. Frutos de plantas sob deficiência de N e K foram menos aceitos pelos provadores da análise sensorial.

Termos para indexação: qualidade de frutos, SST, vitamina C, coloração da polpa, análise sensorial

ABSTRACT

MACRONUTRIENTS AND BORON DEFICIENCY IN PINEAPPLE CV. IMPERIAL: PHYSICO –CHEMICAL AND SENSORIAL ANALYSES OF THE FRUITS

The objective of this work was to evaluate the influences of the macronutrients and boron deficiencies on the physical-chemical and sensorial characteristics of pineapple fruits. Forty eight 'Imperial' plantlets were distributed in randomized blocks with six replications and eight treatments: complete; - N, - P, - K, - Ca, - Mg, - S and - B. At fruit harvest the following data were obtained: crown and fruit fresh weight with and without crown; fruit, peduncle and crown length; peduncle and fruit diameter; fruit thickness and firmness. Juice concentration and their contents of titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS), TSS/TA, vitamin C (ascorbic acid), pH and pulp coloration were evaluated. N and K deficiencies increased the fruit firmness and S deficiency reduced it. There was not influence of the deficiencies on the peel thickness, but the N and K deficiencies increased pineapple fruit firmness and S deficiency decreased it. K deficiency reduced the percentage of fruit juice. The N and S deficiencies increased TA and the vitamin C and decreased pH; the K deficiency decreased the TSS and pH of the fruits. The pulp coloration was altered by the N and S deficiencies. The N, K and S deficiencies lowered the pineapple fruit quality of the cv. Imperial. Fruits of plants under N and K deficiency were less accepted by the assessors of the sensorial analysis.

Index terms: fruits quality, TSS, vitamin C, pulp coloration, sensory analyze

INTRODUÇÃO

O abacaxi é considerado um dos frutos tropicais mais importantes e sua comercialização vem se expandindo no mercado mundial, principalmente por suas apreciáveis características de sabor, aroma e cor.

O abacaxi 'Imperial' é um híbrido resultante do cruzamento de 'Perolera' com 'Smooth Cayenne', lançado pela EMBRAPA/CNPMP, em 2003. Nas avaliações realizadas em distintas regiões produtoras do Brasil, esse híbrido destacou-se dos demais genótipos apresentando resistência à fusariose, com frutos de polpa amarela, teores de açúcar elevados e excelente sabor nas análises sensoriais. Outra vantagem do abacaxi 'Imperial' é a ausência de espinhos nas folhas. Seus frutos não só podem ser destinados para o mercado de consumo in natura, mas também para a industrialização, face às suas características sensoriais e físico-químicas (Cabral e Matos, 2003).

Em 2004, a produção mundial de abacaxi foi de 15.288.018 toneladas métricas, área colhida de 843.231 ha e produtividade de 18,13 t. ha⁻¹ (FAO, 2005). No Brasil, em 2004, a área colhida foi de 54,683 ha, a produção de 1.435.190 toneladas métricas e a produtividade de 26,24 t. ha⁻¹ (FAO, 2005).

A produção de frutas integrada ao seu processamento exige informações que visem aspectos quantitativos e qualitativos, tanto para o mercado local quanto para o de exportação.

O nitrogênio, de maneira geral, aumenta o tamanho do fruto (Paula et al., 1991), e o conteúdo do suco (Veloso et al., 2001). Percebeu-se que o potássio influenciara positivamente no peso médio e no diâmetro do fruto (Paula et al., 1998) e no seu tamanho (Paula et al., 1991). O efeito de P na qualidade do fruto é normalmente mais baixo do que aquele observado para N e K (Souza, 1999).

A qualidade dos frutos é, em parte, atribuída às suas características físicas (Manica, 1999), responsáveis pela aparência externa, dentre as quais se destacam o tamanho e a forma do fruto e a coloração da casca: primeiro fator da aceitabilidade ou não dos frutos pelos consumidores. Junto a essas características físicas, a qualidade intrínseca dos frutos tem sua grande importância atribuída à presença de teores de vários constituintes físico-químicos da polpa. É essa qualidade que conferirá aos frutos e aos produtos processados sabor e aroma característicos, responsáveis pela sua aceitação definitiva no

mercado consumidor (Carvalho, 1999 e Thé et al., 2001). O sabor e o aroma característicos desse fruto são conferidos por diversos constituintes químicos, destacando-se os açúcares, os ácidos e os compostos voláteis, responsáveis pelo sabor; os éteres e outros voláteis, ligados ao aroma; os carotenóides, compostos que determinam a coloração amarela da polpa, característica de cultivares, e demais constituintes vitamínicos e minerais ligados ao valor nutricional dos frutos (Carvalho, 1999).

Os sólidos solúveis totais, principalmente a sacarose, são freqüentemente usados como indicadores da maturidade e qualidade do fruto (Paull, 1993). O conteúdo de açúcar tem um papel importante nas características de sabor e aceitação comercial pela qualidade do fruto do abacaxizeiro (Py et. al., 1987; Paul e Cheng, 2003).

A acidez, causada pelos ácidos orgânicos, é uma característica importante no que se refere à palatabilidade de muitas frutas (Pretty, 1982). Ela está estreitamente ligada à nutrição mineral. O sabor dos frutos tem sido avaliado pelo balanço entre sua doçura e a sua acidez, caracterizados pela relação SST/ATT (Carvalho, 1999).

As condições climáticas, estádios de maturação, diferenças de variedades e nutrição mineral das plantas exercem influência acentuada na composição química do fruto.

Tanto a falta quanto o excesso de disponibilidade de nutrientes produzem reflexos negativos sobre a produtividade e qualidade dos frutos, a sanidade e longevidade do pomar.

As deficiências dos elementos minerais alteram o desenvolvimento das plantas em um sentido amplo e, portanto, podem alterar o crescimento do fruto. Seus efeitos no tamanho e na qualidade do fruto são muito variáveis, e dependem, marcadamente, do elemento mineral em questão e da época em que os sintomas de deficiência se manifestam (Embleton et. al., 1973).

Paula et al. (1998) citam que N tem efeito marcante na coloração da polpa, que parece se tornar mais escura. Manica (1999) também cita que elevadas doses de N acentuam a coloração da polpa. Entretanto, segundo Gonçalves e Carvalho (2000), plantas sob deficiência de N produzem frutos coloridos e deformados.

Py et al. (1987) citam que um aumento de N que reduz a acidez dos frutos, pode ou não diminuir os sólidos solúveis totais (SST). Tay (1975), adubando o abacaxizeiro, observou que a deficiência de nitrogênio havia diminuído o seu teor em açúcares, entretanto Gonçalves e Carvalho (2000) encontraram resultados discordantes, pois, segundo eles, os frutos são muito doces.

Paula et al. (1999) observaram a diminuição da porcentagem da acidez titulável total e dos sólidos solúveis totais nos frutos (Py et al., 1987, Malézieux e Bartholomew, 2003) como um efeito da deficiência de K na qualidade dos frutos do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne. Selamat e Ramlah (1993) observaram que houve uma diminuição dos sólidos solúveis totais na cv. Singapore spanish e um aumento na cv. Gandul. Razzaque e Ranafi (2001), trabalhando também com a cv. Gandul, não encontraram diferença significativa no teor de açúcar dos frutos do abacaxizeiro sob deficiência de K.

A deficiência de Ca resulta em frutos pequenos, com área interna descolorida, de consistência gelatinosa e sem gosto (Manica, 1999). Segundo Malézieux e Bartholomew (2003), o fornecimento de Ca afetou o aroma do fruto, possivelmente porque, em níveis maiores, o Ca interferiu na absorção de K; assim, o efeito provavelmente não é específico.

O Mg é importante para intensificar a coloração dos frutos (Paula et al., 1998, Gonçalves e Carvalho, 2000). Segundo Gonçalves e Carvalho, 2000, o suprimento de Mg é mais importante na coloração do fruto do que o de Ca.

O enxofre é responsável pelo equilíbrio entre a acidez e os açúcares no fruto, conferindo-lhe um melhor sabor (Gonçalves e Carvalho, 2000).

Siebeneichler et al. (2002), observaram, em casa de vegetação, que os frutos das plantas-soca da cv. Pérola, provenientes da planta-mãe que não receberam B, apresentaram-se deformados e menores, com rachaduras entre os frutinhos, preenchidas por excrescência cortiçosa ou secreção de goma.

O equilíbrio nutricional harmoniza as funções que desempenha cada nutriente no metabolismo celular e influencia na qualidade das plantas.

Segundo Leite et al., (2003), 58,24% dos consumidores da região Centro Oeste consideram a qualidade o principal atributo na compra do fruto do abacaxi; 12,09% , o preço, e 29,67%, a combinação dos dois fatores. Um maior percentual de consumidores orientados pela qualidade na decisão de uma compra é

indicação importante para os produtores. Aqueles que pretendem competir nesse mercado devem dar preferência pelo aprimoramento da qualidade de seus produtos.

Os métodos mais empregados na análise sensorial para se medir a aceitação de produtos são as diversas formas de escalas, como a hedônica e a de atitude. Para uma triagem inicial ou uma avaliação preliminar de aceitação de produtos, a análise é normalmente realizada em condições de laboratório, com 30 a 50 julgadores não treinados. Um dos métodos de avaliação mais empregados é a Escala Hedônica onde o provador expressa sua aceitação pelo produto, seguindo uma escala previamente estabelecida que varia gradativamente com base nos atributos: “gosta e desgosta” (Chaves e Sproesser, 1999). Os atributos de qualidade dos produtos variam conforme os interesses de cada segmento da cadeia de comercialização, ou seja, do produtor ao consumidor (Carvalho et al., 1998). Este último visa somente à aparência e às características sensoriais.

As informações sobre a deficiência nutricional das plantas, em relação aos atributos de qualidade dos frutos do abacaxizeiro, são contraditórias e não associadas à aceitação do consumidor.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência das deficiências de macronutrientes e de boro na qualidade físico-química e organoléptica dos frutos do abacaxizeiro cv. Imperial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em casa de vegetação do Setor de Nutrição Mineral de Plantas da UENF, em Campos dos Goytacazes, RJ, no dia 19 de dezembro de 2003, utilizando-se mudas de abacaxizeiro cv Imperial. As mudas eram originadas de cultura de tecidos e foram produzidas na Campo Biotecnologia Vegetal Ltda., Unidade Biofábrica EMBRAPA-CNPMPF. Cada unidade experimental constou de um vaso contendo areia de praia, previamente purificada pelo tratamento com ácido clorídrico, e recebeu uma muda. O experimento constou de oito tratamentos: T1= completo; T2= - N; T3= - P; T4= - K; T5= - Ca; T6= - Mg; T7= - S e T8= - B e seis repetições, em delineamento de blocos casualizados completos.

As mudas da cv. Imperial, que tinham um tamanho médio de 6,0 cm, foram plantadas em vasos com 14 kg de areia e foram irrigadas com 500 ml de água, três vezes por semana, durante 15 dias após o transplante. Depois desse procedimento, em todos os tratamentos, aplicou-se 500 ml da solução nutritiva completa, ocasião em que novas raízes estavam sendo emitidas (Cunha e Cabral, 1999). A concentração dos nutrientes utilizada na solução completa em mg L^{-1} foi: N-NO_3 , 112; N-NH_4 , 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, 0,06; B, 0,27; e Fe-EDTA, 2,23. O pH dessa solução foi ajustado para aproximadamente 5,5.

Cinquenta dias após a aplicação da solução completa, foi induzida a deficiência de boro, eliminando-o das plantas que receberam esse tratamento. A indução da deficiência de macronutrientes iniciou-se três meses após a aplicação da solução completa e utilizou-se apenas 10% da concentração desta solução. Cada planta recebeu 500 ml da solução três vezes por semana. Um mês e meio após este procedimento, a quantidade aplicada passou para 700 ml por planta, ocasião em que se eliminou totalmente o N, P, K, Ca, Mg e o S da solução respectiva. Quatro meses após a eliminação desses nutrientes, para se recuperar plantas que se mostravam muito deficientes no tratamento -N, fizeram-se doze novas aplicações de N, na concentração de 10% da solução completa.

Todas as plantas foram induzidas ao florescimento oito meses após o plantio, quando as folhas "D", no tratamento da solução nutritiva completa, atingiram em média 63,4 cm de comprimento e com um número total de folhas de 55. Aplicou-se, na roseta foliar, por planta, 50 ml da solução de Etrel 0,1% , uréia (2%) e 0,035% de hidróxido de cálcio (Veloso et al., 2001).

O volume de solução nutritiva aplicada por planta passou para 1,0 litro, aos 11 meses após o plantio.

Os frutos foram colhidos com, aproximadamente, 75% da casca amarela. A coloração da polpa foi determinada utilizando-se a seção transversal mediana do fruto com as seguintes escalas de notas: 1- polpa branca, 2- polpa branca com algum amarelo, 3- polpa mais branca que amarela, 4- polpa mais amarela que branca, 5- polpa amarela e 6- polpa amarelo-ouro (escalas de notas adaptadas de Giacomelli, 1982). A Acidez titulável (AT), os sólidos solúveis totais (SST), o pH e a vitamina C foram determinados por meio da amostra de suco extraída da seção diagonal longitudinal do fruto, que representou um quarto de cada uma de suas

metades superior e inferior. A AT foi obtida através da titulação com Hidróxido de Sódio 0,1N, expressa em % de ácido cítrico (g / 100 ml de suco); os sólidos solúveis totais (° Brix) foram determinados por refratometria utilizando-se um refratômetro manual de Abbé; o pH do suco foi determinado por um peagâmetro digital e a relação SST/AT foi obtida dividindo-se os valores dos sólidos solúveis totais pela percentagem de acidez. Dosou-se a vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 ml de suco) através da neutralização do suco por titulação desse ácido em solução de 2,6 diclorofenol indofenol.

Foram determinados também: o peso fresco médio do fruto com ou sem coroa e o peso da coroa por meio de uma balança digital; o comprimento da coroa (partindo-se de sua base até a extremidade de suas folhas maiores), do fruto e do pedúnculo; o diâmetro do fruto e do pedúnculo com um paquímetro digital e o do fruto por meio de uma fita métrica. A espessura da casca foi medida pela distância da sua parte exterior até a do gomo, utilizando um paquímetro digital; a firmeza foi avaliada em 10 pontos diferentes abrangendo a porção mediana do fruto e acima e abaixo dessa porção por meio de um penetrômetro; o teor do suco (%), pela relação percentual entre a massa do suco(g) e a do fruto.

A colheita iniciou-se em 24/01/2005 e estendeu-se até 19/02/2005.

Para a realização da análise sensorial, utilizou-se o teste de aceitação com o uso da escala hedônica (Figura 1). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com oito tratamentos (deficiências nutricionais e a solução completa) e 30 repetições, correspondentes ao número de provadores da análise. As amostras foram compostas de pedaços da polpa do fruto de, aproximadamente, 1,0 cm de espessura e colocadas em uma bandeja de plástico branco. No preparo das amostras, retirou-se o miolo central da polpa. Cada uma delas foi acompanhada de sua respectiva ficha de avaliação (Figura 1). Nessa ficha constava o item comentários, onde o provador poderia colocar impressões sobre os aspectos visuais e organolépticos do fruto. Cada ficha foi identificada com um código respectivo.

Os resultados foram submetidos a análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett a 5%.

Escala Hedônica Ficha de avaliação	
Nome: _____	Data: ___/___/___
<p>Por favor, avalie a amostra utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto. Marque a posição da escala que melhor reflita seu julgamento.</p>	
Código da amostra: _____	
<input type="checkbox"/> Gostei extremamente <input type="checkbox"/> Gostei muito <input type="checkbox"/> Gostei moderadamente <input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente <input type="checkbox"/> Indiferente <input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente <input type="checkbox"/> Desgostei moderadamente <input type="checkbox"/> Desgostei muito <input type="checkbox"/> Desgostei extremamente	
Comentários: _____	

Figura 1- Ficha de avaliação da análise sensorial. UENF/RJ.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliações físico-químicas

Peso fresco do fruto com e sem coroa

As deficiências de N, P, K, Ca, Mg e B e as de N, P, Ca, Mg e B reduziram o peso fresco dos frutos do abacaxizeiro com e sem coroa, respectivamente, em relação ao tratamento completo (Tabela 1). Quanto ao N, esse resultado está de acordo com Gonçalves e Carvalho (2000); Carvalho e Oliveira (1992); Paula et al. (1998); Teixeira et al., (2002) e discordante em relação ao P, pois Carvalho e Oliveira (1992) concluíram que a adubação NPK sem fósforo não prejudicava a produtividade do abacaxizeiro cv. Pérola; também Spironello et al. (2004) não observaram efeito do P na produção dos frutos, porém

segundo Botrel et al. (1991), a adubação fosfatada influenciou no maior peso médio do fruto com coroa. Não houve efeito significativo do S e do Mg no peso do fruto (Tabela 1).

Resultado discordante quanto ao efeito do K foi encontrado por Selamat e Ramlah (1993), Razaque e Ranafi (2001) porque, quando se fez a mais alta aplicação desse elemento, obteve-se um fruto de peso mais baixo, mas concordante com Paula et al., (1999) e Carvalho e Oliveira (1992). Segundo Das et. al. (2000), a aplicação de menores níveis de N e K diminuiu a produção em todas as densidades testadas para a cv. Giant Kew. Guong et al. (1997), percebeu que mais altas doses de K aumentaram o peso do fruto da cv. Smooth Cayenne.

Segundo Manica (1999), Ca é importante no desenvolvimento do fruto e a deficiência de Mg induz a produção de frutos menores.

Quaggio et. al. (2002), trabalhando com limão Siciliano enxertado no Volkameriano, observaram que o potássio havia aumentado significativamente o peso do fruto.

A influência de K^+ nas características de produção do abacaxizeiro está ligada, principalmente, à função desse nutriente na fotossíntese. Segundo Malézieux e Bartolomeu (2003), o potássio, assim como o nitrogênio, é requerido em grandes quantidades para o crescimento do abacaxizeiro. Para esses autores, a deficiência de K^+ pode reduzir a fotossíntese e o crescimento da planta, a massa do fruto e o rendimento em fatias de abacaxi. Uma boa nutrição com potássio tende a aumentar a sacarose no apoplasto, e isto induz seu carregamento no tubo crivado e, em última análise, o crescimento do dreno (Peres, 2001).

Siebeneichler et al. (2002), estudando o efeito do Boro foliar na cultura do abacaxi cv. Pérola, no Noroeste Fluminense, observou que a aplicação foliar de B não alterou o peso do fruto (média de 1660 g).

O peso médio do fruto com coroa, na solução completa, (Tabela 1) está abaixo do valor para a cv. Smooth Cayenne de 1,72 kg, mas próximo do peso da cv. Pérola de 1,46 kg, obtido por Spironello (1997). O valor obtido nesse trabalho é similar ao de Barreiro Neto et al. (1998): 1,57 kg.

Comprimento do fruto e do pedúnculo

A deficiência de N reduziu o comprimento do fruto e a deficiência de B, o comprimento do pedúnculo (Tabela 1). Segundo Manica (1999), os frutos são muito pequenos em plantas deficientes de N. Tay (1975) e Iuchi, (1978), adubando o abacaxizeiro com N e K, também observaram que a deficiência de nitrogênio havia diminuído o tamanho dos frutos.

O comprimento médio do fruto, no tratamento completo (Tabela 1) foi similar ao valor de 15,7 para a cv. Smooth Cayenne, mas abaixo do comprimento de 16,1 da cv. Pérola (Spironello, 1997). O resultado desse trabalho está de acordo com o valor obtido por Freitas (2003) para a cv. Smooth Cayenne.

Comprimento e peso de coroa

As deficiências de N, P, K, Ca e S influenciaram no comprimento da coroa e as de N, P, K e Ca influenciaram no peso da coroa do fruto com redução dos valores em relação à solução completa (Tabela 1). Malavolta (1982) e Manica (1999) corroboram esse resultado, pois citam que o menor crescimento da coroa pode ser atribuído à deficiência de nitrogênio.

Bhugaloo et al. (1999) também encontraram diminuição no peso da coroa do fruto com a redução nos níveis de N.

Na solução completa, a média do peso e do comprimento da coroa (Tabela 5) foi acima do valor citado por Spironello et al. (1997): 0,200 kg e 18,8 cm, respectivamente, tanto para a cv. Smooth Cayenne quanto para 'Pérola. O comprimento da coroa de 25,3 cm sob deficiência de N (Tabela 1) está dentro da faixa obtida por Freitas (2003): de 14,04 a 28,4 cm. sob condições normais de crescimento. É provável que os maiores valores do peso e do comprimento da coroa tenham sido obtidos pela aplicação da solução completa contendo nitrogênio, até a colheita dos frutos, e/ou pela metodologia diferenciada que se usou na avaliação desses atributos físicos dos frutos, o que induziu a obtenção desse valor.

Tabela 1 - Efeito das deficiências de macronutrientes e de boro no peso fresco do fruto com e sem coroa, comprimento do fruto e do pedúnculo; comprimento e peso da coroa do abacaxi cv. Imperial. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Tratamentos	Peso fresco fruto (kg)		Comprimento (cm)			Peso da coroa (kg)
	Com coroa	Sem coroa	Fruto	Pedúnculo	coroa	
Completo	1,535	1,188	14,2	18,9	38,9	0,347
-N	0,633-	0,407-	7,9-	19,3ns	25,3-	0,228-
-P	1,075-	0,803-	12,0ns	20,5ns	30,5-	0,248-
-K	1,150-	0,945ns	14,3ns	15,3ns	31,6-	0,261-
-Ca	1,10-	0,857-	12,7ns	16,0ns	28,1-	0,252-
-Mg	1,254-	0,934-	13,5ns	18,2ns	32,9ns	0,319ns
-S	1,605ns	1,283ns	15,2ns	20,3ns	31,5	0,322ns
-B	1,220-	0,870-	12,3ns	12,8-	35,6ns	0,350ns
CV (%)	13,7	17,1	12,9	14,0	12,9	18,2

Em cada coluna, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

Diâmetro do fruto e do pedúnculo

O diâmetro do fruto foi reduzido pelas deficiências de N, P, K, Ca, Mg e B e o diâmetro do pedúnculo pelas deficiências de N, P, K, Ca e Mg (Tabela 2). Com relação à influência do K no diâmetro do fruto, esse resultado está de acordo com Manica (1999); Veloso et al. (2001) e Razaque e Ranafi (2001) que apontam redução no diâmetro dos frutos do abacaxizeiro cv. Pérola quando o nível de K é reduzido. Segundo Soares et. al. (2005), num solo com nível adequado de K, pode-se produzir frutos com diâmetros maiores. Diâmetros menores contribuem para aumentar o tombamento do fruto, afetando sua qualidade.

Tabela 2 - Efeito das deficiências de macronutrientes e de boro no diâmetro do fruto e do pedúnculo, na espessura e na firmeza do fruto e no teor de suco do abacaxi cv. Imperial, em relação ao tratamento completo. UENF/RJ

Tratamentos	Diâmetro (cm)		Espessura da casca (mm)	Firmeza do fruto (Kgf)	Teor de suco (%)
	Fruto	Pedúnculo			
Completo	11,8	2,01	2,25	59,4	52,9
-N	9,2-	1,54-	1,94ns	81,3+	55,3ns
-P	10,7-	1,75-	1,58ns	77,0ns	59,6ns
-K	10,7-	1,75-	2,39ns	79,6+	39,3-
-Ca	10,8-	1,81-	1,54ns	72,9ns	61,9ns
-Mg	10,7-	1,78-	2,36ns	56,3ns	56,7ns
-S	12,0ns	1,99ns	2,36ns	38,5-	54,5ns
-B	10,7-	1,98ns	2,70ns	42,1ns	55,7ns
CV (%)	4,4	5,7	22,4	19,3	12,4

Em cada coluna, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

Espessura e firmeza da casca

Não houve influência da deficiência nutricional na espessura da casca, mas as deficiências de N e K aumentaram a firmeza da polpa do abacaxi cv. Imperial e na deficiência de S, a firmeza da polpa diminuiu (Tabela 2). Resultado contraditório, com relação ao K, foi obtido por Lacoeuilhe (1982) nos frutos do abacaxizeiro.

Segundo Hunsche et. al. (2003), a deficiência de K no solo resultou em frutos de maçã cv. Fuji mais firmes, em comparação aos frutos oriundos de plantas bem supridas de potássio. Observa-se, nesse caso, a resposta diferencial das espécies de abacaxizeiro e macieira. O K confere aos frutos de laranja, segundo Souza (1979), casca mais fina. Menor acréscimo no suprimento desse elemento no solo pode aumentar a espessura da casca de laranja.

Teor de suco

A percentagem de suco nos frutos, em relação à solução completa (Tabela 2), foi menor sob deficiência de K. Veloso et al. 2001 também encontraram efeito significativo de K sobre o rendimento do suco de abacaxi.

Com exceção da deficiência de K (Tabela 2) todos os outros tratamentos apresentaram um rendimento mínimo em suco acima dos 40% exigido tanto para exportação quanto para finalidades industriais (Carvalho, 1999).

Acidez titulável (AT)

Observa-se, pela Tabela 3, que os maiores valores de acidez do fruto da cv. Imperial foram obtidos quando a planta se encontrava sob deficiência de nitrogênio e enxofre, em comparação com a solução completa. Pela Tabela 1, pode-se observar o menor tamanho e peso do fruto sob deficiência de N, em relação ao completo. Os pesos médios dos frutos nas deficiências de P, Ca, K e B, em ordem crescente, apresentaram uma tendência de menores valores de acidez, respectivamente. Segundo Reinhardt et al. (2004), frutos pequenos apresentaram maiores teores de AT.

Tabela 3. Efeito das deficiências de macronutrientes e de boro na acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST), relação SST/AT, Vitamina C (Vit. C), pH e coloração de polpa (CP) do abacaxizeiro, cv. Imperial.UENF/RJ.

Tratamentos	ATT (%ácido cítrico)	SST (^o Brix)	Relação SST/AT	Vit. C (mg/100g)	pH	CP (notas atribuídas)
Completo	0,338	15,4	45,9	10,8	4,64	5,00
-N	0,717+	16,3ns	22,8-	31,8+	3,50-	1,18-
-P	0,431ns	16,4ns	38,8ns	7,6ns	4,44ns	4,83ns
-K	0,319ns	13,1-	42,6ns	5,8-	4,31-	4,17ns
-Ca	0,338ns	16,8+	51,8ns	9,3ns	4,80ns	5,17ns
-Mg	0,420ns	15,9ns	39,6ns	13,3ns	4,59ns	5,67ns
-S	0,714+	17,5+	24,8-	27,2+	3,97-	3,33-
-B	0,317ns	16,5ns	54,7ns	9,3ns	4,68ns	5,17ns
CV(%)	13,0	5,5	18,9	19,8	3,3	16,3

Em cada coluna, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

Deficiências de N e S reduzem síntese de aminoácidos e de proteínas. Portanto haverá maior disponibilidade de fotoassimilados para serem usados na síntese de compostos do metabolismo secundário como ácido ascórbico. Haverá, também, acumulação de outros ácidos orgânicos e compostos do metabolismo intermediário.

Também Giacomelli (1982) cita que a acidez costuma aumentar com a diminuição do tamanho dos frutos, mas dentro de uma mesma variedade e sob idênticas condições de produção. Bezerra et al. (1981), Py et al. (1987), Bhugaloo et al. (1999) e Malézieux e Bartholomew (2003) também encontraram uma correlação negativa do N com a acidez dos frutos, pois a deficiência de N pode ter diminuído a turgescência dos frutos provocando, indiretamente, um aumento nos valores da acidez em decorrência do aumento da concentração. Porém, Gonçalves e Carvalho (2000) citam que, quando as plantas apresentam quantidades deficientes de nitrogênio, seus frutos são muito doces. A acidez causada pelos ácidos orgânicos é uma característica importante no que se refere à palatabilidade de muitas frutas (Pretty, 1982).

Na solução completa, o valor médio de AT (0,34%), Tabela 3, é considerado ótimo para o consumo ao natural da fruta (0,3%), de acordo com Fagundes et al. (2000) e está dentro da faixa de 0,33 a 0,43%, dos valores encontrados por Souza et al. (1991); Reinhardt e Medina (1992); Fagundes et al. (2000), mas abaixo dos encontrados por Carvalho et al. (1998), de 0,6% a 1,62%; Paula (2002), de 0,51-0,78% ; Antonioli et al. (2003) que variou de 0,57 e 0.67% ;

Gondim e Azevedo (2002) que encontrou um valor de AT de 0,64%, na cv. SNG-3, com um padrão similar à cv. Smooth Cayenne, progenitora da cv. Imperial.

Sólidos solúveis totais (SST)

A deficiência de K reduziu os sólidos solúveis totais (SST) dos frutos enquanto a deficiência de Ca e de S aumentaram esse teor (Tabela 3). Paula et al. (1999) encontraram aumento da porcentagem de sólidos solúveis totais com aplicação de K via vinhaça ou KCl no abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne. Malézieux e Bartholomew (2003) citam que frutos deficientes de K têm redução no teor de açúcar. Selamat e Hamlah (1993) observaram uma diminuição do SST da cv. Singapore spanish e um aumento na cv. Gandul. Razzaque e Ranafi (2001), trabalhando também com a cv. Gandul, não encontraram diferença significativa no teor de açúcar dos frutos do abacaxizeiro deficientes de K. Pode-se observar que os trabalhos, acima citados, relativos aos efeitos do K no SST dos frutos do abacaxizeiro não foram consistentes. A influência do potássio no teor do SST dos frutos, provavelmente seja pelo importante papel que este nutriente tem no transporte da sacarose (Marschner, 1995).

Carvalho (1998) observou que quanto maior foi a dose de potássio maior foi a concentração dos sólidos solúveis totais (SST) do suco do maracujazeiro amarelo.

O teor médio dos sólidos solúveis totais dos frutos, que receberam a solução nutritiva completa, foi de 15,4% (Tabela 3) encontrando-se dentro da faixa considerada normal para a cv. Smooth Cayenne. Segundo Manica (1999), para a cv. Smooth Cayenne os teores de SST observados por vários autores estavam na faixa de 9,85 a 14,98 para frutos verdes e de 13,1 a 15,10 para frutos maduros. Os valores se encontram acima dos encontrados por Gondim e Azevedo (2002) cujo SST foi de 12,73 para a cv. SNG-3. Para a cv. Pérola, Cabral et al. (1998) encontraram 14,8⁰ Brix como os valores médios para os sólidos solúveis totais.

SST/AT

Encontrou-se redução na relação SST/AT no suco do fruto da cv. Imperial, ao se comparar os dados das deficiências de N e S com os da solução completa (Tabela 3). É provável que a maior síntese de ácidos em detrimento dos aminoácidos tenha ocasionado esse resultado. Reinhardt et al., (2004), observaram que frutos pequenos apresentam menores relações SST/AT. Essa consideração de tamanho, no presente trabalho, ocorreu somente com o N (Tabela 1). Paula et al. (1998) citam que há um aumento na acidez dos frutos, à medida que se diminui o fornecimento de N e isto reduz a relação açúcar/acidez. É importante citar que a menor relação SST/AT é um fator desfavorável ao consumo, pois é do equilíbrio açúcar/acidez que resulta um melhor sabor do fruto.

A relação SST/AT dos frutos submetidos ao tratamento completo (45,9) está acima da citada por Gondim e Azevedo (2002) que foi de 20,56. Bleinroth (1978) citado por Carvalho (1999) afirma que o valor máximo dessa relação é de 27,04. Segundo Montenegro citado por Santana e Medina (2000), a relação SST/AT entre 36,7 a 39,8 é ideal para consumo in natura.

Vitamina C

Observa-se pela Tabela 3 que houve um aumento da vitamina C nos frutos com deficiências de N e S e diminuição com a deficiência de K, em relação ao completo. Esse resultado está de acordo com Lee e Kader (2000) que citam que maiores aplicações de fertilizantes nitrogenados tendem a diminuir o conteúdo de vitamina C na maioria das frutas e hortaliças. A fertilização nitrogenada também pode aumentar a área foliar da planta e assim reduzir a intensidade luminosa no dossel e a produção de ácido ascórbico nas partes sombreadas.

Outra possibilidade para o aumento do teor da vitamina C, em frutos provenientes de plantas com deficiência de N, talvez seja pelo retardamento da frutificação e conseqüentemente da maturação do fruto, ocasionada pelo efeito dessa deficiência. Segundo Manica (1999), o teor de ácido ascórbico diminui muito ao aproximar-se da maturação. Lee et al. (1982), relataram que pêras maiores e mais maduras continham menos ácido ascórbico do que pêras menores e menos maduras.

Com relação à deficiência de S, é provável que com o amadurecimento do fruto, começando do ápice para a base (inversão do processo de maturação), possa alterar a distribuição da vitamina C nas diferentes partes do fruto analisado.

Observa-se que os maiores teores de vitamina C e AT ocorreram com as deficiências de N e S. A redução da síntese de aminoácidos e proteínas, com essas deficiências, disponibilizará uma maior quantidade de fotoassimilados para serem usados na síntese de compostos do metabolismo secundário como o ácido ascórbico. Haverá, também, acumulação de outros ácidos orgânicos e compostos do metabolismo intermediário.

O menor teor de vitamina C na polpa dos frutos e os sintomas do escurecimento interno, pela deficiência de K, visualizados nesse trabalho, foram corroborados por Soares et. al. (2005) que havia observado redução desse escurecimento nos frutos do abacaxizeiro aplicando KCl no solo, na pré-colheita, em vários níveis. Pela observação dos autores, esse distúrbio foi bastante reduzido onde potássio havia sido aplicado em níveis mais altos. O uso do potássio produziu também uma diminuição significativa dos compostos fenólicos na polpa. Esses compostos são o principal substrato para as enzimas do escurecimento interno (Soares et. al., 2005). Segundo os autores, relativamente, a aplicação de altos níveis de K no solo é um procedimento simples e de baixo custo para diminuir a incidência do escurecimento interno da polpa e melhorar a qualidade comercial do abacaxizeiro.

Carvalho (1998) observou que a adubação com potássio não afetou a vitamina C dos frutos do maracujazeiro amarelo.

O teor de vitamina C de 10,8 mg por 100 nos frutos do tratamento completo (Tabela 3) encontra-se abaixo do citado por Carvalho et. al. (1998), que foi 17 mg por 100g e por Usberti Filho et al., (1999) cujos teores médios para o abacaxizeiro foram 26,6 mg por 100g. Sugere-se eliminar o N e provavelmente o S da solução ou da fórmula de adubação, uns meses antes da maturação do fruto, para se aumentar o teor de vitamina C.

pH

Nos tratamentos com deficiência de N, K e S, os valores de pH do suco foram mais baixos em relação ao completo (Tabela 3). As deficiências de N e S proporcionaram maiores valores de AT (Tabela 3) e os menores valores de pH

para esses nutrientes que, nesse caso, é uma lógica em termos de mudanças bioquímicas do amadurecimento do fruto. A relação entre frutos pequenos e menor pH, relatada por Reinhardt et al. (2004), somente aconteceu com o tratamento -N, o que demonstra, nesse trabalho, que a fisiologia e a nutrição das plantas associadas ao tamanho dos frutos possa melhor explicar a relação entre os atributos físicos e físico-químicos dos frutos.

Observou-se que os menores valores de pH estavam nos frutos com a polpa menos colorida e com deficiências de N e S, em relação ao tratamento completo (Tabela 3). Resultados similares foram encontrados por Reinhardt et al. (2004), cujas avaliações foram realizadas com base na coloração da casca. Os autores citam que essas mudanças são esperadas com o avanço da maturação.

Com exceção das deficiências de N e de S, o pH do fruto nos demais tratamentos (Tabela 3) está acima dos valores citados por Freitas (2003), que variou de 3,25 a 4,18, mas próximos dos de Paula (2002) que variou de 3,7-4,5.

Coloração da polpa

Sob deficiência de N e S houve um branqueamento da coloração da polpa em relação ao completo (Tabela 3). Paula et al. (1998) citam que o N tem efeito marcante na coloração da polpa, que parece se tornar mais escura. Manica (1999) também cita que elevadas doses de N acentuam a coloração da polpa. Não foram encontrados relatos sobre o efeito da deficiência de S na coloração da polpa dos frutos do abacaxizeiro. O processo de inversão do amadurecimento do fruto com deficiência de S, provavelmente tenha sido a causa da menor coloração da polpa na porção mediana do fruto.

Na Tabela 3, observa-se que frutos com polpa mais colorida apresentaram uma maior relação SST/AT e um maior valor de pH, e aqueles, com polpa menos colorida, em relação ao completo, apresentaram menor relação SST/AT, um menor pH e um maior valor de AT. Reinhardt et al., (2004) também observaram essa relação com base na coloração da casca. É interessante observar que nesse método de coloração da casca os resultados foram similares aos de coloração da polpa encontradas nesse trabalho. Pode-se, portanto, sugerir que a coloração da polpa pode constituir um indicativo de sintoma de deficiência nutricional importante na qualidade dos frutos tanto para a indústria quanto para o consumo in natura.

Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial mostram que os frutos com deficiências de N e K receberam as menores notas de aceitação organoléptica (Tabela 4). Não houve diferença significativa nas notas atribuídas à aceitação do fruto do abacaxi sob as deficiências de P, Ca, Mg, S, e B, em relação ao completo.

Tabela 4. Notas de aceitação da polpa do abacaxi cv. Imperial. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

	Tratamentos							CV(%)	
	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S		-B
Notas atribuídas	7,73	6,43-	8,00ns	5,13-	7,33ns	7,43ns	7,03ns	7,67ns	17,47

Em cada coluna, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

Segundo comentários dos provadores, os frutos das plantas sob deficiência de K são sem sabor, pouco ácidos, sem açúcar. Souza (1999) também observou que frutos produzidos em plantas deficientes de K são sem acidez. Segundo Manica (1999) e Gonçalves e Carvalho (2000), plantas de abacaxizeiro sob deficiência de K são sem perfume e de qualidade inferior.

Os menores valores dos sólidos solúveis totais e do pH dos frutos ocorreram com a deficiência de K (Tabela 3). Dessa maneira, a avaliação dos provadores em relação à qualidade organoléptica do fruto, associada às análises físico-químicas diferiu fundamentalmente no atributo acidez dos frutos. Na literatura, existem algumas citações sobre a influência de K na acidez dos frutos que foi muito bem caracterizada pelos participantes da análise sensorial. Os sólidos solúveis totais (SST), principalmente o açúcar, são freqüentemente usados como indicador da maturidade e qualidade do fruto (Paull, 1993). A não aceitação do fruto sob deficiência de K, provavelmente tenha sido atribuída pelo menor valor de sólidos solúveis totais apresentados nesse trabalho.

Com relação à deficiência de N, segundo os provadores da análise sensorial, os frutos são muito ácidos, pouco doces, firmes, sem aroma e com sabor atípico do fruto, pois, para alguns, os frutos apresentaram um sabor cítrico

e amargo. Nesse caso houve uma estreita relação entre a análise sensorial e a avaliação físico-química em relação à acidez dos frutos. O excesso de acidez foi a característica mais citada na análise sensorial.

CONCLUSÕES

As deficiências de N, P, K, Ca, Mg e B reduziram o peso fresco e o diâmetro do fruto. Além disso, a deficiência de N reduziu o comprimento do fruto.

As deficiências de N e S aumentaram os teores da acidez titulável e da vitamina C e diminuíram o pH e a coloração da polpa dos frutos. A deficiência de N reduziu a relação SST/AT e a de S aumentou os teores dos sólidos solúveis totais.

As deficiências de N e K aumentaram a firmeza da polpa, mas a de S a diminuiu.

A deficiência de K reduziu a percentagem de suco, os teores dos sólidos solúveis totais, de vitamina C e de pH dos frutos.

A deficiência de Ca aumentou os sólidos solúveis totais.

Frutos de plantas sob deficiência de N e K foram menos aceitos pelos provadores da análise sensorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antoniolli, L.R., Benedetti, B.C., Filho, M. de Sá M. de S. (2003) Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38 (9):1105-1110.
- Bezerra, J.E.I., Maaze, V.C., Santos, V.F., Lederman, L.E. (1981) Efeito da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na produção e qualidade do abacaxi, cv. Smooth Cayenne. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 3: 1-5.
- Botrel, N., Siqueira, D.L. de, Neto, J.C.P. , Paula, M.B. de (1991) Efeito de diferentes níveis e modos de aplicação de fósforo na cultura do abacaxizeiro. *Pesq. agropec. Bras.*, Brasília, 26 (6): 907-912.

- Bhugaloo, R.A., Lalouette, J.A., Bachraz, D.Y., SukerdeeP, N. (1999) Effect of different levels of nitrogen on yield and quality of pineapple variety Queen Victoria. *Proceedings of the Third Annual Meeting of Agricultural Scientists*, Reduit, Mauritius, p. 75-80.
- Cabral, J.R.S., Matos, A.P. de, Cunha, G.A.P. da (1998) Caracterização morfológico-agronômica de germoplasma de abacaxi. *Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 9, Campinas:RBF, V1. p. 35-40.
- Cabral, J.R.S., Matos, A.P. de (2003) Abacaxi 'Imperial' - variedade resistente à fusariose. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura (folder).
- Carvalho, M.J. da S., Oliveira, Z.P.de (1992) Níveis de adubação para a cultura do abacaxizeiro em alguns solos do Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, 14 (3):7-11.
- Carvalho, A J.C. de. (1998) Composição mineral e produtividade do maracujazeiro amarelo em resposta a adubações nitrogenada e potássica sob lâminas de irrigação. Tese (Doutorado) - Campos dos Goytacazes –RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense, - UENF, 108p.
- Carvalho, V.D. de, Abreu, C.M.P. de, Gonçalves, N.B. (1998) Qualidade e industrialização de abacaxi. *Informe Agropecuário*, 19 (195): 67-69.
- Carvalho, V.D. de. (1999) Composição, colheita, embalagem e transporte do fruto. In: Cunha, G.A.P. da., Cabral, J.R.S., Souza, L.F.da S. (eds.). *O abacaxizeiro. Cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 367-388.
- Chaves, J.B.P., Sproesser, R.L. (1999) Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas. Editora UFV, cadernos didáticos, 66.
- Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S. (1999) Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S., Sousa, L.F. da S. (eds.). *O abacaxizeiro. Cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 17-52.
- Das, B.C., Sen, S.K., Sadhu, M.K. (2000) Flowering behavior and yield of pineapple as influenced by different plant densities and nutrition. *Environment and Ecology*, 18 (2): 334-337.
- Embleton, T.W., Reitz, H.J., Jones, W.W. (1973) Citrus fertilization. In: Reuther, W. (ed.). *The citrus industry*, Univ. Calif., Div. Agr. Sci., California, EEUU, 3: 122-182.

- Fao Faostat. Data. 2005. Disponível em: [http:// faostat.fao.org/faostat/notes/citation.htm](http://faostat.fao.org/faostat/notes/citation.htm). Última atualização fevereiro de 2005.
- Fagundes, G.R., Yamanishi, O. K., Manica, I., Lacerda, C.S. (2000) Sazonalidade do abacaxi Pérola nas CEASAS do Distrito Federal, Belo Horizonte e Rio de Janeiro, a partir do plano real. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22 (2): 253-256.
- Freitas, N.C. de. (2003) *Crescimento e produção do abacaxizeiro Pérola, com mudas tipo filhote, em Dom Aquino-MT*. Dissertação (Mestrado) - Cuiabá-MT, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, 90p.
- Giacomelli, E.J. (1982) *Expansão da abacaxicultura no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, 79p.
- Gonçalves, N.B., Carvalho, V.D. de (2000) Abacaxi-pós-colheita-2. Característica da Fruta. *Frutas do Brasil*, (5):13-27.
- Gondim, T.M.de S., Azevedo, F.F. de (2002) Diferenciação floral do abacaxizeiro cv. SNG-3 em função da idade da planta e da aplicação do carbureto de cálcio. *Rev. Bras. Frutic.*, 24(2): 420-425.
- Guong, V.T., TINH, T.K., Trang, T.T.T., Moil, T. (1997) Effect the phosphorus, lime, and potassium fertilization on the aluminium uptake and pineapple yield in acid sulphate soils in the Mekong Delta, Vietnam. *Acta Horticulturae*. Leuven, Belgium: International Society for Horticulturae Science: (425): 403-409.
- Hunsche, M., Brackmann, A., Ernani, P.R. (2003). Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji'. *Pesq. agropec. brás.*, Brasília, 38 (4): 489-496.
- Iuchi, V.L. (1978) Efeito de sulfato de amônio, superfosfato simples e sulfato de potássio sobre algumas características da planta e qualidade do fruto do abacaxizeiro, *Ananas comosus* (L.) Merr., variedade Smooth Cayenne. Tese (mestrado em Fitotecnia)-Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 61p.
- Lacoeuilhe, J.J. (1982) Deficiências nutricionais. Anais do Simpósio Brasileiro de Abacaxicultura,1, Jaboticabal, p. 99-110.
- Lee, S.K., Kader, A. A. (2000) Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C. content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20: 207–220.

- Lee, C.Y., Massey, L.M.J.R., Van Bureu, J.P. (1982) Effects of postharvest handling and processing on vitamin contents of pears. *J. Food Sci.*, 47:961-964.
- Leite, R.R. de A., Castro, A .M. G. de, Santos, E. do E. (2003) Demandas dos consumidores de abacaxi do Centro-Oeste. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, 20: 495-520.
- Malavolta, E. (1982) Nutrição mineral e adubação do abacaxizeiro. Anais do Simpósio Brasileiro de Abacaxizeiro, 1, Jaboticabal: FCAV, p.21-153.
- Malézieux, E.; Bartholomew, D.P. (2003). Plant Nutrition. In: Bartholomew, D.P.; Paul, R.E., Rohrbach, K.G (Ed.). *The Pineapple - Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, cap. 7, p-143-165.
- Manica, I. (1999) *Fruticultura Tropical 5. Abacaxi*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 501p.
- Marschner, H. (1995) Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press, London, p. 229-312.
- Paula, M.B. de, Carvalho, V.D. de, Souza, L.F. da S. (1991) Efeito da calagem, potássio e nitrogênio na produção e qualidade do fruto do abacaxizeiro. *Pesq. agropec. Bras.*, Brasília,.26 (.9): 1337-1343.
- Paula, M.B. de, Mesquita, H.A., Nogueira, F.D. (1998) Nutrição e adubação do abacaxizeiro. *Informe Agropecuário*, 19 (195): 33-39.
- Paula, M.B. de, Holanda, F.S.R., Mesquita, H.A., Carvalho, V.D. de. (1999) Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. *Pesq. agropec. Brás*, 34 (. 7): 1217-1222.
- Paula, J.M.C. de (2002) *Florescimento, produção e qualidade do fruto do abacaxi cv. Pérola em função da idade da planta na indução floral*. Tese (mestrado)-Cuiabá-MT, Universidade Federal do Mato Grosso-UFMT, 44p
- Paull, R.E (1993) Pineapple and papaya. In: Seymour G., Taylor, J., Tucker, G. (eds). *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman e Hall, London, p. 291-323.
- Paul, R. E., Cheng, C. C. (2003) Postharvest physiology, handling and storage of pineapple. In: Bartholomew, D.P.; Paul, R.E. and Rohrbach, K.G (Ed.). *The Pineapple - Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, cap. 10, p. 253-279.

- Peres, L.E.P. (2001) Transporte no floema. Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP. Disponível em: <http://www.ciagri.usp.br>. Acessado em: 28 de julho de 2005.
- Pretty, K.M. (1982) O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: In: Yamada, T., Igue, K., Muzilli, O., Usherwood, N.R.. *Potássio na agricultura brasileira*. Londrina-SP, Instituto internacional da potassa, p-95-162.
- Py, C., Lacoeyllhe, J.J., Teisson, C. (1987) The pineapple: cultivation and uses. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, 568p.
- Quaggio, J.A., Mattos, Jr.D., Cantarella, H.; Almeida, E.L.E., Cardoso, S.A.B. (2002). Lemon Yield and fruit quality affected by NPK fertilization. *Scientia horticulturae*, 96: 151-162.
- Razzaque, A.H.M., Hanafi, M.M. (2001) Effect of potassium on growth, yield and quality of pineapple in tropical peat. Cirad/EDP Sciences. *Fruits*, 56 (1): 45-49.
- Reinhardt, D.H., Medina, V.M. (1992) Crescimento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e Smooth Cayenne. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27(3):435-447.
- Reinhardt, D.H., Medina, V.M., Caldas, R.C., Cunha, G.A.P. da, Estevam, R.F.H. (2004) Gradientes de qualidade em abacaxi 'Pérola' em função do tamanho e do estágio de maturação do fruto. *Rev. Brás. Frutic.*, 26 (3):544-546.
- Santana, F.F., Medina, V.M. (2000) Alterações bioquímicas durante o desenvolvimento do fruto do abacaxizeiro "Pérola". *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal, 22(n. Especial): 53-56.
- Selamat, M.M., Ramlah, M. (1993) The response of pineapple cv. Gandul to nitrogen, phosphorus and potassium on peat soil in Malaysia. In: Bartholomew D.P., Rohrbach K.G. (Eds), *Proceedings of the first international pineapple symposium*, Honolulu, Hawaii, p. 247–254.
- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C. de, Silva, J.A. da (2002). Composição mineral da folha em abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 24 (.1):194-198.
- Soares, A.G., Trugo, L.C., Botrel, N., Souza, L.F. da S. (2005) Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by preharvest soil application of potassium. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 201-207.

- Souza, L.F. da S., Cunha, G.A.P. da, Rodrigues, E.M. (1991) Densidade de plantio x adubação na cultura do abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 13 (4):191-196.
- Souza, M. de. (1979) Adubação das plantas cítricas. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte. 5(52): 26-31.
- Souza, L.F. da S. (1999) Exigências edáficas e nutricionais. In: CUNHA, G.A.P. da, Cabral, J.R.S., Souza, L.F. da S. (eds.). *O abacaxizeiro, Cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p. 67-77.
- Spironello, A., Bortoletto, N., Sigrist, J.M.M. et al. (1997) Avaliação agrotecnológica e do ciclo de variedades de abacaxizeiro, em duas densidades em Votuporanga (SP). *Bragantia*, 56(.2): 343-355.
- Spironello, A., Quaggio, J.A., Teixeira, L.A.J., Furlani, R., Sigrist, J.M.M. (2004) Pineapple yield and fruit quality effect by NPK fertilization. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal- SP*, 26 (1):155-159.
- Tay, T.H. (1975) Effects of N and K on the growth, mean fruit weight and fruit quality of pineapple. *Mardi Res. Bull.* 3 (1):1-14.
- Teixeira, L.A.J., Spironello, A., Furlani, P.R., Sigrist, J.M.M. (2002) Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24 (1): 219-224.
- Thé, PM,P., Carvalho, V.D. de, Abreu, C.M. P de, Nunes, R. de P., Pinto, N.A.V.D. (2001) Efeito da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química do abacaxi cv. *Smooth Cayenne* L. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 25 (.2): 356-363.
- Usberti Filho, J. A., Siqueira, W. J., Spironello, A., Tanaka, M. A. S., Sigrist, J. M. M., Martins, A. L. M., Bortoletto, N., Tshako, A. T., Gushiken, A. (1999) Abacaxi gomo-de -mel. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 5 p. Disponível em: <<http://200.136.175.13/homeiac/produtos/abacaxi.htm>>. Acesso em: 19 nov. 1999.
- Veloso, C.A.C., Oeiras, A.H.L., Carvalho, E.J.M., Souza, F.R.S. de (2001) Response of pineapple to nitrogen, potassium and limestone in a yellow latosol in Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23 (2): 396-402.

3.3. DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E DE BORO NO ABACAXIZEIRO CV. IMPERIAL: CRESCIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS VISUAIS

RESUMO

A planta apresenta característicos sintomas de deficiência quando algum suprimento de determinado nutriente está baixo. O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos das deficiências de macronutrientes e de boro no crescimento do abacaxizeiro e caracterizar os sintomas visuais dessas deficiências na planta e no fruto. Avaliaram-se na “folha D”: peso fresco e seco, comprimento, largura, área foliar e área foliar específica aos cinco, sete, nove e 12 meses após o plantio, e as concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e B. Somente as deficiências de N, K e Ca reduziram o crescimento da folha "D". Sob deficiência de N, as plantas produziram frutos com polpa de coloração esbranquiçada; na deficiência de K, os frutos apresentaram manchas escuras na polpa; plantas deficientes em Mg, apresentaram clorose seguida de necrose na base das folhas da planta e da coroa do fruto; sob deficiência de B, as plantas produziram frutos com cortiça e rachadura entre os frutinhos.

Termos para indexação: sintomas de deficiência, sintomas visuais e produção.

ABSTRACT

MACRONUTRIENTS AND BORON DEFICIENCY IN PINEAPPLE CV. IMPERIAL: GROWTH AND CHARACTERIZATION OF VISUAL SYMPTOMS

When the supply of any mineral nutrient is low, the plant exhibits characteristic symptoms of deficiency. The objective of this work was to evaluate the effects of the macronutrients and boron deficiencies on the growth of the pineapple Cv. Imperial and to characterize the visual symptoms of these deficiencies in the plant and in the fruit. Growth was measured by the following attributes of "D" leaf: fresh and dry weight, length, width, area and specific leaf area, and the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S and B at five, seven, nine and 12 months after planting. Only the deficiencies of N, K and Ca reduced the growth of the "D" leaf. Under deficiency of N the plants produced fruits with pulp of whitish coloration; with deficiency of K, the fruits presented dark stains in the pulp; Mg deficient plants presented chlorosis followed by necrosis at the base of the leaves of the plant and of the crown of the fruit; under deficiency of B, the plants produced fruits with cork and cracks among the fruitlets.

Index terms: deficiency symptoms, visual symptoms and production.

INTRODUÇÃO

Em 2004, a produção mundial de abacaxi foi de 15.288.018 toneladas, área colhida de 843.231 ha e produtividade de 18,13 t. ha⁻¹ (FAO, 2005). No Brasil, em 2004, a área colhida foi de 54,683 ha, a produção de 1.435.190 toneladas e a produtividade de 26,24 t. ha⁻¹ (FAO, 2005).

Se as condições para o crescimento do abacaxizeiro são favoráveis após o plantio, inicia-se o crescimento das raízes seguido pelo aparecimento de novas folhas. Entre o plantio e a iniciação da inflorescência ocorre o crescimento das raízes, caule e do meristema foliar (Malézieux et. al., 2003). As folhas representam aproximadamente 90% do peso fresco da parte aérea da planta

durante o crescimento vegetativo. Elas podem atingir um máximo de 70 a 80 por planta (Cunha e Cabral, 1999) e podem alcançar mais do que 1,6m de comprimento e 7 cm de largura, dependendo da cultivar e das condições ecológicas (d'Eeckenbrugge e Leal, 2003).

A produção de frutas integrada ao seu processamento exige informações que visem aspectos quantitativos e qualitativos, tanto para o mercado local quanto para o de exportação.

A produtividade e a qualidade do fruto em plantios comerciais de frutíferas têm sido enfatizadas pela competitividade e exigências do mercado mundial na importação de frutas.

Fatores endógenos e externos à planta apresentam marcada influência na determinação do tamanho final do fruto. Os fatores externos considerados são as condições climáticas e edáficas, e as práticas culturais, fundamentalmente, a irrigação e a fertilização (Agusti, 1999).

O abacaxizeiro é uma planta que exige suprimentos nutricionais (Paula et al., 1998) e, quando estes estão inadequados para um determinado elemento essencial, resulta em um distúrbio nutricional que se manifesta por característicos sintomas de deficiência. Antes de aparecerem esses sintomas, o crescimento e a produção já poderão estar limitados (Malavolta et. al., 1997).

A influência do N e do K no tamanho e na qualidade do fruto é pronunciada (Souza, 1999).

De acordo com o critério de essencialidade, a deficiência de um nutriente no solo, ou sua omissão no substrato, tal como na solução nutritiva, eventualmente leva à morte da planta. Antes, a planta sofre de fome oculta ou escondida e posteriormente apresenta sintomas de deficiência (Malavolta, 1999).

O diagnóstico visual consiste em caracterizar, descrever e/ou fotografar, mais precoce e detalhadamente possível, os sintomas de deficiências/toxidez na planta-problema e compará-los com os sintomas padrões de cada nutriente descrito na literatura, para aquela espécie ou variedade, se possível (Fontes, 2001).

A correção das deficiências nutricionais é fundamental para a obtenção de frutos de qualidade.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência da deficiência de macronutrientes e de boro no crescimento do abacaxizeiro cv. Imperial, e caracterizar os sintomas visuais de deficiência desses nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em casa de vegetação do Setor de Nutrição Mineral de Plantas da UENF, em Campos dos Goytacazes, RJ, no dia 19 de dezembro de 2003, utilizando-se mudas de abacaxizeiro cv Imperial. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados completos, com oito tratamentos e seis repetições. Foram testados os seguintes tratamentos: solução completa; - N; - P; - K; - Ca; - Mg; - S e - B. Foram utilizadas mudas de cultura de tecidos, produzidas na Campo Biotecnologia Vegetal Ltda., Unidade Biofábrica/EMBRAPA - CNPMF.

Utilizou-se como substrato areia de praia tratada com ácido-clorídrico diluído na proporção de um para quatro de água para purificar esse substrato. Após esse procedimento, lavou-se a areia com água até que a acidez fosse reduzida a valores de pH, próximos a 5,0, quando, então, fez-se uma lavagem final com água desionizada.

As mudas da cv. Imperial, que tinham um tamanho médio de 6,0 cm, foram plantadas em vasos com 14 kg de areia e foram irrigadas com 500 ml de água, três vezes por semana, durante 15 dias após o transplante. Depois desse procedimento, em todos os tratamentos, aplicou-se 500 ml da solução nutritiva completa, ocasião em que novas raízes estavam sendo emitidas (Cunha e Cabral, 1999). A concentração dos nutrientes utilizada na solução completa em mg L⁻¹ foi: 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, 0,06; B, 0,27; e Fe-EDTA, 2,23. O pH dessa solução foi ajustado para aproximadamente 5,5. Cinquenta dias após a aplicação da solução completa, foi induzida a deficiência de boro, eliminando-o das plantas que receberam esse tratamento. A indução da deficiência dos macronutrientes iniciou-se três meses após a aplicação da solução completa e utilizou-se apenas 10% da concentração dessa solução. Cada planta recebeu 500 ml da solução três vezes por semana. Um mês e meio após este procedimento, a quantidade

aplicada passou para 700 ml por planta, ocasião em que se eliminou totalmente o N, P, K, Ca, Mg e o S da solução respectiva. Quatro meses após a eliminação desses nutrientes, para se recuperar plantas que se mostravam muito deficientes no tratamento -N, fizeram-se doze novas aplicações de N, na concentração de 10% da solução completa.

Todas as plantas foram induzidas ao florescimento oito meses após o plantio, quando as folhas "D", no tratamento da solução completa, atingiram em média 63,38 cm de comprimento e um número total de folhas de 55,0. Aplicaram-se, na roseta foliar, por planta, 50 ml da solução de Etrell 1% (1ml litro⁻¹ de água), uréia (2%) e 0,035% da solução de hidróxido de cálcio (Veloso et al., 2001).

O volume de solução nutritiva aplicada por planta passou para 1,0 L, aos 11 meses após o plantio.

Os frutos foram colhidos com, aproximadamente, 75% da casca amarela e a colheita iniciou-se em 24/01/2005 e estendeu-se até 19/02/2005.

Foram avaliados na folha D do abacaxizeiro: o peso fresco e seco, o comprimento, a largura, a área foliar utilizando o medidor de área foliar modelo Li-3100 Li-cor, Lincoln, Nebraska, USA e a área foliar específica pela relação área foliar/peso seco aos cinco, sete, nove e 12 meses após o plantio e as concentrações do N, P, K Ca, Mg, S, e B na solução completa e nas deficientes.

Na determinação dos teores de nutrientes foi utilizada a folha "D" inteira (Siebeneichler et al., 2002). A coleta dessa folha foi realizada na parte da manhã, entre nove e 10 horas. No Laboratório de Nutrição de Plantas da UENF, as folhas foram limpas com algodão umedecido com água desionizada e secas em estufa de circulação forçada de ar a 70-75° C, por 72 horas. Depois de secas, elas foram pesadas e moídas em moinho tipo Willey, passadas em peneira de 20 mesh e armazenadas em frascos hermeticamente fechados. O N orgânico foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965), após digestão sulfúrica (H₂SO₄ e H₂O₂) do tecido vegetal. No extrato da digestão nitro-perclórica (HNO₃ e HClO₄), foram determinados: P, colorimetricamente, pelo método do molibdato; K, por fotômetro de chama; Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica e S, por turbidimetria de sulfato (Malavolta et al., 1997). Na determinação do B, foi utilizada a colorimetria pela azometina H, após incineração em mufla (Malavolta et al., 1997).

Fez-se a diagnose visual dos sintomas de deficiência nutricional, durante todo o processo de crescimento das plantas, observando-as in loco e fotografando-as para melhor caracterizar quaisquer sintomas.

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Crescimento vegetativo

Observa-se pelas Tabelas 1, 2 e 3 que não houve efeito da deficiência nutricional no crescimento vegetativo, aos cinco meses após o plantio, apesar da queda acentuada dos níveis de nutrientes nessa época (Tabela 4).

A deficiência de N reduziu o número de folhas do abacaxizeiro aos sete meses após o plantio; as deficiências de N e K reduziram o peso fresco e seco da folha "D", aos nove e 12 meses após o plantio e a deficiência do Ca reduziu o peso fresco, aos 12 meses (Tabela 1). O efeito da deficiência de N, na redução do número de folhas, foi corroborado por Py et al., 1984, Manica, 1999, Malézieux e Bartholomew, 2003.

Tabela 1 - Efeito das deficiências de macronutrientes e de boro nos pesos fresco e seco da folha D, aos cinco, sete, nove e 12 meses após o plantio e número de folhas do abacaxizeiro cv. Imperial, aos cinco e sete meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Tratamentos	Peso fresco(g)				Peso seco(g)				Número de folhas	
	Meses após o plantio				Meses após o plantio				Meses após o plantio	
	5	7	9	12	5	7	9	12	5	7
Completo	36,2	39,2	40,7	47,9	4,30	5,03	5,55	7,22	40,5	55,2
-N	34,0ns	31,5ns	26,15-	27,1-	4,00ns	3,93ns	3,36-	4,10-	36,2ns	48,0-
-P	34,7ns	34,1ns	35,4ns	42,3ns	4,30ns	4,44ns	5,06ns	7,40ns	38,5ns	52,7ns
-K	30,9ns	31,8ns	27,8-	36,4-	3,90ns	4,34ns	4,09-	5,86-	40,0ns	54,3ns
-Ca	32,0ns	33,0ns	33,8ns	38,7-	4,00ns	4,17ns	4,80ns	6,30ns	40,7ns	56,0ns
-Mg	32,3ns	36,4ns	36,5ns	40,6ns	3,90ns	4,59ns	4,87ns	6,24ns	40,0ns	55,2ns
-S	36,7ns	42,8ns	39,6ns	51,0ns	4,50ns	5,31ns	5,20ns	7,44ns	39,0ns	53,5ns
-B	33,3ns	37,4ns	38,1ns	45,5ns	4,08ns	4,70ns	5,25ns	6,94ns	38,3ns	53,8ns
CV (%)	14,5	14,5	14,5	14,5	16,5	16,5	16,5	16,5	5,9	5,9

Em cada coluna, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

A largura da folha “D” foi reduzida pela deficiência de K aos 7 meses após o plantio e aumentada pela deficiência de S; o comprimento e a largura foram reduzidos pelas deficiências de N e K, aos nove meses após o plantio; aos 12 meses, o comprimento da folha foi reduzido pela deficiência de N e a largura foi reduzida pelas deficiências de N e K (Tabela 2). Segundo Malézieux e Bartholomew (2003), a deficiência de N pode diminuir o tamanho da folha e a deficiência de S pode apresentar folhas mais largas do que o normal. Relatam, ainda, que baixos níveis de potássio são associados a folhas mais estreitas em relação ao seu comprimento e ao crescimento reduzido.

Aos oito meses após o plantio, por meio de observações visuais, constatou-se o início do estreitamento foliar, na concentração de $11,6 \text{ g kg}^{-1}$ de K, aos sete e nove meses após o plantio (Tabela 4).

Tabela 2 - Efeito das deficiências de macronutrientes e de Boro no comprimento e na largura da folha D do abacaxizeiro cv. Imperial, aos cinco, sete, nove e 12 meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Tratamentos	Comprimento da folha (cm)				Largura da folha (cm)			
	Meses após o plantio				Meses após o plantio			
	5	7	9	12	5	7	9	12
Completo	60,1	65,7	64,8	68,0	5,80	4,90	5,17	5,27
-N	58,5ns	58,1ns	54,6-	56,5-	5,60ns	4,50ns	3,93-	4,02-
-P	61,2ns	65,2ns	66,1ns	71,3ns	5,50ns	4,83ns	4,73ns	5,00ns
-K	58,9ns	61,2ns	55,5-	63,5ns	5,30ns	4,40-	4,22-	4,68-
-Ca	57,4ns	59,4ns	59,0ns	64,4ns	5,50ns	4,82ns	4,82ns	4,85ns
-Mg	58,3ns	63,9ns	63,2ns	66,2ns	5,50ns	4,85ns	4,78ns	4,85ns
-S	61,6ns	67,7ns	65,1ns	71,9ns	5,80ns	5,23+	5,13ns	5,27ns
-B	57,6ns	60,0ns	59,7ns	66,3ns	5,80ns	5,15ns	4,92ns	5,22ns
CV (%)	8,46	8,46	8,46	8,46	6,49	6,49	6,49	6,49

Em cada coluna, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

As deficiências de N; N e K e N, K e Ca reduziram a área foliar da folha D, aos sete, nove e 12 meses após o plantio, respectivamente (Tabela 3).

Não houve diferença significativa na relação área foliar específica da folha “D” do abacaxizeiro, entre os tratamentos, nas quatro épocas avaliadas (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito das deficiências de macronutrientes e de boro na área foliar e na área foliar específica da folha D do abacaxizeiro cv. Imperial, aos cinco, sete, nove e 12 meses após o plantio. UENF/RJ

Tratamentos	Área foliar (cm ²)				Área foliar específica (cm ² /g)			
	Meses após o plantio				Meses após o plantio			
	5	7	9	12	5	7	9	12
Completo	237,6	201,6	184,03	233,3	55,9	40,1ns	33,5ns	32,2ns
-N	214,8ns	160,8-	124,6-	143,2-	53,6ns	41,1ns	37,8ns	33,5ns
-P	226,4ns	196,5ns	181,4ns	220,6ns	53,5ns	44,4ns	36,3ns	29,9ns
-K	204,3ns	165,1ns	129,8-	183,1-	53,1ns	38,0ns	31,9ns	31,2ns
-Ca	212,5ns	184,6ns	157,0ns	191,1-	54,2ns	46,1ns	33,2ns	30,9ns
-Mg	217,6ns	194,9ns	173,2ns	204,7ns	56,0ns	42,8ns	35,7ns	33,3ns
-S	246,8ns	225,6ns	188,5ns	249,1ns	55,1ns	42,9ns	36,4ns	33,5ns
-B	214,9ns	194,2ns	166,5ns	222,9ns	52,8ns	41,0ns	31,6ns	32,1ns
CV (%)	12,5	12,5	12,5	12,5	10,6	10,6	10,6	10,6

Em cada coluna, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

Tabela 4 – Concentração foliar de nutrientes no tratamento completo e no deficiente, do abacaxizeiro, cv. Imperial, aos cinco, sete, nove e 12 meses após o plantio. UENF/RJ, Campos dos Goytacazes.

Concentração de nutrientes	Épocas				CV (%)
	Meses após o plantio				
g kg ⁻¹	cinco	sete	nove	doze	
Nitrogênio					8,13
Completo	13,3	14,8	14,8	13,4	
-N	8,7-	6,6-	9,7-	6,8-	
Fósforo					11,3
Completo	1,30	1,37	1,23	1,04	
-P	0,97-	0,70-	0,67-	0,32-	
Potássio					9,05
Completo	21,6	23,0A	20,0	23,8	
-K	13,8-	11,6-	11,6-	3,2-	
Cálcio					15,6
Completo	4,30	4,40	4,37	7,59	
-Ca	2,30-	1,30-	0,91-	1,72-	
Magnésio					12,0
Completo	2,10	2,30	2,26	3,57	
-Mg	1,30-	0,90-	0,73-	0,54-	
Enxofre					16,2
Completo	1,80	1,54	1,45	1,63	
-S	1,20-	0,56-	0,45-	0,54-	
mg kg ⁻¹					
Boro					11,5
Completo	21,2	20,0	18,4	30,5	
-B	8,5-	5,6-	5,8-	5,5-	

Em cada coluna, médias seguidas por +, - ou ns são maiores, menores ou não diferem do tratamento completo, respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5%.

3. Sintomas visuais de deficiência

3.1. Nitrogênio

Os primeiros sintomas visuais de deficiência de N apareceram aos 26 dias após a indução da deficiência dos macronutrientes realizada aos cinco meses após o plantio. Inicialmente, as folhas apresentaram uma coloração verde-amarelada com um pequeno gradiente de intensidade nas mais velhas (Figura 1A). Observa-se, pela Tabela 6, que a concentração de N, aos cinco meses após o plantio, era de $8,7\text{g kg}^{-1}$, valor considerado por Malézieux e Bartholomew (2003) limítrofe para o crescimento de novos tecidos. Na seqüência, aos seis meses após o plantio, as folhas apresentaram um amarelecimento progressivo de maneira generalizada (Figura 1B) e na base das folhas observou-se uma coloração alaranjada. No sétimo mês, o ápice das folhas mais velhas começou a secar e, aos nove, este sintoma se intensificou (Figura 1C).

As plantas sob deficiência de N produziram frutos menores com clorose nas folhas da coroa (Figura 1D) e um branqueamento na coloração da polpa em comparação ao tratamento completo (Figura 1E e 1 F). Na Tabela 4, nota-se que a concentração de $-N$, na época da colheita, encontrava-se na metade do valor do tratamento completo.

A.



B.



C.



D.



E.



F.



Figura 1 - Sintomas de deficiência de N na cv. Imperial. **A:** Início do sintoma de deficiência de N; **B:** -N - coloração amarelada da folha de maneira generalizada; **C:** -N - ressecamento do ápice das folhas mais velhas. **D:** -N - clorose das folhas da planta e da coroa; **E e F:** coloração da polpa do fruto - Solução completa (SC) e - N, respectivamente.

3.2. Fósforo

Aproximadamente sete meses após o plantio, plantas sob deficiência de fósforo apresentaram um amarelecimento nas folhas mais novas. Nove meses após o plantio, as folhas mais novas e as medianas apresentaram, no centro, uma coloração vermelho-arroxeadada com os bordos verdes bem pronunciados (Figura 2 A). Na colheita, os frutos apresentaram a casca avermelhada (Figura 2 B). Na figura 3C, observa-se a coloração da casca do fruto produzido na solução completa. Na Tabela 4, observa-se que no tratamento -P a concentração foliar, na época da colheita dos frutos, era de $0,32 \text{ g kg}^{-1}$ e que no completo era de $1,04 \text{ g kg}^{-1}$.

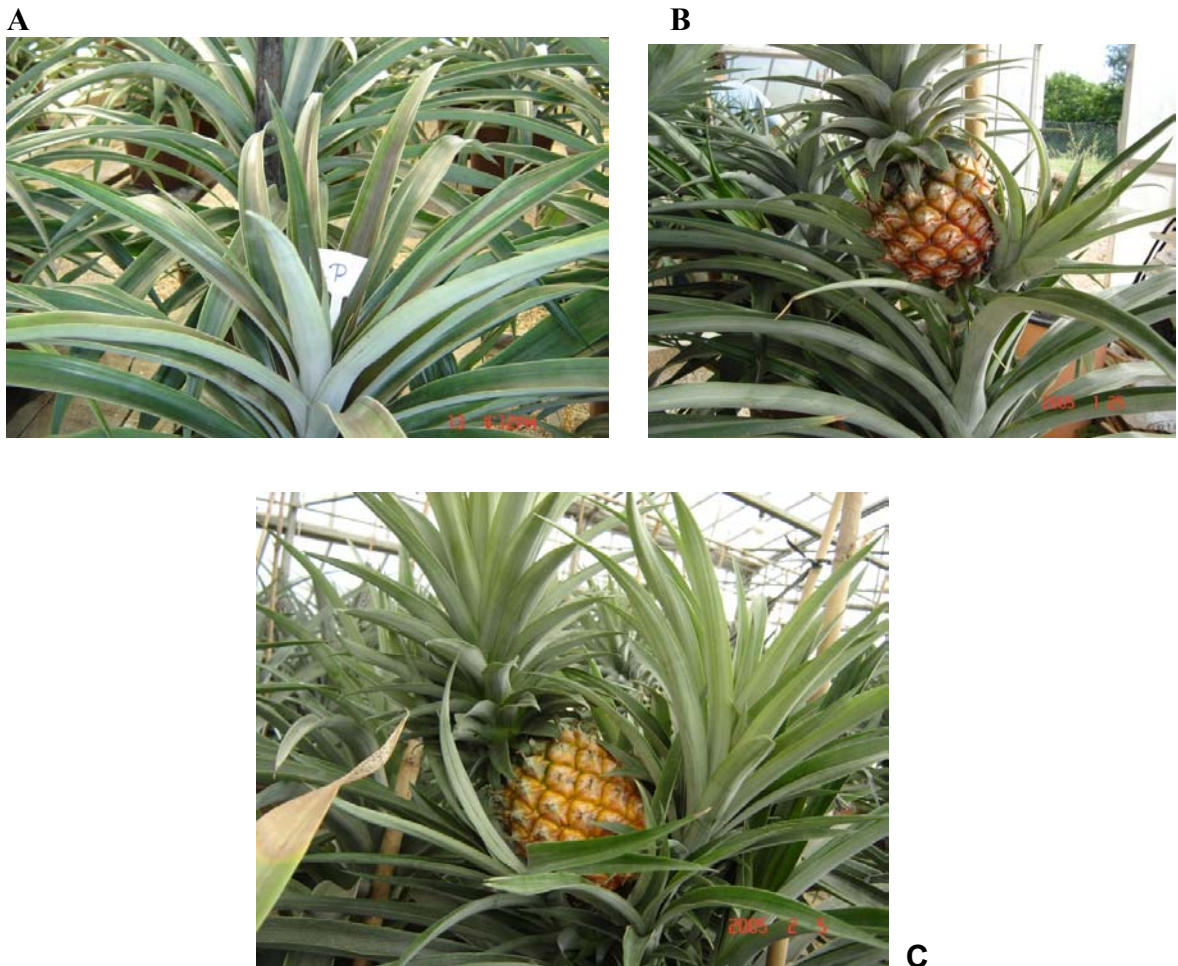


Figura 2- Sintomas de deficiência de Fósforo na cv. Imperial. **A:** Coloração das folhas aos nove meses após o plantio; **B:** Coloração avermelhada dos frutos; **C:** Coloração amarelada da casca no tratamento completo.

3.3. Potássio

Os primeiros sintomas de deficiência de potássio: folhas de menor tamanho e mais estreitas, ocorreram aos oito meses após o plantio, quando a concentração foliar de K era de $11,6 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 4) e, aos onze meses, observou-se um avermelhamento nas folhas mais velhas (medianas). Na Figura 3A, observa-se que plantas sob deficiência de K apresentam o ápice das folhas mais velhas amarronzadas e necrosadas e uma tendência ao tombamento do fruto, que fica mais exposto à queima solar.

Em plantas deficientes de K, podem-se perceber manchas escuras na polpa dos frutos, que são os sintomas de escurecimento interno (Figura 3B). O efeito de K na redução desse distúrbio foi percebido por Soares et al. 2005 que aplicaram KCl no solo, na pré-colheita, e observaram que nos mais altos níveis de aplicação houve redução drástica dos sintomas.

É importante notar que a concentração foliar do -K, na época da colheita dos frutos, era de $3,2 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 4) quando se observou a sintomatologia do escurecimento interno.

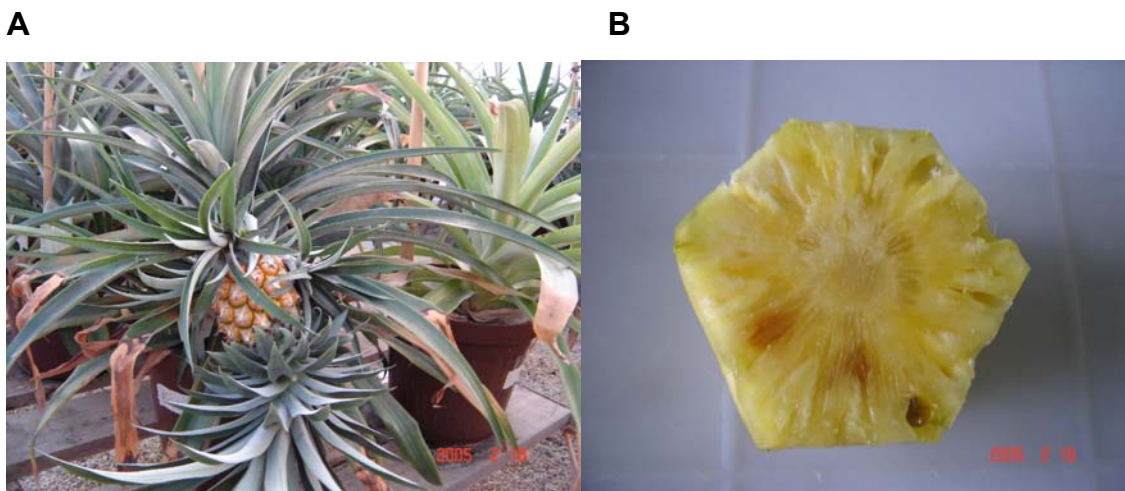


Figura 3. Sintoma de deficiência de K na cv. Imperial. **A:** coloração amarronzada e seca das folhas mais velhas; **B:** início de sintoma do escurecimento interno pela deficiência de K.

3.4. Magnésio

Na Figura 4A, plantas deficientes de Mg apresentam uma coloração verde amarelada nas folhas. Nas Figuras 4A e 4B, percebe-se um amarelecimento seguido de uma necrose na base das folhas da planta e da coroa, na fase da colheita dos frutos. Não foram encontrados na literatura relatos sobre este último sintoma nas plantas com deficiência de Mg, no abacaxizeiro. Segundo Taiz e Zieger, (2004), um sintoma adicional da deficiência de magnésio pode ser a abscisão foliar prematura. Com base na sintomatologia anteriormente citada, parece que o avanço da deficiência poderá levar a essa abscisão. Fontes (2001) cita que plantas deficientes em Mg podem apresentar nas folhas velhas, áreas amareladas e necrosadas, de coloração marrom.

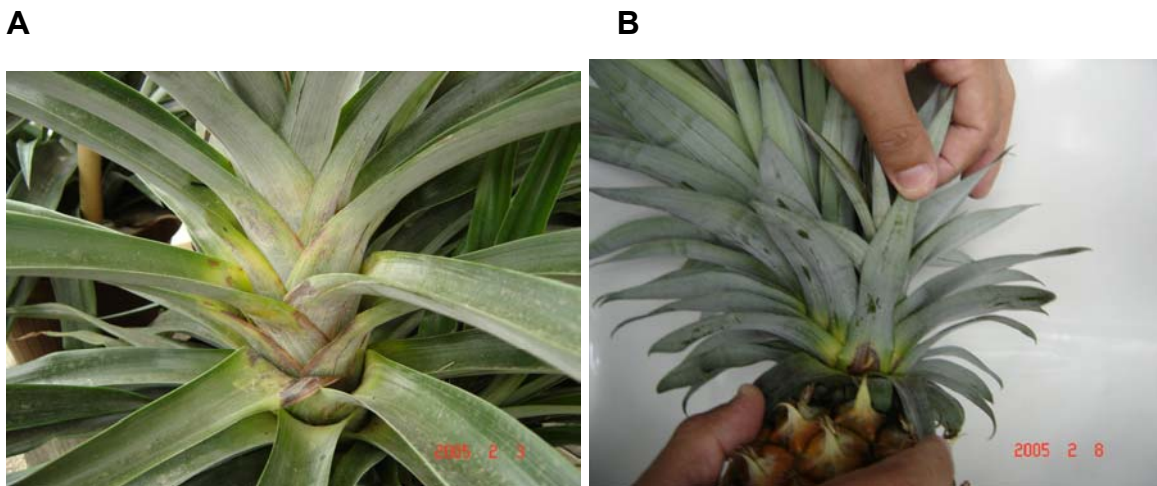


Figura 4. Sintoma de deficiência de Mg na cv.Imperial: **A:** Clorose seguida de necrose na base das folhas da planta e **B:** da coroa.

3.5. Boro

A deficiência de Boro na folha da muda tipo filhote da planta-mãe deixou-a deformada, com aspecto de dente de serra na sua margem (Figura 5A). Esse sintoma foi reportado por Malézieux e Bartholomew (2003). Na literatura não há relatos sobre a ocorrência de sintomas de deficiência de Boro na planta-mãe. Os sintomas de deficiência de B, em um dos frutos avaliados, caracterizaram-se pela formação de excrescência cortiçosa e de rachadura entre os frutinhos (Figuras 5B

e 5C). Sintomas também observados por Siebeneichler et al. (2002), mas somente na planta soca e na fase reprodutiva. Essa autora trabalhou com a cv. Pérola, nas mesmas condições em que foi realizado esse trabalho. Malézieux e Bartholomew (2003) citam que os frutos do abacaxizeiro, em desenvolvimento, com deficiência de Boro, são pequenos e apresentam pequenas rachaduras entre os frutinhos. A má formação dos frutos pode ser o resultado de uma deformação ou senescência prematura da parede celular (Dell e Huang, 1997). Esse efeito na morfologia do fruto é decorrente da ação de B na estruturação da parede celular e na funcionalidade da membrana plasmática. É provável que o aparecimento desses sintomas na planta-mãe seja pela época em que se iniciou a indução de deficiência desse elemento nesse trabalho.

A.**B.****C.**

Figura 5. Sintoma de deficiência de B na cv. Imperial: **A** - Deformação na folha da muda-filhote da planta-mãe; **B** - Formação de excrescência corticosa; **C** - rachadura entre os frutinhos.

CONCLUSÕES

As deficiências de N e de K reduziram o peso fresco e seco, comprimento, largura e área da folha “D” do abacaxizeiro.

A deficiência de Ca reduziu o peso fresco e a área da folha “D” do abacaxizeiro.

Plantas sob deficiência de N apresentaram clorose generalizada e necrose no ápice das folhas mais velhas e frutos com clorose nas folhas da coroa com branqueamento na polpa..

Plantas com deficiência de P apresentaram, na porção mediana das folhas mais novas, uma coloração vermelho – arroxeadada, com os bordos verdes bem pronunciados, e frutos com a casca avermelhada.

Os sintomas visuais de deficiência de K se caracterizaram por apresentar o ápice das folhas mais velhas amarronzadas e necrosadas. Frutos deficientes de K apresentaram polpa com escurecimento interno.

Frutos produzidos em plantas deficientes de Mg apresentaram clorose seguida de necrose na base das folhas da planta e da coroa do fruto.

Apesar dos baixos níveis de S e de Ca, na época da colheita dos frutos, não foram observados sintomas visuais de deficiência nos frutos.

Os sintomas visuais de deficiência de B, na fase vegetativa e produtiva, no primeiro ciclo de produção, caracterizaram-se por folhas deformadas e frutos com cortiça e rachadura entre os frutinhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agusti, M. (1999) Floración y frutificación de los cítricos. *Anais do 1º Simpósio Internacional de fruticultura*, 1, Botucatu-SP, p. 161-186.
- Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S. (1999) Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S., Sousa, L.F. da S. (org). *O abacaxizeiro, cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 17-51.

- d'Eeckenbrugge, G.C., Leal, F. (2003) Morphology, anatomy and taxonomy. In: In: Bartholomew, D.P.; Paul, R.E., Rohrbach, K.G. *The Pineapple- Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, p- 13-32.
- Del, B., Huang, L. (1997) Physiological response of plants to low boron. *Plants and Soil*, 193:103-120.
- Fao FAOSTAT. Data. 2005. Disponível em: [http://faostat.fao.org/faostat/notes/citation .htm](http://faostat.fao.org/faostat/notes/citation.htm). Última atualização fevereiro de 2005.
- Fontes, P.C.R. (2001) Diagnóstico do estado nutricional pelo método visual. In: Fontes, P.C.R. *Diagnostico do estado nutricional das plantas*. Viçosa: Editora UFV, cap. 8, p.63-86.
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 498 p.
- Malézieux, E., Bartholomew, D.P. (2003) Plant nutrition. In: Bartholomew, D.P., Paul, R.E., Rohrbach, K.G. (eds.) *The pineapple, botany, production and uses*. Honolulu: CABI Publishing, cap 7, p.143-165.
- Malézieux, E., Côte, F., Bartholomew, D.P. (2003) Crop environment, plant growth and physiology. In: Bartholomew, D.P., Paul, R.E., Rohrbach, K.G. *The Pineapple- Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, p- 69-107.
- Manica, I. (1999) *Fruticultura Tropical 5*. Abacaxi. Porto Alegre: Cinco Continentes, 501p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C. Oliveira, S.A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas- princípios e aplicações*. 2ª ed. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 319p.
- Malavolta, E. (1999) Mineral nutrition of higher plants: the first 150 years. In: José Osvaldo Siqueira et al. *Interação fertilidade, biologia do solo e nutrição de Plantas*. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, cap. 1, p.51-122.
- Paula, M.B. de, Mesquita, H.A., Nogueira, F.D. (1998) Nutrição e adubação do abacaxizeiro. *Informe Agropecuário*, 19 (195): 33-39.
- Py, C., Lacoeyllhe, J.J., Teisson, C. (1984) *L'ananas: sa culture, sés produits*. Paris: Maisonneuve, 563p.
- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C. de, Silva, J.A. da (2002) Composição mineral da folha em abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 24 (1): 194-198.

- Soares, A.G., Trugo, L.C., Botrel, N., Souza, L.F. da S. (2005) Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by preharvest soil application of potassium. *Postharvest Biology and Technology*, 35:201-207.
- Souza, L.F. da S. (1999) Correção da acidez e adubação. In: Cunha, G.A. P, CABRAL, J.R.S., Souza, L.F.S. (orgs) *O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: EMBRAPA, p.169-202.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2004) Nutrição Mineral. In: Taiz, L., Zeiger, E. (eds.) Trad. Santarém, R.E. et al. *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, p. 95-113.
- Veloso, C.A.C, Oeiras, A.H.L. Carvalho, E.J.M., Souza, F.R.S. de (2001) Resposta do abacaxizeiro á adição do nitrogênio, potássio e calcário em Latossolo amarelo do nordeste paraense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23 (2): 396-402.

4. RESUMOS E CONCLUSÕES

O abacaxi é um fruto tropical muito apreciado e sua comercialização vem se expandindo no mercado mundial, principalmente, por suas características de sabor, aroma e cor.

Para avaliar a influência da deficiência nutricional de macronutrientes e de boro no crescimento, na concentração de nutrientes e na qualidade dos frutos do abacaxizeiro cv. Imperial, e caracterizar os sintomas visuais de deficiência, foi conduzido um experimento na casa de vegetação da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Mudanças de cultura de tecidos com 6,0 cm de comprimento foram plantadas em vasos com 14 kg de areia de praia, lavada com ácido, e distribuídas em blocos casualizados completos, com oito tratamentos e seis repetições. Foram testados os seguintes tratamentos: completo, - N, - P; - K, - Ca, - Mg, - S e - B. As mudas foram irrigadas com solução nutritiva. As plantas foram induzidas à floração oito meses após o plantio.

A concentração de todos os nutrientes sob deficiência foi reduzida na matéria seca foliar do abacaxizeiro. A deficiência de N aumentou a concentração de K e a deficiência de K aumentou a concentração de Mg em todas as quatro épocas avaliadas. As concentrações de Ca, Mg e B aumentaram e as de N, P e K reduziram na época da colheita dos frutos, no tratamento completo. A concentração dos nutrientes foi influenciada pelo estágio fenológico das plantas.

A deficiência de N reduziu o crescimento vegetativo da folha "D" do abacaxizeiro, o peso fresco, o comprimento e o diâmetro do fruto; aumentou a firmeza, os teores da acidez titulável e da vitamina C e diminuiu o pH e a coloração da polpa dos frutos. Além disso, a deficiência de N reduziu a relação

SST/AT. As plantas apresentaram clorose generalizada e necrose no ápice das folhas mais velhas e apresentaram frutos com clorose nas folhas da coroa com branqueamento de polpa.

A deficiência de P reduziu o peso fresco e o diâmetro do fruto. Plantas com deficiência de P apresentaram, na porção mediana das folhas mais novas, uma coloração vermelho - arroxeadada com os bordos verdes bem pronunciados e frutos com a casca avermelhada.

A deficiência de K reduziu o crescimento vegetativo do abacaxizeiro; o peso fresco; o diâmetro ; a percentagem de suco; os sólidos solúveis totais; a vitamina C e o pH dos frutos; entretanto aumentou a firmeza do fruto do abacaxi. Com uma concentração de $11,6 \text{ g kg}^{-1}$ de K, foi possível observar o início do sintoma visual do estreitamento foliar. Os sintomas visuais de deficiência de K se caracterizaram por apresentar o ápice das folhas mais velhas amarronzadas e necrosadas e frutos com sintoma do escurecimento interno.

A deficiência de Ca reduziu o crescimento da folha "D", o peso fresco e o diâmetro do fruto, mas aumentou os sólidos solúveis totais da polpa dos frutos.

A deficiência de Mg reduziu o peso fresco e o diâmetro do fruto. Plantas com deficiência de Mg apresentaram um amarelecimento seguido de uma necrose na base das folhas da planta e da coroa do fruto, no período da colheita.

A deficiência de S aumentou a AT e o teor de vitamina C; reduziu a coloração da polpa, o pH e a firmeza do fruto. Além disso, a deficiência de S aumentou os teores dos sólidos solúveis totais. Apesar dos baixos níveis de S na época da colheita não foram observados, nos frutos, sintomas visuais de deficiência.

A deficiência de B reduziu o peso fresco e o diâmetro do fruto. Os sintomas visuais de deficiência na fase vegetativa e produtiva, no primeiro ciclo de produção, caracterizaram-se por folhas deformadas e frutos com cortiça e rachadura entre os frutinhos.

Não houve influência da deficiência mineral na espessura da casca do abacaxi.

Frutos de plantas sob deficiência de N e K foram menos aceitos pelos provadores da análise sensorial.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agusti, M. (1999a) Floración y frutificación de los cítricos. *Anais do 1º simpósio Internacional de fruticultura*, 1^o, Botucatu: SP, 161-186.
- Agusti, M. (1999b) Floración y frutificación de los cítricos. *Anais do 1º simpósio Internacional de fruticultura*. Botucatu: SP, 187-219.
- Andrews, P.K.; LI, S. (1994) Parcial purification and characterization of α -D-galactosidase from sweet cherry, a nonclimateric fruit. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, Washington: 42(10): 2177-2182.
- Antoniolli, L.R., Benedetti, B.C., Filho, M. de Sá M. de S. (2003) Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. *Pesq. Agropec. Bras*, 38 (9):1105-1110.
- Avilán, L.R. (1975) Efecto de la omisión de los macronutrientes en el desarrollo y composición química de la guanábana (*Annona muricata* L.) cultivada en soluciones nutritivas. *Agronomía Tropical*. 25:73-79.
- Barbosa, S.B.S.C.; Ferreira, E.C., Silva, L.M.S. (1988) Níveis de adubação NPK. para a cultura do abacaxizeiro Pérola em solo Podzólico Vermelho Amarelo de Umbaúba, SE. *Congresso Brasileiro Fruticultura*, 9, Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p.63-67.
- Basso, C., Wilmas, F.W.W., Suzuki, A. (1986) Fertilidade do solo e nutrição da macieira. In: EMPASC. Florianópolis. *Manual da cultura da macieira*. Florianópolis, SC, p.236-265.

- Bezerra, J.E.I.; Maaze, V.C.; Santos, V.F., Lederman, L.E. (1981) Efeito da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na produção e qualidade do abacaxi, cv. Smooth Cayenne. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, 3: 1-5.
- Bhugaloo, R.A., Lalouette, J.A.; Bachraz, D.Y., Sukerdeep, N. (1999) Effect of different levels of nitrogen on yield and quality of pineapple variety Queen Victoria. *Proceedings of the Third Annual Meeting of Agricultural Scientists*, Reduit, Mauritius, 75-80.
- Boaretto, A.E., Chitolina, J.C., Raij, B.Van, Silva, F.C., Tedesco, M.J., Carmo, C.A.F.S. (1999) Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: Silva, F.C. da. (Org.) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Comunicação para a Transferência de Tecnologia, p.: 49- 74.
- Botrel, N., Siqueira, D.L. de, Neto, J.C.P. , Paula, M.B. de (1991) Efeito de diferentes níveis e modos de aplicação de fósforo na cultura do abacaxizeiro. *Pesq. agropec. Bras.*, Brasília, 26 (6): 907-912.
- Botrel, N., Abreu, C.M.P. de (1994) Colheita, cuidados e fisiologia pós-colheita do abacaxi. *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte, 17(179): 33-40.
- Cabral, J.R.S., Matos, A.P. de, Cunha, G.A.P. da (1998) Caracterização morfológico-agronômica de germoplasma de abacaxi. *Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 9, Campinas: RBF, V1. p. 35-40.
- Cabral, J.R.S., Matos, A.P.de (2003) Abacaxi 'Imperial' - variedade resistente à fusariose. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura (folder).
- Carvalho, M.J. da S., Oliveira, Z.P.de (1992) Níveis de adubação para a cultura do abacaxizeiro em alguns solos do Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, 14 (3): 7-11.
- Carvalho, V.D. de., Abreu, C.M.P. de, Gonçalves, N.B. (1998) Qualidade e industrialização de abacaxi. *Informe Agropecuário*, 19 (195): 67-69.
- Carvalho, A J.C. de. (1998) *Composição mineral e produtividade do maracujazeiro amarelo em resposta a adubações nitrogenada e potássica sob lâminas de irrigação*. Tese (Doutorado) - Campos dos Goytacazes –RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense, - UENF, 108p.
- Carvalho, V.D. de (1999) Composição, colheita, embalagem e transporte do fruto. In: Cunha, G.A.P. da., Cabral, J.R.S., Souza, L.F.da S. (orgs). *O abacaxizeiro*.

- Cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia. p: 367-388.
- Carvalho, V.D. de., Cunha, G.A.P. da (1999) Produtos e usos. In: Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S. Souza, L.F.da S. (org). *O abacaxizeiro. Cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia. p: 389-402.
- Chaves, J.B.P., Sproesser, R.L. (1999) Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas. Editora UFV, cadernos didáticos, 66.
- Chitarra, M.I.F. (1994) Colheita e qualidade pós-colheita de frutos. *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, 17(179): 8-18.
- Choairy, S.A. (1984) O abacaxizeiro. João Pessoa: EMEPA-PA. 1984. 93p (EMEPA-PB, documento, 2).
- Conway, W.S., Sams, C.E., Watada, A.E. (1995) Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. *Acta Horticulturae*, Wageningen, (398):31-39.
- Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S. (1999) Taxonomia, espécies, cultivares e morfologia. In: Cunha, G.A.P. da; Cabral, J.R.S. Sousa, L.F. da S. (orgs). *O abacaxizeiro, cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 17-51.
- Das, B.C., Sen, .S.K., Sadhu, M.K. (2000) Flowering behavior and yield of pineapple as influenced by different plant densities and nutrition. *Environment and Ecology*, 18 (2): 334-337.
- d'Eeckenbrugge, G.C., Leal, F. (2003) Morphology, anatomy and taxonomy. In: Bartholomew, D.P., Paul, R.E., Rohrbach, K.G. *The Pineapple- Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, p- 13-32.
- Del, B., Huang, L. (1997) Physiological response of plants to low boron. *Plants and Soil*, 193:.103-120.
- Dekov, I., Velichknov, D. (1992) Ultrastructural and functional changes in the chloroplasts of maize plants various levels of potassium nutrition and water stress. *Plant Physiol*. 18(1):3-9.
- Doyon, G, Gaudreau, G., St-Gelais, D., Beaulieu, Y., Randall, C.J. (1991) Simultaneous HPLC determination of organic acids, sugars and alcohols. *Can. Inst. Sci. Technol.*, 24 (1-2): 87-94.

- Embleton, T.W., Reitz, H.J., Jones, W.W. (1973) Citrus fertilization. In: Reuther, W. (ed.). *The citrus industry*, Univ. Calif., Div. Agr. Sci., California, EEUU, 3: 122-182.
- Epstein, E. (1975) Nutrição mineral das plantas-princípios e perspectivas: tradução e notas de E. Malavolta. Rio de Janeiro, Livros técnicos e científicos; São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 341p.
- Fao Faostat. Data. 2005. Disponível em: <http://faostat.fao.org/faostat/notes/citation.htm>. Última atualização fevereiro de 2005.
- Fagundes, G.R., Yamanishi, O. K., Manica, I., Lacerda, C.S. (2000) Sazonalidade do abacaxi Pérola nas CEASAS do Distrito Federal, Belo Horizonte e Rio de Janeiro, a partir do plano real. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22 (.2): 253-256.
- Fontes, P.C.R. (2001) Diagnóstico do estado nutricional pelo método visual. In: Fontes, P.C.R. *Diagnostico do estado nutricional das plantas*. Viçosa: Editora UFV, cap. 8, p.63-86.
- Frazão, D. A.C, Viégas, I. de J.M., Batista, M.M.F., Cruz, E. de S., Silva, J.F. da. (2002) Teores de N, P, K, Ca, Mg e S em Gravioleiras cultivadas em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. Anais do XVIIth Congresso Brasileiro de Fruticultura (Resumo expandido), Belém, PA(CD-ROOM).
- Freitas, N.C. de (2003) *Crescimento e produção do abacaxizeiro Pérola, com mudas tipo Filhote, em Dom Aquino-MT*. Dissertação (Mestrado) - Cuiabá-MT, Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, 90p.
- Genard, M., Souty, M., Reich, M., Lauret, M. (1996) Modelling the carbon use for sugar accumulation and synthesis in peach fruit. *Acta Horticulturae*, 416: 121-128.
- Giacomelli, E.J. (1982) *Expansão da abacaxicultura no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, 79p.
- Gonçales-Tejera, E., Gandia-Dias, H. (1976) The effect of nitrogen and potassium fertilizers on the productivity and quality of the pineapple cultivar Smooth Cayenne. *24th Annual Congress of the American Society for Horticultural Sciences*, 24th Tropical region, Mayaques Institute of Tropical Agriculturae, 20: 196-205.
- Gonçalves, N.B., Carvalho, V.D. de (2000) Abacaxi-pós-colheita-2. Característica da Fruta. *Frutas do Brasil*, Brasília-DF, (5): 13-27.

- Gondim, T.M.de S., Azevedo, F.F. de (2002) Diferenciação floral do abacaxizeiro cv. SNG-3 em função da idade da planta e da aplicação do carbureto de cálcio. *Rev. Bras. Frutic.* 24 (2): 420-425.
- Guong, V.T., TINH, T.K., Trang, T.T.T., Moil, T. (1997) Effect the phosphorus, lime, and potassium fertilization on the aluminium uptake and pineapple yield in acid sulphate soils in the Mekong Delta, Vietnam. *Acta Horticulturae*. Leuven, Belgium: International Society for Horticulturae Science: (425): 403-409.
- Hartz, H.K., Miyao, G., Mullen, R.J. (1999) Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *J. Am.Soc. Hort. Sci.*, 124 (2):194-204.
- Hepton, A. (2003) Cultural System. In: Bartholomew, D.P.; Paul, R.E., Rohrbach, K.G. *The Pineapple- Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, p-109-142.
- Hiroce, R, Bataglia, O.C., Furlani, P.R., Furlani, A.M.C., Giacomelli, E.J., Gallo, J.R. (1977) Composição química inorgânica do abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merr.), cv. Smooth Cayenne da região de Bebedouro, SP. *Ciência e Cultura*. 29 (3):323-326.
- Hudina, M., Stampar, F. (2000) Free sugar and sorbitol content in pear (*Pyrus communis* L.) Cv. 'Williams' during development using different treatments. *Acta horticulturae*, 514: 269-273.
- Hunsche, M., Brackmann, A., Ernani, P.R. (2003). Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji'. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 38 (4): 489-496.
- IAC. (2005) Abacaxi. Boletim 200 do IAC-SP. Disponível em: <http://www.ruralnet.com.br/frutiferas/abacaxi.asp>. Acessado em: 19/11/2005.
- Iuchi, V.L. (1978) *Efeito de sulfato de amônio, superfosfato simples e sulfato de potássio sobre algumas características da planta e qualidade do fruto do abacaxizeiro, Ananas comosus* (L.) Merr., variedade Smooth Cayenne. Tese (mestrado em Fitotecnia)-Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 61p.
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 498 p.
- Jones, Jr., Wolf, J.B., Mills, H.A. (1991) *Plant analysis Handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens: Micro-Macro Publishing, 213 p.

- Kays, S.J. (1999) Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest biology and Technology*. University of Georgia, USA, 15(3): 233-247.
- Kluge, R.A., Filho, J.A.S., Jacomino, A.P., Peixoto, C.P. (2001) *Distúrbios fisiológicos em frutos*. Piracicaba: FEALQ, 58p.
- Lacoeuilhe, J.J. (1982) Deficiências nutricionais. *Anais do Simpósio Brasileiro de Abacaxicultura*, 1, Jaboticabal, p. 99-110.
- Lee, C.Y., Massey, L.M.J.R., Van Bureu, J.P. (1982) Effects of postharvest handling and processing on vitamin contents of pears. *J. Food Sci.*, 47:961-964.
- Lee, S.K., Kader, A.A. (2000) Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C. content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20: 207–220.
- Leite, R.R. de A., Castro, A .M. G. de, Santos, E. do E. (2003) Demandas dos consumidores de abacaxi do Centro-Oeste. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, 20: 495-520.
- Malavolta, E. (1980) Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo. Ceres, 251p.
- Malavolta, E. (1982) Nutrição mineral e adubação do abacaxizeiro. Anais do Simpósio Brasileiro de Abacaxizeiro, 1, Jaboticabal: FCAV, p.21-153.
- Malavolta, E. (1992) *ABC da análise de solos e folhas*. São Paulo: Ceres, 124p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2ª.ed. Piracicaba: POTAFOS, .319p.
- Malavolta, E. (1999) Mineral nutrition of higher plants: the first 150 years. In: José Osvaldo Siqueira et al. *Interação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, cap. 1, p.51-122.
- Malézieux, E., Bartholomew, D.P. (2003). Plant Nutrition. In: Bartholomew, D.P.; Paul, R.E., Rohrbach, K.G. (eds.) *The Pineapple- Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, p-143-165.
- Malézieux, E., Côte, F., Bartholomew, D.P. (2003). Crop environment, plant growth and physiology. In: Bartholomew, D.P., Paul, R.E., Rohrbach, K.G. *The Pineapple- Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, p- 69-107.
- Manica, I. (1999) *Fruticultura Tropical 5. Abacaxi*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 501p.

- Marschner, H. (1995) *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press, London, p. 229-312.
- Morales, E.A.V. (1974) Efeito da adubação NPK 3³ em abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) em solos de cerrado do Distrito Federal. Viçosa, UFV, 1974, 61p. Tese (Mestrado).
- Nightingale, G.T. 1942. Nitrate and carbohydrate reserves in relation to nitrogen nutrition of pineapple. *Botanical Gazette*. 103: 409-456.
- Owusu-bennoah, E., Ahenkorah, Y. (1997) Effect of different levels of N: K₂O ratios on the yield and quality in the Forest-savana ecotone of Ghana. *Acta Horticulturae*. Leuven, Belgium: International Society for Horticulturae Science, (425): 393-402.
- Paula, J.M.C. de (2002) *Florescimento, produção e qualidade do fruto do abacaxi cv. Pérola em função da idade da planta na indução floral*. Tese (mestrado)-Cuiabá-MT, Universidade Federal do Mato Grosso-UFMT, 44p.
- Paula, M.B. de, Carvalho, J.G. de, Nogueira, F.D., Silva, C.P. de R. (1985) Exigências nutricionais do abacaxizeiro. *Informe agropecuário*, 11 (130): 27-31.
- Paula, M.B. de, Carvalho, V.D. de, Souza, L.F. da S. (1991) Efeito da calagem, potássio e nitrogênio na produção e qualidade do fruto do abacaxizeiro. *Pesq. agropec. Bras.*, Brasília, 26 (.9): 1337-1343.
- Paula, M.B.de, Mesquita,H.A.de, Nogueira, F.D. (1998) Nutrição e adubação do abacaxizeiro. *Informe agropecuário*, 19 (195): 33-39.
- Paula, M.B. de , Holanda, F.S.R., Mesquita, H.A., Carvalho, V.D. de (1999) Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. *Pesq. agropec. Bras.*, Brasília, 34 (.7):1217-1222.
- Paull, R.E (1993) Pineapple and papaya. In: Seymour G., Taylor, J., Tucker, G. (eds) *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman e Hall, London, p. 291-323.
- Paul, R. E., Cheng, C. C. (2003) Postharvest physiology, handling and storage of pineapple. In: Bartholomew, D.P.; Paul, R.E. and Rohrbach, K.G (Ed.). *The Pineapple- Botany, Production and Uses*. Honolulu: CABI Publishing, cap. 10, p. 253-279.
- Peres, L.E.P. (2001) Transporte no floema. Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP. Disponível em: <http://www.ciagri.usp.br>. Acessado em: 28 de julho de 2005.

- Pires, C.B., Menelau, A.S., Gominho, S.F., et. al. (1989) Interpretação econômica da fertilização química do abacaxizeiro (*Ananas comosus*(L.) Merr.) *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, Recife, 6 (especial):81-97.
- Pretty, K.M. (1982) O potássio e a qualidade da produção agrícola. In: Yamada, T., Igue, K., Muzilli, O., Usherwood, N.R., *Potássio na agricultura brasileira*. Londrina-SP, Instituto internacional da potassa, p-95-162.
- Py, C., Lacoeylhe, J.J., Teisson, C. (1987) *The pineapple: cultivation and uses*. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, 568p.
- Py, C., Lacoeylhe, J.J., Teisson, C. (1984) *L'ananas: sa culture, ses produits*. Paris: Maisonneuve, 563p.
- Quaggio, J.A., PIZA, J.R., C. de T. (2001) Fruteiras tropicais. In: Ferreira, M.E, Cruz, M.C., Raij, B.van; Abreu, C.A. de (eds.) *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: Legis Summa Ltda. p.:43-70.
- Quaggio, J.A., Mattos, Jr.D., Cantarella, H.; Almeida, E.L.E., Cardoso, S.A.B. (2002). Lemon Yield and fruit quality affected by NPK fertilization. *Scientia horticulturae*, 96: 151-162.
- Quaggio, J.A., Raij, B.van, Piza Jr., C. T. (1996) Frutíferas. In: Raij, B. van et al. (eds.), *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2nd ed. (Boletim Técnico 100), IAC, Campinas, Brasil, p.121-125.
- Razzaque, A.H.M., Hanafi, M.M. (2001) Effect of potassium on growth, yield and quality of pineapple in tropical peat. Cirad/EDP Sciences. *Fruits*, 56 (1): 45-49.
- Reinhardt, D.H., Medina, V.M. (1992) Crescimento e qualidade do abacaxi cvs. Perola e Smooth Cayenne. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 27 (3): 435-447.
- Reinhardt, D.H. (2000) A planta e o seu ciclo. In: Reinhardt, D.H., Souza, L.F. da S., Cabral, J.R.S. (eds.). *Abacaxi-produção-aspectos Técnicos*. Frutas do Brasil, 7, Brasília, p-13-14.
- Reinhardt, D.H., Souza, L.F.da S., Cunha, G.A.P da (2000) Exigências edafoclimáticas *Abacaxi-produção-aspectos técnicos*: Frutas do Brasil, 7, Brasília, p.11-12.
- Reinhardt, D.H., Medina, V.M., Caldas, R.C., Cunha, G.A.P. da, Estevam, R.F.H. (2004) Gradientes de qualidade em abacaxi 'Pérola' em função do tamanho e do estágio de maturação do fruto. *Rev. Brás. Frutic.* , 26 (3): 544-546.

- Rodrigues, A.E.C., Petzhold, R.B. (1987) Efeito da adubação NPK e de calcário dolomítico sobre a produção de frutos do abacaxizeiro cv. Pérola. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 9, Campinas: SBF, p. 41-46.
- Santana, F.F., Medina, V.M. (2000) Alterações bioquímicas durante o desenvolvimento do fruto do abacaxizeiro “Pérola”. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal, 22 (n. Especial): 53-56.
- Selamat M.M., Ramlah M. (1993) The response of pineapple cv. Gandul to nitrogen, phosphorus and potassium on peat soil in MalaysiaIn: Bartholomew D.P., Rohrbach K.G. (Eds) *Proceedings of the first international pineapple symposium*, Honolulu, Hawaii, p.247–254.
- Shelp, B.J., Penner, R., Zhu, Z. (1992) Broccoli (*Brassica oleraceae* var. italica) cultivar response to boron deficiency, *Canadian Journal of Plant Science*, p. 883-888.
- Shelp, B.J. (1993) Physiology and biochemistry of boron in plants. In: Boron and its role in crop production. U.C. Gupta (ed) CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 53-85.
- Siebeneichler, S. C. (2002) O boro na cultura do abacaxizeiro ‘Pérola’ no norte do Estado do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)- Campos dos Goytacazes- RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, 75p.
- Siebeneichler, S.C., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C. de, Silva, J.A. da (2002). Composição mineral da folha em abacaxizeiro: efeito da parte da folha analisada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 24 (1): 194-198.
- Silva, H., Silva, A.Q. da., Roque, M. L. and Malavolta, E.1986. Nutrição Mineral da Graviola (*Annona muricata* L). II. Teores de macronutrientes e boro. *Anais do 8th Congresso Brasileiro de Fruticultura*, Sociedade Brasileira de Fruticultura, Brasília. 2: (303-307).
- Spironello, A., Bortoletto, N., Sigrist, J.M.M. et al. (1997) Avaliação agrotecnológica e do ciclo de variedades de abacaxizeiro, em duas densidades em Votuporanga (SP). *Bragantia*, 56(.2): 343-355.
- Spironello, A., Quaggio, J.A., Teixeira, L.A.J., Furlani, R., Sigrist, J.M.M. (2004) Pineapple yield and fruit quality effect by NPK fertilization. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal- SP, 26 (1):155-159.

- Soares, A.G., Trugo, L.C., Botrel, N., Souza, L.F. da S. (2005) Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comusus* L.) by preharvest soil application of potassium. *Postharvest Biology and Technology*, 35: 201-207.
- Souza, M. de (1979) Adubação das plantas cítricas. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 5 (52): 26-31.
- Souza, L.F. da S., Cunha, G.A.P. da, Rodrigues, E.M. (1991) Densidade de plantio x adubação na cultura do abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 13 (4): 191-196.
- Souza, L.F. da S. (1999a) Exigências edáficas e nutricionais. In: Cunha, G.A.P. da, Cabral, J.R.S., Souza, L.F. da S. (orgs.) *O abacaxizeiro, Cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.67-82.
- Souza, L.F. da S. (1999b) Correção da acidez e adubação. In: Cunha, G.A.P. da; Cabral, J.R.S., Souza, L.F. da S. (orgs.) *O abacaxizeiro, Cultivo, agroindústria e economia*. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.169-202.
- Souza, L.F. da. Adubação (2000) In: Reinhardt, D.H, Souza, L. F.da S., Cabral, J. R. S. *Abacaxi- Produção- Aspectos técnicos. Frutas do Brasil*, 7: 30-34.
- Souza, L.F. da S., Reinhardt, DH. 2004. O abacaxizeiro e a adubação após a indução floral. Disponível: <http://www.cnpmf.br/publicações/comunicados/comunicado-103.pdf>.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2004) Nutrição Mineral. In: Taiz, L., Zeiger, E. (eds.) Trad. Santarém, R.E. et al. *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, p. 95-113.
- Tay, T.H. (1975) Effects of N and K on the growth, mean fruit weight and fruit quality of pineapple. *Mardi Res. Bull.* 3 (1):1-14.
- Teixeira, L.A.J., Spironello, A., Furlani, P.R., Sigris, J.M.M. (2002) Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. *Rev. Bras. Frutic.*, 24 (1): 219-224.
- Thé, PM,P., Carvalho, V.D. de, Abreu, C,M, P de, Nunes, R. de P., Pinto, N.A.V.D. (2001) Efeito da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química do abacaxi cv. *Smooth Cayenne* L. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 25 (.2):356-363.

- Veloso, C.A.C., Oeiras, A.H.L., Carvalho, E.J.M., Souza, F.R.S. de (2001) Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em latossolo amarelo do nordeste Paraense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23 (2):396-402.
- Viegas, I. de J. M., Thomas, M. A A, Silva, J. F. da et al. (2004) Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. *Rev. Bras. Frutic.*, 26 (2): 315-319.