

MACRONUTRIENTES E BORO EM *Capsicum annuum* var. *annuum*:
CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL, SINTOMAS DE
DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE CAPSAICINÓIDES

MÍRIAN PEIXOTO SOARES DA SILVA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO– 2014

MACRONUTRIENTES E BORO EM *Capsicum annuum* var. *annuum*:
CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL, SINTOMAS DE
DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE CAPSAICINOIDES

MÍRIAN PEIXOTO SOARES DA SILVA

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

Orientador: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO– 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA / UENF 063/2014

Silva, Mirian Peixoto Soares da

Macronutrientes e boro em *Capsicum annuum* var. *annum*: crescimento, composição mineral, sintomas de deficiência nutricional e produção de capsaicinoides / Mirian Peixoto Soares da Silva. – 2014.

104 f. : il.

Orientador: Almy Junior Cordeiro de Carvalho.

Tese (Doutorado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2014.

Bibliografia: f. 87 – 100.

1. Pimenta 2. Nutrientes minerais 3. Produção de frutos 4. Princípios ativos I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 635.643

MACRONUTRIENTES E BORO EM *Capsicum annuum* var. *annuum*:
CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL, SINTOMAS DE
DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE CAPSAICINOIDES

MÍRIAN PEIXOTO SOARES DA SILVA


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

Aprovada em 25 de Fevereiro de 2014

Comissão Examinadora



Prof. Savio da Silva Berilli (D.Sc., Produção Vegetal) – IFES



Profª Maria Simone Mendonça Freitas (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF



Profª Cláudia Lopes Prins (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF



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

A Deus;

Ao meu esposo Francisco Vilanilson;

Aos meus filhos Isac, Samuel e Saulo;

A meus pais Ricardo e Evany, irmãos Aline e Reynaldo e sobrinhas Maria Eduarda e Larissa.

AGRADECIMENTOS

A Deus;

Ao meu esposo Francisco Vilanilson pelo amor, pelo companheirismo e pela dedicação aos nossos filhos;

A meus filhos e sobrinhas que são minha alegria;

Aos meus pais que sempre estão ao meu lado me fortalecendo e me apoiando em tudo que preciso;

Aos meus irmãos pelas conversas, pelas ideias e pelo apoio durante toda a vida;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela concessão da bolsa de doutorado;

A Capes e a Faperj pelo financiamento dos projetos;

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao Laboratório de Fitotecnia, pela oportunidade para a realização deste curso e disponibilização da estrutura para condução dos experimentos;

Ao Prof. Almy Junior e à Prof^a Marta Freitas pela orientação e pelos ensinamentos;

À Prof^a Cláudia Prins pela ajuda, sugestões e principalmente pela amizade;

À Prof^a Rosana Rodrigues pelos ensinamentos e pela disponibilização do material genético utilizado nos experimentos;

Aos técnicos Sr. Acácio, Detony e Guilherme pela enorme colaboração;

A todos os meus amigos pelo incentivo, pelas ajudas incansáveis e pela ótima convivência. Vocês foram fundamentais. OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1. <i>Capsicum</i> spp.	5
3.1.1. Pimenta (<i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i>)	8
3.2. Capsaicinoides.....	10
3.3. Macronutrientes e Boro: funções e sintomas de deficiência	15
3.3.1. Nitrogênio	16
3.3.2. Fósforo	17
3.3.3. Potássio.....	19
3.3.4. Cálcio	21
3.3.5. Magnésio	22
3.3.6. Enxofre	24
3.3.7. Boro.....	25
3.4. Diagnose visual da deficiência mineral.....	27

4. TRABALHOS.....	30
4.1. ARTIGO Nº 01: CRESCIMENTO DE <i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i> E PRODUÇÃO DE FRUTOS EM FUNÇÃO DA DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E BORO.....	30
4.2. ARTIGO Nº 02: CAPSAICINOIDES E COMPOSIÇÃO MINERAL DE FRUTOS DE <i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i> PRODUZIDOS SOB DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL.....	47
4.3. ARTIGO Nº 03: <i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i> SOB DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL: COMPOSIÇÃO MINERAL E SINTOMAS VISUAIS.....	63
5. RESUMO E CONCLUSÕES	85
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICE	101

RESUMO

SILVA, Mírian Peixoto Soares da, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2014. Título: Macronutrientes e boro em *Capsicum annuum* var. *annuum*: crescimento, composição mineral, sintomas de deficiência nutricional e produção de capsaicínoides. Orientador: Prof. Almy Junior Cordeiro de Carvalho. Coorientadora: Prof^a Marta Simone Mendonça Freitas.

Estudos testando o estresse causado pela deficiência nutricional no crescimento e no desenvolvimento de algumas espécies vêm sendo realizados, entretanto, não são relatados na literatura sintomas de deficiência nutricional em pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, muito menos durante a fase de frutificação, bem como sua influência na produção de capsaicínoides. Neste sentido, objetivou-se com estes trabalhos verificar o efeito do estresse causado pela deficiência individual de macronutrientes e boro no crescimento vegetativo, na composição mineral das plantas, na caracterização dos sintomas de deficiências nutricionais nas plantas e nos frutos, bem como a produção de capsaicínoides nos frutos de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, cultivada em sistema hidropônico com substrato de areia na região Norte Fluminense. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes, estado do Rio de Janeiro, Brasil, no período de 09/05 a 08/12/2012. No primeiro experimento, o delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 8x3, sendo oito tratamentos nutricionais (completo e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S ou B) e três colheitas de plantas inteiras, com quatro repetições para cada tratamento.

Conclui-se que o estresse causado pela deficiência individual de nutrientes influencia negativamente no crescimento das pimenteiros submetidas aos tratamentos deficientes em N, P, K, Ca e Mg. A produção de pimentas reduz quando as pimenteiros são cultivadas sob deficiência individual de nutrientes, com exceção daquelas submetidas ao tratamento deficiente em B. No segundo experimento, o delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 8x2, sendo oito tratamentos nutricionais (completo e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S ou B) e duas épocas de colheitas de plantas inteiras, com quatro repetições para cada tratamento. Concluiu-se que as pimentas produzidas sob deficiência de K e de S apresentam, respectivamente, aumento e redução nos teores de capsaicina. Os teores de capsaicina variaram de 0,369 a 1,224 mg g⁻¹ de fruto seco e foram diferentes entre as épocas de colheita. No terceiro experimento, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados com oito tratamentos nutricionais (completo e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S ou B) com quatro repetições para cada tratamento. A faixa da composição mineral foliar das pimenteiros cultivadas sob solução nutritiva completa, que correspondeu ao tratamento com maior produção total de frutos (412 g planta⁻¹) variou, em g kg⁻¹, de 27,96 a 55,77 para N, 1,72 a 4,09 para P, 39,37 a 49,60 para K, 20,64 a 45,83 para Ca, 8,36 a 11,02 para Mg, 6,05 a 7,46 para S, e em mg kg⁻¹, 63,83 a 77,57 para B. Concluiu-se que as pimenteiros cultivadas sob deficiência de macronutrientes e B apresentam sintomas visuais de deficiência individual em folhas, nos frutos produzidos sob deficiência de N, K, Ca, Mg, S e B e nas raízes sob deficiência de N, P, Ca, S e B. A ordem de aparecimento de sintomas na pimenteira é: N, K, P, Mg, S, Ca e B.

Palavras-chave: pimenta, nutrientes minerais, produção de frutos, princípios ativos

ABSTRACT

SILVA, Mírian Peixoto Soares da, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. February, 2014. Macronutrients and boron in *Capsicum annuum* var. *annuum*: growth, mineral composition, nutritional deficiency symptoms and capsaicinoids production. Advisor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho. Co-advisor: Marta Simone Mendonça Freitas.

A range of studies on effects of nutritional deficiency stress and its effects on growth and development are carried out with several species. However, for pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) there are no reports in literature, as well as no reference to nutrients deficiency and capsaicinoids production. This research aims to verify the effects of individual nutritional deficiency of macronutrients and boron on vegetative growth, mineral composition, visual symptoms of deficiency in plants and fruits, and capsaicinoids contents in fruits of pepper *Capsicum annuum* var. *annuum* grown hydroponically using sand as substrate in the North Fluminense region. The experiment was carried out in greenhouse at North Fluminense State University – Darcy Ribeiro, in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil, from May, 9th to December, 12th, 2012. It was used randomized blocks design in factorial scheme 8x3 with eight nutritional treatments (complete and individual deficiency of N, P, K, Ca, Mg, S or B) and three harvests of whole plants, with four repetitions. Stress due to individual nutritional deficiency of N, P, K, Ca and Mg negatively influences pepper growth. Except for B deficiency, all individual nutrient deficiencies reduce pepper fruits production. In the second experiment it was used randomized blocks in factorial scheme 8x2, being eight nutritional treatments (complete and

individual deficiency of N, P, K, Ca, Mg, S or B) and two harvest times of whole plants with four repetitions. K and S deficiencies respectively caused increase and reduction on capsaicinoids (CAP) contents in pepper fruits. CAP contents ranged from 0,369 to 1,224 mg g⁻¹ and were different according to harvest time. A third experiment was designed in randomized blocks with eight nutritional treatments (complete and individual deficiency of N, P, K, Ca, Mg, S or B) with four repetitions. The foliar mineral composition of peppers grown using complete nutritive solution, the treatment that corresponded to the highest total fruits production (412.10 g plant⁻¹), ranged, in g kg⁻¹, from 27.96 to 55.66 for N, 1.72 to 4.09 for P, 39.37 to 49.60 for K, 20.64 to 45.83 for Ca, 8.36 to 11.02 for Mg, 6.05 to 7.46 for S, and, in mg kg⁻¹, 63.83 to 77.57 for B. Plants grown under N, K, Ca, S and B showed visual symptoms on leaves and fruits. Symptoms of nutritional deficiency of N, P, Ca, S and B were observed on roots. The order of symptoms appearance is: N, K, P, Mg, S, Ca and B.

Keywords: pepper, mineral nutrients, fruit production, active principles

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum*, família das solanáceas, tem seu centro de origem na Bolívia (Moscone et al., 2007), constituindo-se de 31 espécies confirmadas e mais cinco em processo de classificação, das quais estão difundidas em várias partes do mundo, tanto em regiões de clima tropical quanto temperado (Viñals et al., 1996; Moscone et al., 2007). O Brasil é um importante centro de diversidade genética desse gênero que engloba a pimenta, cujo fruto possui pungência devido à presença de capsaicinoides (Bosland, 1996). As pimentas são cultivadas em todas as regiões do Brasil, principalmente no sudeste e centro-oeste (Fonseca, 2006).

As pimentas que sempre foram consideradas secundárias em relação às demais hortaliças frescas, provavelmente, devido ao baixo consumo e ao pequeno volume comercializado, têm ganhado mercado e se destacado em função do desenvolvimento de novos produtos, com grande valor agregado, como conservas ornamentais, geleias especiais e outras formas processadas (Henz, 2006).

Dentre estes benefícios estão os aspectos nutracêuticos que estas hortaliças apresentam, como altos teores vitamínicos (Linguanotto, 2004) e excelentes fontes de antioxidantes naturais (Reifschneider, 2000). A pimenta semidoce pode ser também comercializada em pó, após seca e moída, sendo denominada como páprica, já as pimentas mais pungentes são bastante utilizadas na composição de medicamentos, cosméticos e pela indústria bélica, na produção de “spray de pimenta” (Reifschneider, 2000; Wagner, 2003).

A pungência que as pimentas do gênero *Capsicum* apresentam, é resultante do seu metabolismo secundário, servindo como mecanismo de defesa contra herbívoros. Essa pungência ocorre em função da presença de capsaicinoides, que são acumulados pelas plantas no tecido da superfície da placenta e liberados por dano físico às células quando se extraem sementes ou corta-se o fruto. Uma das maneiras mais utilizadas para se determinar o teor de capsaicinoides, é a escala de Unidade de Calor Scoville, ou simplesmente SHU, cujos valores variam de zero para os pimentões e as pimentas doces (não picantes) a mais de 300.000, para as pimentas mais picantes (Reifschneider, 2000).

Dos capsaicinoides existentes, os que ocorrem em maior quantidade são a capsaicina, a dihidrocapsaicina e a nordihidrocapsaicina (Bosland, 1993). A quantidade de material vegetal (Lapa, 2006) e o conteúdo destes metabólitos produzidos e ainda a ação de seus princípios ativos podem ser influenciados pelo tipo de planta, pelo local de origem, pelas condições climáticas, pelos eventos fenológicos, pela injúria física, pela herbivoria, pelas desordens nutricionais e por outros tipos de estresse (Gobbo-Neto e Lopes, 2007; Freitas et al., 2008). Dentre esses fatores, a desordem nutricional é uma das que merecem destaque, pois além de afetar a biossíntese de metabólitos secundários, o crescimento e o desenvolvimento das plantas, podem influenciar também a quantidade e a qualidade dos frutos produzidos (Lapa, 2006; Freitas et al., 2008).

Com os desequilíbrios nutricionais que muitos solos apresentam, as espécies costumam mostrar alterações morfofisiológicas para tentar compensar esta inadequação através da maximização do ganho de massa seca (Lapa, 2006). Entretanto, quando este desequilíbrio não é corrigido, podem ser visualizados sintomas, que em geral são mais evidentes nas folhas, lembrando que mesmo antes do aparecimento destes, a produção normalmente já está comprometida (Malavolta et al., 1989).

Dentre os estudos realizados por meio da técnica do elemento faltante, em cultivo hidropônico (em substrato ou em água), envolvendo a deficiência nutricional e os sintomas causados por esta desordem estão os de: Veloso e Muraoka (1993) em pimenteira do reino; Naiff (2007) em alpinia; Pinho et al. (2008) em coco anão verde; Ramos et al., (2009) em abacaxi 'Imperial'; Benedetti et al. (2009) em espinaheira santa; Gama (2010) em vinca; Freitas et al. (2011) em maracujazeiro

doce; Flores et al. (2012) em pimenteira malagueta e Viégas et al. (2013) em pimenteira-longa.

O sintoma de deficiência de um determinado nutriente muitas vezes não ocorre da mesma forma ou na mesma região da planta em espécies diferentes. Para algumas espécies de *Capsicum*, como a pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum* a caracterização da deficiência nutricional por meio dos sintomas visuais, o seu efeito no crescimento das plantas, a produção dos metabólitos secundários e a composição mineral dos frutos ainda não são relatados na literatura.

Neste contexto, devido à grande importância dos frutos de *Capsicum* para alimentação tanto para o consumo *in natura* quanto na industrialização, bem como o interesse da indústria farmacêutica nos capsaicinoides, é de extrema importância o conhecimento do crescimento e desenvolvimento destas espécies em condições de deficiência nutricional.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Verificar o efeito do estresse causado pela deficiência individual de macronutrientes e boro em pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum* cultivada em sistema hidropônico com substrato na região Norte Fluminense.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar os sintomas de deficiência individual de macronutrientes e boro em pimenteiras *Capsicum annuum* var. *annuum* cultivadas em sistema hidropônico com substrato, nas fases vegetativa e de frutificação;
- Verificar o efeito da deficiência individual de macronutrientes e boro no crescimento de pimenteiras *Capsicum annuum* var. *annuum* e a sua produção de frutos, quando cultivadas em sistema hidropônico com substrato;
- Verificar o efeito da deficiência individual de macronutrientes e boro sobre a composição mineral dos frutos de pimenteiras *Capsicum annuum* var. *annuum*, cultivadas em sistema hidropônico com substrato;
- Verificar o efeito da deficiência individual de macronutrientes e boro sobre a biossíntese de capsaicinoides em frutos de pimenteiras *Capsicum annuum* var. *annuum* cultivadas em sistema hidropônico com substrato.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. *Capsicum* spp.

As pimentas do gênero *Capsicum* pertencem à família das solanáceas, da qual também fazem parte o pimentão, a berinjela, a batata e o tomate. Do grego, Kapsó significa picar e kapsakes cápsula. Originário da Bolívia (Moscone et al., 2007), esse gênero se expandiu com grande velocidade por outras partes do mundo, tanto em regiões tropicais quanto temperadas, a partir do século XVI (Barbosa et al., 2002). É caracterizado por possuir 31 espécies confirmadas e cinco em vias de classificação (Moscone et al., 2007). Dessas, cinco são domesticadas: *Capsicum annuum* L., *C. frutescens* L., *C. chinense* Jacq., *C. baccatum* L. e *C. pubescens* R. (Viñals et al., 1996).

Essa domesticação ocorre quando o homem interfere no processo de seleção natural e define de acordo com suas necessidades, quais são as características que deseja perpetuar. E assim, passa a selecionar somente as sementes das plantas em que essas características ocorrem de forma mais nítida (Reifschneider, 2000).

A partir das cinco espécies domesticadas, foram derivadas mais de 150 variedades de *Capsicum* distribuídas pelo mundo. Há também as espécies silvestres as quais, eventualmente são usadas em programas de melhoramento genético visando tornar os cultivos comerciais mais resistentes a doenças e as pragas (Neto, 2004).

No Brasil, principalmente no centro-sul, são normalmente cultivados o pimentão e as cinco espécies de pimentas, mencionadas anteriormente, que caracterizam-se pela coloração da flor, pelo número de flores por nó e pela cor da corola. A posição, a coloração, o formato e a pungência dos frutos também são características utilizadas para diferenciar as espécies entre si (Teixeira, 1996; Reifschneider, 2000). No Brasil, as pimentas estão difundidas em todas as regiões, sendo a espécie *Capsicum annum*, cultivada, principalmente em São Paulo, Minas Gerais e Goiás (Pinto et al., 2006).

As pimentas são classificadas como Angiosperma, Dicotyledonea, divisão Spermatophyta, ordem Solanales, família Solanaceae, subfamília Solanoideae e tribo Solaneae (Vinãls et al., 1996). São cultivadas como anuais (Filgueira, 2000), porém também existem espécies bienais e perenes (Bosland, 1996). Arbustivas e de caule resistente (Filgueira, 2000), variam em altura e forma de desenvolvimento, em função do genótipo e das condições de cultivo (Vinãls et al., 1996; Stommel e Bosland, 2006; Carvalho e Bianchetti, 2007). Possuem flores hermafroditas, sendo consideradas como autógamas por apresentarem autopolinização de mais de 95%, porém, existe uma pequena taxa de polinização cruzada que depende da ação de insetos polinizadores (Filgueira, 2000).

De acordo com Reifschneider (2000) os frutos de *Capsicum* foram, possivelmente, os primeiros aditivos alimentares usados por antigas civilizações do México e da América do Sul após observarem a capacidade desses frutos em acentuar o sabor, a cor e o aroma dos alimentos, além de preservá-los da contaminação por bactérias e por fungos patogênicos, o que colaborava para conservar a boa saúde, aumentando a longevidade da população.

Desde então, os frutos de *Capsicum* passaram a ser cada vez mais consumidos, sendo na forma *in natura*, em conservas e até industrializados. As pimentas tornaram-se símbolo da culinária e passaram a ser consideradas uma das mais importantes especiarias utilizadas (Zancanaro, 2008). Segundo Carvalho et al. (2003), os produtos à base de pimentas são consumidos por um quarto da população mundial, principalmente na forma de condimentos, mostrando a importância destas hortaliças.

Como consequência, o agronegócio envolvendo espécies *Capsicum* é bastante diversificado e possui grande importância socioeconômica, sendo explorado tanto pela agricultura familiar como pelas agroindústrias. Onde são

comercializados tanto frutos com ausência de pungência (pimentões e pimentas doces para consumo *in natura* e corantes), quanto os com pungência, variando de pimentas menos pungentes para consumo *in natura* e desidratadas, às com pungência intermediária para molhos liquefeitos e páprica picante, até os com alta pungência para conservas e indústrias farmacêutica, de cosméticos e bélica (Wagner, 2003; Henz e Costa, 2005). Outra forma de comercialização de excelente potencial tem sido como ornamentais, normalmente cultivadas em vasos (Pinto et al., 2006; Segatto, 2007).

O cultivo de pimentas que era considerado uma atividade secundária, passou por grandes transformações, assumindo grande importância para o Brasil. Essas transformações ocorreram principalmente visando atender ao mercado consumidor nacional e internacional, onde a agregação de valor ao produto tem sido uma das principais responsáveis pela ampliação do setor (Henz, 2006). Grandes empresas multinacionais vêm se dedicando a esse tipo de cultivo e promovendo a exportação das pimentas brasileiras para os Estados Unidos, a Alemanha, a China, o Japão e vários outros países (Neto, 2004).

Com relação às propriedades nutricionais, a pimenta é fonte de vitamina A, B₁, B₂. Quando consumida *in natura*, também é rica em vitamina C e ainda em carotenoides, quando os frutos são vermelhos (Viñals et al., 1996; Reifschneider, 2000). Muitas vezes, os teores de vitamina C produzidos pelas pimentas superam os dos frutos cítricos (Bosland, 1993). Como por exemplo, em 100 g de pimenta fresca a concentração de vitamina C é de 250 mg; em 100 g de goiaba a concentração de vitamina C é de 200 mg e em 100 g de polpa de laranja a concentração de vitamina C é de 60 mg (Carvalho, 1984). Porém, vale ressaltar que o consumo de pimenta é menor quando comparado com as frutas citadas.

Na culinária, os frutos são consumidos *in natura* para o preparo de molhos, pratos principais, saladas e condimento, contribuindo para conservar e acentuar o sabor, o aroma e a cor de diversos pratos típicos do mundo (Viñals et al., 1996). A páprica, que é o pó obtido a partir da secagem e a moagem dos frutos de variedades semidoces e a oleoresina, que é um extrato líquido de pimentão (Viñals et al., 1996), são muito utilizadas em comidas (Bosland, 1996).

A pimenta tem sido considerada um alimento funcional por alguns estudiosos, pois, além de seus nutrientes, possuem componentes que promovem e preservam a saúde (Zancanaro, 2008) e quando utilizadas devidamente podem

ser bastante saudáveis e efetivas contra doenças físicas e mentais (Duarte et al., 2004), sendo muito utilizadas na fabricação de medicamentos devido à sua atividade antioxidante e anticancerígena (Bianchini e Penteado, 1998; Tofanelli et al. 2003).

Outros usos estão sendo atribuídos ao princípio ativo extraído das pimentas mais pungentes, tais como: repelentes a percevejos, ratos e outros roedores (Bosland, 1996), produto antiassalto, na forma de aerossol, “spray de pimenta”, utilizado como substituto de cacetetes e gás lacrimogêneo em muitos Departamentos de Polícia nos EUA (Bosland, 1996; Reifschneider, 2000; Wagner, 2003; Embrapa, 2005).

Essa pungência apresentada por algumas pimentas do gênero *Capsicum* é produzida por substâncias alcaloides denominadas capsaicinoides. São justamente estes capsaicinoides, presentes na placenta, nas sementes e, em menor grau, no pericarpo do fruto, responsáveis pela alta atividade biológica muito utilizada na farmacologia e alimentação (Perucka e Oleszek, 2000; Reifschneider, 2000).

3.1.1. Pimenta (*Capsicum annuum* var. *annuum*)

No Brasil, as pimentas estão difundidas em todas as regiões, mas as principais produtoras são as regiões sudeste e centro-oeste, sendo esta espécie, cultivada, principalmente em São Paulo, Minas Gerais e Goiás (Pinto et al., 2006).

As pimentas são um importante segmento no setor de hortaliças, tanto para a agricultura, quanto para a indústria alimentícia, sendo especiais para a produção de condimentos devido à cor de seus frutos e aos seus princípios ativos, que lhes conferem aroma e sabor (Moreira et al., 2006).

Ao contrário do que indica o nome *annuum* (que significa anual), suas plantas têm ciclos de colheitas perenes, possuem flor isolada em cada nó, corola branca leitosa, sem manchas difusas na base das pétalas (Viñals et al., 1996) e antera azulada, sendo bastante semelhantes entre si (Figura 1). A pimenta *C. annuum* var. *annuum* apesar de possuir o mesmo nome científico do pimentão, é uma espécie caracterizada por possuir alta pungência. Os frutos apresentam grande diversidade de cores, tamanhos e formatos (Figura 2). Quando maduros, apresentam a coloração vermelha (Figura 3).



Figura 1. Fase entre a antese e a formação de fruto em pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.



Figura 2. Diversidade de formas de frutos de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.



Figura 3. Coloração dos frutos de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum* durante a fase de amadurecimento. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.

3.2. Capsaicinoides

Com o objetivo de retardar as alterações físicas, enzimáticas, microbiológicas e químicas responsáveis por alterações nos alimentos, como o aparecimento de sabores e odores desagradáveis, as modificações do valor nutricional e a diminuição da vida de prateleira, a indústria utiliza aditivos químicos, que muitas vezes geram questionamentos pelos consumidores quanto aos seus possíveis efeitos negativos à saúde. Visando minimizar este problema, a busca por substâncias naturais que possuam princípios ativos com ação antioxidante e capazes de contribuir para a conservação dos alimentos tem se tornado uma prática cada vez mais utilizada pelas indústrias alimentícias, farmacêutica e de cosméticos (Costa et al., 2009).

As substâncias ativas das plantas medicinais são produzidas por dois tipos de metabolismo, o primário (substâncias indispensáveis à vida da planta que se formam em todas as plantas verdes graças à fotossíntese) e o secundário (substâncias como óleos essenciais, resinas e compostos fenólicos utilizados como mecanismo de defesa das plantas contra herbívoros) (Taiz e Zeiger, 2013). Segundo Accorsi (1994), os laboratórios farmacêuticos de manipulação preparam os produtos fitoterápicos com os princípios ativos extraídos das plantas medicinais. Nem sempre estes princípios ativos são conhecidos, mas mesmo assim eles podem apresentar atividade medicinal satisfatória, desde que não apresentem efeitos tóxicos agudos ou crônicos.

Algumas hortaliças, como a berinjela e a pimenta, têm se destacado neste segmento e estão sendo conhecidas como hortaliças nutracêuticas, que vêm se consolidando no mercado dos fitoterápicos (Perecin, 2001). As pimentas do gênero *Capsicum*, que sempre foram usadas pelos índios e pelas civilizações antigas para tornar os alimentos mais agradáveis ao paladar, além de serem utilizadas como conservantes em alimentos, também são ricas em capsaicinoides (Carvalho e Bianchetti, 2004).

Os capsaicinoides são classificados como alcaloides amídicos. Esses compostos são biossintetizados por duas rotas metabólicas básicas: a rota do ácido chiquímico e a do ácido malônico. A classe mais abundante de metabólitos secundários em plantas é derivada da fenilalanina através da ação de uma enzima bastante estudada, a fenilalanina amonialiase, também chamada de enzima PAL.

A atividade desta enzima é aumentada em função das condições ambientais, tais como deficiência nutricional, luz e infecção por fungos (Taiz e Zeiger, 2013).

Segundo Carvalho et al. (2002), os capsaicinoides (até 1% na matéria seca do fruto) são responsáveis pelo sabor pungente ou picante e também pelas principais atividades biológicas atribuídas às pimentas *Capsicum*, destacando-se ainda o teor de carotenoides, responsáveis pela sua coloração vermelha e a presença de ácido ascórbico. Eles são acumulados pelas plantas no tecido da superfície da placenta e liberados por dano físico às células quando se extraem sementes ou corta-se o fruto (Reifschneider, 2000).

Para determinar com o máximo de precisão o grau de pungência de cada variedade de *Capsicum*, em 1912, o farmacologista Wilbur I. Scoville desenvolveu um teste organoléptico chamado de Escala de Unidade de Calor Scoville, ou simplesmente SHU, cujos valores variam de zero para as pimentas doces que não são picantes a mais de 300.000, valores encontrados nas pimentas mais picantes conhecidas e podem ser divididas em cinco classes de acordo com o teor de capsaicinoides (Tabela 1) (Reifschneider, 2000).

Tabela 1. Classes da escala de Unidade de Calor Scoville determinadas em função do teor de capsaicinoides (CAP)

Picância	Genótipo	CAP total (SHU)	CAP (%)
Doces (não picantes)	Cambuci	0	0,00
	cv. Apolo	0	0,00
Baixa	“Panca” Peru	8.690	0,05
	Redonda	10.510	0,06
Média	Jalapeño	34.590	0,20
	De cheiro	47.180	0,27
Alta	Alongada	81.600	0,48
	Bode/Cumari	105.500	0,59
Muito alta	Malagueta	156.730	0,89
	Passarinho	219.020	1,22

Fonte: Reifschneider (2000).

Nesse teste, cinco pessoas provam uma solução obtida a partir de um peso exato de pimentas dissolvidas em álcool e diluídas em água e açúcar. Quanto maior a picância da amostra, maior a necessidade de diluição, até que a picância deixe de ser sentida pelo paladar (Bontempo, 2007). A partir daí, a intensidade de picância é determinada pela escala, na qual cada parte por milhão de capsaicina presente nos frutos representa 15 unidades Scoville de calor. Nesta escala, o fruto de pimenta pode ser classificado em não pungente (até 700 unidades Scoville de

calor), ligeiramente pungente (700 – 3.000 unidades Scoville de calor), moderadamente pungente (3.000 – 25.000 unidades Scoville de calor), pungente (25.000 – 70.000 unidades Scoville de calor) e muito pungente (acima de 80.000 unidades Scoville de calor) (Bosland, 1993). Apesar de ser muito subjetivo, até hoje esse teste permanece como um dos mais aceitos (Bontempo, 2007).

Mas, há também outra escala para determinar esta picância, denominada escala de temperatura, ela foi criada por Julie Cohn. Nessa escala, as pimentas têm sua picância subjetivamente classificada como de 1 a 10. Os graus 8, 9 e 10 referem-se às espécies muito picantes, 4, 5 e 6 para as pimentas de média picância e 1, 2 e 3 para as variedades mais suaves (Neto, 2004).

Essa picância é percebida pelo organismo humano por intermédio de receptores químicos que desencadeiam diversos processos fisiológicos. Um deles é a liberação de endorfinas, responsáveis pela sensação de bem-estar causada em consumidores de *Capsicum* (Surh et al., 2002).

Dos capsaicinoides existentes, os que ocorrem em maior quantidade são a capsaicina, a dihidrocapsaicina e a nordihidrocapsaicina (Figura 1) (Bosland, 1993). Cada um destes compostos tem um efeito diferente na boca e as suas diferentes proporções são responsáveis pelas diferentes sensações produzidas pelas diferentes variedades. A capsaicina é o mais importante, estando em maior concentração quando comparada com os demais, seguida da dihidrocapsaicina. Capsaicina e dihidrocapsaicina juntas correspondem a cerca de 90 % do total de capsaicinoides presentes nos frutos. Os demais capsaicinoides são: nordiidrocapsaicina (7%), homocapsaicina (aproximadamente 1%), homodiidrocapsaicina (aproximadamente 1%) e vanilamida de ácido n-nonanoico (aproximadamente 1%) (Greenleaf, 1986).

A nordihidrocapsaicina é o capsaicinoide menos irritante, sendo seu sabor picante percebido imediatamente após a ingestão da pimenta na frente da boca e no palato e rapidamente dissipada. Já a capsaicina e a dihidrocapsaicina, causam maior irritação e são descritas como tendo uma típica sensação de ardor no meio da boca e no palato, bem como na garganta e na parte posterior da língua (Surh et al., 2002). A capsaicina pura é um composto hidrofóbico, incolor, inodoro. Quimicamente a capsaicina é 8-metil-N-vanilil 1-6 nonamida, um agente irritante para os mamíferos, incluindo humanos, e produz uma forte sensação de queimação em qualquer tecido que entre em contato (Bontempo, 2007), por isso, deve ser

manipulada com extremo cuidado. Sua inalação não é tóxica, mas é irritante e perturbadora das vias aéreas e da pele. No entanto, a capsaicina é a única substância que, usada externamente no corpo, gera endorfinas internamente que promovem uma sensação de bem-estar, acionando o potencial imunológico (Embrapa Hortaliças, 2007).

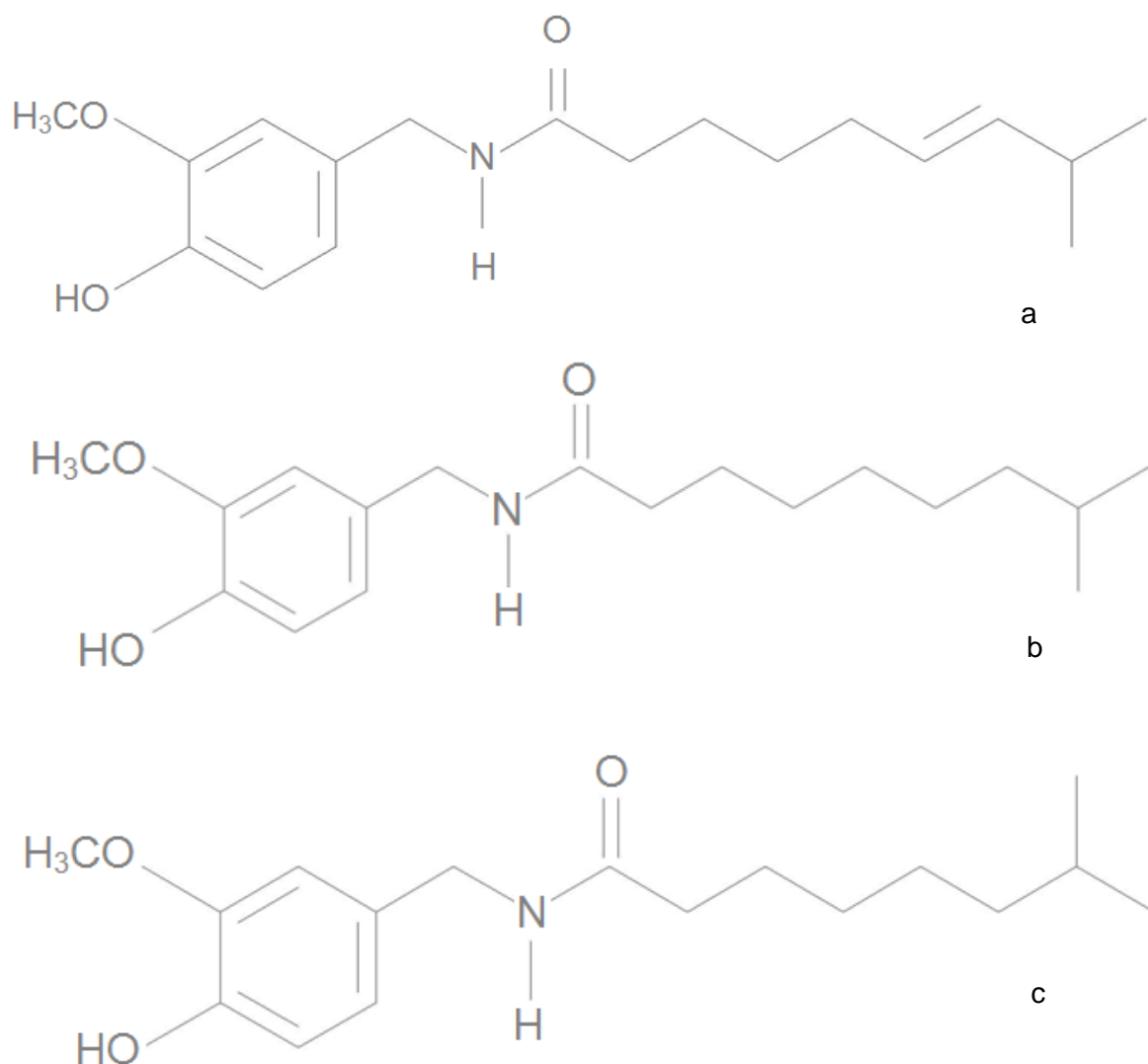


Figura 1. Estruturas químicas da (a) capsaicina, (b) dihidrocapsaicina e (c) nordihidrocapsaicina. Fonte: Carvalho et al., 2002.

Diversas pesquisas vêm comprovando que estes capsaicinoides, também possuem propriedades medicinais, atuando como cicatrizante de feridas, antioxidante, na prevenção de arteriosclerose, no controle do colesterol, evitando hemorragias e no aumento da resistência física (Adams, 2007; Bontempo, 2007). Por ser antioxidante, rica em flavonoides e em vitamina C, a pimenta pode ainda reduzir o risco de doenças crônicas como câncer de próstata, catarata e diabetes

(Lunn, 2007), auxiliar no tratamento de desordens gastrintestinais (Zancanaro, 2008), pois no trato gastrintestinal estimula a secreção gástrica e o peristaltismo (Carvalho et al., 2002), atua também na prevenção de acidente vascular cerebral, doenças cardíacas, entre outras.

Os capsaicinoides também são utilizados como matéria-prima para diversos medicamentos orais e locais, como emplastos que aliviam dores musculares (Zancanaro, 2008). A aplicação tópica de creme com capsaicina na concentração de 0,025% ou 0,075%, 3 a 5 vezes ao dia durante pelo menos 4 semanas, é considerada eficaz no tratamento de neuralgia pós-herpética (Fusco e Giacobazzo, 1997). Foi constatado também que a capsaicina atua sobre as membranas mucosas, tanto bucais quanto gástricas, o que parece ser uma contradição ao conceito popular de que as pimentas causam úlceras. Mas, aqueles que já possuem úlceras, gastrites, hemorroidas e diverticulites podem piorá-las com o uso da pimenta (Reifschneider, 2000).

Os teores de capsaicinoides presentes nos frutos podem ser influenciados pelo genótipo, pelo local de origem, pela injúria física, pela herbivoria e por outros tipos de estresse (Gobbo-Neto e Lopes, 2007; Freitas et al., 2007) que as pimentas estão sujeitas. Alguns estudos têm evidenciado também a influência de fatores ambientais no acúmulo destes compostos, como temperatura, luminosidade (Estrada et al., 1999a), estresse hídrico (Estrada et al., 1999b) e disponibilidade de nutrientes.

Dentre os fatores de estresse, a deficiência mineral é um dos que merece destaque, pois este desequilíbrio pode promover maior ou menor produção de metabólitos secundários (Freitas et al., 2008). Entretanto, o aumento desses metabólitos em relação à disponibilidade de nutrientes no solo, pode variar entre as espécies de planta e com as diferentes rotas de biossíntese desses compostos.

Mazzafera (1999), estudando o efeito do suprimento dos nutrientes sobre o teor de cafeína em folhas de café (*Coffea arabica* L.), observou que na ausência de P houve redução no teor desse alcaloide. O P contribui para o aumento da concentração de alcaloides na beladona (*Atropa beladonna*) e de substâncias aromáticas no coentro (*Coriandrum sativum* L.) e no funcho (*Foeniculum vulgare* Miller).

Freitas et al. (2008) ao estudarem o efeito das deficiências de macronutrientes e de boro sobre a biossíntese de vitexina (flavonoide) em maracujazeiro doce observaram nos tratamentos deficientes em N, P e K aumento dos teores de vitexina nas folhas em 46, 18 e 16%, respectivamente, mas as deficiências de Ca e B os reduziram em 22 e 33%, respectivamente. As deficiências de Mg e S, apesar de terem reduzido os teores foliares desses nutrientes em 61 e 31%, respectivamente, não alteraram os teores de vitexina.

O estágio de desenvolvimento do fruto, também interfere no conteúdo de capsaicinoides presentes nos frutos, sendo observado acúmulo até o início do amadurecimento e decréscimo com o decorrer do mesmo. Este comportamento foi observado nos resultados de Contreras-Padilha e Yahia (1998) e Garcia et al. (2005), que mostraram que a concentração de capsaicinoides em frutos de três espécies de *Capsicum* é maior nos estádios iniciais de desenvolvimento e decrescem com o amadurecimento.

A biossíntese dos metabólitos secundários, em muitos casos, como resposta aos mecanismos de interação da planta com o ambiente, pode ser desencadeada em condições de estresse. Isso ocorre porque o estresse influencia a via dos fenilpropanoides e afeta indiretamente a síntese de capsaicinoides (Kirschbaum-Titze et al., 2002).

3.3. Macronutrientes e Boro: funções e sintomas de deficiência

Embora contribuam apenas com 4 a 6% da matéria seca total, os nutrientes minerais, têm funções específicas e essenciais no metabolismo da planta, atuando, por exemplo, como constituinte de moléculas essenciais, como estruturas de membranas, envolvidos com a ativação enzimática, controle osmótico, transporte de elétrons, sistema tampão do protoplasma, controle de permeabilidade, entre outras (Bonato et al., 1998). Os nutrientes requeridos em maior quantidade são denominados macronutrientes e são eles: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S). O Boro (B), apesar de ser um micronutriente, portanto requerido em menor quantidade, também possui grande importância no metabolismo das plantas.

3.3.1. Nitrogênio

Este macronutriente está relacionado com os mais importantes processos bioquímicos e fisiológicos que ocorrem na planta, tais como fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento e diferenciação celular (Marschner, 2012). Tem importante função como ligante de íons metálicos, principalmente na forma de anéis heterocíclicos, como por exemplo, na clorofila. Participa na formação de pontes de hidrogênio estabilizando e dando a conformação apropriada às proteínas e aos ácidos nucleicos. Importante na formação da ligação peptídica entre os resíduos de aminoácidos, permitindo assim, a formação das proteínas (Epstein e Bloom, 2006; Souza e Fernandes, 2006).

Pode ser absorvido do meio como ureia e N_2 (através de associações entre bactérias fixadoras de nitrogênio e plantas) e nas formas iônicas NO_3^- (nitrato) e NH_4^+ (amônio). Todavia, as formas predominantes absorvidas pelas plantas são as iônicas (Williams e Miller, 2001).

Dependendo da espécie de planta, do estágio de desenvolvimento e do órgão, a quantidade de N necessária para o crescimento ótimo varia entre 2 a 5% da massa da planta (Bonato et al., 1998). Então, quando o suprimento está abaixo do ótimo, o crescimento das plantas é inibido rapidamente, as plantas ficam com uma aparência não viçosa. Se a deficiência persiste, a maioria das plantas mostra clorose especialmente nas folhas velhas. Isto ocorre, pois, o N é um elemento de alta mobilidade na planta, e quando na sua deficiência, o N presente nas folhas mais velhas é facilmente redistribuído na forma de aminoácidos via floema para as partes novas, principalmente para as folhas jovens e regiões meristemáticas (Taiz e Zeiger, 2013).

Plantas com deficiência de N desenvolvem-se lentamente e acumulam carboidratos que não podem ser usados para a síntese de aminoácidos e outros compostos nitrogenados (Taiz e Zeiger, 2013). Os carboidratos não utilizados no metabolismo do N podem ser usados na síntese de metabólitos secundários (Freitas et al., 2008).

Veloso e Muraoka (1993) ao caracterizar o sintoma de deficiência de N em pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*) irrigadas com solução nutritiva deficiente em N observaram a partir de 90 dias após início do tratamento, um leve amarelecimento generalizado nas folhas, sendo mais evidente nas mais velhas, que iniciou com

verde amarelado, distribuindo-se uniformemente no limbo, no pecíolo e nas nervuras.

Em estudos similares, Benedetti et al. (2009) em mudas de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*) observaram plantas com desenvolvimento abaixo do normal, com clorose generalizada e Ramos et al. (2009) verificaram em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial, clorose generalizada e necrose no ápice das folhas mais velhas e frutos menores e com branqueamento na polpa. Gama (2010), trabalhando com vinca (*Catharanthus roseus*), verificou a partir de 25 dias após início da deficiência de N, clorose uniforme em todo limbo foliar, pecíolo e nervuras. As folhas velhas ficaram cloróticas e tornaram-se necrosadas, com queda prematura. O teor de N aos 27 dias após a aplicação do tratamento foi 50,3% menor que no tratamento completo que foi 46,2 g kg⁻¹ de massa seca.

Freitas et al. (2011) ao caracterizar esta mesma deficiência em plantas de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) verificaram a partir de 16 dias após início do tratamento uma clorose generalizada e queda prematura das folhas com ramos finos, coloração vermelho-claro nas flores e amarelo-claro com aspecto translúcido nos frutos. O teor de N aos 30 dias após o início do tratamento estava 51,8% menor que o teor obtido no tratamento completo que foi 43,9 g kg⁻¹.

Flores et al. (2012) ao avaliarem o efeito da deficiência de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional de pimenteira malagueta cultivada em solução nutritiva, verificaram como sintomas visuais, o amarelecimento uniforme das folhas mais velhas da planta. Viégas et al. (2013), por sua vez, também verificaram os primeiros sintomas nas folhas mais velhas de pimenteira longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) que apresentaram coloração verde-amarelada, seguida por clorose generalizada que evoluiu para necrose.

3.3.2. Fósforo

Este macronutriente é um dos principais constituintes de compostos importantes das células vegetais, como os açúcares fosfatados (glicose 6P, Frutose 6P, entre outros), intermediários da respiração e fotossíntese, os fosfolipídios que compõem as membranas vegetais e de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas, como ATP. A função do P como um elemento constituinte da estrutura molecular é mais proeminente nos ácidos nucleicos, DNA e RNA, que são importantes no armazenamento e na transferência da informação genética,

respectivamente. Em ambos, o fosfato forma uma ponte entre as unidades de ribonucleosídeos para formar as macromoléculas (Marschner, 2012; Taiz e Zeiger, 2013).

As plantas absorvem a maior parte do P como o ânion monovalente, $H_2PO_4^-$, forma predominante em solos com pH entre 2 e 7, e em menor proporção, como o ânion bivalente, $H_2PO_4^{2-}$, forma predominante em pH na faixa entre 7 e 12 (Dechen e Nachtigall, 2007).

As formas de P encontradas no floema são: fosforil colina e fósforo inorgânico (Pi). Em plantas bem supridas de P o vacúolo armazena a maior parte do Pi total da planta (85 a 95%). Quando há redução no suprimento de P para a planta o Pi é redistribuído principalmente das folhas velhas para as novas, apresentando como consequência desta redistribuição, sintomas de deficiência inicial nas folhas velhas (Bonato et al., 1998).

O primeiro sintoma de deficiência de P é a coloração das folhas que se tornam verdes-escuras ou azul-esverdeadas. Frequentemente desenvolvem pigmentos vermelhos, púrpuros e marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras, devido ao acúmulo de antocianina (Epstein e Bloom, 2006). Essa produção de antocianina ocorre no final do desvio da rota para formação do ácido chiquímico, devido ao acúmulo de carboidratos na condição de deficiência de fósforo. Outro sintoma característico da deficiência de P é o crescimento reduzido em plantas jovens (Taiz e Zeiger, 2013).

Veloso e Muraoka (1993), testando a deficiência de P em pimenteira do reino (*Piper nigrum*), observaram aos 150 dias após início do tratamento, plantas com caules finos e um recurvamento para cima das folhas mais jovens e posteriormente as mais velhas, que ainda apresentavam-se pequenas e estreitas. As folhas mostraram coloração verde azulada com tons purpúreos na face superior do limbo e ásperas ao tato. O crescimento das pimenteiras foi reduzido quando comparado com o tratamento completo.

Benedetti et al. (2009) observaram em mudas de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*) com omissão de P, menor expansão do limbo foliar.

Também, trabalhando com solução nutritiva deficiente em P, Gama (2010), observou em plantas de vinca (*Catharanthus roseus*), coloração verde-clara iniciando-se na ponta das folhas e posteriormente em todo o limbo foliar, que progrediu para as folhas superiores. As folhas velhas que estavam com coloração

verde-clara apresentaram pontos necróticos nas pontas e tamanho reduzido quando comparadas ao tratamento completo, ocorrendo a queda prematura. O teor de P aos 27 dias após o início do tratamento foi 55,9% menor que no tratamento completo (3,6 g kg⁻¹ de MS).

Freitas et al. (2011) estudando a deficiência de P em maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) observaram a partir dos 62 dias após início do tratamento, uma coloração verde-escura brilhante nas folhas velhas e à medida que a deficiência foi se agravando surgiram manchas claras no limbo.

As pimenteiras malaguetas submetidas à deficiência de P, em estudo realizado por Flores et al. (2012), mostraram-se raquíticas e com folhas velhas de coloração verde-escura em relação àquelas submetidas ao tratamento completo. Viégas et al. (2013) em estudo semelhante com pimenteira longa, também observaram coloração verde-escura e brilhante nas folhas mais velhas.

3.3.3. Potássio

Depois do P, o K é o nutriente mais consumido pela agricultura brasileira e é o cátion mais abundante na planta. Encontra-se predominantemente como cátion livre ou adsorvido e pode facilmente ser deslocado das células ou dos tecidos da planta. Esse nutriente desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais (Taiz e Zeiger, 2013). Atua em muitos processos fisiológicos no vegetal: ativando mais do que 60 sistemas enzimáticos (sintetases, oxidoredutases, desidrogenases, transferases); atua na respiração e fotossíntese, favorece um alto estado de energia (necessária para a produção da ATP); mantém o turgor das células; regula a abertura e o fechamento estomático; promove a absorção de água; regula a translocação de nutrientes na planta; favorece o transporte e armazenamento de carboidratos; incrementa a absorção do N e a síntese de proteínas; e participa na síntese de amido nas folhas (Meurer, 2006; Marschner, 2012). É um elemento essencial para o crescimento, o desenvolvimento e a maturação dos grãos e frutos vegetais (Meurer, 2006).

A absorção do K é altamente seletiva e está intimamente acoplada à atividade metabólica. Este elemento no solo aparece na forma iônica K⁺, sendo esta a forma absorvida pelas raízes e transportada pelas plantas. Como o potássio é um íon monovalente, ao competir com elevadas concentrações de cátions divalentes como o Ca²⁺ e o Mg²⁺ sofre inibição competitiva, ou seja, compete com

desvantagem pelo mesmo sítio de absorção. Entretanto, baixas concentrações de Ca contribuem para sua absorção (efeito sinérgico) (Taiz e Zeiger, 2013). Este elemento é caracterizado pela alta mobilidade nas plantas, em todos os níveis, dentro da célula, dentro dos tecidos, e é transportado em longa distância via xilema e floema. O elemento dirige-se das folhas e dos órgãos mais velhos para os mais novos ou para os frutos em crescimento (Malavolta et al., 2006). Esta redistribuição ocorre de forma bastante fácil, porque o potássio não faz parte permanente de nenhum composto orgânico (função estrutural) (Taiz e Zeiger, 2013).

A deficiência de K é caracterizada por uma clorose marginal, a qual se desenvolve como necrose a partir do ápice, primeiramente nas folhas mais velhas. O crescimento é abaixo do normal e se a deficiência persistir, as gemas laterais e terminais morrem (Epstein e Bloom, 2006). Podem ocorrer também algumas alterações químicas, incluindo acumulação de carboidratos solúveis, decréscimo no conteúdo de amido e o acúmulo de compostos nitrogenados solúveis (Bonato et al., 1998).

Veloso e Muraoka (1993) trabalhando com pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) verificaram a partir de 135 dias após a deficiência de K, um princípio de necrose nas margens e pontas de folhas mais velhas e logo a seguir, nas folhas jovens, que apresentaram consistência quebradiça. Uns 20 dias após o início dos sintomas houve um escurecimento de áreas situadas entre as nervuras, com posterior necrose.

Também trabalhando com solução nutritiva deficiente em K, Gama (2010) em plantas de vinca (*Catharanthus roseus*), após 63 dias do início do tratamento, observou inicialmente nas folhas mais velhas uma clorose marginal, progredindo para a parte central, por entre as nervuras. As folhas também apresentaram pontos necrosados. Com a severidade da deficiência, as margens cloróticas e as pontas das folhas necrosaram e ocorreu queda das folhas basais. As folhas apresentaram maior largura quando comparadas ao tratamento completo. O teor de K aos 81 após a aplicação dos tratamentos foi 74,2% menor que no tratamento completo (37,8 g kg⁻¹ de MS).

Sintomas diferentes foram observados por Freitas et al. (2011) em estudo similar utilizando plantas de maracujá doce (*Passiflora alata* Curtis), que verificaram a partir de 85 dias uma clorose e posterior necrose na nervura central das folhas velhas que progrediam para as bordas e queda das folhas. Nos frutos foi verificado

enrugamento do epicarpo com conseqüente murchamento do fruto. No início do aparecimento dos sintomas nas folhas, o teor desse nutriente foi 70,7% menor que o teor encontrado no tratamento completo (28 g kg⁻¹).

Flores et al. (2012) relataram que o tratamento deficiente em K propiciou o surgimento de clorose nas margens das folhas mais velhas, seguida de necrose. Mesmos sintomas foram observados por Viégas et al. (2013) em pimenteira longa.

3.3.4. Cálcio

A exigência de Ca varia grandemente nas diferentes espécies, de 10 até 200 kg ha⁻¹. As dicotiledôneas de modo geral, são mais exigentes em Ca do que as monocotiledôneas (Bonato et al., 1998). A forma iônica absorvida pelas plantas é o Ca²⁺ presente na solução do solo. A presença de outros cátions como K⁺, Mg²⁺ e NH₄⁺ pode diminuir a absorção do Ca. O Ca possui baixa mobilidade tanto no solo quanto na planta, desta forma, a região de absorção se resume apenas nas extremidades das radículas. Grande parte desse nutriente absorvido pode ser encontrada nos vacúolos (Vitti et al., 2006).

O Ca é essencial para manter a integridade estrutural das membranas e da parede celular e para sua síntese, principalmente a lamela média que separa células em divisão. É utilizado no fuso mitótico durante a divisão celular. O Ca é também necessário para o funcionamento normal da membrana plasmática e tem atuado como mensageiro secundário para várias respostas de planta relacionadas com o ambiente e os sinais hormonais (Malavolta et al., 1997; Epstein e Bloom, 2006; Marschner, 2012; Taiz e Zeiger, 2013).

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

É comum observar nos frutos produzidos em plantas deficientes em Ca uma rachadura na casca, conhecida como “bitter pit” em frutos de maçã, por exemplo. Isto ocorre porque o Ca é direcionado do solo para os locais de maior demanda transpiratória nas plantas que é no caso as folhas. Como os frutos e as partes novas possuem pequena superfície transpiratória e o Ca no floema não é redistribuído, acaba por acarretar deficiência deste elemento nestes órgãos da planta (Bonato et al., 1998).

Veloso e Muraoka (1993) verificaram, em pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*), a partir dos 135 dias após o início da aplicação de solução deficiente em Ca um leve amarelecimento das folhas mais jovens, com pequenas manchas pardas necróticas na face superior das folhas mais velhas. Com o avanço da deficiência, surgiram manchas necróticas nas bordas das folhas. Na parte basal da folha ocorreu uma coloração amarelo pálida com pequenas manchas necróticas, semelhante a pequenas pontuações.

Ao caracterizar a deficiência de Ca em vinca (*Catharanthus roseus*), Gama (2010), não verificou nenhum sintoma de deficiência de Ca, embora o teor deste nutriente aos 81 dias após início do tratamento tenha sido 62% menor que no tratamento completo (20,8 g kg⁻¹ de MS). Entretanto, Freitas et al. (2011) em estudo similar em plantas de maracujá doce (*Passiflora alata* Curtis) aos 22 dias após início do tratamento, verificaram deformações e necrose nas bordas das folhas novas. Os frutos apresentaram rachaduras no epicarpo e no mesocarpo e podridão apical. No início do aparecimento dos sintomas, o teor deste nutriente nas folhas foi 75,8% menor que o teor encontrado no tratamento completo (15,6 g kg⁻¹ de MS).

Flores et al. (2012) relataram o surgimento de folhas com formas irregulares, pontos com manchas necróticas entre as nervuras das folhas e morte das brotações a partir das pontas das extremidades de folhas e raízes de pimenteira malagueta sob deficiência de Ca. Em pimenteira longa, Viégas et al. (2013) também verificaram queima da gema apical, seguida de necrose e folhas novas deformadas, enroladas para a face inferior, à semelhança de gancho.

Segundo Epstein e Bloom (2006), os sintomas de deficiência de Ca aparecem mais cedo e mais severamente nas regiões meristemáticas e folhas jovens. Os pontos de crescimento ficam necrosados. Em flores e frutos em desenvolvimento, os sintomas são conhecidos como podridão apical. As folhas ficam esbranquiçadas e enrolam para baixo, formando um gancho.

3.3.5. Magnésio

Absorvido pelas plantas na forma Mg²⁺ é um dos nutrientes responsáveis pela ativação do maior número de enzimas quando comparado aos demais nutrientes (Epstein e Bloom, 2006). O Mg é muito móvel no floema, sendo translocado das folhas mais velhas para as mais novas ou para os pontos de crescimento (Vitti et al., 2006). Sua absorção é reduzida em altas concentrações

de cátions como o Ca^{2+} , K^+ e NH_4^+ . Estes cátions concorrem pelo mesmo sítio ativo de absorção (inibição competitiva).

Nas células vegetais, o magnésio exerce um papel específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de ácidos nucleicos, além de fazer parte da molécula de clorofila (Marschner, 2012; Taiz e Zeiger, 2013). O magnésio atua também como um elemento de ligação para a agregação das subunidades do ribossomo, processo este necessário para a síntese de proteína, atividade da RNA polimerase e formação do RNA do núcleo (Paula et al., 1998; Taiz e Zeiger, 2013).

Um sintoma característico de deficiência de Mg^{2+} é a clorose internerval que ocorre primeiro nas folhas velhas. Esta clorose resulta do fato de que a clorofila próxima aos feixes vasculares (nervuras) permanece não afetada por maior período do que a clorofila entre os feixes. Nas células da folha, no mínimo 25 % da proteína total está localizada nos cloroplastos. Isto explica o porquê da deficiência de magnésio afetar o tamanho, a estrutura e a função dos cloroplastos, incluindo o processo de transferência de elétrons no fotossistema II. Se a deficiência persistir a redistribuição do Mg das folhas velhas para as mais novas é aumentada, e o sintoma de deficiência aparece nestas últimas, indicando aumento na taxa de degradação de proteína, incluindo proteínas estruturais dos tilacoides (Bonato et al. 1998).

Veloso e Muraoka (1993) testando a deficiência de Mg em pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*), verificaram a partir dos 125 dias após o início do tratamento, que as folhas mais velhas apresentaram amarelecimento e clorose internerval, com uma faixa estreita de tecido verde permanecendo ao longo das nervuras. A seguir, partes das margens das folhas apareceram necrosadas. No fim do cultivo, algumas folhas jovens mostraram pequeno amarelecimento e clorose internerval, concordando com os sintomas relatados por Gama (2010) também caracterizando a deficiência de Mg, em folhas de vinca (*Catharanthus roseus*). Aos 81 dias após a aplicação do tratamento o teor deste nutriente estava 76,3% menor que no tratamento completo (3,46 g kg^{-1} de MS).

Freitas et al. (2011) em maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) verificaram, o início dos sintomas a partir dos 36 dias após início do tratamento, quando o teor deste nutriente nas folhas estava 68,9% menor que o encontrado no tratamento completo (3,80 g kg^{-1} de MS). Estes autores verificaram também que as

plantas submetidas a este tratamento não floresceram, mesmo com a aplicação, a cada 40 dias, de solução completa durante 10 dias.

Flores et al. (2012) observaram clorose entre as nervuras das folhas mais velhas de pimenteira malagueta cultivada sob deficiência de Mg. Mesmos sintomas foram verificados em pimenteira longa por Viégas et al. (2013), que observaram ainda, necrose do ápice foliar e queda intensa de folhas devido à severidade da deficiência.

3.3.6. Enxofre

O enxofre é encontrado em dois aminoácidos e é constituinte de várias coenzimas, proteínas vegetais, vitaminas essenciais ao metabolismo das plantas (Marschner, 2012; Taiz e Zeiger, 2013). Atua na síntese de tiamina e sulfolipídios, como ativador enzimático, na síntese da clorofila (na fotossíntese), absorção do CO₂, atividade da carboxilase de ribulose – 2P e de reações de fosforilação, sendo essencial também no processo de fixação do N₂ pelas leguminosas noduladas (Naiff, 2007).

A maior parte do enxofre do solo está na forma orgânica, que, através da ação dos microrganismos, é convertido a formas disponíveis para a planta, principalmente na forma inorgânica SO₄²⁻ (Vitti et al., 2006), mesmo que de maneira pouco eficiente, o S também pode ser absorvido na forma de SO₂ atmosférico pelos estômatos (Nogueira e Melo, 2003).

Como o S é constituinte de proteínas, assim, muitos dos sintomas são semelhantes aos apresentados pela deficiência de N, incluindo clorose, redução no crescimento e acúmulo de antocianina (Epstein e Bloom, 2006; Taiz e Zeiger, 2013). Sua mobilidade na planta é considerada intermediária, não sendo tão móvel quanto o N, P e K nem tão imóvel como Ca (Freitas et al., 2011).

Veloso e Muraoka (1993) ao caracterizarem a deficiência de enxofre em pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*), observaram a partir dos 140 dias após a deficiência desse nutriente que, as folhas novas apresentaram-se pequenas, com coloração verde mais clara, em relação às folhas do tratamento completo.

Batista et al. (2003) em estudo semelhante com gravioleiras (*Annona muricata*) observaram também uma coloração verde mais clara nas folhas novas, que apresentaram também nervuras mais pálidas em relação ao limbo e tamanho menor, caule mais delgado e crescimento reduzido em relação ao tratamento

completo. Viégas et al. (2004), trabalhando com camucamuzeiro (*Myrciaria dubia*), associaram que esta cor pálida se dá pelo menor teor de clorofila, já que em plantas verdes a maioria das proteínas está localizada nos cloroplastos.

Naiff (2007) testando essa mesma deficiência em plantas de alpínia (*Alpinia purpurata*) observou apenas uma leve clorose nas folhas mais novas, e o estreitamento das mesmas, quando comparado ao tratamento completo.

Gama (2010), após 65 dias da aplicação do tratamento com omissão de S em vinca (*Catharanthus roseus*), também observou nas folhas novas uma coloração verde-clara em relação às do tratamento completo. Com a progressão da deficiência, o autor verificou clorose acentuada e os sintomas foram evidenciados em toda a planta. O teor de S aos 81 dias após a aplicação do tratamento foi 47,9% menor que no tratamento completo (2,17 g kg⁻¹ de MS).

Freitas et al. (2011) em experimento similar com maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) verificaram após 72 dias do início do tratamento, uma redução no tamanho e clorose das folhas mais novas, sendo que, nessas folhas, com a evolução da sintomatologia, apareceram pequenas manchas mais claras no limbo. As folhas mais velhas do ramo permaneceram com um aspecto normal. Doze dias antes ao início do aparecimento de sintomas de deficiência de S nas folhas, o teor deste nutriente foi 66,1% menor que no tratamento completo (4,9 g kg⁻¹). Flores et al. (2012) descrevem sintomas semelhantes para as folhas novas de pimenteira malagueta submetidas ao tratamento deficiente em S.

Viégas et al. (2013) observaram coloração verde-amarelada nas folhas novas de pimenteira longa e com a intensidade da deficiência, as folhas ficaram cloróticas.

3.3.7. Boro

Este micronutriente está envolvido na síntese da parede celular, na integridade da membrana plasmática e nas atividades metabólicas da planta (Marschner, 2012; Taiz e Zeiger, 2013). É absorvido como ácido bórico (H₃BO₃) e, provavelmente, como ânion borato (B(OH)₄⁻) em pH elevado, tanto por via radicular, como foliar (Dechen e Nachtigall, 2006). Em geral, é considerado imóvel no floema, entretanto, pode ser móvel em plantas que produzem polióis, como sorbitol, manitol, dulcitol (Yamada, 2000). Dentre os micronutrientes, Marschner (2012)

afirma que o B pode estar atuando em possíveis pontos das rotas metabólicas, sendo que, um desses pontos é regulando o metabolismo dos compostos fenólicos.

A deficiência de B é a mais comum entre os micronutrientes e surge de maneira mais frequente em solos arenosos, devido à sua lixiviação para as camadas não atingidas pelo sistema radicular das plantas. De acordo com Lima Filho e Malavolta (1997), os primeiros sintomas de deficiência de B são, de maneira geral, observados nas raízes. Influenciando a absorção, o acúmulo e a utilização de outros elementos essenciais (Salinas et al., 1982). Essa deficiência promove também diminuição na produtividade e na qualidade do produto colhido (Blevins e Lukaszewski, 1998), que pode ser severamente afetado. Alguns sintomas característicos da deficiência de B são frutos deformados com lesões externas e internas e aspecto de cortiça na casca (Malavolta et al., 1997; Marschner, 2012).

Viégas et al. (2004) caracterizando a deficiência de B em plantas de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia*) submetidas à deficiência de boro, verificaram aos 50 dias após a aplicação do tratamento, folhas novas retorcidas, atrofiadas, pequenas e grossas, e, com a intensidade dos sintomas, ocorreu morte do meristema apical do caule. Em estudo similar utilizando plantas de mamoneira cultivar Iris, Lange et al. (2005) observaram que as folhas mais novas apresentaram-se encarquilhadas e espessas, e, em alguns casos, enrolaram-se para baixo.

Pinho et al. (2008) ao caracterizar sintomas visuais da deficiência de B em raízes de coqueiro-anão verde relataram que o número de raízes nas plantas deficientes era menor. Além disso, as pontas de algumas raízes encontravam-se com superbrotção e necrosadas. As raízes médias e finas das plantas deficientes eram mais curtas, grossas e com escurecimento.

Gama (2010) após 72 dias da aplicação do tratamento deficiente em B observou em vinca (*Catharanthus roseus*), que as folhas novas eram mais espessas, apresentando aspecto coriáceo, com coloração verde acentuada quando comparada ao tratamento completo e ainda possuíam ondulação nos bordos. Foram observados também superbrotções, abortamento floral e clorose do ápice para a base das folhas novas, com posterior necrose. O teor de B aos 81 dias após a aplicação do tratamento foi 81,6% menor que no tratamento completo (48,62 mg kg⁻¹ de MS). Sintomas semelhantes foram relatados por Freitas et al. (2011) em plantas de maracujá doce (*Passiflora alata* Curtis), nas quais os sintomas de

deficiência de boro iniciaram-se 45 dias após o início do tratamento. As folhas novas apresentaram aspecto coriáceo e ondulação nos bordos, redução do comprimento dos internódios e paralisação do crescimento dos ramos, com necrose da gema apical e perda da dominância apical. Quinze dias antes do aparecimento dos primeiros sintomas de deficiência nas folhas, o teor deste nutriente foi 80% menor que o encontrado no tratamento completo (64 g kg^{-1}).

Viégas et al. (2013) observaram em pimenteira longa sob deficiência em B, folhas deformadas, coriáceas e com nervuras proeminentes. Os autores ressaltaram que estes sintomas ocorreram, possivelmente, devido ao aumento de lignina e morte da gema terminal.

3.4. Diagnose visual da deficiência mineral

Quando o suprimento destes nutrientes é inadequado, ocorrem distúrbios metabólicos nas plantas, caracterizados como estresse nutricional. Até o início do século XX, as únicas deficiências minerais reconhecidas eram aquelas dos macronutrientes N, P e K. Desde aquela época, tornaram-se visíveis a importância e extensão da deficiência de outros macronutrientes e de seus sintomas. A familiaridade com esses sintomas auxilia os produtores e agrônomos a identificar deficiências nutricionais no campo (Epstein e Bloom, 2006).

Os sintomas visuais de deficiência são decorrentes de uma série de eventos que iniciam em nível molecular, provocando lesões, seguindo com mudanças nas organelas subcelulares que se instauram e por fim comprometem um grupo de células ou de tecidos (Epstein, 1975; Malavolta, 2006). Esse desequilíbrio nutricional é manifestado na planta, principalmente, por meio de alterações foliares, na sua cor, no seu tamanho e outras, uma vez que este é o órgão da planta onde ocorrem as principais atividades fisiológicas e bioquímicas do vegetal. Alguns sintomas podem ocorrer também nos frutos, reduzindo a produtividade e também o seu valor comercial (Ramos, et al., 2009).

Os elementos apresentam diferentes graus de mobilidade, fazendo com que os sintomas de deficiência de um elemento de fácil redistribuição apareçam em primeiro lugar nas folhas mais velhas e para os nutrientes de redistribuição menor os sintomas de carência aparecerão primeiro nas folhas ou órgãos novos (Malavolta, 2006).

As funções desempenhadas por determinado nutriente, como constituinte de compostos orgânicos independem da espécie, razão pela qual os sintomas de carência, em linhas gerais, se assemelham em diferentes espécies de plantas (Sanzonowicz e Andrade, 2005; Malavolta, 2006). Entretanto, pode ocorrer também, entre espécies ou até mesmo entre variedades de uma espécie, os diferentes elementos produzirem diferentes sintomas de deficiência (Fontes, 2001).

Porém, a deficiência de um nutriente específico não afeta, necessariamente, o mesmo processo metabólico em todas as espécies. Nesse caso, é possível que os sintomas de sua deficiência em uma espécie não sejam os mesmos em outra (Fontes, 2001). Os sintomas de deficiência de K observados por Freitas et al. (2011), foram clorose e posterior necrose na nervura central das folhas mais velhas de maracujazeiro doce, que progrediam para as bordas, provocando queda das folhas. Em contrapartida, na literatura, alguns autores como Malavolta (2006), Fontes (2001), Batista et al. (2003) relatam como sintoma de deficiência de potássio, clorose marginal, avançando em direção à parte central das folhas mais velhas e depois necrose das margens e ponta das folhas.

A diagnose visual é feita através da caracterização e descrição detalhada, devendo ser utilizada inclusive fotografia dos sintomas apresentados pela planta em questão. Esse diagnóstico deve ser feito o mais precoce possível, para que se possa compará-lo com os sintomas de cada nutriente já descrito na literatura. Ao fazer a descrição detalhada da planta, é necessário ficar atento ao início do aparecimento dos sintomas ou sintomas primários, para a exclusão daqueles causados por fatores bióticos e abióticos. Nesta etapa, é de extrema importância observar o estágio fenológico da planta, se há simetria (Fontes, 2001) no local onde aparecem os sintomas, seja na folha e entre folhas do mesmo par ou próximas do ramo e se há também um gradiente de intensidade nos sintomas, pois estas são as principais características apresentadas por plantas com desequilíbrio nutricional (Malavolta, 2006).

A diagnose visual é considerada uma das ferramentas básicas utilizadas para avaliar o estado nutricional das plantas, pois é realizada ainda no campo, de forma muito rápida e pouco dispendiosa. Entretanto, deve-se considerar que, o sintoma visual individualmente não é suficiente para se fazer um diagnóstico definitivo do status nutricional da planta. Muitos sintomas clássicos da deficiência tais como a queimadura, clorose e a necrose da ponta são características

associadas a mais de uma deficiência mineral e também com outros estresses (Sanzonowicz e Andrade, 2005; Malavolta, 2006). Devendo também ser realizadas as análises foliares e de solo.

4. TRABALHOS

4.1. ARTIGO Nº 01: CRESCIMENTO DE *Capsicum annuum* var. *annuum* E PRODUÇÃO DE FRUTOS EM FUNÇÃO DA DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES E BORO

Resumo - O objetivo deste estudo foi verificar o efeito do estresse causado pela deficiência individual de macronutrientes e boro sobre o crescimento de pimenteira (*Capsicum annuum* var. *annuum*) e a produção dos frutos. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em areia irrigada com solução nutritiva, em blocos casualizados, em arranjo fatorial 8x3, sendo oito tratamentos (completo e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S ou B) e três épocas de colheita, com quatro repetições. Determinou-se a altura das plantas, o diâmetro do caule, o número total de folhas, a área foliar, a massa seca das folhas, das hastes, das raízes e massa seca total. Para avaliar a produção de frutos, realizaram-se duas colheitas compostas de frutos para quantificar o número de frutos totalmente maduros colhidos por planta e a produção total. O estresse causado pela deficiência individual de nutrientes influencia negativamente no crescimento das pimenteiras submetidas aos tratamentos deficientes em N, P, K, Ca e Mg. A produção de pimentas reduz quando as pimenteiras são cultivadas sob deficiência individual de nutrientes com exceção daquelas submetidas ao tratamento deficiente em B.

Palavras-chave: pimenta, nutrição mineral, solução nutritiva

***Capsicum annuum* var. *annuum* PLANT GROWTH AND FRUIT PRODUCTION IN RESPOSE TO MACRONUTRIENTS AND BORON DEFICIENCY**

Abstract - The aim of this study was to evaluate the effect of stress caused by individual deficiency of macronutrients and boron on pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) plant growth and fruit production. The experiment was carried out in a greenhouse using sand as substrate irrigated with nutrient solution in randomized blocks in a 8x3 factorial scheme, with eight treatments (complete and with individual deficiency of N, P, K, Ca, Mg, S or B) and three harvest time, with four replications. It was determined plant height, stem diameter, total number of leaves, leaf area, dry weight of leaves, stems, roots and total dry mass. To evaluate the production of fruits, it was performed two composed harvests to quantify the number of fully ripe fruits per plant and total production. The stress caused by the individual nutrient deficiency negatively influences the growth of pepper plants subjected to treatments deficient in N, P, K, Ca and Mg. The production of chilli pepper is reduced when plants grown under individual nutrient deficiency except those subjected to treatment B deficient.

Keywords: pepper, mineral nutrition, nutrient solution

INTRODUÇÃO

As pimentas do gênero *Capsicum* têm sido consideradas um alimento funcional por alguns estudiosos, pois, além dos altos teores vitamínicos, possuem componentes que promovem e preservam a saúde (Iqbal, 2013), sendo muito utilizadas, por exemplo, na fabricação de medicamentos devido à sua atividade antioxidante e anticancerígena (Bianchini e Penteado, 1998; Tofanelli, et al. 2003).

Para que os vegetais possam realizar todas as complexas reações bioquímicas necessárias à manutenção de suas células e o seu crescimento, elas precisam obter do ambiente alguns recursos, como água, luz e nutrientes minerais (Taiz e Zeiger, 2013). Dentre esses, a nutrição afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Sousa et al., 2013). Quando o suprimento de um

ou mais nutrientes é inadequado, pode ocorrer uma série de alterações nas plantas, tal como crescimento atrofiado dos caules e das folhas, conseqüentemente, menor produção de biomassa (Taiz e Zeiger, 2013).

A análise de crescimento é um método de baixo custo, bastante preciso e consiste no primeiro passo para a interpretação e análise de produção primária (Benincasa, 2003), sendo uma importante ferramenta de estudo do comportamento da planta sob diferentes condições ambientais, manejo e sistemas de cultivo (Benincasa, 2003; Aumonde et al., 2011).

Dentre esses sistemas, há a hidroponia que permite o uso de soluções nutritivas balanceadas, constituindo-se de um sistema de produção intensivo. Por meio deste sistema, pode ser adotada a técnica do elemento faltante, visando conhecer os efeitos da deficiência nutricional de cada nutriente no crescimento das plantas, bem como nos frutos produzidos (Ramos et al., 2009).

Informações a respeito do desenvolvimento de *Capsicum annuum* quando cultivada pela técnica do elemento faltante são incipientes, principalmente, no que tange ao crescimento e à produção de frutos. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito do estresse causado pela deficiência individual de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e de B sobre o crescimento de *Capsicum annuum* var. *annuum* e a sua produção de frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes, RJ (Latitude = 21°19'23"; Longitude = 41°10'40" W; Altitude = 14 m), no período de 09/05 a 08/12/2012. A temperatura média durante esse período foi de 23,99°C, com a mínima variando de 15,1 a 22,52°C e a máxima variando de 31,4 a 43,49°C, e a umidade média relativa do ar durante esse período foi de 54,97% com a mínima variando de 24,0 a 44% e a máxima variando de 93,4 a 100%, ambas monitoradas pelo medidor WATCH DOG – Weather – Station (Spectrum Technologies, Inc), que foi programado para realizar leituras a cada duas horas.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 8x3, sendo oito tratamentos nutricionais (completo e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S ou B) e três colheitas de plantas inteiras, com quatro repetições para cada tratamento.

Para a produção das mudas utilizou-se sementes de pimenta *Capsicum annuum* var. *annuum* (UENF 1381) adquiridas da coleção de *Capsicum* do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF, as quais foram semeadas em 09/05/2012, em areia de quartzo fina (*mesh* 40/60) em bandejas de isopor de 128 células, que passaram a ser irrigadas diariamente com 3 mL de água desionizada. Quando as plântulas emergiram, estas passaram a ser adubadas com solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950), com modificações (Tabela 1) a 1/4 da força por oito dias, 1/2 força por mais oito dias e força total até o momento do transplântio.

Tabela 1. Composição das soluções nutritivas, completa e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S ou B, adaptada de Hoagland e Arnon, 1950

Soluções estoque		Tratamentos							
		Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
	 mL L ⁻¹							
Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	2 mol L ⁻¹	2,0	---	2,0	2,0	---	2,0	2,0	2,0
KNO ₃	2 mol L ⁻¹	3,0	---	3,0	---	3,0	3,0	3,0	3,0
NH ₄ H ₂ PO ₄	1 mol L ⁻¹	1,0	---	---	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MgSO ₄	1 mol L ⁻¹	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	---	---	2,0
(NH ₄) ₂ SO ₄	1 mol L ⁻¹	0,5	---	0,5	0,5	0,5	0,5	---	0,5
Fe EDTA	25 g L ⁻¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MICRO*	---	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
H ₃ BO ₃	25 mM	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	---
NH ₄ Cl	1 mol L ⁻¹	---	---	1,0	---	---	---	1,0	---
NaNO ₃	2 mol L ⁻¹	---	---	---	3,0	4,0	---	---	---
Na ₂ SO ₄	1 mol L ⁻¹	---	---	---	---	---	2,0	---	---
MgCl ₂	1 mol L ⁻¹	---	---	---	---	---	---	2,0	---
CaCl ₂	2 mol L ⁻¹	---	2,0	---	---	---	---	---	---
KCl	1 mol L ⁻¹	---	4,0	---	---	---	---	---	---
KH ₂ PO ₄	1 mol L ⁻¹	---	1,0	---	---	---	---	---	---
K ₂ SO ₄	0,5 mol L ⁻¹	---	1,0	---	---	---	---	---	---

*MICRO: ZnSO₄.7H₂O - 578 mg L⁻¹, CuSO₄.5H₂O - 125 mg L⁻¹, MnSO₄.H₂O - 845 mg L⁻¹, KCl - 3728 mg L⁻¹, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O - 88 mg L⁻¹

O substrato utilizado foi areia de três granulometrias, purificada em ácido clorídrico diluído em água, na proporção de 1:4 durante cerca de seis horas e em seguida foi lavada com água corrente até que o pH se estabilizasse acima de 5,5 e

uma lavagem final com água desionizada. Os vasos foram preenchidos com 2,5 L de areia de quartzo grossa (*mesh* 8/10) no fundo; 5,7 L de areia média (*mesh* 20/25) no meio e 1,3 L de areia fina (*mesh* 40/60) na superfície. O transplântio foi realizado aos 38 dias após a semeadura, quando as mudas apresentaram dois pares de folhas totalmente expandidas. A partir de então, as plantas passaram a ser irrigadas com solução nutritiva completa força total (Tabela 1).

Os tratamentos com deficiência nutricional iniciaram-se aos 23 dias após o transplântio, quando as pimenteiras estavam no início do período de florescimento (Quadro 1). Nesta ocasião, o substrato foi lavado com 3 L de água desionizada para lixiviar os nutrientes do sistema e após duas horas foram iniciados os tratamentos, completo e com deficiência individual dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S ou B nas respectivas parcelas. As soluções nutritivas deficientes utilizadas no experimento encontram-se na Tabela 1, sendo que o pH destas foi sempre ajustado entre 5,5 e 5,7 com solução de NaOH ou HCl 0,2 mol L⁻¹.

Quando as plantas sob deficiência apresentaram sintomas muito severos que podiam conduzir à morte ou impedir a continuidade do experimento, a aplicação dos tratamentos foi suspensa, sendo reaplicada a solução completa fornecendo o nutriente sob deficiência. Após o início da recuperação das plantas, os tratamentos foram induzidos novamente conforme demonstrado no quadro 1.

Foram realizadas três colheitas de planta inteira, aos 30, 60 e 150 dias após início dos tratamentos (DAIT). Nessa ocasião, determinou-se a altura (cm) das plantas (do colo até o ápice da última folha desenvolvida, com uma trena), o diâmetro (mm) do caule (com um paquímetro), o número total de folhas e a área foliar (cm²) (por meio do medidor de bancada modelo LI-3100 – LI-COR, Lincoln, NE, USA).

O material vegetal colhido foi lavado com água desionizada e devidamente separado, em folhas e hastes. As colheitas de raízes foram realizadas aos 60 e 150 DAIT. Esse material foi submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70°C por 72 horas, para determinação da massa seca (g planta⁻¹) das folhas, das hastes e das raízes. A massa seca total foi determinada pela soma da massa seca das folhas, das hastes e das raízes.

Quando mais de 50% das plantas apresentavam frutos maduros (totalmente vermelhos), foi iniciada a colheita de frutos que passou a ser realizada semanalmente. Nessa ocasião, foram determinados o número de frutos totalmente

maduros colhidos por planta e a produção total (g planta⁻¹) desses frutos. Dentre as colheitas realizadas foram determinadas duas amostras compostas de frutos, correspondentes ao período entre 76 a 100 dias e de 101 a 152 DAIT.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis estudadas houve interação entre as épocas de colheita e os tratamentos. Para as pimenteiros cultivadas sob deficiência de N, as variáveis de crescimento não apresentaram variação significativa em função da época de colheita (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2. Altura, diâmetro, número de folhas e área foliar de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, em função dos tratamentos completo e com deficiência individual dos nutrientes minerais, aos 30, 60 e 150 dias após início dos tratamentos

Tratamento	Altura da planta (cm)			Diâmetro do caule (mm)		
	30 dias	60 dias	150 dias	30 dias	60 dias	150 dias
Completo	80 Ca	100 Ba	119 A b	6,15 Bab	8,53 Aab	8,72 A cd
- N	82 Aa	77 A b	91 A c	6,56 Aa	6,38 A d	7,46 A e
- P	68 Ca	91 Bab	117 A b	5,07 C bc	6,57 B cd	8,37 A cde
- K	61 Ba	96 Aab	81 A c	4,07 B c	7,37 A bcd	7,19 A e
- Ca	80 Ba	94 Bab	119 A b	5,65 Cab	7,33 B bcd	9,27 A c
- Mg	76 Ba	94 Bab	113 A b	5,73 Bab	7,58 A bcd	8,06 A de
- S	77 Ca	105 Ba	183 Aa	5,63 Cab	7,66 B bc	12,57 Aa
- B	80 Ca	102 Ba	127 A b	5,81 Cab	9,19 Ba	10,59 A b
CV (%)	13,51			10,57		
Tratamento	Número de folhas			Área foliar (cm ²)		
	30 dias	60 dias	150 dias	30 dias	60 dias	150 dias
Completo	156 Ca	379 Ba	948 A b	1557 Ca	2919 Ba	4362 A b
- N	179 Aa	143 A b	193 A e	1269 Aab	999 A c	489 A d
- P	85 Ba	268 Aab	358 A de	800 Bab	1930 A b	822 B d
- K	97 Ba	356 Aa	278 A e	630 B b	2283 Aab	1182 B d
- Ca	137 Ba	255 Bab	691 A c	1242 Cab	2199 Bab	3213 A c
- Mg	160 Ba	338 Aab	500 A d	1397 Bab	3045 Aa	2481 A c
- S	144 Ba	312 Bab	1267 Aa	1323 Bab	2429 Aab	2812 A c
- B	129 Ca	424 Ba	1003 A b	1391 Cab	3042 Ba	5187 Aa
CV (%)	34,16			25,99		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Esses dados corroboram com os de Freitas et al. (2008) ao verificarem que o maracujazeiro doce sob deficiência de N, apresenta menor área foliar e número de folhas por ramo e com os de Flores et al. (2012) ao constatarem que as

deficiências de N, assim como as de K e as de Ca foram as que mais reduziram a altura, o diâmetro, a área foliar e o número de folhas em pimenteira malagueta. Batista et al. (2003) observaram também inibição do crescimento em altura e menor diâmetro do caule em mudas de gravioleira (*Annona muricata*) sob deficiência de N.

Segundo Taiz e Zeiger (2013), as plantas cultivadas sob deficiência de N, desenvolvem-se lentamente e acumulam carboidratos que não podem ser usados na síntese de aminoácidos e de outros compostos nitrogenados, inibindo rapidamente o crescimento vegetal. Os carboidratos não utilizados no metabolismo do N podem, entretanto, ser usados na síntese de antocianina, podendo levar ao acúmulo desse pigmento.

Também não houve diferença significativa ao longo das épocas de colheitas, para a massa seca de folhas e de hastes nas pimenteiras cultivadas sob deficiência de P e K, respectivamente, e nem para a massa seca total naquelas cultivadas sob deficiência de Mg (Tabelas 3 e 4). Esse mesmo efeito foi observado, aos 60 e aos 150 DAIT para a área foliar nas pimenteiras cultivadas sob deficiência de P e de S; para as variáveis altura, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca de raiz e massa seca total, nas pimenteiras cultivadas sob deficiência de K e para o diâmetro do caule, o número de folhas e a área foliar nas cultivadas sob deficiência de Mg (Tabelas 2 e 4).

Foi observado incremento para a variável área foliar em pimenteiras cultivadas sob deficiência de P, e nas cultivadas sob deficiência de K, esse incremento ocorreu para a área e a massa seca foliar dos 30 para os 60 DAIT, seguida de decréscimo aos 150 DAIT (Tabelas 2 e 3). Provavelmente, este resultado foi devido à reaplicação da solução nutritiva completa, pois comumente, plantas com deficiência em P e K têm o seu crescimento retardado. O P por afetar vários processos, como a síntese proteica e de ácidos nucleicos e o K por ser ativador de numerosas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2013).

Tabela 3. Massa seca de folhas e de hastes de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, em função dos tratamentos completo e com deficiência individual dos nutrientes minerais, aos 30, 60 e 150 dias após início dos tratamentos

Tratamento	Massa seca de folhas (g planta ⁻¹)			Massa seca de hastes (g planta ⁻¹)		
	30 dias	60 dias	150 dias	30 dias	60 dias	150 dias
Completo	4,24 Ca	10,25 B bc	18,81 A b	5,30 C a	14,98 Bab	25,77 A c
- N	3,69 Aa	2,99 A d	2,29 A d	5,52 A a	5,60 Ab	9,40 A e
- P	2,55 Aa	6,34 Acd	2,75 A d	2,79 B a	7,42 Bb	19,02 A cd
- K	2,32 Ba	8,55 A bc	4,54 B d	2,43 A a	10,02 Aab	9,50 A e
- Ca	3,45 Ca	8,90 B bc	14,15 A c	4,74 B a	8,80 Bab	25,98 A c
- Mg	4,25 Ca	18,85 Aa	14,63 B c	4,65 B a	10,11ABab	16,18 A de
- S	3,63 Ca	8,16 B bc	16,15 A bc	4,85 C a	15,16 Bab	74,53 Aa
- B	3,85 Ca	11,87 B b	27,63 Aa	4,79 C a	18,29 Ba	47,30 Ab
CV (%)	31,69			40,96		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Massa seca de raízes e massa seca total de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, em função dos tratamentos completo e com deficiência individual dos nutrientes minerais, aos 60 e 150 dias após início dos tratamentos

Tratamento	Massa seca de raízes (g planta ⁻¹)		Média	Massa seca total (g planta ⁻¹)		Média
	60 dias	150 dias		60 dias	150 dias	
Completo	3,83 Bab	9,40 A c	6,61	21,22 Ba	53,97 A c	37,60
- N	2,66 Aab	4,24 A d	3,45	11,56 Aa	15,93 A f	13,75
- P	2,48 Bab	5,21 A d	3,84	12,03 Ba	26,98 A ef	19,51
- K	2,64 Aab	4,17 A d	3,41	14,94 Aa	18,21 A f	16,58
- Ca	1,92 Bb	5,64 A d	3,78	14,86 Ba	45,77 A cd	30,32
- Mg	3,04 Bab	5,08 A d	4,06	21,97 Aa	35,90 A de	28,94
- S	3,93 Bab	16,02 Aa	9,98	19,83 Ba	106,70 Aa	63,27
- B	4,32 Ba	12,84 Ab	8,58	23,72 Ba	87,77 Ab	55,75
Média	3,10	7,83	5,46	17,52	48,90	33,21
CV (%)	24,40			30,34		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

As pimenteiros cultivadas sob solução nutritiva completa apresentaram incremento no crescimento ao longo de cada época de colheita, sendo esta diferença também verificada nas pimenteiros cultivadas sob deficiência de P, de S e de B para as variáveis altura, diâmetro do caule, massa seca de raiz e massa seca total (Tabelas 2 e 4). Esse incremento também foi observado para as variáveis diâmetro do caule, área foliar e massa seca foliar nas pimenteiros cultivadas sob deficiência de Ca; para massa seca foliar nas pimenteiros cultivadas sob deficiência de Mg; para massa seca foliar e de hastes nas pimenteiros cultivadas sob

deficiência de S e para número de folhas, área foliar, massa seca de folhas e de hastes, nas pimenteiros cultivadas sob deficiência de B (Tabelas 2 e 3). Para essas variáveis, com exceção do número de folhas, as plantas sob deficiência de B apresentaram médias superiores ao tratamento completo aos 150 DAIT.

Provavelmente, a reserva de B nas pimenteiros ocorrida no período em que estas foram cultivadas sob solução nutritiva completa, foi suficiente para que este micronutriente não precisasse ser reaplicado, pois os primeiros sintomas de sua deficiência iniciados aos 100 DAIT, não foram crônicos. Isso pode ser justificado pela mobilidade do B em pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*.

Além das funções estruturais que o B participa nas plantas, há outras que não foram completamente elucidadas. Neste trabalho foi verificado que as pimenteiros cultivadas sob deficiência de B apresentaram distúrbio no crescimento, resultando em maior área foliar, diâmetro, massa seca de folhas, de hastes, de raiz e massa seca total, aos 150 DAIT quando comparado com as pimenteiros cultivadas sob solução nutritiva completa (Tabelas 2, 3 e 4), contudo, essa diferença não ocorreu para o número de frutos e para a produção total de frutos colhidos (Tabela 5).

Tabela 5. Produção total e número de frutos por pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, em função dos tratamentos completo e com deficiência individual dos nutrientes minerais, aos 60 e 150 dias após início dos tratamentos

Tratamento	Produção total (g planta ⁻¹)		Número de frutos por planta	
	1ª colheita	2ª colheita	1ª colheita	2ª colheita
Completo	196,8 Aab	215,3 Aa	63,5 Aa	75,5 Aa
- N	73,7 A d	42,3 A c	21,5 A b	13,8 A d
- P	72,2 A d	70,2 A c	26,2 A b	22,0 A cd
- K	50,7 B d	141,2 A b	48,1 A b	16,5 B b
- Ca	158,3 A bc	71,9 B c	63,0 Aa	37,0 B bc
- Mg	55,9 A d	61,0 A c	19,7 A b	18,5 A cd
- S	127,3 A c	35,0 B c	36,7 A b	16,5 B d
- B	224,5 Aa	244,9 Aa	79,3 Aa	70,3 Aa
CV (%)	24,15		32,71	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

A maior diferença entre valores para a variável massa seca de hastes nas pimenteiros cultivadas sob deficiência de P foi detectada na última colheita; para as variáveis altura, número de folhas, massa seca de haste, de raiz e total nas plantas

cultivadas sob deficiência de Ca; para as variáveis altura, massa seca de haste e de raiz para as pimenteiiras cultivadas sob deficiência de Mg e para o número de folhas, nas pimenteiiras cultivadas sob deficiência de S (Tabelas 2, 3 e 4).

Esta diferença pode ter ocorrido devido às reaplicações de soluções nutritivas completas nas pimenteiiras cultivadas sob deficiência individual de nutrientes, com exceção das pimenteiiras cultivadas sob deficiência de N e de S. As pimenteiiras cultivadas sob deficiência de S, de forma geral, apresentaram valores semelhantes ou superiores aos das pimenteiiras cultivadas sob solução nutritiva completa.

A altura das pimenteiiras cultivadas sob deficiência de S merece destaque, pois apresentou aos 150 DAIT um incremento de 289% em relação às pimenteiiras cultivadas sob solução nutritiva completa. Apesar do número de folhas das plantas cultivadas sob deficiência de S ter apresentado maior média, isso não refletiu na sua área foliar, já que esta foi bem menor em relação às pimenteiiras cultivadas sob solução nutritiva completa (Tabela 2). Isso implica em uma menor área fotossintética, e conseqüentemente em menor produção de fotoassimilados, refletindo negativamente na produção de frutos na primeira colheita e no número de frutos tanto na primeira quanto na segunda colheita, quando comparado com as pimenteiiras cultivadas sob solução nutritiva completa (Tabela 5).

Aos 30 DAIT não foi verificada diferença entre os tratamentos para as variáveis altura, número de folhas, massa seca de folhas e de hastes avaliadas nas pimenteiiras (Tabelas 2 e 3). Isso pode ter ocorrido em função da reserva de nutrientes acumulada nos tecidos das pimenteiiras, durante o período em que as mesmas estavam sendo cultivadas sob solução nutritiva completa, antes do início dos tratamentos.

Tanto o diâmetro do caule quanto a área foliar observados aos 30 DAIT, nas pimenteiiras cultivadas sob deficiência de K, apresentaram valores 34 e 60% menores, respectivamente, do que nas pimenteiiras cultivadas sob tratamento completo (Tabela 2). Apesar do K não estar diretamente ligado a nenhum componente estrutural da planta, ele participa de vários processos bioquímicos que interferem no crescimento normal das plantas (Marschner, 2012).

Verificou-se, aos 60 DAIT, que as variáveis de crescimento avaliadas apresentavam, com exceção da massa seca total, diferenças estatísticas entre os tratamentos aplicados (Tabelas 2, 3 e 4).

A altura das pimenteiras cultivadas sob deficiência de N, aos 60 DAIT, foi 23, 27 e 24% menor quando comparadas às pimenteiras cultivadas sob os tratamentos completo, deficiente em S e em B, respectivamente. O diâmetro do caule das pimenteiras cultivadas sob deficiência de N e de P foi 25 e 23% menor, respectivamente do que nas pimenteiras cultivadas sob tratamento completo (Tabela 2).

Flores et al. (2012) concluíram que o nutriente que mais limita o crescimento de pimenteira malagueta é o N. No presente estudo, tanto o N quanto o K foram os que mais limitaram o crescimento da pimenteira. Da mesma forma, Frazão et al. (2013) relataram que a deficiência destes nutrientes foi a que mais limitou o crescimento da planta ornamental *Etlingera elatior*, sendo primeiro o K, depois o N. Entretanto, esses autores concluíram que esta espécie é sensível à deficiência de cálcio, pois os primeiros sintomas observados foram nas plantas cultivadas sob sua deficiência.

O número de folhas das pimenteiras cultivadas sob tratamento deficiente em N apresentou uma redução de 62% em relação às cultivadas sob tratamento completo. Esse mesmo comportamento foi observado para área foliar das pimenteiras cultivadas sob os tratamentos deficientes em N e em P, sendo 66 e 34% menores que nas pimenteiras cultivadas sob tratamento completo (Tabela 2). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Flores et al. (2012) em que o número de folhas e a área foliar de pimenteira malagueta também reduziram em 53 e 84%, respectivamente, quando cultivadas sob deficiência de N.

Sousa et al. (2001) ao avaliar o efeito da adubação com diferentes doses de N, P e K, em solo que recebeu ou não calcário, em pimenteira-longa, verificaram que além do N, o P foi o nutriente que provocou efeito mais pronunciado em aumentar a produção de matéria seca de ramos e de folhas.

O N participa dos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas, como na absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Malavolta et al., 1997), influenciando assim na expressão do potencial produtivo da cultura (Filgueira, 2003).

A massa seca das folhas de pimenteiras cultivadas sob deficiência de N e de Mg foi 54% superior e 71% inferior em relação às pimenteiras sob tratamento completo. As pimenteiras cultivadas sob deficiência de B apresentaram massa seca de hastes 69 e 59% superior em relação às pimenteiras cultivadas sob deficiência

de N e de P (Tabela 3). As pimenteiras cultivadas sob tratamento deficiente em B apresentaram massa seca de raízes 55% maior do que as pimenteiras cultivadas sob deficiência de Ca (Tabela 4). Em relação ao tratamento completo, a massa seca de raízes das pimenteiras cultivadas sob deficiência de Ca reduziu em 60%.

Estes resultados corroboram como os observados por Fernandes et al. (2013) ao estudarem as deficiências nutricionais de macronutrientes e sódio em mudas de pupunheira, em que a produção de raízes foi menor do que nas mudas submetidas ao tratamento completo. Segundo White e Broaley (2003), o Ca é considerado um elemento pouco móvel no vegetal, assim seus sintomas de deficiência manifestam-se nos tecidos em formação.

Aos 150 DAIT as pimenteiras avaliadas apresentaram diferença estatística entre os tratamentos testados. Provavelmente, a maior redistribuição dos nutrientes da planta para os frutos e ainda a extração dos nutrientes pelos próprios frutos afetaram de forma mais expressiva o crescimento das plantas. A altura das pimenteiras cultivadas sob deficiência de N e de K foi menor 23 e 32%, respectivamente em relação às pimenteiras sob tratamento completo (Tabela 2).

Nessa mesma época de avaliação, o diâmetro do caule das pimenteiras cultivadas sob tratamento deficiente em N e em K foi 14 e 17% menor quando comparado com as pimenteiras cultivadas sob tratamento completo, que por sua vez apresentaram o diâmetro do caule 70 e 82% menores que as pimenteiras cultivadas sob deficiência de S e de B, respectivamente (Tabela 2).

O número de folhas das pimenteiras cultivadas sob deficiência de B não diferiu estatisticamente das pimenteiras sob tratamento completo, sendo que esse número aumentou 75% nas pimenteiras cultivadas sob deficiência de S (Tabela 2). Flores et al. (2012) ao analisar o efeito da deficiência de macronutrientes em pimenteira malagueta por 22 dias, verificaram que o tratamento com deficiência de enxofre provocou redução no número de folhas e na altura das plantas.

A área foliar, que é um importante fator de crescimento, devido à captação da energia solar e produção de material orgânico por meio da fotossíntese, foi 84% maior em pimenteiras cultivadas sob deficiência de B do que nas pimenteiras sob tratamento completo. Também sob deficiência de B, a massa seca de hastes foi 54% maior em relação às pimenteiras sob tratamento completo (Tabelas 2 e 3). As pimenteiras cultivadas sob deficiência de S apresentaram massa seca de hastes 189% maior do que as pimenteiras cultivadas sob tratamento completo (Tabela 3).

De acordo com Taiz e Zeiger (2013), a deficiência de S reduz o crescimento das plantas, neste trabalho a massa seca de raízes das pimenteiros cultivadas sob sua deficiência e das pimenteiros submetidas ao tratamento deficiente B foi 58 e 73%, respectivamente, superiores do que nas pimenteiros cultivadas sob tratamento completo. A mesma resposta foi observada para a massa seca total, em que o incremento foi de 50 e 61%, respectivamente (Tabela 4). Apesar de estar trabalhando com outra espécie, Freitas et al. (2011) ao avaliarem o efeito da deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce aos 90 dias após o início dos tratamentos verificaram que a deficiência de S e B não diferiu das plantas cultivadas sob tratamento completo para a variável produção de matéria seca de raízes.

O acúmulo de massa seca e sua distribuição na planta são processos importantes na definição da produtividade de uma cultura (Silva et al., 2009). A produção total de frutos nas pimenteiros cultivadas sob deficiência em K apresentou um aumento desta variável da primeira para segunda colheita, provavelmente em função da reaplicação de soluções nutritivas completas. Comportamento inverso foi verificado para o número de frutos sob deficiência desse nutriente (Tabela 5).

As pimenteiros conduzidas sob deficiência de Ca apresentaram redução da produção total e do número de frutos da primeira para a segunda colheita. Esse mesmo comportamento ocorreu para as pimenteiros cultivadas sob deficiência de S para produção total, número de frutos e massa média dos frutos da primeira para a segunda colheita (Tabela 5).

Segundo Malavolta et al. (1997), o número de frutos e de sementes são reduzidos em plantas com deficiência de P. A mesma resposta foi observada neste estudo, em que a deficiência de P reduziu em 71% o número de frutos em relação ao tratamento completo. Spironello et al. (2004), estudando os efeitos da adubação com N, P e K na produção e qualidade dos frutos de abacaxizeiro, observaram que não houve efeito das doses de P para o crescimento e a produção do abacaxizeiro.

Tanto na primeira quanto na segunda colheita, não houve diferença estatística para produção total de frutos nas pimenteiros cultivadas sob deficiência de B com relação às pimenteiros cultivadas sob tratamento completo, que ao mesmo tempo, apresentou uma redução de 34% em relação às pimenteiros cultivadas sob deficiência de K (Tabela 5).

O número de pimentas produzidas sob os tratamentos completo e deficientes de Ca e B, não apresentou diferença estatística quando comparado ao número de pimentas produzidas sob tratamento completo em relação à primeira colheita (Tabela 5).

Na segunda colheita, o número de frutos em pimenteiros cultivados sob tratamento completo não diferiu do número de frutos colhidos sob tratamento deficiente em B, sendo superior 82 e 78% nas pimentas produzidas sob deficiência de N e de S, respectivamente (Tabela 5).

Diante dos resultados apresentados verificou-se que a deficiência dos nutrientes influenciou na redução da produção total de frutos aos 150 DAIT, na seguinte ordem decrescente: -S>-N>-Mg>-P>-Ca>-K>-B.

CONCLUSÕES

O estresse causado pela deficiência individual de nutrientes influencia negativamente no crescimento das pimenteiros submetidas aos tratamentos deficientes em N, P, K, Ca e Mg. A produção de pimentas reduz quando as pimenteiros são cultivadas sob deficiência individual de nutrientes, com exceção daquelas submetidas ao tratamento deficiente em B.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aumonde, T.Z., Lopes, N.F., Moraes, D.M.de., Peil, R.M.N., Pedó, T. (2011) Análise de crescimento do híbrido de minimelancia Smile® enxertada e não enxertada. *Interciência*, 36(9): 677-681.
- Batista, M.M.F., Viégas, I.J.M., Frazão, D.A.C., Thomaz, M.A.A., Silva, R.C.L. (2003) Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral em gravioleiras (*Annona muricata*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(2): 315-318.
- Benincasa M.M.P. (2003) *Análise de Crescimento de Plantas: Noções Básicas*. 1ª ed. Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 41p.

- Bianchini, R. e Penteado, M.V.C. (1998) Carotenoides de pimentões amarelos (*Capsicum annuum* L.). Caracterização e verificação de mudanças com o cozimento. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 18(3): 283-288.
- Filgueira, F.A.R. (2003) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 2.ed., Universidade Federal de Viçosa, 412p.
- Fernandes, A.R., Matos, G.S.B.de, Carvalho, J.G.de. (2013) Deficiências nutricionais de macronutrientes e sódio em mudas de pupunheira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(4): 1178-1189.
- Flores, R.A., Almeida, T.B.F.de, Politi, L.S., Prado, R.de.M., Barbosa, J.C. (2012) Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7: 104-110.
- Frazão, D.A.C., Viégas, J.M., Lobato, A.K.S., Sousa, G.O., Silva, D.A.S., El-Husny, J.C., Conceição, H.E.O., Neto, C.F.O. (2013) Visual characterization, growth parameters, and nutritional consequences promoted by nutrient omissions in young *Etlingera elatior* plants. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2): 1470-1474.
- Freitas, M.S.M., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C.de., Vasconcellos, M.A.S. (2011) Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4): 1331-1343.
- Freitas, M.S.M., Monnerat, P.H., Vieira, I.J.C. (2008) Mineral Deficiency in *Passiflora alata* Curtis: vitexin bioproduction. *Journal of Plant Nutrition*, 31(10): 1844-1854.
- Hoagland, D.R. and Arnon, D.I. (1950) *The water-culture method for growing plants without soil*. Circular California Agricultural Experiment Station, 347: 32p.

- Iqbal, Q., Amjad, M., Asi, M.R., Ariño, A. (2013) Characterization of Capsaicinoids and Antioxidants in Hot Peppers as Influenced by Hybrid and Harvesting Stage. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68(4): 358-363.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed., Potafós, 319p.
- Marschner, P. (2012) *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3ed. San Diego: Elsevier. 651p.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C.de., Pinto, J.L.de.A., Silva, J.A. da. (2009) Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31: 252-256.
- Silva, F.L.da., Pinto, C.A.B.P, Alves, J.D., Benites, F.R.G., Andrade, C.M., Rodrigues, G.B., Lepre, A.L., Bhering, L.P. (2009) Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. *Bragantia*, 68: 295-302.
- Sousa, L.B., Heitor, L.C., Santos, P.C.dos., Freitas, J.A.A., Freitas, M.S.M.de., FREITAS, S.de.J., Carvalho, A.J.C.de. (2013) Crescimento, composição mineral e fenóis totais de espécies de Passiflora em função de fontes nitrogenadas. *Bragantia*, 72(3): 247-254.
- Sousa, M.M.M., Lédo, F.J.S., Pimentel, F.A. (2001) Effect of fertilization and limestone application on production of dry matter and essential oil of long pepper. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(3): 405-409.
- Spironello, A., Quaggio, J.A., Teixeira, L.A.J., Furlani, P.R., Sigrist, J.M.M. (2004) Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1): 155-159.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2013) *Fisiologia vegetal*. 5.ed. ARTMED. 916p.

Tofanelli, M.B.D, Amaya-Robles, J.E., Rodrigues, J.D., Ono, E.O. (2003) Ácido giberélico na produção de frutos partenocárpicos de pimenta. *Horticultura Brasileira*, 21(1): 116-118.

White, J.E., Broadley, M.R. (2003) Calcium in plants. *Annals of Botany*, (92): 487-511.

4.2. ARTIGO Nº 02: CAPSAICINOIDES E COMPOSIÇÃO MINERAL DE FRUTOS DE *Capsicum annuum* var. *annuum* PRODUZIDOS SOB DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL

RESUMO - O objetivo deste estudo foi verificar o efeito do estresse nutricional causado pela deficiência de macronutrientes e boro sobre a biossíntese de capsaicinoides e nos teores de nutrientes minerais em frutos secos de *Capsicum annuum* var. *annuum*. O experimento foi realizado em condições de cultivo protegido em Campos dos Goytacazes, Brasil, em areia irrigada com solução nutritiva, em blocos casualizados, em arranjo fatorial 8x2, sendo oito tratamentos (completo e com omissão individual, na solução nutritiva, de N, P, K, Ca, Mg, S ou B) e duas épocas de colheitas de frutos, com quatro repetições. Conclui-se que as pimentas produzidas sob deficiência de K e de S apresentam, respectivamente, aumento e redução nos teores de capsaicina. Os teores de capsaicina variaram de 0,369 a 1,224 mg g⁻¹ e foram diferentes entre as épocas de colheita.

Palavras-chave: pimenta, nutrientes minerais, metabolismo secundário, alcaloides, HPLC

CAPSAICINOIDS CONTENT AND MINERAL COMPOSITION OF *Capsicum annuum* var. *annuum* FRUITS GROWN UNDER MACRONUTRIENTS AND BORON DEFICIENCY

ABSTRACT: This research aims to evaluate the effect of nutritional stress due to macronutrients and boron deficiency on capsaicinoids biosynthesis and mineral nutrient contents on *Capsicum annuum* var. *annuum* dry fruits. The experiment was

carried out in greenhouse in Campos dos Goytacazes, Brazil, using sand as substrate and nutritive solution application, it was used randomized blocks in factorial scheme 8x2 with eight nutritional treatments (complete and individual deficiency of N, P, K, Ca, Mg, S and B) and two harvests of fruits, with four repetitions. Fruits produced under K and S deficiencies respectively showed increase and reduction of capsaicin contents. Capsaicin contents ranged from 0.369 to 1.224 mg g⁻¹ and were different according to the harvest time.

Keywords: pepper, mineral nutrients, secondary metabolism, alkaloids, HPLC

INTRODUÇÃO

As pimentas do gênero *Capsicum* podem ser consumidas *in natura* ou processadas, sendo de grande interesse para indústria alimentícia, farmacêutica (medicamentos e cosméticos) e bélica (aerossol de pimenta) (Kraikruan et al., 2008). Esses frutos têm ganhado mercado e se destacado em função de algumas características peculiares que apresentam, dentre elas estão os altos teores vitamínicos (Henz, 2006), a presença de excelentes fontes de antioxidantes naturais e a pungência, resultante do metabolismo secundário nestas plantas (Perucka et al., 2001).

Essa pungência ocorre em função dos capsaicinoides, que são acumulados pelas plantas no tecido da superfície da placenta, nas sementes e, em menor grau, no pericarpo do fruto (Reifschneider, 2000). Dos capsaicinoides existentes, os que ocorrem em maior quantidade são a capsaicina e a dihidrocapsaicina (Bosland, 1993), que são consideradas alcaloides amídicos derivados da rota dos fenilpropanoides (Fattorusso e Tagliatela-Scafati, 2008).

Embora os metabólitos secundários sejam controlados geneticamente, o teor de seus compostos químicos, a quantidade de material vegetal produzido (Lapa, 2006) e ainda a ação de seus princípios ativos, podem ser influenciados pelo tipo de planta, pelo local de origem, pelas condições climáticas, pelos eventos fenológicos, pela injúria física, pela herbivoria, pela nutrição e por outros tipos de estresse (Gobbo-Neto e Lopes, 2007; Freitas et al., 2007; Sousa et al., 2013). Dentre esses fatores, a nutrição é um dos que mais merece destaque, pois além de afetar a biossíntese de metabólitos secundários, também afeta diretamente o

crescimento e o desenvolvimento das plantas e a quantidade e a qualidade dos frutos produzidos (Lapa, 2006; Freitas et al., 2008).

Alguns estudos envolvendo a deficiência nutricional, por meio da técnica do elemento faltante em cultivo hidropônico vêm sendo testados: Veloso e Muraoka (1993) em pimenteira do reino; Batista et al. (2003) em gravioleira; Viégas et al. (2004) em camucamuzeiro; Benedetti et al. (2009) em plantas de espinheira santa; Gama (2010) em vinca; Freitas et al. (2011) em maracujazeiro doce, Flores et al. (2012) em pimenteira malagueta e Ramos et al. (2013) em abacaxizeiro 'Imperial'. Todavia, não há relatos do efeito do uso desta técnica sobre os teores de capsaicinoides e a composição nutricional dos frutos.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito do estresse nutricional causado pela deficiência individual de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e B sobre a biossíntese de capsaicinoides e os teores de nutrientes minerais em frutos secos de *Capsicum annuum* var. *annuum*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes, RJ (Latitude = 21°19'23"; Longitude = 41°10'40" W; Altitude = 14 m), no período de 09/05 a 08/12/2012. A temperatura média durante esse período foi de 23,99°C, com a mínima variando de 15,1 a 22,52°C e a máxima variando de 31,4 a 43,49°C e a umidade média relativa do ar durante esse período foi de 54,97% com a mínima variando de 24,0 a 44% e a máxima variando de 93,4 a 100%, ambas monitoradas pelo medidor WATCH DOG – Weather – Station (Spectrum Technologies, Inc), que foi programado para realizar leituras a cada duas horas.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 8x2, sendo oito tratamentos nutricionais (Completo e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S e B) e duas épocas de colheitas de frutos, com quatro repetições para cada tratamento.

Para a produção das mudas utilizou-se sementes de pimenta *Capsicum annuum* var. *annuum* (UENF 1381) adquiridas da coleção de *Capsicum* do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF, as quais foram semeadas em areia de quartzo fina (*mesh* 40/60) em bandejas de isopor de 128 células, irrigadas

diariamente com 3 mL de água desionizada. Quando as plântulas emergiram, estas passaram a ser adubadas com solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950), com modificações (Tabela 1) a 1/4 de força por oito dias, 1/2 força por mais oito dias e força total até o momento do transplântio.

Tabela 1. Composição das soluções nutritivas, completa e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S e B, adaptada de Hoagland e Arnon, 1950

Soluções estoque		Tratamentos							
		Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
	 mL L ⁻¹							
Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	2 mol L ⁻¹	2,0	---	2,0	2,0	---	2,0	2,0	2,0
KNO ₃	2 mol L ⁻¹	3,0	---	3,0	---	3,0	3,0	3,0	3,0
NH ₄ H ₂ PO ₄ (MAP)	1 mol L ⁻¹	1,0	---	---	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MgSO ₄	1 mol L ⁻¹	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	---	---	2,0
(NH ₄) ₂ SO ₄	1 mol L ⁻¹	0,5	---	0,5	0,5	0,5	0,5	---	0,5
Fe EDTA	25 g L ⁻¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MICRO*	---	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
H ₃ BO ₃	25 mM	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	---
NH ₄ Cl	1 mol L ⁻¹	---	---	1,0	---	---	---	1,0	---
NaNO ₃	2 mol L ⁻¹	---	---	---	3,0	4,0	---	---	---
Na ₂ SO ₄	1 mol L ⁻¹	---	---	---	---	---	2,0	---	---
MgCl ₂	1 mol L ⁻¹	---	---	---	---	---	---	2,0	---
CaCl ₂	2 mol L ⁻¹	---	2,0	---	---	---	---	---	---
KCl	1 mol L ⁻¹	---	4,0	---	---	---	---	---	---
KH ₂ PO ₄	1 mol L ⁻¹	---	1,0	---	---	---	---	---	---
K ₂ SO ₄	0,5 mol L ⁻¹	---	1,0	---	---	---	---	---	---

*MICRO: ZnSO₄.7H₂O - 578 mg L⁻¹, CuSO₄.5H₂O - 125 mg L⁻¹, MnSO₄.H₂O - 845 mg L⁻¹, KCl - 3728 mg L⁻¹, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O - 88 mg L⁻¹

O substrato utilizado foi areia de três granulometrias, purificada em ácido clorídrico diluído em água na proporção de 1:4 durante cerca de seis horas e em seguida foi lavada com água corrente até que o pH se estabilizasse acima de 5,5 e uma lavagem final com água desionizada. Os vasos foram preenchidos com 2,5 L de areia de quartzo grossa (*mesh* 8/10) no fundo; 5,7 L de areia média (*mesh* 20/25) no meio e 1,3 L de areia fina (*mesh* 40/60) na superfície. O transplântio foi realizado aos 38 dias após a semeadura, quando as mudas apresentaram dois pares de folhas totalmente expandidas. A partir de então, as plantas passaram a serem irrigadas com solução nutritiva completa força total (Tabela 1).

Os tratamentos com deficiência nutricional iniciaram-se aos 23 dias após o transplântio, quando as pimenteiças já estavam no início do florescimento. Nesta

ocasião, o substrato foi lavado com 3 L de água desionizada para lixiviar os nutrientes do sistema e após duas horas foram iniciados os tratamentos, completo e com omissão individual dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e B nas parcelas respectivas. As soluções nutritivas deficientes utilizadas no experimento encontram-se na Tabela 1, sendo que o pH delas foi sempre ajustado entre 5,5 e 5,7.

Durante o crescimento das plantas sob deficiência, quando essas apresentaram sintomas muito severos que podiam conduzir à morte ou impedir a continuidade do experimento, a aplicação dos tratamentos foi suspensa, sendo reaplicada a solução completa e depois os tratamentos foram induzidos novamente (Quadro 1).

Foram realizadas duas colheitas compostas de frutos totalmente maduros, a primeira referente ao período entre 76 a 100 dias e de 101 a 152 dias após início dos tratamentos. Os frutos sem o pedúnculo foram acondicionados em sacos de papel Kraft e secos em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60°C por 72 h. Em seguida, os mesmos foram homogeneizados e macerados em almofariz com nitrogênio líquido (N₂), depois submetidos à secagem em estufa por 24h e armazenados em frascos hermeticamente fechados e mantidos em armários para a análise dos teores de capsaicina (CAP), dihidrocapsaicina (DHCAP) e de nutrientes.

A CAP e a DHCAP foram extraídas pelo método descrito por Collins et al. (1995) com modificações e depois foram quantificadas por meio de HPLC. Esses compostos foram extraídos por 9 dias em temperatura ambiente utilizando-se 20 mL de metanol e 2 g de fruto seco e moído. Os frascos foram agitados diariamente e a cada 3 dias, o sobrenadante foi filtrado e estocado até total evaporação do solvente obtendo-se um extrato bruto. 100 mg desse extrato bruto foram dissolvidos em 1 mL de metanol e depois filtrados usando filtro de seringa 0,45 µm de 13 mm e estocados a 5°C até a análise. Uma alíquota de 20 µL foi usada para cada injeção no HPLC.

As amostras foram analisadas usando um cromatógrafo líquido Shimadzu Prominence UFLC equipado com detector UV-visível arranjo de diodos modelo SPD M20A. A cromatografia de fase reversa foi realizada em uma coluna NST C18 - 254605 (250 mm x 4,6 mm x 5 µm). Foi utilizada como fase móvel acetonitrila 60%, fluxo de 1,5 ml min⁻¹, sob temperatura ambiente e o tempo total de cada

corrida de 15 min. Para a quantificação utilizou-se curva de calibração com o uso de padrão externo.

Para a determinação do teor de N, 100 mg de fruto seco moído foi submetido à digestão sulfúrica baseado no método de Nessler (Jackson, 1965). Para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo e Ni, 200 mg de fruto seco moído foi submetido ao sistema de digestão aberta com HNO₃ e H₂O₂ (Peters, 2005), utilizando-se o plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu®.

Os dados foram submetidos a análises de variância pelo teste F, as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biossíntese de capsaicinoides e os teores nutricionais dos frutos produzidos foram influenciados pela época de colheita (Tabela 2) e pelos tratamentos com deficiência individual de nutrientes (Tabela 4). Os frutos referentes à primeira colheita apresentaram maior teor de CAP em relação à segunda colheita. Para o teor de DHCAP, essa diferença entre as colheitas não ocorreu (Tabela 2).

O acúmulo de capsaicinoides é dependente de variáveis ambientais, como a temperatura, a umidade do solo, a luz e o nível de fertilização. Em geral, seca e altas temperaturas durante a noite estimulam a síntese capsaicinoides, explicando a maior pungência das pimentas em áreas tropicais em comparação com as cultivadas em clima temperado ou úmido (Butnariu e Samfira, 2013).

Tabela 2. Teores de capsaicina (CAP), dihidrocapsaicina (DHCAP) e de N, K, Ca e S em frutos secos de pimenta (*Capsicum annuum* var. *annuum*) em função da época de colheita dos frutos

Colheita	CAP	DHCAP	N	K	Ca	S
	----- mg g ⁻¹ -----		----- g kg ⁻¹ -----			
1 ^a	0,851 a	0,449 a	24,7 a	34,6 a	1,62 a	2,06 a
2 ^a	0,599 b	0,429 a	22,8 b	32,0 b	1,57 a	2,09 a
Média	0,725	0,439	23,7	33,3	1,59	2,07
CV (%)	32,7	29,9	9,58	13,2	31,49	16,28

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

Com relação aos nutrientes, verifica-se que os teores de N, K, B e Ni foram maiores na primeira colheita quando comparados aos dos frutos produzidos na segunda colheita (Tabelas 2 e 3). Provavelmente, a redistribuição dos nutrientes da

planta para os frutos e ainda a extração dos nutrientes pelos próprios frutos provocou a menor disponibilidade destes para os frutos produzidos na segunda colheita.

Tabela 3. Teores de B, Cu, Zn, Mo e Ni em frutos de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, em função da época de colheita dos frutos

Colheita	B	Cu	Zn	Mo	Ni
	mg kg ⁻¹				
1 ^a	27,5 a	3,26 a	28,22 a	1,76 a	0,117 a
2 ^a	23,5 b	3,57 a	30,53 a	1,82 a	0,095 b
Média	25,52	3,42	29,37	1,79	0,106
CV (%)	18,48	24,91	28,64	48,41	36,29

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

Para o fator deficiência de nutrientes, observa-se que os frutos produzidos sob deficiência de K apresentaram um incremento de 89,8% no teor de CAP e concomitantemente maior teor de N em relação aos frutos produzidos sob solução nutritiva completa (Tabela 4). Também houve incremento dos teores de DHCAP de 80,5 e 46,0% em frutos produzidos sob deficiência de K e Ca, respectivamente, em relação aos frutos produzidos sob solução nutritiva completa (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de capsaicina (CAP), dihidrocapsaicina (DHCAP), N, K, Ca e S em frutos de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, em função dos tratamentos completo e com deficiência individual dos nutrientes minerais, em sistema hidropônico

Tratamento	CAP	DHCAP	N	K	Ca	S
	mg g ⁻¹		g kg ⁻¹			
Completo	0,645 bc	0,365 cd	24,2 bc	33,7 bc	1,32 c	2,14 b
- N	0,465 cd	0,268 de	15,9 d	39,7 a	1,30 c	2,21 b
- P	0,815 b	0,477 bc	22,4 c	33,2 bc	1,13 c	2,22 b
- K	1,224 a	0,659 a	27,3 a	25,3 d	1,94 b	2,28 b
- Ca	0,861 b	0,533 ab	23,0 c	29,6 cd	0,49 d	2,05 b
- Mg	0,702 bc	0,502 bc	27,6 a	39,8 a	2,51 a	2,69 a
- S	0,369 d	0,214 e	25,7 ab	35,5 ab	2,49 a	0,91 c
- B	0,721 bc	0,491 bc	23,6 bc	29,9 cd	1,56 bc	2,08 b
Média	0,725	0,439	23,7	33,3	1,59	2,07
CV (%)	32,7	29,9	9,58	13,2	31,4	16,28

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

Esses resultados corroboram com os de Mazzafera (1999), que verificaram incremento de 12% nos teores de cafeína (alcaloide) em folhas de café (*Coffea arabica* L.) quando as plantas foram cultivadas sob deficiência de K e com os de Freitas et al. (2008) que também observaram incremento dos teores de vitexina

(flavonoides) nas folhas de maracujazeiro doce sob deficiência deste mesmo nutriente.

Os menores teores de CAP e DHCAP ocorreram nos frutos produzidos sob deficiência de N e S (Tabela 4). Para a maioria das culturas, o N é o nutriente mais requerido por estar presente na estrutura molecular de aminoácidos, ácidos nucleicos, pigmentos e metabólitos secundários (Marschner, 2012). Os alcaloides, por exemplo, possuem um átomo de N em sua estrutura e o S é constituinte da molécula de acetil COA, presente na rota de bioprodução destes compostos, isso pode explicar a redução dos teores de CAP e DHCAP na deficiência destes nutrientes (Butnariu e Samfira, 2013).

Entretanto, esse efeito no metabolismo depende em parte da origem das rotas biossintéticas desses alcaloides e do ambiente que estas plantas estejam adaptadas (Gershenzon, 1984). Freitas et al. (2008) ao estudar o efeito da deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro doce, constataram aos 30 dias após início da aplicação dos tratamentos que as plantas conduzidas sob deficiência de N apresentaram um teor de vitexina 46% maior em relação ao tratamento completo. Souza et al. (2013) ao avaliarem a influência de fontes nitrogenadas nos teores nutricionais e fenóis totais em folhas do ramo primário de três espécies de *Passiflora*, concluíram que as espécies de *P. alata* e *P. ligularis* apresentam os maiores teores de fenóis totais e os menores teores de N foliar, quando adubadas apenas com esterco bovino.

O teor de N dos frutos produzidos sob deficiência deste nutriente foi 34,3% menor em relação aos frutos produzidos sob solução nutritiva completa. Para os frutos produzidos sob deficiência de K e Mg, houve um incremento no teor de N de 12,8 e 14,0%, respectivamente, em relação aos frutos produzidos sob solução nutritiva completa (Tabela 4).

Ao analisar os teores de K nos frutos produzidos sob deficiência de N e de Mg verifica-se um incremento no teor de K de aproximadamente 18% quando comparado ao teor deste nutriente aos frutos produzidos sob solução nutritiva completa. Mas, nos frutos produzidos sob deficiência de K, Ca e B houve uma redução do teor de K de 36,4; 25,6 e 24,9%, respectivamente, em relação aos frutos produzidos sob solução nutritiva completa (Tabela 4).

O teor de Ca dos frutos produzidos sob deficiência deste nutriente foi 63% menor quando comparado com os frutos produzidos sob solução nutritiva completa (Tabela 4). Entretanto, houve um incremento de 90,1 e 46,9% nos teores de Ca dos frutos produzidos sob deficiência de Mg e K em relação aos frutos produzidos sob solução nutritiva completa, respectivamente (Tabela 4). Provavelmente, este incremento ocorreu devido à inibição competitiva bastante conhecida entre esses nutrientes (Malavolta et al., 2006). Viégas et al. (2013) testaram o efeito da deficiência de macro e micronutrientes sobre a composição mineral foliar de pimenteira longa, detectaram um aumento do teor de Ca quando a planta foi submetida à deficiência de K, enquanto sob deficiência de Mg, o teor de Ca foi reduzido.

O menor teor de S ($0,91 \text{ g kg}^{-1}$) foi encontrado nos frutos produzidos sob deficiência deste nutriente e o maior teor ($2,69 \text{ g kg}^{-1}$) nos frutos produzidos sob deficiência de Mg, quando comparado com os frutos produzidos sob solução nutritiva completa (Tabela 4).

O teor de P variou em função da época de colheita nos frutos produzidos sob deficiência de P, K e Mg. Nos frutos produzidos sob deficiência de P foi verificada uma redução de 30,2% da primeira para a segunda colheita. Já para os frutos produzidos sob deficiência de K e Mg, ocorreu um aumento do teor de P da primeira para segunda colheita de 47,6 e 18,8%, respectivamente (Tabela 5).

Independente da colheita, os frutos produzidos sob deficiência de S foram os que apresentaram o maior teor de P. Nas duas colheitas os menores teores de P encontrados foram nos frutos produzidos sob deficiência deste mesmo nutriente. Na segunda colheita, o incremento do teor de P ocorreu apenas nos frutos produzidos sob deficiência de K e Mg (Tabela 5).

Com relação ao teor de Mg, foi observado um incremento de 44,7% da primeira para a segunda colheita nos frutos produzidos sob deficiência de K. Já nos frutos produzidos sob deficiência de S houve uma redução de 19,8% do teor de Mg da primeira para a segunda colheita. Independente da colheita, o teor de Mg foi maior nos frutos produzidos sob deficiência de Ca. Sendo que os frutos produzidos sob deficiência de Ca na primeira colheita, apresentaram o teor de Mg 33,9% maior que este teor nos frutos produzidos sob solução nutritiva completa (Tabela 5).

Tabela 5. Teores de P e de Mg em frutos secos de pimenteira, *Capsicum annuum* var. *annuum*, em função dos tratamentos completo e com deficiência individual dos nutrientes minerais, em sistema hidropônico e da época de colheita dos frutos

Tratamento	P (g kg ⁻¹)		Média	Mg (g kg ⁻¹)		Média
	1ª colheita	2ª colheita		1ª colheita	2ª colheita	
Completo	4,22 A bc	3,93 A c	4,08	2,36 A bc	2,21 A bc	2,29
- N	4,16 A bc	4,57 A bc	4,36	2,23 A bc	2,49 A b	2,36
- P	2,81 A d	1,96 B d	2,39	2,01 A c	1,66 A de	1,84
- K	3,61 B c	5,33 Aab	4,47	1,43 B d	2,07 A c	1,75
- Ca	4,25 A bc	4,32 A c	4,28	3,16 Aa	3,04 Aa	3,10
- Mg	4,58 B b	5,44 Aa	5,01	1,31 A d	1,35 A e	1,33
- S	5,74 Aa	5,26 Aab	5,50	2,53 A b	2,03 B cd	2,28
- B	4,46 A bc	4,14 A c	4,30	2,37 A bc	2,17 A bc	2,27
Média	4,23	4,37	4,30	2,18	2,13	2,15
CV (%)	12,74			12,53		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Na primeira colheita, os frutos produzidos sob deficiência de K e Mg apresentaram uma redução do teor de Mg de 44,5 e 39,4%, respectivamente, com relação aos frutos produzidos sob solução completa. Na segunda colheita, os menores teores de Mg foram observados nos frutos produzidos sob deficiência de P (1,66 g kg⁻¹) e de Mg (1,35 g kg⁻¹) (Tabela 5).

O teor de B nos frutos produzidos sob deficiência de Mg e de S apresentaram um incremento de 56,4 e 71,0% em relação aos frutos produzidos sob solução nutritiva completa. O maior teor de Cu foi observado nos frutos produzidos sob deficiência de N, o qual representou 129% de incremento. Ao relacionar estes frutos com os produzidos sob deficiência de Ca e de B foi possível verificar a redução dos teores de Cu em 73,6 e 61,4% em relação aos frutos produzidos sob solução nutritiva completa (Tabela 6).

Os maiores teores de Zn e Ni foram determinados nos frutos produzidos sob deficiência de Mg representando 113 e 204%, respectivamente, quando comparados com os frutos produzidos sob solução nutritiva completa (Tabela 6). Viégas et al. (2013) observaram aumento nos teores foliares de Zn nas pimenteiros cultivadas sob deficiência de P, Ca e Mg e redução nas folhas de pimenteiros sob deficiência de S e B.

Tabela 6. Teores de B, Cu, Zn, Mo e Ni em frutos de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, em função dos tratamentos completo e com deficiência individual dos nutrientes minerais, em sistema hidropônico

Tratamento	mg kg ⁻¹				
	B	Cu	Zn	Mo	Ni
Completo	21,2 cd	2,34 c	21,2 cd	0,78 b	0,069 c
- N	27,6 b	5,37 a	34,3 b	1,29 b	0,059 c
- P	20,3 d	4,35 b	28,1 bc	0,91 b	0,097 bc
- K	25,6 bc	3,74 b	32,2 b	0,95 b	0,125 b
- Ca	21,9 cd	1,42 d	21,9 cd	1,13 b	0,066 c
- Mg	33,2 a	4,46 b	45,1 a	1,17 b	0,210 a
- S	36,3 a	3,58 b	33,6 b	6,58 a	0,125 b
- B	18,0 d	2,07 cd	18,6 d	1,49 b	0,097 bc
Média	25,5	3,42	29,4	1,79	0,106
CV (%)	18,48	24,91	28,6	48,4	36,29

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

Com relação aos teores de Mo, o maior incremento foi observado nos frutos produzidos sob deficiência de S (6,58 mg kg⁻¹), que ao ser comparado com o teor deste micronutriente nos frutos produzidos sob solução nutritiva completa representou um aumento de 744% (Tabela 6). Isto pode ter ocorrido devido à deficiência do sulfato (SO₄²⁻) no sistema, pois o mesmo atua como inibidor da absorção deste nutriente (Marschner, 2012; Freitas et al., 2008).

Os teores de Fe reduziram da primeira para a segunda colheita nos frutos produzidos sob deficiência de P, Mg, S e B. Ao observar os teores de Fe na primeira colheita, os frutos produzidos sob deficiência de S apresentaram um incremento de 54,5% em relação aos frutos produzidos sob deficiência de Ca, que por sua vez foram os que apresentaram os menores teores de Fe (49,2 mg kg⁻¹) em relação aos demais tratamentos. Ao observar os teores de Fe nos frutos da segunda colheita, verifica-se que aqueles produzidos sob deficiência de B apresentaram uma redução deste teor de 53,5% em relação aos frutos produzidos sob deficiência de N (58,5 mg kg⁻¹) (Tabela 7).

Viégas et al. (2013) ao estudarem o efeito da deficiência de macro e micronutrientes sobre a composição mineral foliar de pimenteira longa, observaram uma redução dos teores de Fe na deficiência de K, Mg e B.

Tabela 7. Teores de Fe e de Mn em frutos secos de pimenteira, *Capsicum annuum* var. *annuum*, em função dos tratamentos completo e com deficiência individual dos nutrientes minerais, em sistema hidropônico

Tratamento	Fe (mg kg ⁻¹)		Média	Mn (mg kg ⁻¹)		Média
	1ª colheita	2ª colheita		1ª colheita	2ª colheita	
Completo	59,6 A abc	56,2 A ab	57,9	19,2 A c	18,2 A bcd	18,7
- N	51,5 A bc	58,5 A a	55,0	17,0 B c	21,4 A b	19,2
- P	69,1 A ab	38,7 B bc	53,9	19,7 A bc	15,4 B d	17,6
- K	63,5 A abc	48,8 A ab	56,2	16,2 B c	20,9 A bc	18,6
- Ca	49,2 A c	41,6 A abc	45,4	17,4 A c	19,9 A bcd	18,7
- Mg	66,2 A abc	46,0 B ab	56,2	32,2 A a	29,5 A a	30,8
- S	76,0 A a	54,0 B ab	65,0	23,8 A b	17,4 B bcd	20,6
- B	57,0 A bc	27,2 B c	42,1	18,4 A c	16,5 A cd	17,5
Média	61,5	46,4	54,0	20,5	19,9	20,2
CV (%)	21,17			14,40		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Os frutos produzidos sob deficiência de N e K na primeira colheita apresentaram um incremento do teor de Mn de 25,6 e 29,1%, respectivamente, em relação à segunda colheita. Nos frutos produzidos sob deficiência de P e S, os teores de Mn reduziram da primeira para a segunda colheita, 22,2 e 26,9%, respectivamente. É importante destacar que independente da colheita, os frutos produzidos sob deficiência de Mg foram os que apresentaram os maiores teores de Mn quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 7).

Assim, sabendo-se do interesse das indústrias pelos princípios ativos de pimentas do gênero *Capsicum* e dos inúmeros fatores que podem levar a variação no teor dos metabólitos secundários, fica clara a necessidade de estudos visando detectar as condições e épocas para produção de frutos de pimenteira.

CONCLUSÕES

As pimentas produzidas sob deficiência de K e de S apresentam, respectivamente, aumento e redução nos teores de capsaicina.

Os teores de capsaicina variam de 0,369 a 1,224 mg g⁻¹ e são diferentes entre as épocas de colheita.

REFERÊNCIAS

- Batista, M.M.F., Viégas, I.J.M., Frazão, D.A.C., Thomaz, M.A.A., Silva, R.C.L. (2003) Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral em gravioleiras (*Annona muricata*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(2): 315-318.
- Benedetti, E.L., Wink, C., Santin, D., Sereda, F., Roveda, L.F., Serrat, B. M. (2009). Crescimento e sintomas em mudas de espinheira-santa com omissão de nitrogênio, fósforo e potássio. *Floresta*, 39: 335-343.
- Bosland, P.W. (1993). Breeding for quality *Capsicum*. *Capsicum and Eggplant. Newsletter*, 12: 25-31.
- Butnariu, M., Samfira, L. (2013) Aspects relating to mechanism of the capsaicinoids biosynthesis. *Journal Bioequivalence & Bioavailability*, 5: 5.
- Collins, M.D., Wasmund, L.M., Bosland, P.W. (1995) Improved Method for Quantifying Capsaicinoids in *Capsicum* Using Highperformance Liquid Chromatography. *Hortscience*, 30: 137–139.
- Fattorusso, E., Tagliatela-Scafati, O. (2008) *Modern Alkaloids: Structure, Isolation, Synthesis and Biology*, 665p.
- Flores, R.A., Almeida, T.B.F.de., Politi, L.S., Prado, R.de.M., Barbosa, J.C. (2012) Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7: 104-110.
- Freitas, M.S.M., Monnerat, P.H., Vieira, I.J.C., Carvalho, A.J.C.de. (2007) Flavonóides e composição mineral de folhas de maracujazeiro amarelo em função da posição da folha no ramo. *Ciência Rural*, 37: 1634-1639.

- Freitas, M.S.M., Monnerat, P. H., Vieira, I.J.C. (2008) Mineral deficiency in *Passiflora alata* Curtis: vitexin bioproduction. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 1844-1854.
- Freitas, M.S.M., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C.de., Vasconcelos, M.A. (2011) Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 1329-1341.
- Gama, M.C. (2010) *Deficiência de macronutrientes e boro em Catharanthus roseus*. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 42f.
- Gershenzon, J. (1984) *Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress*. In: Timmermann, B.N., Steelink, C., Loewus, F.A. (eds.). *Phytochemical adaptations to stress*, 273-230.
- Gobbo-Neto, L., Lopes, N.P. (2007) Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*, 30: 374-381.
- Henz, G.P. (2006) Perspectivas e Potencialidade do mercado para pimentas. Embrapa Hortaliças. 1º Encontro Nacional do Agronegócio de Pimentas, 0-18.
- Hoagland, D.R., Arnon D.I. (1950) The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circular*, 347:1-32.
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. Prentice Hall, 498p.
- Kraikruan, W., Sukprakarn, S., Mongkolporn, O., Wasee, S. (2008) Capsaicin and Dihydrocapsaicin contents of thai chili cultivars. *Kasetsart Journal, Natural Sciences*, 42(4): 611-616.
- Lapa, F.S. (2006) *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. e Schult.: *Influência de fatores ambientais no crescimento e na produção de metabólitos*. (Dissertação

- Mestrado) – Florianópolis - SC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 59f.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638p.
- Marschner, H. (2012) *Mineral nutrition of higher plants*. Academic, 889p.
- Mazzafera, P. (1999) Mineral nutrition and caffeine content in coffee leaves. *Bragantia*, 58: 387-391.
- Perucka, I., Materska, M. (2001) Phenylalanine ammonia-lyase and antioxidant activities of lipophilic fraction of fresh pepper fruits *Capsicum annuum* L. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2: 189-192.
- Peters, J.B. (2005) *Wisconsin Procedures for Soil Testing, Plant Analysis and Feed & Forage Analysis: Plant Analysis*. Department of Soil Science, College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin-Extension, Madison, WI.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G.da.R. (2013) Leitura SPAD em abacaxizeiro Imperial cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(1): 277-281.
- Reifschneider, F.J.B. (2000) *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 113p.
- Sousa, L.B., Heitor, L.C., Santos, P.C.dos., Freitas, J.A.A., Freitas, M.S.M.de., FREITAS, S.de.J., Carvalho, A.J.C.de. (2013) Crescimento, composição mineral e fenóis totais de espécies de Passiflora em função de fontes nitrogenadas. *Bragantia*, 72(3): 247-254.
- Veloso, C.A.C., Muraoka, T. (1993) Diagnóstico de sintomas de deficiência de macronutrientes em pimenteira do reino (*Piper nigrum* L.) *Scientia Agricola*, 50: 232-236.

Viégas, I.de.J. M., Thomaz, M.A.A., Silva, J.F., Conceição, H.E.O.da., Naiff, A. P.M. (2004) Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(2): 315-319.

Viégas, I.de.J.M., Sousa, G.O.de., Silva, A.F., Carvalho, J.G.de., Lima, M.M. (2013) Composição mineral e sintomas visuais de deficiência de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). *Acta Amazônica*, 43: 43-50.

4.3. ARTIGO Nº 03: *Capsicum annuum* var. *annuum* SOB DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL: COMPOSIÇÃO MINERAL FOLIAR E SINTOMAS VISUAIS

Resumo - O objetivo deste estudo é caracterizar os sintomas de deficiência individual de macronutrientes e boro em pimenteiros *Capsicum annuum* var. *annuum*, cultivadas em sistema hidropônico em substrato, nas fases de crescimento e frutificação. O experimento foi realizado em condições de cultivo protegido em Campos dos Goytacazes, Brasil, em areia irrigada com solução nutritiva, em blocos casualizados, em arranjo fatorial 8x3, sendo oito tratamentos (completo e com deficiência individual, na solução nutritiva, de N, P, K, Ca, Mg, S ou B) e três épocas de colheitas de plantas, com quatro repetições. Foi realizado o registro fotográfico de todos os sintomas apresentados, bem como a sua caracterização e determinação da composição mineral foliar. A faixa da composição mineral foliar das pimenteiros cultivadas sob solução nutritiva completa, que correspondeu ao tratamento com maior produção total de frutos ($412,10 \text{ g planta}^{-1}$) variou, em g kg^{-1} , de 27,96 a 55,77 para N, 1,72 a 4,09 para P, 39,37 a 49,60 para K, 20,64 a 45,83 para Ca, 8,36 a 11,02 para Mg, 6,05 a 7,46 para S, e em mg kg^{-1} , 63,83 a 77,57 para B. Conclui-se que as pimenteiros cultivadas sob deficiência de macronutrientes e B apresentam sintomas visuais de deficiência individual em folhas, nos frutos produzidos sob deficiência de N, K, Ca, Mg, S e B e nas raízes sob deficiência de N, P, Ca, S e B. A ordem de aparecimento de sintomas na pimenteira é: N, K, P, Mg, S, Ca e B.

Palavras-chave: pimenta, nutrientes minerais, folhas, frutos

Capsicum annuum var. *annuum* UNDER MACRONUTRIENTS AND BORON DEFICIENCY: LEAF MINERAL COMPOSITION AND VISUAL SYMPTOMS

Abstract - This research aims to describe individual macronutrients and boron deficiency symptoms on vegetative and fruiting stages of pepper plants *Capsicum annuum* var. *annuum*, grown hydroponically using substrate. The experiment was carried out in a greenhouse using sand as substrate irrigated with nutrient solution in randomized blocks in a 8x3 factorial scheme, with eight treatments (complete and with individual deficiency of N, P, K, Ca, Mg, S or B) and three harvest time, with four replications. It was made photographic registration of all symptoms observed as well as its characterization and respective foliar mineral nutrients composition. The foliar mineral composition of peppers grown using complete nutritive solution, the treatment that corresponded to the highest total fruits production (412.10 g plant⁻¹), ranged, in g kg⁻¹, from 27.96 to 55.66 for N, 1.72 to 4.09 for P, 39.37 to 49.60 for K, 20.64 to 45.83 for Ca, 8.36 to 11.02 for Mg, 6.05 to 7.46 for S, and, in mg kg⁻¹, 63.83 to 77.57 for B. Plants grown under N, K, Ca, S and B showed visual symptoms on leaves and fruits. Symptoms of nutritional deficiency of N, P, Ca, S and B were observed on roots. The order of symptoms appearance is: N, K, P, Mg, S, Ca and B.

Keywords: pepper, mineral nutrients, leaves, fruits

INTRODUÇÃO

Pertencentes à família das solanáceas, as pimentas (*Capsicum* spp.) são cultivadas em todas as regiões do Brasil, principalmente no sudeste e centro-oeste e compõem uma importante parte do mercado nacional de hortaliças frescas (Fonseca, 2006). O agronegócio envolvendo as pimentas *Capsicum* é bastante diversificado e possui grande importância socioeconômica, sendo explorado tanto pela agricultura familiar como pelas agroindústrias, onde são comercializadas pimentas para o consumo *in natura*, para o processamento (Henz e Costa, 2005) e para a ornamentação (Pinto et al., 2006).

Para atender as exigências desse mercado consumidor, pela compra de produtos com maior qualidade, torna-se fundamental o suprimento adequado de nutrientes minerais às plantas. Esses nutrientes, embora contribuam apenas com cerca de 10% da matéria seca total, têm funções específicas e essenciais no metabolismo das plantas, sendo indispensáveis ao seu crescimento e ao seu desenvolvimento (Benincasa, 2003; Taiz e Zeiger, 2013).

Considerando que os solos brasileiros possuem baixa fertilidade e que nem sempre os produtores possuem recursos financeiros para suprir essa necessidade, a manifestação de sintomas de deficiência poderá ocorrer como consequência das mudanças no metabolismo vegetal. Dessa forma, conhecer os sintomas auxilia os produtores e agrônomos a identificar as deficiências nutricionais características por meio da sua visualização, as quais, de acordo com Ramos et al. (2009), são manifestadas na planta, principalmente, por meio de alterações foliares na sua cor, no seu tamanho e outras. Alguns sintomas podem ocorrer também nos frutos, reduzindo a produtividade e também o seu valor comercial.

Assim, a diagnose visual é considerada uma ferramenta básica, quando realizada em conjunto com as análises de solo e foliares, pois avalia o estado nutricional das plantas, além de apresentar uma grande vantagem de poder ser realizada ainda no campo, de forma muito rápida e barata.

Poucos estudos foram realizados para caracterizar os sintomas de deficiência nutricional em pimenteiras, como o de Veloso e Muraoka (1993) em pimenteira do reino, o de Flores et al. (2012) em pimenteira malagueta e o de Viégas et al. (2013) em pimenteira longa. E ainda, vale ressaltar que nenhum desses estudos avaliou o efeito dessa deficiência nos frutos, demonstrando a necessidade da realização de estudos nesta área.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é caracterizar os sintomas de deficiência individual de macronutrientes e boro em pimenteiras *Capsicum annuum* var. *annuum*, cultivadas em sistema hidropônico em substrato, nas fases de crescimento e de frutificação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes, RJ (Latitude = 21°19'23"; Longitude = 41°10'40" W; Altitude = 14 m), no período de 09/05 a 08/12/2012. A temperatura média durante esse período foi de 23,99°C, com a mínima variando de 15,1 a 22,52°C e a máxima variando de 31,4 a 43,49°C e a umidade média relativa do ar durante esse período foi de 54,97% com a mínima variando de 24,0 a 44% e a máxima variando de 93,4 a 100%, ambas monitoradas pelo medidor WATCH DOG – Weather – Station (Spectrum Technologies, Inc), que foi programado para realizar leituras a cada duas horas.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, sendo oito tratamentos nutricionais (Completo e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S ou B) e três épocas de colheitas de plantas inteiras, com quatro repetições para cada tratamento. A unidade experimental foi composta por três plantas cultivadas em vasos de 11,5 dm³.

Para a produção das mudas utilizou-se sementes de pimenta *Capsicum annuum* var. *annuum* (UENF 1381) adquiridas da coleção de *Capsicum* do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF, as quais foram semeadas em areia de quartzo fina (*mesh* 40/60) em bandejas de isopor de 128 células, irrigadas diariamente com 3 mL de água desionizada. Quando as plântulas emergiram, estas passaram a ser adubadas com solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (1950), com modificações (Tabela 1) a 1/4 de força por oito dias, 1/2 força por mais oito dias e força total até o momento do transplântio.

O substrato utilizado foi areia de três granulometrias, purificada em ácido clorídrico diluído em água na proporção de 1:4 durante cerca de seis horas e em seguida foi lavada com água corrente até que o pH se estabilizasse acima de 5,5 e uma lavagem final com água desionizada. Os vasos foram preenchidos com 2,5 L de areia de quartzo grossa (*mesh* 8/10) no fundo; 5,7 L de areia média (*mesh* 20/25) no meio e 1,3 L de areia fina (*mesh* 40/60) na superfície. O transplântio foi realizado aos 38 dias após semeadura, quando as mudas apresentaram dois pares de folhas totalmente expandidas. A partir de então, as plantas passaram a ser irrigadas com solução nutritiva completa força total (Tabela 1).

Tabela 1. Composição das soluções nutritivas, completa e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S e B, adaptada de Hoagland e Arnon, 1950

Soluções estoque		Tratamentos							
		Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
	 mL L ⁻¹							
Ca	2 mol L ⁻¹	2,0	---	2,0	2,0	---	2,0	2,0	2,0
(NO ₃) ₂ .4H ₂ O									
KNO ₃	2 mol L ⁻¹	3,0	---	3,0	---	3,0	3,0	3,0	3,0
NH ₄ H ₂ PO ₄	1 mol L ⁻¹	1,0	---	---	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
(MAP)									
MgSO ₄	1 mol L ⁻¹	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	---	---	2,0
(NH ₄) ₂ SO ₄	1 mol L ⁻¹	0,5	---	0,5	0,5	0,5	0,5	---	0,5
Fe EDTA	25 g L ⁻¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
MICRO*	---	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
H ₃ BO ₃	25 mM	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	---
NH ₄ Cl	1 mol L ⁻¹	---	---	1,0	---	---	---	1,0	---
NaNO ₃	2 mol L ⁻¹	---	---	---	3,0	4,0	---	---	---
Na ₂ SO ₄	1 mol L ⁻¹	---	---	---	---	---	2,0	---	---
MgCl ₂	1 mol L ⁻¹	---	---	---	---	---	---	2,0	---
CaCl ₂	2 mol L ⁻¹	---	2,0	---	---	---	---	---	---
KCl	1 mol L ⁻¹	---	4,0	---	---	---	---	---	---
KH ₂ PO ₄	1 mol L ⁻¹	---	1,0	---	---	---	---	---	---
K ₂ SO ₄	0,5 mol L ⁻¹	---	1,0	---	---	---	---	---	---

*MICRO: ZnSO₄.7H₂O - 578 mg L⁻¹, CuSO₄.5H₂O - 125 mg L⁻¹, MnSO₄.H₂O - 845 mg L⁻¹, KCl - 3728 mg L⁻¹, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O - 88 mg L⁻¹

Os tratamentos com deficiência nutricional iniciaram-se aos 23 dias após o transplântio. Nesta ocasião, o substrato foi lavado com 3 L de água desionizada para lixiviar os nutrientes do sistema e após duas horas foram iniciados os tratamentos, completo e com deficiência individual dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e B nas parcelas respectivas. As soluções nutritivas deficientes utilizadas no experimento encontram-se na Tabela 1, sendo que o pH delas foi sempre ajustado entre 5,5 e 5,7.

Durante o crescimento das plantas sob deficiência, quando essas apresentaram sintomas muito severos que podiam conduzir à morte ou impedir a continuidade do experimento, a aplicação dos tratamentos foi suspensa, sendo reaplicada a solução completa inclusive do nutriente sob deficiência e os tratamentos foram induzidos novamente (Quadro 1).

Durante a condução do experimento foram feitas observações e descrições dos sintomas tanto nas folhas quanto nos frutos para verificar a evolução dos mesmos até atingir a máxima manifestação visível da deficiência individual do nutriente.

Aos 30, 60 e 150 DAIT foi realizada a determinação indireta do teor de clorofila, expressa em valores SPAD. Para determinação do teor nutricional na matéria seca foliar de pimenteira, foram realizadas três colheitas de folhas, aos 30, 60 e 150 dias após início dos tratamentos (DAIT), as quais todas as folhas de cada planta foram lavadas com água desionizada e em seguida, foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 70°C, por 72 horas e moídas. Para a determinação do teor de N, 100 mg de folhas secas moídas foram submetidas à digestão sulfúrica baseada no método de Nessler (Jackson, 1965). Para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo e Ni, também foram pesadas 100 mg de folhas secas moídas para realização do sistema de digestão aberta com HNO₃ e H₂O₂ (Peters, 2005), utilizando-se o plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu®.

Os dados foram submetidos a análises de variância pelo teste F, as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros sintomas de deficiência foram observados nas pimenteiras cultivadas sob deficiência de N, aos nove DAIT, indicando ser esse o nutriente mais requerido para o crescimento da pimenteira. Na primeira colheita de folhas (30 DAIT), o teor desse nutriente foi 60% menor em relação às pimenteiras cultivadas sob solução nutritiva completa (55,8 g kg⁻¹) (Tabela 2).

Inicialmente, as folhas apresentaram coloração verde-clara em toda a planta, progredindo para a coloração verde-amarelada intensificada nas folhas mais velhas, seguida de queda prematura das mesmas. Essa coloração verde-amarelada também foi observada no pedúnculo. A coloração dos frutos produzidos sob deficiência de N ficou vermelha aberta. Foi possível verificar também que o crescimento das pimenteiras foi paralisado e o sistema radicular ficou muito mais claro em relação às pimenteiras cultivadas sob tratamento completo. Com o prolongamento da deficiência e ainda a redistribuição deste nutriente durante a produção de frutos, as folhas mais velhas foram apresentando coloração mais pálida com pontos esbranquiçados no limbo foliar (Figura 1) atingindo, aos 150 DAIT, valores de índice SPAD de 24,87 (Tabela 3).

Tabela 2. Teores de macronutrientes e boro em folhas de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, aos 30, 60 e 150 dias após início dos tratamentos com deficiência individual de nutrientes

Teor nutricional	Tratamento	Dias após início dos tratamentos		
		30	60	150
N	Completo	55,77 a	45,44 a	27,96 a
g kg ⁻¹	- N	22,04 b	17,10 b	13,74 b
CV(%)		13,76	14,12	9,26
P	Completo	4,09 a	3,64 a	1,72 a
g kg ⁻¹	- P	1,58 b	1,71 b	2,00 a
CV(%)		13,59	23,87	21,06
K	Completo	43,50 a	49,60 a	39,37 a
g kg ⁻¹	- K	16,35 b	18,70 b	4,16 b
CV(%)		5,01	9,86	7,09
Ca	Completo	20,64 a	37,17 a	45,83 a
g kg ⁻¹	- Ca	7,25 b	6,53 b	6,07 b
CV(%)		16,17	16,50	20,56
Mg	Completo	8,36 a	11,02 a	10,93 a
g kg ⁻¹	- Mg	1,22 b	0,36 b	0,31 b
CV(%)		11,72	24,26	22,45
S	Completo	6,10 a	7,46 a	6,05 a
g kg ⁻¹	- S	3,15 b	2,13 b	2,13 b
CV(%)		10,79	13,15	16,88
B	Completo	65,95 a	63,83 a	77,57 a
mg kg ⁻¹	- B	32,90 b	29,35 b	35,74 b
CV(%)		13,13	11,54	22,48

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a5% de probabilidade

Tabela 3. Determinação indireta do teor de clorofila (SPAD) em pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, aos 30, 60 e 150 dias após início dos tratamentos com deficiência individual de nutrientes

Tratamento	SPAD		
	Dias após início dos tratamentos		
	30	60	150
Completo	53,25 bc	59,87 a	60,25 a
- N	38,59 d	27,62 d	24,87 e
- P	52,53 bc	54,60 ab	46,93 b
- K	63,60 a	56,32 ab	38,80 cd
- Ca	55,55 b	50,05 b	53,83 ab
- Mg	52,58 bc	36,70 c	32,50 de
- S	49,25 c	33,95 cd	45,82 bc
- B	50,80 bc	61,45 a	60,25 a
Média	52,02	47,57	45,39
CV (%)	6,33	10,33	11,46

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

A rápida resposta das pimenteiras à deficiência de N verificada neste estudo, provavelmente está relacionada à função deste nutriente nos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas (Marschner, 2012). Justificando estudos sobre estes nutrientes em diferentes espécies vegetais (Freitas et al., 2011; Santos et al., 2012; Souza et al., 2013; Ramos et al., 2013).

Veloso e Muraoka (1993) ao caracterizar o sintoma de deficiência de N em pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*) irrigada com solução nutritiva deficiente em N observaram a partir de 90 DAIT, um leve amarelecimento generalizado nas folhas, sendo mais evidente nas mais velhas, que iniciou com verde amarelado, distribuindo-se uniformemente no limbo, no pecíolo e nas nervuras.

Em estudos similares, Ramos et al. (2009) verificaram em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial, uma clorose generalizada e necrose no ápice das folhas mais velhas e frutos menores e com branqueamento na polpa.

Freitas et al. (2011) ao caracterizarem esta mesma deficiência em plantas de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) verificaram a partir de 16 DAIT uma clorose generalizada e queda prematura das folhas com ramos finos, coloração vermelho-claro nas flores e amarelo-claro com aspecto translúcido nos frutos. O teor de N aos 30 dias após o início do tratamento estava 51,8% menor que o teor obtido no tratamento completo que foi 43,9 g kg⁻¹.

Flores et al. (2012) ao avaliarem o efeito da deficiência de N no crescimento e no estado nutricional de pimenteira malagueta cultivada em solução nutritiva, verificaram como sintomas visuais, o amarelecimento uniforme das folhas mais velhas da planta. Viégas et al. (2013), por sua vez, também verificaram os primeiros sintomas nas folhas mais velhas de pimenteira longa que apresentaram coloração verde-amarelada, seguida por clorose generalizada que evoluiu para necrose.

Os sintomas de deficiência de P surgiram aos 24 DAIT e o teor de P nestas plantas, aos 30 DAIT, foi 61% menor em relação ao teor de P nas plantas cultivadas sob solução nutritiva completa (4,09 g kg⁻¹) (Tabela 1).

Os primeiros sintomas de deficiência de P observados foram pontos cloróticos na ponta das folhas velhas e intermediárias, as quais ficaram penduradas (paralelas à haste principal). Posteriormente, a clorose foi intensificada na ponta das folhas assumindo uma forma de “V” (Figuras 2 e 8), seguida de clorose generalizada em todo o limbo (Figura 2).

As plantas submetidas a este tratamento apresentaram ainda queda prematura de folhas velhas e intermediárias, paralisação do crescimento e menor volume de sistema radicular em relação às pimenteiras submetidas ao tratamento completo (Figura 4).

A coloração verde escura e brilhante mais intensa nas folhas, comumente descrita como sintoma de deficiência de P por diversos autores como Jeong et al. (2011), Freitas et al. (2011), Flores et al. (2012), Viégas et al. (2013) e Frazão et al. (2013), não foi observada neste experimento, o que pode ser confirmado pela não diferença dos valores de índice SPAD entre as pimenteiras cultivadas sob deficiência de P com aquelas cultivadas sob solução completa (Tabela 3).

Veloso e Muraoka (1993), testando a deficiência de P em pimenteira do reino (*Piper nigrum*), observaram aos 150 dias após início do tratamento, plantas com caules finos e um recurvamento para cima das folhas mais jovens e posteriormente as mais velhas, que ainda apresentavam-se pequenas e estreitas. As folhas mostraram coloração verde azulada com tons purpúreo na face superior do limbo e ásperas ao tato. O crescimento das pimenteiras foi reduzido quando comparado com o tratamento completo.



Figura 1. Pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum* cultivada sob tratamento completo (A); Sintomas visuais de deficiência individual de N em planta inteira (B) e em folhas, sendo o início dos sintomas (C) e sintomas severos (D); Pimenta produzida sob tratamento completo (E) e sob deficiência de N (F), em sistema hidropônico com substrato. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.



Figura 2. Folhas de *Capsicum annuum* var. *annuum* cultivadas sob tratamento completo e sob deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S e B, da esquerda para direita, respectivamente, em sistema hidropônico com substrato. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mirian Peixoto.

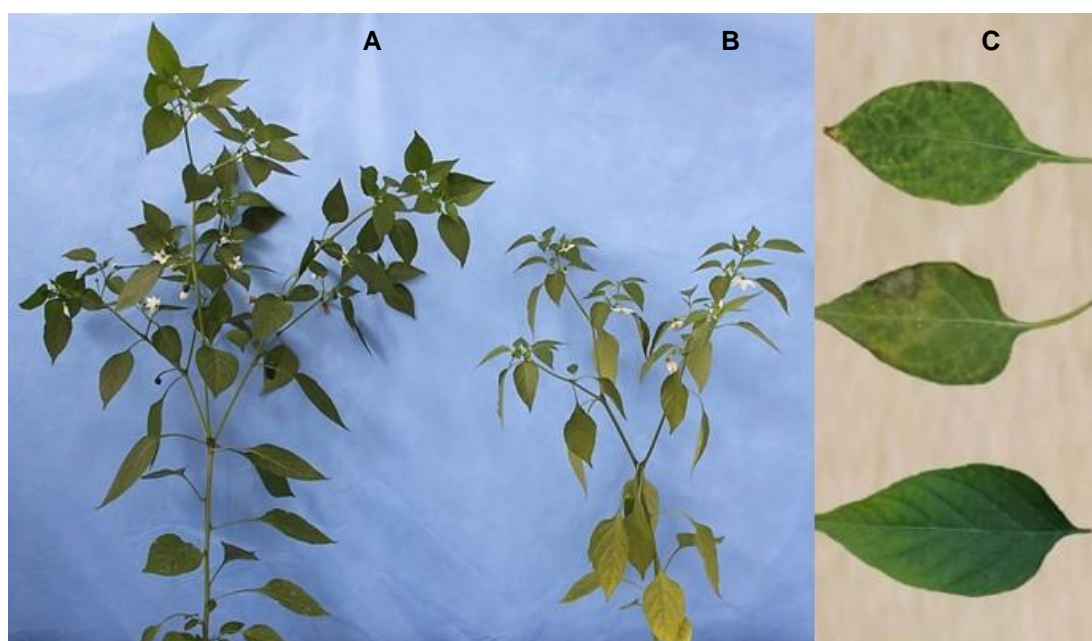


Figura 3. Pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum* cultivada sob tratamento completo (A); Sintomas visuais de deficiência individual de P em planta inteira (B) e a evolução dos sintomas em folhas (C), em sistema hidropônico com substrato. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mirian Peixoto.



Figura 4. Raízes de *Capsicum annuum* var. *annuum* cultivadas sob tratamento completo (A) e sob deficiência individual de N, P, Ca, S e B (B, C, D, E e F, respectivamente) em sistema hidropônico com substrato. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mirian Peixoto.

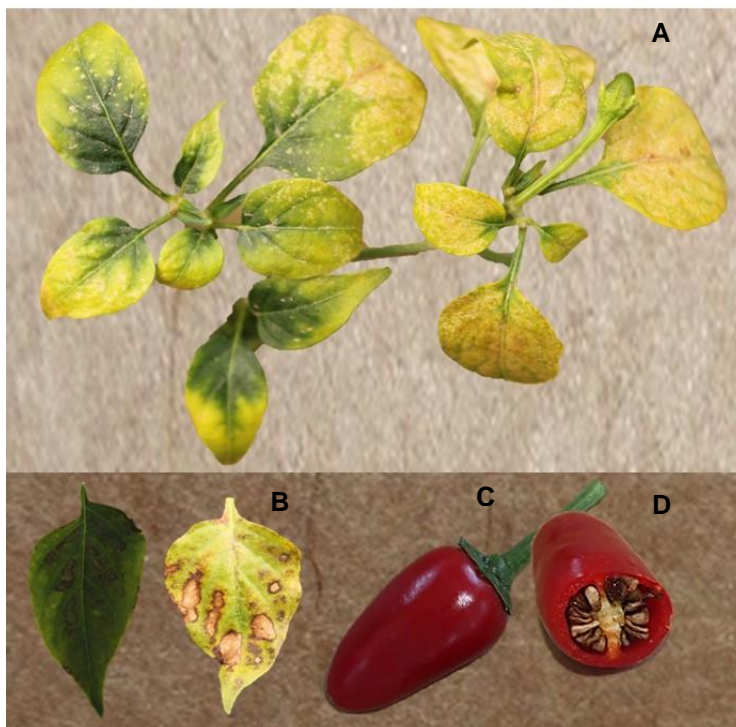


Figura 5. Sintomas visuais de deficiência individual de K em folhas de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum* (A e B); Pimenta produzida sob tratamento completo (C) e sob deficiência de K (D), em sistema hidropônico com substrato. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.

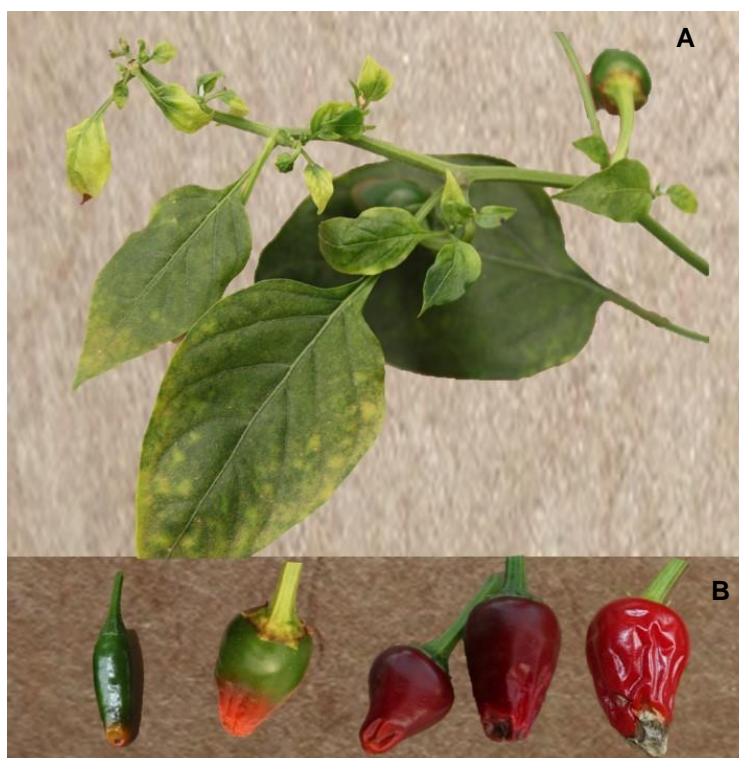


Figura 6. Sintomas visuais de deficiência individual de Ca em folhas e ápice de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum* (A) e em pimentas (B), em sistema hidropônico com substrato. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.

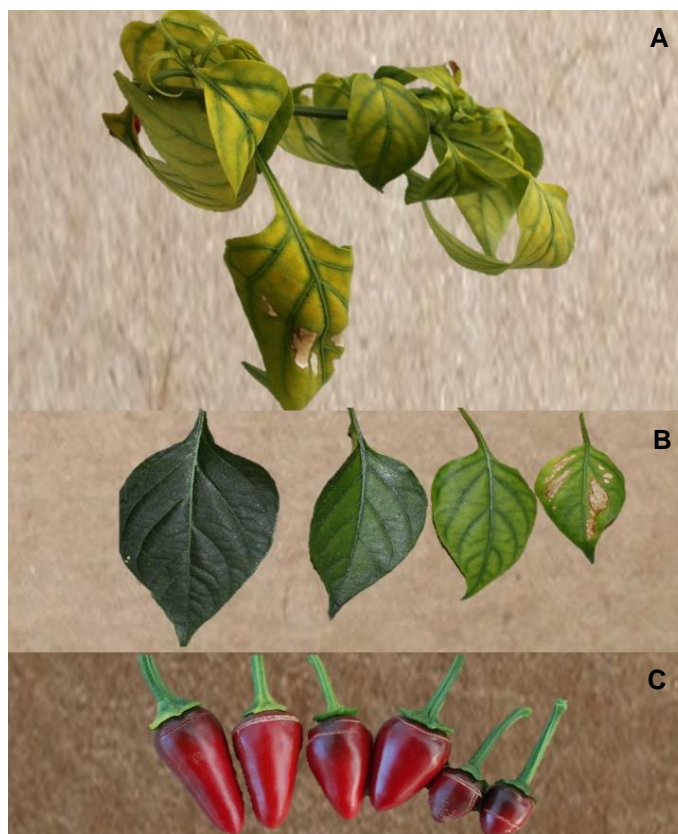


Figura 7. Sintomas visuais de deficiência de Mg em folhas de pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum* (A e B) e em pimentas (C), em sistema hidropônico com substrato. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mirian Peixoto.

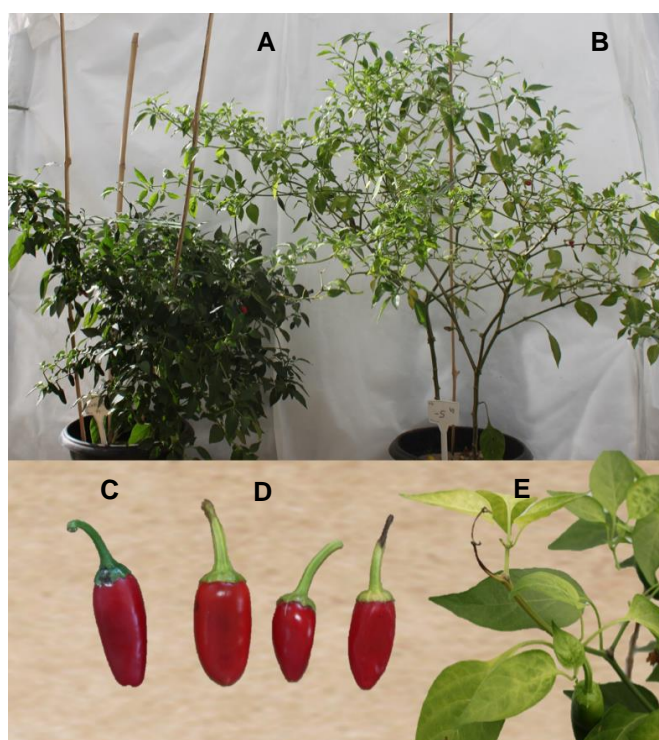


Figura 8. Pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum* cultivada sob tratamento completo (A); Sintomas visuais de deficiência de S em planta inteira (B), em folhas e no ápice (E); Pimenta produzida sob tratamento completo (C) e sob deficiência de S (D), em sistema hidropônico com substrato. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mirian Peixoto.

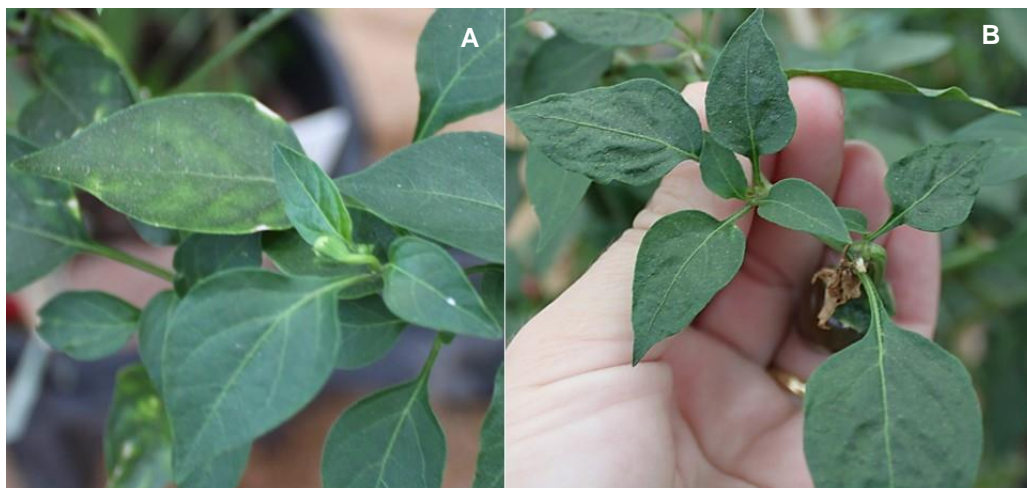


Figura 9. Sintomas visuais de deficiência individual de B em folhas novas de pimenteiras *Capsicum annuum* var. *annuum* (A e B), cultivadas em sistema hidropônico com substrato. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.

Freitas et al. (2011), estudando a deficiência de P em maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis), observaram a partir dos 62 dias após início do tratamento, uma coloração verde escura brilhante nas folhas velhas e à medida que a deficiência foi se agravando surgiram manchas claras no limbo.

As pimenteiras malaguetas submetidas à deficiência de P, em estudo realizado por Flores et al. (2012), mostraram-se raquíticas e com folhas velhas de coloração verde escura em relação àquelas submetidas ao tratamento completo. Viégas et al. (2013) em estudo semelhante com pimenteira longa, também observaram coloração verde escura e brilhante nas folhas mais velhas.

Nas pimenteiras cultivadas sob deficiência de K os sintomas de deficiência surgiram aos 17 DAIT nas folhas novas, as quais inicialmente apresentaram uma coloração verde escura em relação às folhas das pimenteiras cultivadas sob solução nutritiva completa e com decorrer do tempo foram surgindo pontos cloróticos em todo o limbo foliar e com a intensificação da deficiência deste nutriente, a margem das folhas e os pontos que estavam cloróticos foram necrosando, culminando em grandes manchas necróticas por todo o limbo. Esses mesmos sintomas e sua evolução foram depois observados nas folhas intermediárias e velhas (Figura 3). Na maioria das espécies os sintomas de deficiência de K iniciam em folhas velhas, conforme relatado por Freitas et al. (2008), Flores et al. (2012) e Viégas et al. (2013).

Aos 30 DAIT, o teor de K observado nas folhas de pimenteiras cultivadas sob sua deficiência foi 62% menor que o teor de K nas pimenteiras cultivadas sob solução nutritiva completa. Nesta mesma época de avaliação, os valores de índice SPAD nas plantas cultivadas sob deficiência de K foram 119,43% maiores do que nas plantas cultivadas sob tratamento completo. Segundo Marschner (2012), plantas com deficiência de potássio acumulam compostos nitrogenados solúveis como a putrescina, que provavelmente é responsável pelas manchas necróticas que aparecem nas folhas. Sintomas similares nas folhas foram relatados por Freitas et al. (2011).

Foi verificado também nas pimenteiras cultivadas sob deficiência de K, menor porte e menor emissão de folhas novas, que só ocorriam após reaplicação de solução nutritiva completa. Já os frutos produzidos nesta condição, apresentaram de forma geral uma coloração vermelha escura e sementes escuras aos 106 DAIT (Figura 3).

Veloso e Muraoka (1993) trabalhando com pimenteira do reino (*Piper nigrum*) verificaram a partir de 135 dias após a deficiência de K, um princípio de necrose nas margens e pontas de folhas mais velhas e logo a seguir, nas folhas jovens, que apresentaram consistência quebradiça. Uns 20 dias após o início dos sintomas houve um escurecimento de áreas situadas entre as nervuras, com posterior necrose.

Freitas et al. (2011) em estudo similar com maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) verificaram a partir de 85 dias uma clorose e posterior necrose na nervura central das folhas velhas que progrediam para as bordas e a queda das folhas. Nos frutos foi verificado enrugamento do epicarpo com conseqüente murchamento do fruto. No início do aparecimento dos sintomas nas folhas, o teor desse nutriente foi 70,7% menor que o teor encontrado no tratamento completo (28 g kg⁻¹).

Flores et al. (2012) relataram que o tratamento deficiente em K propiciou o surgimento de clorose nas margens das folhas mais velhas, seguida de necrose. Mesmos sintomas foram observados por Viégas et al. (2013) em pimenteira longa.

Aos 30 DAIT as pimenteiras cultivadas sob deficiência de Ca já apresentavam teores muito baixos, entretanto, os primeiros sintomas só foram observados a partir dos 39 DAIT nas folhas novas, e caracterizaram-se por pontos cloróticos, provavelmente, devido ao vazamento do conteúdo intracelular

provocado pela perda da integridade da parede celular, que necessita do pectato de cálcio para manter-se íntegra. As folhas novas apresentaram ainda encarquilhamento e deformação. A ocorrência dos sintomas inicialmente nas folhas novas exprime a pouca mobilidade do Ca nas plantas (Marschner, 2012). Aos 60 dias DAIT, o teor de Ca nas pimenteiras conduzidas sob sua deficiência era 82% menor do que naquelas conduzidas sob solução completa.

Observou-se nas pimenteiras conduzidas sob deficiência de Ca, que o sistema radicular apresentou volume reduzido, e ainda, coloração marrom escura sugerindo início de necrose (Figura 4). Essas características corroboram com as verificadas por Coelho et al. (2011) nas raízes de plantas de cravo (*Tagetes erecta*), que também relataram necrose dos ápices e volume visivelmente reduzido quando comparadas ao tratamento completo.

A carência de Ca afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz, causando o aparecimento de núcleos poliploides, células binucleadas, núcleos constrictos e divisões amitóticas causando seu escurecimento e posterior morte da raiz, levando a paralisação do crescimento (Malavolta et al., 1997).

Aos 99 DAIT os frutos que ainda estavam imaturos começaram a apresentar sintoma de deficiência de Ca caracterizado por manchas necróticas no fundo do fruto, aparentando uma podridão. Com a intensificação da deficiência houve aumento da necrose, além disso, o tamanho do fruto foi reduzido (Figura 4).

Veloso e Muraoka (1993) verificaram, em pimenteira do reino (*Piper nigrum*), a partir dos 135 dias após o início da aplicação de solução deficiente em Ca um leve amarelecimento das folhas mais jovens, com pequenas manchas pardas necróticas na face superior das folhas mais velhas. Com o avanço da deficiência, surgiram manchas necróticas nas bordas das folhas. Na parte basal da folha ocorreu uma coloração amarelo pálido com pequenas manchas necróticas, semelhante a pequenas pontuações.

Ao caracterizar a deficiência de Ca em vinca (*Catharanthus roseus*), Gama (2010), não verificou nenhum sintoma de deficiência de Ca, embora o teor deste nutriente aos 81 dias após início do tratamento tenha sido 62% menor que no tratamento completo (20,8 g kg⁻¹ de MS). No entanto, Freitas et al. (2011) em estudo similar em maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) aos 22 dias após início do tratamento, verificaram deformações e necrose nas bordas das folhas novas. Os frutos apresentaram rachaduras no epicarpo e no mesocarpo e podridão apical. No

início do aparecimento dos sintomas, o teor deste nutriente nas folhas foi 76% menor que o teor encontrado no tratamento completo (15,6 g kg⁻¹ de MS).

Flores et al. (2012) relataram o surgimento de folhas com formas irregulares, pontos com manchas necróticas entre as nervuras das folhas e morte das brotações a partir das pontas das extremidades de folhas e raízes de pimenteira malagueta sob deficiência de Ca. Em pimenteira longa, Viégas et al. (2013) também verificaram queima da gema apical, seguida de necrose e folhas novas deformadas, enroladas para a face inferior, à semelhança de gancho.

Segundo Epstein e Bloom (2006), os sintomas de deficiência de Ca aparecem mais cedo e mais severamente nas regiões meristemáticas e folhas jovens. Os pontos de crescimento ficam necrosados. Em flores e frutos em desenvolvimento, os sintomas são conhecidos como podridão apical. As folhas ficam esbranquiçadas e enrolam para baixo, formando um gancho, corroborando com a maior parte dos sintomas observados para esse experimento.

Os primeiros sintomas de deficiência de Mg ocorreram aos 30 DAIT nas folhas novas de pimenteiras cultivadas sob deficiência deste nutriente, sendo observada clorose internerval que foi aumentando gradativamente (Figuras 2 e 7). Com isso, apenas uma faixa estreita de tecido verde permaneceu ao longo das nervuras, seguidas por algumas manchas necróticas. Nesta ocasião o teor desse nutriente foi 85% menor quando comparado com o das pimenteiras cultivadas sob solução nutritiva completa (Tabela 2).

Diferente do encontrado neste estudo, a deficiência de Mg verificada por Veloso e Muraoka (1993) em pimenteira-do-reino, Barroso et al. (2005), em mudas de teca, Freitas et al. (2011) em maracujazeiro-doce, Flores et al. (2012) em pimenteira malagueta e Viégas et al. (2013) em pimenteira longa, foi iniciada em folhas velhas.

Com o agravamento da deficiência de Mg houve generalização dos sintomas descritos anteriormente para as demais folhas que ainda passaram a apresentar uma curvatura para baixo, seguida de intensa queda das mesmas e os frutos colhidos apresentaram rachaduras (Figura 7).

Veloso e Muraoka (1993) testando a deficiência de Mg em pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*), verificaram a partir dos 125 dias após o início do tratamento, que as folhas mais velhas apresentaram amarelecimento e clorose internerval, com uma faixa estreita de tecido verde permanecendo ao longo das nervuras. A seguir,

partes das margens das folhas apareceram necrosadas. No fim do cultivo, algumas folhas jovens mostraram pequeno amarelecimento e clorose internerval, concordando com os sintomas relatados por Gama (2010) também caracterizando a deficiência de Mg, em folhas de vinca (*Catharanthus roseus*). Aos 81 dias após a aplicação do tratamento o teor deste nutriente estava 76,3% menor que no tratamento completo (3,46 g kg⁻¹ de MS).

Freitas et al. (2011) em maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) verificaram, o início dos sintomas a partir dos 36 dias após início do tratamento, quando o teor deste nutriente nas folhas estava 68,9% menor que o encontrado no tratamento completo (3,80 g kg⁻¹ de MS). Estes autores verificaram também que as plantas submetidas a este tratamento não floresceram, mesmo com a aplicação, a cada 40 dias, de solução completa durante 10 dias.

Flores et al. (2012) observaram clorose entre as nervuras das folhas mais velhas de pimenteira malagueta cultivada sob deficiência de Mg. Mesmos sintomas foram verificados em pimenteira longa por Viégas et al. (2013), que observaram ainda, necrose do ápice foliar e queda intensa de folhas devido à severidade da deficiência.

Aos 34 DAIT, os primeiros sintomas verificados nas pimenteiras conduzidas sob deficiência de S foram em folhas novas, as quais apresentaram coloração verde mais clara, seguida de clorose generalizada por toda a planta, inclusive das hastes, quando comparadas com as folhas de pimenteiras cultivadas sob solução nutritiva completa (Figuras 2 e 8). Da mesma forma que foi verificado em pimentas produzidas sob deficiência em N, as pimentas cultivadas sob tratamento deficiente em S, apresentaram coloração verde-amarelada em seu pedúnculo.

Devido à continuidade da aplicação de solução nutritiva deficiente em S, foi observado intenso crescimento em altura, ficando as pimenteiras com aparência estiolada, entretanto, o número de folhas bem como seu tamanho, foram menores em relação às pimenteiras cultivadas sob tratamento completo. Além disso, constatou-se necrose do ápice de ramos novos (Figura 8) e as raízes destas pimenteiras apresentaram maior volume, quando comparadas com as pimenteiras cultivadas sob tratamento completo (Figura 4).

O índice SPAD determinado aos 60 DAIT, foi 43% menor que o da pimenteira cultivada sob deficiência em S. O teor de S nas pimenteiras cultivadas sob sua deficiência foi 71% menor que nas pimenteiras cultivadas sob solução nutritiva completa (Tabelas 2 e 3).

Veloso e Muraoka (1993) ao caracterizarem a deficiência de enxofre em pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*), observaram a partir dos 140 dias após a deficiência desse nutriente que, as folhas novas apresentaram-se pequenas, com coloração verde mais clara, em relação às folhas do tratamento completo.

Freitas et al. (2011), em experimento semelhante com maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) verificaram após 72 dias do início do tratamento, uma redução no tamanho e clorose das folhas mais novas, sendo que, nessas folhas, com a evolução da sintomatologia, apareceram pequenas manchas mais claras no limbo. As folhas mais velhas do ramo permaneceram com um aspecto normal. Doze dias antes ao início do aparecimento de sintomas de deficiência de S nas folhas, o teor deste nutriente foi 66,1% menor que no tratamento completo (4,9 g kg⁻¹). Flores et al. (2012) descrevem sintomas semelhantes para as folhas novas de pimenteira malagueta submetidas ao tratamento deficiente em S.

Viégas et al. (2013) observaram coloração verde-amarelada nas folhas novas de pimenteira longa e com a intensidade da deficiência, as folhas ficaram cloróticas.

Aos 30 DAIT as pimenteiras cultivadas sob deficiência de B já apresentavam teores baixos, entretanto, os primeiros sintomas foram visualizados aos 100 DAIT em folhas novas, caracterizados por aspecto enrugado e por pontos cloróticos (Figura 9).

O teor de B nas pimenteiras submetidas à sua deficiência foi 54% menor em relação ao seu teor nas pimenteiras cultivadas sob solução nutritiva completa (Tabela 2). Com a intensificação da deficiência de B, foi verificada queda intensa de frutos ainda verdes.

Viégas et al. (2004) caracterizando a deficiência de B em plantas de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia*) submetidas à deficiência de boro, verificaram aos 50 dias após a aplicação do tratamento, folhas novas retorcidas, atrofiadas, pequenas e grossas, e, com a intensidade dos sintomas, ocorreu morte do meristema apical do caule. Em estudo similar utilizando plantas de mamoneira cultivar Iris, Lange et al. (2005) observaram que as folhas mais novas

apresentaram-se encarquilhadas e espessas, e, em alguns casos, enrolaram-se para baixo.

Pinho et al. (2008) ao caracterizar sintomas visuais da deficiência de B em raízes de coqueiro-anão verde relataram que o número de raízes nas plantas deficientes era menor. Além disso, as pontas de algumas raízes encontravam-se com superbrotção e necrosadas. As raízes médias e finas das plantas deficientes eram mais curtas, grossas e com escurecimento.

Viéguas et al. (2013) observaram em pimenteira longa sob deficiência em B, folhas deformadas, coriáceas e com nervuras proeminentes. Os autores ressaltaram que estes sintomas ocorreram, possivelmente, devido ao aumento de lignina e morte da gema terminal.

CONCLUSÕES

As pimenteiras *Capsicum annuum* var. *annuum* quando cultivadas sob deficiência de macronutrientes e B apresentam sintomas visuais de deficiência individual em folhas e frutos.

A ordem decrescente dos nutrientes testados neste experimento que mais limita o crescimento das pimenteiras é: N, K, P, Mg, S, Ca e B.

REFERÊNCIAS

- Barroso, D.G., Figueredo, F.A.M.M., Pereira, R.C., Mendonça, A.V.R., Silva, L.C. (2005) Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. *Revista Árvore*, 29(5): 671-679.
- Benincasa, M.M.P. (2003) *Análise de Crescimento de Plantas: Noções Básicas*. 1ª ed. Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, 41p.
- Coelho, L.C., Kawamoto, L.S., Rodas, C.L., Souza, G.A. de, Pinho, P.J.de., Carvalho, J.G.de. (2011) Caracterização de sintomas visuais, parâmetros de crescimento e desenvolvimento de *Tagetes erecta* sob deficiências nutricionais. *Revista Agrarian*, 4(12): 113-122.

- Epstein, E., Bloom, A.J. (2006) *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. 2. ed. Editora Planta, 403p.
- Flores, R.A., Almeida, T.B.F.de., Politi, L.S., Prado, R.de.M., Barbosa, J.C. (2012) Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7: 104-110.
- Fonseca, R.M. (2006) *Caracterização morfológica de genótipos de Capsicum chinense Jacq.* do Alto Rio Negro – AM. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 51f.
- Frazão, D.A.C., Viégas, J.M., Lobato, A.K.S., Sousa, G.O., Silva, D.A.S., El-Husny, J.C., Conceição, H.E.O., Neto, C.F.O. (2013) Visual characterization, growth parameters, and nutritional consequences promoted by nutrient omissions in young *Etlingera elatior* plants. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2): 1470-1474.
- Freitas, M.S.M.de., Monnerat, P.H., Vieira, I.J.C. (2008) Mineral deficiency in *Passiflora alata* Curtis: vitexin bioproduction. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 1844-1854.
- Freitas, M.S.M.de., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C.de., Vasconcelos, M.A. (2011) Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 1329-1341.
- Gama, M.C. (2010) *Deficiência de macronutrientes e boro em Catharanthus roseus*. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 42f.
- Henz, G.P., Costa, C.S.R. (2005) *Como produzir pimenta Embrapa Hortaliças*. Embrapa Hortaliças e Frutas, 33: 7p.

- Hoagland, D.R., Arnon D.I. (1950) The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circular*, 347:1-32.
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. Prentice Hall, 498p.
- Jeong, K.Y., Whipker, B.E., Mccall, I. and Gunteret, C.C. (2011) Characterization of Nutrient Disorders of Pot Rose 'Karina Parade'. *Acta Horticulturae*, 891: 125-133.
- Lange, A., Martines, A.M., Silva, M.A.C.da., Sorreano, M.C.M., Cabral, C.P., Malavolta, E. (2005) Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(1): 61-67.
- Malavolta, E. (2006) *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638p.
- Marschner, H. (2012) *Mineral nutrition of higher plants*. Academic, 889p.
- Peters, J.B. (2005) *Wisconsin Procedures for Soil Testing, Plant Analysis and Feed & Forage Analysis: Plant Analysis*. Department of Soil Science, College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin-Extension, Madison, WI.
- Pinto, C.M.F., Puiatti, M., Caliman, F.R.B., Moreira, G.R., Mattos, R.N. (2006) Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. *Informe Agropecuário*, 27: 40-49.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C.de., Pinto, J.L.A., Silva, J.A.da. (2009) Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'imperial'. *Revista Brasileira de Fruticultura* 31: 252-256.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, P.H., Pinho, L.G.da.R. (2013) Leitura SPAD em abacaxizeiro Imperial cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(1): 277-281.

- Sousa, L.B., Heitor, L.C., Santos, P.C.dos., Freitas, J.A.A., Freitas, M.S.M.de., FREITAS, S.de.J., Carvalho, A.J.C.de. (2013) Crescimento, composição mineral e fenóis totais de espécies de Passiflora em função de fontes nitrogenadas. *Bragantia*, 72(3): 247-254.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2013) *Fisiologia vegetal*. 5.ed. ARTMED. 916p.
- Veloso, C.A.C., Muraoka, T. (1993) Diagnóstico de sintomas de deficiência de macronutrientes em pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) *Scientia Agricola*, 50: 232-236.
- Viégas, I.de.J. M., Thomaz, M.A.A., Silva, J.F., Conceição, H.E.O.da., Naiff, A. P.M. (2004) Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(2): 315-319.
- Viégas, I.de.J.M., Sousa, G.O.de., Silva, A.F., Carvalho, J.G.de., Lima, M.M. (2013) Composição mineral e sintomas visuais de deficiência de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). *Acta Amazônica*, 43: 43-50.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi implantado um experimento com o objetivo de verificar o efeito do estresse causado pela deficiência individual de macronutrientes e boro, no crescimento e na produção de frutos, na composição mineral e capsaicinoides em frutos e nos sintomas visuais de deficiência nutricional em pimenteira *Capsicum annuum* var. *annuum*, cultivada em sistema hidropônico em substrato na região Norte Fluminense.

O experimento foi realizado em cultivo protegido em areia irrigada com solução nutritiva, em blocos casualizados, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes, RJ (Latitude = 21°19'23"; Longitude = 41°10'40" W; Altitude = 14 m), no período de 09/05 a 08/12/2012.

O arranjo fatorial relativo ao artigo 01, foi 8x3, sendo oito tratamentos (completo e com deficiência individual de N, P, K, Ca, Mg, S e B) e três épocas de colheita, com quatro repetições. Determinou-se a altura das plantas, o diâmetro do caule, o número total de folhas, a área foliar, a massa seca das folhas, das hastes, das raízes e massa seca total. Para avaliar a produção de frutos, realizaram-se duas colheitas compostas de frutos para quantificar o número de frutos totalmente maduros colhidos por planta e a produção total. O arranjo fatorial relativo ao artigo 02, foi 8x2, sendo oito tratamentos (completo e com omissão individual, na solução nutritiva, de N, P, K, Ca, Mg, S e B) e duas épocas de colheitas de frutos, com quatro repetições. No artigo 03 foram testados oito tratamentos (completo e com

deficiência individual, na solução nutritiva, de N, P, K, Ca, Mg, S e B), com quatro repetições. Foi realizado o registro fotográfico de todos os sintomas apresentados, bem como a sua caracterização e a determinação da composição mineral foliar.

Conclui-se que:

- O estresse causado pela deficiência individual de nutrientes influencia negativamente no crescimento das pimenteiros submetidas aos tratamentos deficientes em N, P, K, Ca e Mg;
- A produção de pimentas reduz quando as pimenteiros são cultivadas sob deficiência individual de nutrientes com exceção daquelas submetidas ao tratamento deficiente em B;
- As pimentas produzidas sob deficiência de K e de S apresentam, respectivamente, aumento e redução nos teores de capsaicina;
- Os teores de capsaicina nas pimentas variaram de 0,369 a 1,224 mg g⁻¹ e foram diferentes entre as épocas de colheita;
- A faixa da composição mineral foliar das pimenteiros cultivadas sob solução nutritiva completa, que correspondeu ao tratamento com maior produção total de frutos (412 g planta⁻¹) variou, em g kg⁻¹, de 27,96 a 55,77 para N, 1,72 a 4,09 para P, 39,37 a 49,60 para K, 20,64 a 45,83 para Ca, 8,36 a 11,02 para Mg, 6,05 a 7,46 para S, e em mg kg⁻¹, 63,83 a 77,57 para B;
- As pimenteiros *Capsicum annuum* var. *annuum* cultivadas sob deficiência de macronutrientes e B apresentam sintomas visuais de deficiência individual em folhas, nos frutos produzidos sob deficiência de N, K, Ca, Mg, S e B e nas raízes sob deficiência de N, P, Ca, S e B;
- A ordem de aparecimento de sintomas na pimenteira é: N, K, P, Mg, S, Ca e B.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, B.D. (2007) Antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties of garlic and onions. *Nutrition & Food Science*. 37(3):178-183.
- Accorsi, W.R. (1994) *Programa de plantas medicinais e fitoterapia: medicina popular e fitoterapia*. Edição cursos agrozootécnicos. Piracicaba: USP, ESALQ. 81p.
- ASTA. (1997) *Official analytical methods of the American Spice Trade Association*. 4.ed. New Jersey: ASTA, 165p.
- Barbosa, I.R., Luz, F.J.F., Nascimento Filho, H.R.do., Maduro, C.B. (2002) Pimentas do gênero *Capsicum* cultivadas em Roraima, Amazônia brasileira: espécies domesticadas. *Acta Amazônica*. 32(2): 177-192.
- Basso, C., Wilmas, F.W.W., Suzuki, A. (1986) Fertilidade do solo e nutrição da macieira. *In: Manual da cultura da macieira*. EMPASC Florianópolis, SC, p.236-265.
- Batista, M.M.F., Viégas, I. de J.M., Frazão, D.A.C., Thomas, M.A.A., Silva, R.de.C.L. da (2003) Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos

sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral em gravioleiras (*Annona muricata*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(2): 315-318.

Benedetti, E.L., Wink, C., Santin, D., Sereda, F., Roveda, L.F., Serrat, B.M. (2009) Crescimento e sintomas em mudas de espinheira-santa com omissão de nitrogênio, fósforo e potássio. *Floresta*, 39(2): 335-343.

Bento, C.dos.S. (2008) Identificação de fontes de resistência ao *Pepper yellow Mosaic virus* em *Capsicum* spp. e resposta ecofisiológica de acessos de *Capsicum chinense* infectados com esse vírus Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 97f.

Bianchini, R. e Penteado, M.V.C. (1998) Carotenoides de pimentões amarelos (*Capsicum annuum* L.). Caracterização e verificação de mudanças com o cozimento. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 18(3).

Blevins, D.G. e Lukaszewski, K.M. (1998) Boron in plant structure and function. *Annual Reviews Plant Physiology Plant Molec. Biol.*, 49: 481-500.

Bonato, C.M., Rubin Filho, C.J., Melges, E., Santos, V.D. dos (1998) *Nutrição Mineral de Plantas*. Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá –PR, 137p.

Bontempo, M. (2007) *Pimenta e seus benefícios à saúde*. São Paulo: Alaúde. 108p.

Bosland, P.W., (1993) Breeding for quality *Capsicum*. *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 12: 25-31.

Bosland, P.W. (1996) *Capsicum*: innovative use of an ancient crop. In: Janick, J. (ed.) *Progress in New Crops*. ASHS Press, Arlington. p.479-487.

Carmello, Q.A.C. (1999) *Curso de nutrição/fertirrigação localizada*. Piracicaba: Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. 59 p. Apostila.

- Carvalho, V.D. (1984) Características químicas de pimentas e pimentões. *Informe Agropecuário*, 10(113): 76-78.
- Carvalho, A.J.C.de., Monnerat, P.H, Martins, D.P., Bernardo, S. (1999) Produtividade e qualidade do maracujazeiro amarelo em resposta a adubação potássica sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 21(3): 333-337.
- Carvalho, J.C.T., Gosmann, G., Schenkel, E.P. (2002) Compostos fenólicos simples e heterosídicos 443-459 *In: Farmacognosia: da planta ao medicamento/organizado por Cláudia Maria Oliveira Simões ... [et al.]. – 4.ed. – Porto Alegre/Florianópolis: Ed. Universidade/UFRGS/Ed. Da UFSC.*
- Carvalho, S.I.C, Bianchetti, L.B, Bustamante, P.G, Silva, D.B. (2003). *Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (Capsicum spp.) da Embrapa Hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 49p.
- Carvalho, S.I.C. e Bianchetti, L.B. (2004) Sistema de produção de pimentas. 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/botanica.htm>>. Acesso em: 01 jan. 2014.
- Carvalho, S.I.C e Bianchetti, L.B. (2007). Pimenta (*Capsicum spp.*): Botânica. *Embrapa Hortaliças*. Brasília, Nov. 2007. Disponível em http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/botanica.html. Acesso em 10 de janeiro de 2014.
- Casali, V.W.D. e Couto, F.A.A. (1984) Origem e botânica de *Capsicum*. *Informe Agropecuário*, 10(113): 8-10.
- Casali, V.W.D. e Stringheta, P.C. (1984) Melhoramento de pimentão e pimenta para fins industriais. *Informe Agropecuário*, 10(113): 23-25.
- Chitarra, M.I.F. (1994) Colheita e qualidade pós-colheita de frutos. *Informe Agropecuário*, 17(179): 8-18.

- Conforti, F., Statti, G.A., Menichini, F. (2007) Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum* var. *acuminatum* L.) in relation to maturity stage. *Food Chemistry*, 102: 1096-1104.
- Contreras-Padilla, M., Yahia, E.M. (1998) Changes in capsaicinoides during development, maturation and senescence of chile peppers and relation with peroxidases activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 2075-2079.
- Costa, L.M. da, Moura, N.F., Marangoni, C., Mendes, C.E., Teixeira, A. de O. (2009) Atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*. Campinas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30.
- Daliparthi, J., Barker, A.V., Mondal, S.S. (1994) Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. *Journal of Plant Nutrition*, 17(11): 1859-1886.
- Dechen, A.R., Nachtigall, G.R. (2006) Micronutrientes. In: Fernandes, M.S. (ed) *Nutrição mineral de plantas*. 1.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciênciado Solo, 327-354.
- Dechen, A.R. e Nachtigall, G.R. (2007) Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: Novais, R.F., Alvarez, V.H., Barros, N.F. de, Fontes, R.L.F., Cantarutti, R.B., Neves, J.C.L. (eds) *Fertilidade do solo*. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileirade Ciência do Solo, 91-132.
- Duarte, C., Moldão-Martins, M., Gouveia, A.F., Costa, S.B., Leitão, A.E., Bernardo-Gil, M.G. (2004) Supercritical fluid extration of red pepper (*Capsicum frutescens* L.). *The journal of Supercritical Fluids*, 30: 155-161.
- Echer, M.M e Costa, C.P. (2002). Reaction of sweet pepper to the *potato virus Y* (PVYM). *Scientia Agricola*. 59: 309-314.
- Embrapa Hortaliças (2005) *Revista Cultivar Hortaliças e Frutas*, 33.

- Embrapa Hortaliças (2007) *Capsicum*: pimentas e pimentões do Brasil. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/capsicum/espécies.htm>> Acesso em: 06 de dezembro de 2011.
- 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.
- Epstein, E. e Bloom, A.J. (2006) *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 403p.
- Eshbaugh, W.H. (1970) A Biosystematic and Evolutionary Study of *Capsicum baccatum* (Solanaceae). *Brittonia*, 22(1): 31-43.
- Estrada, B., Diaz, J. Merino, F., Bernal, M.A. (1999a) The effect of seasonal changes on the pungency level of padron pepper fruits. *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 18: 28-31.
- Estrada, B., Pomar, F., Diaz, J., Merino, F., Bernal, M.A. (1999b) Pungency level in fruits of the padron pepper with different water supply. *Scientia Horticulturae*, 48: 6234-6239.
- Filgueira, F.A.R. (2000) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 402p.
- Filgueira, F. A. R. (2003) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa: Ed. UFV. 412p.
- Flores, R.A., Almeida, T.B.F. de, Politi, L.S, Prado, R. de M., B. J.C. (2012) Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7: 104-110.

- Fonseca, R.M. (2006). *Caracterização morfológica de genótipos de Capsicum chinense Jacq.* do Alto Rio Negro – AM. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 51f.
- Fontes, P.C.R. (2001) *Diagnóstico do estado nutricional das plantas*. Viçosa, UFV. 122p.
- Fontes, P.C.R., Dias, E.N., Silva, D.J.H. (2005) Dinâmica de crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 23(1): 94-99.
- Frank, C.A, Nelson, R.G, Simonne, E.H, Behe, B.K, Simonne, A.H. (2001). Consumer preferences for color, price, and vitamin C content of bell peppers. *Hort Science*, 36: 795-800.
- Freitas, M.S.M. (2006) *Deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro doce: sintomas visuais*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 106f.
- Freitas, M.S.M., Monnerat, P.H., Vieira, I.J.C., Carvalho, A.J.C.de. (2007) Flavonóides e composição mineral de folhas de maracujazeiro amarelo em função da posição da folha no ramo. *Ciência Rural*, 37(6): 1634-1639.
- Freitas, M.S.M., Monnerat, P.H., Vieira, I.J.C. (2008) Mineral deficiency in *Passiflora alata* Curtis: vitexin bioproduction. *Journal of Plant Nutrition*, 31(10): 1844-1854.
- Freitas, M.S.M., Monnerat, P.H., Carvalho, A.J.C. de, Vasconcelos, M.A. da Silva (2011) Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4): 1329-1341.
- Fusco, B.M.; Giacomazzo, M. (1997) Peppers and pain: the promise of capsaicin. *Drugs*, 53: 909-914.

- Gama, M.C. (2010) *Deficiência de macronutrientes e boro em Catharanthus roseus*. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 42f.
- García, J.A.B., Muñoz, L.M.G., Gómez, M.S.H. (2005) Caracterización fisiológica y bioquímica de los frutos de cuatro acepciones de ají amazónico pertenecientes a la diversidad del género *Capsicum* para su conservación y uso. *Acta Biológica Colombiana*, 10(1): 79.
- Gobbo-Neto, L. e Lopes, N.P. (2007) Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*, 30(2): 374-381.
- Greenleaf, W.M. (1986) Pepper breeding. In: Basset, M.J. (ed.) *Breeding Vegetable Crops*. Westport: AVI Publishing, p.67.
- Haag, H.P., Homa, P., Kimoto, T. (1970) Nutrição mineral de hortaliças – absorção de nutrientes pela cultura do pimentão. *O Solo*, 62(2): 7-11.
- Henz, G.P. e Costa, C.S.R. (2005) *Como produzir pimenta* Embrapa Hortaliças. Embrapa Hortaliças e Frutas, 33, 7p.
- Henz, G.P. (2006) Perspectivas e Potencialidade do mercado para pimentas. Embrapa Hortaliças. 1º Encontro Nacional do Agronegócio de Pimentas, Brasília –DF, p.0-18.
- Inskeep, W.P. e Bloom, P.R. (1985) Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N,N-Dimethylformamide and 80% acetone. *Plant Physiology*, 77: 483-485.
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 498p.

- Jones Jr., J.B., Wolf, B., Mills, H.A. (1991) *Plant Analysis Handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens (USA): Micro- Macro Publishing, 213p.
- Kays, S.J. (1999) Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest biology and Technology*. University of Georgia, USA, 15(3): 233-247.
- Kirschbaum-Titze, P., Hiepler, C., Mueller-Seitz, E., Petz, M. (2002) Pungency in paprika (*Capsicum annuum*). Decrease of capsaicinoid content following cellular disruption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 1260-1263.
- Lange, A., Martines, A.M., Silva, M.A.C. da, Sorreano, M.C.M., Cabral, C.P., Malavolta, E. (2005) Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(1): 61-67.
- Lapa, F.S. (2006) *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. e Schult.: *Influência de fatores ambientais no crescimento e na produção de metabólitos*. (Dissertação Mestrado) – Florianópolis - SC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 59p.
- Lima Filho, O.F. e Malavolta, E. (1997) Sintomas de desordens nutricionais em estévia [*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni]. *Scientia Agricola*, 54:53-61.
- Lime, B.J., Griffiths, F.P., O'Connor, R.T., Heinzelmann, D.C., McCall, E.R. (1957) Spectrophotometric methods for determining pigmentation – beta-carotene and lycopene – in ruby red grapefruit. *Agricultural and Food Chemistry*, 5(12): 941-944.
- Linguanotto, Neto N., (2004) *Dicionário gastronômico: pimentas com suas receitas*. São Paulo: Boccato editores, p.32-67.
- Lúcio, A.D., Lorentz, L.H., Boligon, A.A., Lopes, S.J., Storck, L., Carpe, S.R.H. (2006) Variação temporal da produção de pimentão influenciada pela posição

ecaracterísticas morfológicas das plantas em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 24(1): 31-35.

Lunn, J. (2007) *Nutrição e envelhecimento saudável*. Nutrição em Pauta. São Paulo, ano 15, 85: 5-9.

Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. de. (1989) *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípio e aplicações*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201p.

Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. de (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba, SP: POTAFOS - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319p.

Marschner, P. (2012) *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3ed. San Diego: Elsevier. 651p.

Mattos, L.M., Moretti, C.L., Henz, G.P. (2007) *Protocolos de avaliação da qualidade química e física de pimentas (Capsicum spp.)*. Comunicado Técnico, Embrapa. Brasília, DF, 9p.

Mazzafera, P. (1999) Mineral nutrition and caffeine content in coffee leaves. *Bragantia*, 58(2): 387-391.

Meurer, E.J. (2006) Potássio. In: Fernandes, M.S. (ed) *Nutrição mineral de plantas*. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.281-298.

Moreira, G.R., Caliman, F.R.B., Silva, D.J.H., Ribeiro, C.S.C. (2006) Espécies e variedades de pimenta. *Informe Agropecuário*, 27: 16-29.

Moretti, C.L., Sargent, S.A., Huber, D.J., Calbo, A.G., Puschmann, R. (1998) Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. *Journal of the American Society for Horticulture SciScience*, 123(4): 656-660.

- Moretti, C.L. (2006) *Protocolos de avaliação da qualidade química e física de tomate*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 12p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 32).
- Moscone, E.A., Scaldaferrro, M.A., Grabiele, M., Cecchini, N.M., García, Y.S., Jarret, R., Daviña, J.R., Ducasse, D.A., Barboza, G.E., Ehrendorfer, F. (2007) The evolution of chili peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a cytogenetic perspective. *Acta Horticulturae*, 745:137-170.
- Naiff, A.P.M. (2007) *Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes em plantas de alpinia purpurata cv. Jungle King*. Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural Da Amazônia. Belém, 77f.
- Neto, N.L. (2004) *Dicionário Gastronômico: Pimentas com suas receitas*. São Paulo: Boccato.
- Nogueira, M.A. e Melo, W.J. (2003) Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27(4): 655-663.
- Paula, M.B. de, Mesquita, H.A. de, Nogueira, F.D. (1998) Nutrição e adubação do abacaxizeiro. *Informe agropecuário*, 19(195): 33-39.
- Perecin, M.B. (2001) Produção e mercado de plantas medicinais, aromáticas e condimentares: perspectivas para o pequeno produtor. In: *Congresso brasileiro de horticultura orgânica, natural, ecológica e biodinâmica, Botucatu*. Resumos... Botucatu: Agroecológica, p136-139.
- Perucka, I. e Oleszek, W. (2000) Extration and determination of capsaicinoids in fruit of hot pepper *Capsicum annuum* L. by spectrophotometry and high-performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, 71: 287-291.

- Pinho, L.G. da R., Monnerat, P.H., Pires, A.A., Marciano, C.R., Soares, Y.J.B. (2008) Distribuição de nutrientes e sintomas visuais de deficiência de boro em raízes de coqueiro-anão verde. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 2581-2590.
- Pinto, C.M.F., Puiatti, M., Caliman, F.R.B., Moreira, G.R., Mattos, R.N. (2006) Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. *Informe Agropecuário*, 27: 40-49.
- Prezotto, L.L. (2002) Uma Concepção de Agroindústria Ruralde Pequeno Porte. Florianópolis, EDUFSSC, *Revista de Ciências Humanas*, 31.
- Ramos, M.J.M., Monnerat, H.P., Carvalho, A.J.C. de, Pinto, J.L.A., Silva, J.A. da. (2009) Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'imperial'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(1): 252-256.
- Reifschneider, F. J. B. (Org.) (2000) *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças. 113p.
- Salinas, R.M., Cerda, A.A., Fernandez, F.G. (1982) Efecto del boro sobre la composicion mineral de guisante y pimiento. *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, 41: 991-1001.
- Sanzonowicz, C., Andrade, L.R.M. de. (2005) *Nutrição, Adubação e Irrigação*. In: Manica, I. Brancher, A., Sanzonowics, C., Icumá, I.M., Aguiar, J.L.P. de, Azevedo, J.A. de, Vasconcellos, M.A. da S., Junqueira, N.T.V. Maracujá-doce: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado. Cinco Continentes: Porto Alegre. p.77-90.
- Segatto, F.B. (2007) *Avaliação da qualidade "pós-produção" de pimenta ornamental (Capsicum annuum L.) cultivada em vaso*. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal), Viçosa, Universidade federal de Viçosa – UFV, 88f.

- Silva, S. e Tassara, H. (1996) *Frutas no Brasil*. São Paulo: Empresa das artes.
- Siviero, P. e Gallerani, M. (1992) *La coltivazione del pepperone*. Verona: Edizioni L'Informatore Agrario. 217p.
- Sonnenberg, P.E. (1981) *Olericultura especial: 2a parte*. 2ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 143p.
- Souza, R.A.M. (2005) *Mudanças no consumo e na distribuição de alimentos – O caso da distribuição de hortaliças de folhas na cidade de São Paulo*. Campinas, UNICAMP-IE. (Tese mestrado). 150p.
- Souza, R.S., Fernandes, M.S. (2006) Nitrogênio. *In*: Fernandes, M.S. (ed) *Nutrição mineral de plantas*. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.215-252.
- Spironello, A., Quaggio, J.A., Teixeira, L.A.J., Furlani, P.R., Sigrist, J. M. M. (2004) Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(1): 155-159.
- Stark, C.B. (2008) *Características e benefícios da capsaicina*. Trabalho acadêmico (Graduação em Química de Alimentos) Pelotas –RS, Universidade Federal de Pelotas, 39p.
- Stommel, J.R. e Bosland, P.W. (2006) Ornamental pepper, *Capsicum annuum*. *In*: Anderson, N. *Flower Breeding and Genetics: Issues, challenges and opportunities for the 21st Century*. Netherlands: Springer. p.561-599.
- Surh, Y.J., Lee, E., Lee, J.M. (2002) The Capsaicin Study. *Mutation Research*. v.41, p.259-267.
- Taiz, L and E., Zeiger. 2013. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: ARTMED. 916p.

- Teixeira, R. (1996) *Diversidade em Capsicum: análise molecular, morfoagronômica e química*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, p.81.
- Teodoro, R.E.F., Oliveira, A.S., Minami, K. (1993) Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa-de-vegetação. *Scientia Agricola*, 50(2): 237-243.
- Tofanelli, M.B.D, Amaya-Robles, J.E., Rodrigues, J.D., Ono, E.O. (2003) Ácido giberélico na produção de frutos partenocárpicos de pimenta. *Horticultura Brasileira*, 21(1): 116-118.
- Umiel, N. e Gabelman, W.H. (1971) Analytical procedures for detecting carotenoids of carrot (*Daucus carota* L.) roots and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 96(6): 702-704.
- Veloso, C.A.C. e Muraoka, T. (1993) Diagnóstico de sintomas de deficiência de macronutrientes em pimenteira do reino (*Piper nigrum* L.) *Scientia Agricola*, 50(2): 232-236.
- Viégas, I. de J.M., Thomaz, M.A.A., Silva, J.F. da, Conceição, H.E.O. da, Naiff, A.P.M. (2004) Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 26(2): 315-319.
- Viégas, I. J., Sousa, M. G. O., Silva, A. F., Carvalho, J. G., Lima, M. M. (2013) Composição mineral e sintomas visuais de deficiência de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). *Acta Amazônica*, 43: 43-50.
- Viñals, F.N., Ortega, R.G., Garcia, J.C. (1996) El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Madri: Mundi-Prensa, 607p.

- Vitti, G.C., Lima, E, Cicarone, F. (2006) Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) *Nutrição Mineral de Plantas*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, 432p.
- Wagner, C.M. (2003) *Variedade e base genética da pungência e caracteres do fruto: implicações no melhoramento de uma população de Capsicum annuum L.* Dissertação (Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.104 p.
- Williams, L.E. e Miller, A.J. (2001) Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52: 659-688.
- Yamada, T. (2000) Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas?: <http://www.potafos.org.ppiweb/brazil.nsf/página> mantida pela: POTAFOS - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato.
- Zancanaro, R.D. (2008) *Pimentas: tipos, utilização na culinária e funções no organismo*. Monografia (Graduação em Gastronomia e saúde). Brasília, Universidade de Brasília – UnB, 43p.

APÊNDICE



Figura 1A. Mudanças de *Capsicum annuum* var. *annuum* produzidas em sementeira, prontas para o transplante, aos 38 dias após a semeadura. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.



Figura 2A. Mudanças de *Capsicum annuum* var. *annuum* transplantadas para os vasos, aos 38 dias após a semeadura. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.



Figura 3A. Recipientes de armazenamento das soluções nutritivas completa e deficientes em N, P, K, Ca, Mg, S ou B. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.



Figura 4A. Visão geral do experimento ao iniciar os tratamentos, aos 23 dias após o transplante. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.



Figura 5A. Visão geral do experimento, aos 70 dias após o início dos tratamentos. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012. Foto: Mírian Peixoto.