



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CURSO DE AGRONOMIA

JOYCE CRISTINE SILVA ROCHA

NUTRIÇÃO MINERAL E ASPECTOS MORFOLÓGICOS DO TOMATEIRO
CEREJA SOB REDUÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE MACRONUTRIENTES

FORTALEZA

2016

JOYCE CRISTINE SILVA ROCHA

NUTRIÇÃO MINERAL E ASPECTOS MORFOLÓGICOS DO TOMATEIRO CEREJA
SOB REDUÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE MACRONUTRIENTES

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Ismail Soares

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- R571n Rocha, Joyce Cristine Silva.
Nutrição mineral e aspectos morfológicos do tomateiro cereja sob redução de macronutrientes.
/ Joyce Cristine Silva Rocha. - 2016.
42 f. : il. color.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
Departamento de Ciências do Solo, Graduação em Agronomia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Ismail Soares
- 1.Hidroponia. 2. Biologia do desenvolvimento . 3.Plantas - nutrição. I. Título.

CDD 631

JOYCE CRISTINE SILVA ROCHA

NUTRIÇÃO MINERAL E ASPECTOS MORFOLÓGICOS DO TOMATEIRO CEREJA
SOB REDUÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE MACRONUTRIENTES

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para obtenção do título de Engenheira
Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Ismail Soares

Aprovada em 08/01/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ismail Soares

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães

Prof. Dr. Márcio Cléber de Medeiros Corrêa

Aos meus pais, Maria e Aumerindo; aos meus irmãos, Juliana, Jayne, Jamylle e Júlio Cesar, pelo amor incondicional, carinho e incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela dádiva da vida e por ter me dado forças nos momentos mais difíceis, fazendo com que eu vencesse todos os obstáculos durante essa caminhada e desta forma me permitindo alcançar a vitória.

Aos meus pais que sempre estiveram do meu lado, me apoiando e impulsionando para a concretização da minha formação.

À minhas irmãs pela convivência nem sempre amistosa, mas, que me fez perceber o verdadeiro significado da palavra irmão e quanto eles são importantes em nossas vidas. Em especial a minha irmã Juliana que desempenhou, de forma exemplar e virtuosa, o papel de irmã mais velha, a minha eterna gratidão.

A minha tia, Aparecida, pelos cuidados, compreensão e amor.

Ao meu orientador, professor Dr. Ismail Soares, pela orientação, paciência, disponibilidade e valiosos ensinamentos, sem o qual a realização deste trabalho não seria possível, meus eternos agradecimentos.

A todos os professores que tive a oportunidade de conhecer ao longo do curso, por serem mediadores da produção do meu conhecimento.

Aos colegas que me ajudaram durante a realização do experimento: Joniele, Jáiro, Israel e Cristiano. E aos colegas Jardelson e Daniele pela orientação nas análises químicas.

Aos colegas e amigos de graduação, Tiago Cavalcante, Danyelle Mauta, Amanda Pinheiro, Thiago Aragão, Jharine Xavier e Paula Freitas, pela amizade, momentos de descontração e convivência.

A banca examinadora pelas sugestões de correção que irão enriquecer meu trabalho.

E todos aqueles que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus eternos agradecimentos

RESUMO

Aspectos relacionados à nutrição mineral do tomateiro são importantes para a produção de frutos de qualidade. No caso específico do tomate do grupo cereja (*Solanum Lycopersicum* var. *Cerasiforme*), cv. Carolina, informações sobre nutrição e adubação em cultivos em substratos são muito insipientes. Assim, este trabalho foi realizado com objetivo de caracterizar os sintomas visíveis de deficiência nutricional dos macronutrientes na cultura do tomateiro do grupo cereja, cv. Carolina, bem como, a influência das deficiências na composição mineral das folhas e no crescimento da planta. O experimento foi conduzido em ambiente não protegido no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana-NEPAU, Campus Pici, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos: solução nutritiva completa e omissões individuais de N, P, K, Ca, Mg e S, com cinco repetições. Cada unidade experimental foi representada por uma planta em um vaso de dez litros de capacidade, contendo como substrato uma mistura de pó de coco e casca de arroz não carbonizada, na proporção de 2:1, respectivamente, com base em volume. Os primeiros sintomas de deficiência ocorreram nas plantas submetidas à omissão de N, seguidas pelo P e K. Sintomas visíveis de deficiência de Ca, Mg e S não foram observados nas plantas. Observou-se que a omissão dos nutrientes influenciou tanto o teor dos elementos omitidos quanto aos dos demais nutrientes nas folhas. As deficiências de N e P foram as que mais afetaram o crescimento e produção das plantas, em comparação aos demais tratamentos. Conclui-se, pela severidade dos sintomas de deficiência, que o tomate cereja é muito exigente em N e P.

Palavras-chave: Tomateiro, hidroponia, substrato, elemento faltante, diagnose visual.

ABSTRACT

Aspects related to tomato mineral nutrition are important for the production of quality fruits. Particularly for the cherry tomato group (*Solanum Lycopersicon* var. *Cerasiforme*), cv. Carolina, information on nutrition and fertilization for soilless cultivation in substrates are very insipient. This work was conducted to characterize the visible symptoms of nutritional deficiency of macronutrients in cherry tomato crop, cv. Carolina, as well as the influence of these deficiencies in the mineral composition of leaves, plant growth and fruit production. The experiment was conducted in unprotected environment at the Center for Teaching and Research in Urban Agriculture-NEPAU, of the Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil, in a completely randomized design, with seven treatments: complete nutrient solution and individual omissions of N, P, K, Ca, Mg, S, with five replications. Each experimental unit was represented by a 10 liter spot containing as a substrate a mixture of coconut powder and not carbonized rice hull, in a 2:1 ratio, based on volume. The first symptoms of deficiencies occurred in plants submitted to the omission of N, followed by P and K. Visible symptoms of deficiencies of Ca, Mg and S were not observed. It was observed that the omission of nutrients influenced both the content of the omitted elements as those of other nutrients in the leaves. N and P deficiencies were the ones that most affected the growth and production of plants, compared to the other treatments. We conclude, by the severity of symptoms of nutrient deficiency, that the cherry tomato is very demanding on N and P.

Keywords: Tomato, hydroponic, substrate, missing element, visual diagnosis.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 –Efeitos da omissão de N na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.....27
- Figura 2 –Efeitos da omissão de P na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.....29
- Figura 3 –Efeitos da omissão de K na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.....31
- Figura 4 –Efeitos da omissão de Ca na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.....33
- Figura 5 –Efeitos da omissão de Mg na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.....35
- Figura 6 –Efeitos da omissão de S na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.....36

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Composição da solução estoque e volumes pipetados para preparo das soluções nutritivas, completa e com omissão dos macronutrientes para o cultivo do tomate cereja cv. Carolina.....22
- Tabela 2 – Teores de macronutrientes no substrato utilizado para o cultivo de tomateiro tipo cereja cv. Carolina, em função dos tratamentos com omissão de nutrientes.....24
- Tabela 3 – Massa seca da parte aérea (MSPA), peso médio de frutos (PMF), produção de frutos por planta (PFP), número de cachos (NC), número total de frutos (NTF), número de frutos medidos (NFM), altura dos frutos (HF) e diâmetro dos frutos (DF) do tomateiro tipo cereja cv. Carolina, cultivado com aplicação de solução nutritiva completa e com omissão individual dos macronutrientes.....26
- Tabela 4 – Teores dos macronutrientes na folha do tomateiro cereja cv. Carolina, cultivado com omissão individual dos macronutrientes.....27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Tomateiro	13
2.2	Cultivo hidropônico	14
2.3	Elementos essenciais	14
2.4	Macronutrientes	15
2.4.1	<i>Nitrogênio</i>	15
2.4.2	<i>Fósforo</i>	16
2.4.3	<i>Potássio</i>	17
2.4.4	<i>Cálcio</i>	17
2.4.5	<i>Magnésio</i>	18
2.4.6	<i>Enxofre</i>	19
2.5	Nutrição mineral do tomateiro	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Local do experimento	21
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	21
3.3	Semeadura e transplante	21
3.4	Condução do experimento	21
3.5	Análises químicas de folhas e substrato	23
3.6	Análise estatística	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Substrato	24
4.2	Deficiências de macronutrientes: efeito no desenvolvimento e estado nutricional das plantas	24
4.2.1	<i>Nitrogênio</i>	24
4.2.2	<i>Fósforo</i>	27
4.2.3	<i>Potássio</i>	30
4.2.4	<i>Cálcio</i>	31
4.2.5	<i>Magnésio</i>	33
4.2.6	<i>Enxofre</i>	35
5	CONCLUSÕES	37
6	REFERÊNCIAS	38
	ANEXOS	43

1 - INTRODUÇÃO

O tomate é considerado a segunda hortaliça de maior importância econômica no Brasil. A produção anual no Brasil é de aproximadamente 3,2 milhões de toneladas de frutos numa área plantada em torno de 63.000 ha e produção média de 62.470 kg ha⁻¹, sendo a região sudeste, principalmente os estados de São Paulo e Minas Gerais os maiores produtores do país (IBGE, 2011). Em 2010, a produção mundial de tomate foi de 145 milhões de toneladas, numa área de mais de quatro milhões de hectares (FAO, 2012).

O mercado de tomate tem sido ampliado, com aumento da demanda pelos frutos do grupo cereja. O tomateiro do tipo cereja é uma alternativa para grande parte dos produtores pelo seu alto valor de mercado, maior produtividade e boa aceitação por parte dos consumidores. É uma espécie de tomate cujo tamanho é menor, caracterizado como muito saboroso e adocicado, com isso seu consumo tem aumentado nos últimos anos. Esse aumento também está relacionado à mudança de hábito alimentar do consumidor, que tem se tornado mais exigente quanto à qualidade dos produtos hortícolas.

As hortaliças constituem um grupo de plantas com características de cultivo intensivo do solo, com dois ou três ciclos por ano, requerendo irrigação e o emprego de fertilizantes. Desta forma, em casa de vegetação, o cultivo de hortaliças no solo, tem apresentado dificuldades de manejo, tais como a salinização do solo resultante do uso intensivo da mesma área e inadequada fertilização. Também as ocorrências de plantas daninhas, patógenos do solo e pragas dificultam a condução de hortaliças cultivadas intensivamente no solo.

Num mercado cada vez mais competitivo, o emprego de práticas modernas de manejo é muito importante, dada a necessidade de obtenção de maior produtividade, com melhor qualidade e menor custo. O cultivo em substrato é uma dessas opções, podendo se adequar perfeitamente às exigências da alta qualidade, alta produtividade, mínimo desperdício de água e nutrientes. Esta alternativa surgiu da necessidade de solucionar os problemas como: salinização, desequilíbrios nutricionais e ocorrência de pragas e patógenos que atacam o sistema radicular. A aplicação desta técnica está sendo expandida para a produção de olerícolas de fruto, com grande enfoque para o tomateiro.

A utilização de substratos e o cultivo adensado são alternativas buscadas pelos produtores para otimizar a produção. No cultivo do tomateiro os maiores adensamentos podem resultar em aumento da produtividade, podendo provocar também a redução do

tamanho do fruto o que para o tomateiro do grupo cereja não assume importância já que o fruto pequeno é a principal característica do grupo.

O sucesso do cultivo em substrato depende da otimização de diversas variáveis, dentre as quais, as práticas de irrigação e nutrição. O volume explorado pelo sistema radicular da cultura é reduzido assim como a retenção de água pelo substrato. Assim, as irrigações devem ser realizadas em regime de alta frequência (até 20 por dia) e baixo volume (MAROUELLI et al.,2002).

O tomateiro destaca-se entre as hortaliças cultivadas por ser extremamente exigente em nutrientes, apresentando demandas diferenciadas de acordo com os estádios de desenvolvimento, com a duração do ciclo de cultivo, com o genótipo e com a época do ano (MORAIS, 1997). As exigências nutricionais da cultura podem ser supridas por fertilizantes químicos, orgânicos ou por ambos.

O suprimento de nutrientes em cultivo sem solo baseia-se, em geral, no fornecimento de soluções nutritivas, sendo esta caracterizada como o meio pelo qual os nutrientes previamente dissolvidos na água são colocados à disposição das plantas. Todos os nutrientes essenciais devem ser fornecidos em níveis compatíveis às exigências de cada espécie e de acordo com a fase de desenvolvimento. A composição da solução nutritiva é um dos elementos essenciais para garantir o sucesso de um cultivo hidropônico, uma vez que é a solução nutritiva que fornece os nutrientes necessários para o ótimo desenvolvimento das plantas.

No entanto, a carência de um determinado nutriente considerado essencial para o crescimento das plantas desencadeia fenômenos bioquímicos dentro destas, os quais são externados por sintomas típicos, chamados de sintomas de deficiência. Uma das maneiras práticas de se detectar os sintomas de um possível elemento limitante, além da diagnose foliar é por meio do aspecto visual das plantas, considerando-se que as deficiências minerais promovem alterações no metabolismo e, frequentemente, modificam os aspectos morfológicos e anatômicos dos vegetais.

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi verificar os sintomas típicos de deficiência nutricional de macronutrientes na cultura de tomate cereja, através da observação visual das plantas e da composição mineral da parte aérea, bem como avaliar o crescimento das plantas sob omissão dos mesmos na solução nutritiva.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Tomateiro

O tomateiro é uma planta semi-perene, de porte arbustivo, cultivada como anual. A planta pode desenvolver-se de forma rasteira, semi-ereta ou ereta. As plantas se desenvolvem bem em amplo espectro de latitude, tipos de solo, temperaturas e métodos de cultivo. Possui sistema radicular constituído de raiz principal, raízes secundárias e raízes adventícias. O caule, no início do desenvolvimento, é ereto, herbáceo, suculento e coberto por pelos glandulares ou não glandulares que saem da epiderme. As folhas são alternadas, compostas com um grande folíolo terminal e possuem cerca de 6 a 8 folíolos laterais (ALVARENGA, 2013).

O interesse comercial pelo tomateiro está no fruto que é do tipo baga, com peso variado, de cor róseo ou vermelho, tendo diversos formatos (oblongo, redondo e achatado), apresentando dois a n lóculos, sendo mais comum a presença de três a quatro lóculos. O fruto atinge a maturação em torno de 30 a 40 dias após a fecundação do óvulo. Desenvolvem-se em inflorescência do tipo cacho ou racemo, que podem ter de seis a mais de trinta flores (FONTES, 2005).

A principal característica encontrada nos tomateiros, utilizada para diferenciá-los, é com relação ao seu tipo de crescimento. Uma parte das cultivares existentes apresentam crescimento determinado, enquanto que em outras o crescimento é indeterminado. Nas cultivares de crescimento determinado a produção de frutos ocorre em um curto período de tempo, e são adaptadas ao cultivo rasteiro, e os seus frutos destinam-se a agroindústria. A maioria das cultivares é do tipo indeterminado, onde seus ramos continuam crescendo indefinidamente, sendo necessário realizar o tutoramento, e a condução das plantas através de podas, sendo sua produção voltada para o consumo in natura.

Dentre as variedades de tomate, encontra-se o tomate cereja como novo grupo de cultivar para mesa. A maioria das cultivares são híbridas, de crescimento indeterminado, geralmente vigorosas. O número de frutos por cacho floral é muito variável, oscilando entre 15 e mais de 50, com inflorescências longas e ramificadas. Os frutos são pequenos, redondos ou compridos, lisos, biloculares e com peso que pode variar entre 10 e pouco mais de 30 g (MARY E LEAL, 2003; FILGUEIRA, 2003; BARBOSA et al.,2002).

2.2 - Cultivo hidropônico

O desenvolvimento e adoção de técnicas de cultivo sem solo cresceu muito em regiões onde se cultiva hortaliças em ambiente protegido devido a problemas fitossanitários relacionados ao uso intensivo da área. Uma alternativa para contornar esses problemas de contaminação do solo seria o uso de sistemas de cultivos hidropônicos, em que os nutrientes do solo são fornecidos através de uma solução aquosa contendo apenas os elementos químicos essenciais aos vegetais (FURLANI et al., 2013).

De forma geral a solução nutritiva é o meio pelo qual os nutrientes previamente dissolvidos na água são colocados à disposição das plantas, sendo todos eles fornecidos em níveis compatíveis às exigências de cada espécie e de acordo com a fase de desenvolvimento das plantas (HAAG et al., 1993).

Em cultivos protegidos, a técnica hidropônica pode ser considerada a aplicação mais intensiva deste sistema agrícola de produção e, segundo Rodrigues (2002), é uma alternativa de cultivo de plantas com uso de soluções nutritivas balanceadas, na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais.

Cultivos em substratos demonstram grande avanço frente aos sistemas de cultivo no solo, pois oferecem vantagens como o manejo mais adequado da água, o fornecimento de nutrientes em doses e épocas apropriadas, a redução dos riscos de salinização do meio radicular e a redução da ocorrência de problemas fitossanitários, que se traduzem em benefícios diretos no rendimento e qualidades dos produtos colhidos (FURLANI et al., 2013).

2.3 - Elementos essenciais

Para determinar a essencialidade ou não de um determinado elemento não basta apenas fazer análise química da planta. Os elementos essenciais, os benéficos e os tóxicos que estão presentes no solo, são absorvidos pelas plantas sem muitos critérios. Segundo MALAVOLTA (2006) citando Arnon e Stout (1939), um elemento é considerado essencial quando satisfaz os dois critérios de essencialidade:

Direto - o elemento participa de algum composto ou de alguma reação vital para o metabolismo da planta.

Indireto - desdobra-se nas seguintes fases:

- Na ausência do elemento a planta não completa seu ciclo de vida;
- O elemento não pode ser substituído por nenhum outro;

– O elemento deve ter efeito direto na vida da planta e não exercer apenas o papel de, com sua presença no meio, neutralizar efeitos físicos, químicos ou biológicos desfavoráveis para a planta.

Quatorze elementos minerais são considerados essenciais para as plantas, os quais são separados em dois grupos exclusivamente por aspectos quantitativos. Os macronutrientes que são exigidos em grandes quantidades pelas plantas e os teores destes nas plantas são expressos em g kg^{-1} , e os micronutrientes que são exigidos em pequenas quantidades pelas plantas e os teores destes nas plantas são expressos em mg kg^{-1} , sendo:

Macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S.

Micronutrientes: Fe, Mn, Cu, Zn, B, Cl, Mo e Ni.

2.4 - Macronutrientes

2.4.1 - Nitrogênio

Os teores encontrados de nitrogênio (N) nos tecidos vegetais variam entre 20,0 a 50,0 g kg^{-1} na matéria seca; dentre as culturas, de forma geral, é o nutriente mais exigido (MARSCHNER, 2012).

Cerca de 90% do N da planta encontra-se na forma orgânica e é assim que desempenha as suas principais funções, como componente estrutural de macromoléculas e micromoléculas, sendo importante constituinte de enzimas. Os aminoácidos livres dão origem a outros aminoácidos e proteínas e, por conseguinte, a enzimas e coenzimas, que são precursores de hormônios vegetais (FAQUIN, 2004).

O N constitui vários compostos nas plantas, destacando-se aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofilas. Assim, as principais reações bioquímicas em plantas e microrganismos envolvem a presença de N, que o torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades pelas plantas cultivadas. Além disso, apresenta grande versatilidade nas reações de oxirredução estando presente em vários estados de oxidação, desde formas bastante reduzidas, como amônio (NH_4^+), até oxidadas, como nitrato (NO_3^-), o que lhe confere especial importância nos ciclos biogeoquímicos e no metabolismo das plantas (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Devido a grande importância do N para o crescimento, desenvolvimento e produção, as deficiências desse elemento são inconfundivelmente demonstradas pela redução da taxa de crescimento da planta e o amarelecimento da folha por falta de clorofila, que deixa de ser sintetizada, para a liberação do N para suprir a deficiência nas folhas novas (PRADO,

2008). Segundo Fernandes et al. (2006), em menor reserva de N na parte aérea, a planta promove alongamento do sistema radicular, como uma tentativa de aumentar os teores internos deste nutriente.

2.4.2 - Fósforo

O fósforo(P) é um dos macronutrientes menos exigidos pelas plantas, mas, nem por isso, deixa de ser o mais utilizado nas adubações realizadas no Brasil. Isso ocorre devido aos solos das regiões tropicais e subtropicais, apresentarem baixos teores de P. Segundo Faquin (2005), mais de 90% das análises de solo realizadas no Brasil apresentam baixos teores de P disponível.

O P é um elemento que integra compostos importantes das células vegetais, incluindo açúcares fosfatados, intermediário da respiração e fotossíntese, bem como fosfolipídios que compõem as membranas. É também componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas, como ATP, e no DNA e RNA (MARSCHNER,2012; TAIZ e ZEIGER, 2013).

Segundo Malavolta (2006), a principal função do P é armazenar e transferir energia. O mais importante composto do grupo fosfato é a adenosina trifosfato (ATP). O seu suprimento adequado, desde o início do desenvolvimento vegetal, é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas (RAIJ, 1991). A participação do P na formação da colheita está relacionada com: a aceleração na formação das raízes, o aumento do perfilhamento das gramíneas (junto com o N), a influência no maior pegamento da florada e, por isso, maiores níveis de frutificação, é regulador da maturação, sendo que quando está deficiente causa redução no crescimento da planta, menor produção, qualidade inferior dos produtos agrícolas e senescência precoce das folhas (MALAVOLTA, 2006).

Em plantas sob deficiência prolongada de P, podem ocorrer manchas necróticas nas margens e no limbo foliar das folhas mais velhas, bem como a morte e queda destas (EPSTEIN E BLOOM, 2006). Deficiências de P comprometem processos como síntese protéica e fotossíntese, uma vez que são realizados com participação de compostos fosforados, levando a alterações no desenvolvimento das plantas (BASTOS et al., 2013).

Outros sintomas de deficiência de P incluem crescimento reduzido em plantas jovens e coloração verde-escura das folhas, as quais podem encontrar-se malformadas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

2.4.3 - Potássio

O potássio(K) é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas. Sendo, encontrado na maioria dos solos baixos teores, o que torna necessária sua adição. O K, depois do fósforo, é o nutriente mais consumido como fertilizante pela agricultura brasileira (FAQUIN, 2005).

Este elemento mineral é um importante cofator enzimático para muitas reações metabólicas dos carboidratos. Altas concentrações de K são requeridas para regular certas enzimas, particularmente piruvatoquinase e fosfoenolpiruvato, sendo um macronutriente essencial envolvido na manutenção do estado hídrico da planta, na turgescência de suas células e na abertura e fechamento dos estômatos (MARSCHNER, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013).

Uma característica importante do K é a alta taxa com que ele é absorvido pelos tecidos das plantas. Essa rápida absorção é dependente da alta permeabilidade das membranas das células ao K (MENGEL e KIRKBY, 2001). Conforme comentado por Malavolta (2006), o K é absorvido principalmente durante o estágio de crescimento vegetativo. O teor desse elemento para o ótimo crescimento das plantas está, aproximadamente, entre 20 a 50 g kg⁻¹ na massa seca, variando em função da espécie e da parte da planta analisada (MARSCHNER, 2012).

O K é o principal cátion que afeta o potencial osmótico. Aumentando sua concentração na célula, aumenta-se também a sua capacidade de absorver água (MALAVOLTA, 2006). Baseado no exposto, a deficiência do K induz a desidratação do plasma e a acumulação de substâncias, tais como a putrescina e peróxidos e, conseqüentemente, as células e os tecidos das margens e pontas das folhas morrem, proporcionando formação de necroses (PRADO, 2008).

Na literatura, alguns autores (MALAVOLTA et al., 1997; FONTES, 2001; BATISTA et al., 2003; TAIZ e ZEIGER, 2013) relatam como sintoma de deficiência de K, clorose marginal, avançando em direção à parte central das folhas mais velhas e depois necrose das margens e ponta das folhas. Cereda et al. (1991) relatam como sintoma de deficiência de K, folhas encarquilhadas, com necrose marginal e com pintas esbranquiçadas no limbo.

2.4.4 - Cálcio

O cálcio (Ca), magnésio (Mg) e o enxofre (S), na adubação, são considerados como macronutrientes secundários, já que são componentes de fertilizantes e corretivos. No

entanto, para a área de nutrição mineral de plantas o termo secundário não existe, sendo estes elementos considerados essenciais.

Uma das principais funções do Ca é na estrutura da planta, como integrante da parede celular. Sua falta afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz, sendo indispensável para a germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico, o que pode ser devido ao seu papel na síntese da parede celular ou ao funcionamento da plasmalema (FAQUIN, 2005).

A maior parte do Ca nas plantas ocorre formando ligações intermoleculares nas paredes celulares e membranas, contribuindo, assim, para a estabilidade estrutural e o movimento intercelular de vários metabólitos. Atua, ainda, como catalisador de várias enzimas (DIAS e ALVAREZ, 1996). Os teores de Ca nos tecidos foliares também variam entre espécies, podendo ir de 3,0 até cerca de 45,0 g kg⁻¹ para culturas bem nutridas (FONTES, 2001).

Ao contrário dos outros macronutrientes, a alta proporção de Ca na planta pode ser observada na parede celular. Este fato se deve ao Ca integrar a lamela média da parede celular, sendo também requerido para o alongamento e divisão celular e isto reflete drasticamente no crescimento radicular (MALAVOLTA, 2006).

Segundo Epstein e Bloom (2006), os sintomas de deficiência de Ca aparecem mais cedo e mais severamente nas regiões meristemáticas e nas folhas jovens. Sua demanda é mais alta nesses tecidos, sendo que o Ca contido em tecidos mais velhos tende a se tornar imobilizado.

2.4.5 - Magnésio

Os teores de magnésio(Mg) no solo para o ótimo crescimento das plantas é considerado baixo, em torno de 0,5 a 1,0 cmol dm⁻³. O Mg é adicionado ao solo como corretivo e não como nutriente normalmente utilizado em adubações. Nas folhas das plantas normais os teores variam entre 2,0 a 4,0 g kg⁻¹, variando de acordo com a espécie cultivada (FAQUIN, 2005).

O Mg desempenha importantes funções nas plantas, pois, além de ser componente da molécula de clorofila, também é ativador de muitas enzimas (RAVEN et al., 2001). Entre as funções do Mg a principal delas é a de constituir a molécula de clorofila, que são porfirinas magnesianas. Mais da metade do Mg contido nas folhas pode participar da formação de clorofila, pois esta possui um átomo central de Mg (MALAVOLTA, 2006). Outra importante função é como ativador enzimático, ativando mais enzimas do que qualquer outro elemento

na planta. O Mg é ativador das enzimas relacionadas com o metabolismo energético servindo de ligação entre as estruturas de pirofosfato do ATP e ADP.

A deficiência de Mg afeta o metabolismo das plantas, sendo a clorose internerval das folhas velhas o sintoma inicial, seguido da redução da fotossíntese decorrente da menor síntese de clorofila. Em casos extremos de deficiência, podem ser observadas necroses nas folhas novas (MALAVOLTA, 2006).

2.4.6 - Enxofre

O enxofre (S) está presente em todas as proteínas. Uma das principais funções do S nestas estruturas, também conhecidas como polipeptídeos é a formação da ligação dissulfeto (S-S). Estas ligações atuam na estabilidade da estrutura terciária das proteínas. Outro papel fundamental exercido por este elemento mineral, no metabolismo, é a sua participação direta no grupo sulfidrílico (-SH), sendo o grupo ativo das enzimas na ligação com o substrato (FAQUIN, 2005).

Os principais aspectos do S na formação da colheita são: absorção iônica (membranas), vegetação e frutificação (proteínas, fotossíntese), formação de óleos, gorduras, açúcar e aumento na fixação biológica do nitrogênio (MALAVOLTA, 2006).

As deficiências de S e N nas plantas apresentam algumas semelhanças, como redução nos teores de clorofila e de proteína, além do aumento de compostos solúveis de N nas folhas, decorrentes da redução da síntese de proteína. Devido a pouca mobilidade do S na planta, os sintomas visíveis de deficiência se manifestam nas folhas novas com tamanho reduzido e com clorose gradual (MARSCHNER, 2012).

2.5 – Nutrição mineral do tomateiro

O estudo da nutrição mineral de plantas estabelece quais são os elementos essenciais para o ciclo de vida da planta, como são absorvidos, translocados e acumulados, suas funções, exigências e os distúrbios que causam quando em quantidades deficientes ou excessivas nos tecidos vegetais (PRADO, 2008). Com conhecimentos de nutrição é possível aperfeiçoar a produção e melhorar a qualidade do produto. Mas, para isso é preciso conhecer as funções e sintomas de deficiência nutricional na planta que se deseja trabalhar, suas exigências nutricionais, a dinâmica dos nutrientes no solo, a mobilidade dos nutrientes na planta e no solo, além das formas químicas que são absorvidas pelas plantas (ALVARENGA, 2013).

O acúmulo de nutrientes nas plantas reflete a exigência nutricional, que varia em função de vários fatores como, por exemplo, o nível de produção, a espécie, a fertilidade do solo e/ou adubação, o clima e os tratos culturais. A quantidade de macro e micronutrientes que as plantas retiram do solo representam, de forma geral, suas necessidades nutricionais para atender todas as fases de desenvolvimento (PRADO, 2008).

Segundo Furlan e Purqueiro (2010), as marchas de absorção são de extrema importância nas recomendações de adubações, já que possibilitam conhecer o estágio fisiológico em que a planta apresenta uma maior demanda nutricional, permitindo assim realizar as aplicações com os fertilizantes adequados, no momento correto, evitando-se deficiências e o consumo de luxo das plantas pelos nutrientes.

Informações mais detalhadas sobre a nutrição mineral do tomateiro são essenciais para a definição de dosagens adequadas de fertilizantes, objetivando o máximo rendimento e elevado padrão de qualidade dos frutos. Para que a produção seja ótima, as plantas de tomateiro têm requerimentos nutricionais específicos, podendo ter suas exigências supridas, seja por fertilizantes químicos, orgânicos ou por ambos (FERREIRA et al., 2003).

A quantidade de nutrientes absorvidos pelo tomateiro depende de fatores bióticos e abióticos, como temperaturas do ar e do solo, luminosidade e umidade relativa. Os teores foliares de macronutrientes considerados adequados para a cultura do tomateiro em g kg^{-1} : 40,0 a 60,0 de N; 4,0 a 8,0 de P; 30,0 a 50,0 de K; 14,0 a 40,0 de Ca; 4,0 a 8,0 de Mg e 3,0 a 10,0 de S (BASTOS et al., 2013)

No Brasil, um dos primeiros trabalhos visando o conhecimento da marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro foi realizado por Gargantini e Blanco (1963), utilizando a cultivar Santa Cruz-1639, conduzida em ambiente protegido. Este estudo mostrou que o nutriente absorvido em maior quantidade pelo tomateiro é o K, seguido pelo N, Ca, S, P e Mg. Os autores verificaram que as taxas de absorção de N, K, Mg e S alcançaram valores máximos no período de 100 a 120 dias após a germinação, enquanto que o Ca e o P foram absorvidos durante todo o ciclo da cultura. No entanto, Fayad et al. (2002) chegaram a resultados diferentes quanto à exigência de nutrientes pelo tomateiro que decresceu na seguinte ordem: N, K, Ca, S, P, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn.

A acumulação de massa seca pelo tomateiro é relativamente pequena até 40 dias após o transplante (DAT). Após esse período ocorre grande acúmulo de massa seca até os 90 dias. A taxa de absorção de nutrientes, de modo geral, acompanha o acúmulo de massa seca. As taxas de absorção de nutrientes aumentam com o surgimento das primeiras flores. A partir

desse estágio, a absorção atinge valores máximos nas fases de pegamento e crescimento dos frutos, voltando a decrescer durante a maturação dos frutos (SILVA E GIORDANO, 2000).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Local do Experimento

O trabalho foi realizado no período de junho a agosto de 2015 em ambiente não protegido no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU), da Universidade Federal do Ceará (UFC), campus Pici, em Fortaleza, CE, localizado nas coordenadas 3° 44' 18,5" de latitude Sul, 38° 34' 23,2" de longitude Oeste, com altitude de 19,6 m.

3.2 - Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizados, com sete tratamentos, sendo: um com solução nutritiva completa e seis com omissão individual dos macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), com cinco repetições de cada tratamento, totalizando 35 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por um vaso com uma planta.

3.3 - Semeadura e transplante

As sementes de tomate cereja (*Solanum Lycopersicum* var. *Cerasiforme*), cultivar Carolina, foram colocadas para germinar em duas bandejas plásticas com trinta e cinco células cada uma, contendo como substrato vermiculita, as quais foram irrigadas diariamente com água. Cinco dias após a emergência das plântulas, estas foram irrigadas com solução nutritiva com 50% da concentração de nutrientes da solução completa (Tabela 1). Quando as mesmas apresentaram, no mínimo, três folhas definitivas, foram transferidas para vaso plástico contendo 10 litros de substrato, composto da mistura de pó de coco e palha de arroz, na proporção de 2:1, respectivamente, com base em volume.

3.4 - Condução do experimento

Após o transplante das mudas as mesmas receberam solução nutritiva completa durante doze dias, para melhor crescimento inicial das plantas. Após este período, iniciou-se aplicação dos tratamentos com omissão de macronutrientes na solução nutritiva. As soluções foram preparadas com reagentes puros para análises, tendo como referência os padrões da solução nutritiva utilizada por Cogo (2009) para cultivo de tomateiro crescido em casca de

arroz. Com base no exposto as seguintes concentrações de macronutrientes em mmol L^{-1} : 6,25 de N, 0,46 de P, 3,18 de K, 1,43 de Ca, 0,71 de Mg e 0,73 de S, e de micronutrientes em $\mu\text{mol L}^{-1}$: 53,71 de Fe, 9,10 de Mn, 0,76 de Zn, 13,88 de B, 0,31 de Cu e 0,10 de Mo e 3,12 mmol L^{-1} de Na, com condutividade elétrica de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$.

As soluções nutritivas foram formuladas eliminando-se um macronutriente específico sem modificar as concentrações dos demais nutrientes, utilizando-se soluções estoques conforme tabela 1.

Tabela 1. Composição da solução estoque e volumes pipetados para preparo das soluções nutritivas, completa e com omissão dos macronutrientes para o cultivo do tomate cereja cv. Carolina.

Reagentes	Solução Estoque	Soluções nutritivas						
		Completa	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
	g L^{-1}	$\text{mL } 14\text{L}^{-1}$						
Ca(NO ₃) ₂	84,22	50	-	50	50	-	50	50
KNO ₃	75,48	50	-	50	-	50	50	50
MAP	19,20	50	-	-	50	50	50	50
MgSO ₄	50,52	50	50	50	50	50	-	-
NaCl	119,00	21,5	21,5	21,5	3,5	-	16,5	21,5
K ₂ HPO ₄	22,64	-	50	-	-	-	-	-
KCl	47,28	-	50	-	-	-	-	-
CaCl ₂ - 2H ₂ O	58,80	-	50	-	-	-	-	-
NH ₄ Cl ₂	8,06	-	-	50,0	-	-	-	-
NaNO ₃	61,86	-	-	-	50	60	-	-
Na ₂ SO ₄	29,10	-	-	-	-	-	16,5	-
MgCl ₂ .2H ₂ O	40,64	-	-	-	-	-	-	50
O								
Rexolin ⁽¹⁾	46,15	14	14	14	14	14	14	14
Micro ⁽²⁾	-	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8

⁽¹⁾Rexolin® M48 (6,5% Fe-EDDHMA), ⁽²⁾Micronutrientes: MnCl₂ 4H₂O (9,006g L⁻¹), ZnCl₂ (0,521 g L⁻¹), H₃BO₃ (4,291 g L⁻¹), CuCl₂ 2H₂O (0,268 g L⁻¹) e NH₄Mo₇O₂₄ 4H₂O (0,644 g L⁻¹).

No início do experimento foram aplicados 100 mL de solução nutritiva, completa e com omissão individual dos macronutrientes, em cada vaso. O volume de solução nutritiva aplicado foi aumentado de acordo com o desenvolvimento da planta. No final do experimento foram aplicados 900 mL de cada solução nutritiva por vaso, dividido em três aplicações. Para evitar déficit hídrico, as plantas foram irrigadas com água não destilada, realizando-se uma irrigação por dia no início do experimento, chegando a três irrigações no final do mesmo.

As plantas foram observadas, diariamente quanto à manifestação dos sintomas de deficiência nutricional conforme o nutriente omitido. Desta forma, foi possível acompanhar a evolução dos sintomas durante o período de condução do experimento.

Aos sessenta dias após a transferência das plantas para os vasos, realizou-se a contagem do número de cachos por planta, a seguir, foram cortadas rente ao substrato, separando-as em três partes: folhas, ramos e frutos, acondicionando cada fração em sacos de papel identificados. Os frutos foram contados e pesados. Os frutos com peso acima de 3g tiveram mensurados seus diâmetros e alturas. As folhas e os ramos foram colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, durante 72 horas, após este período determinou-se a massa seca de cada fração. As folhas foram moídas em moinho tipo “Willey”, com peneira de 20 mesh para posterior análise química. O substrato foi peneirado e recolhido uma amostra de cada vaso para análise química.

3.5 - Análises químicas de folhas e substrato

A análise química das folhas foi realizada seguindo a metodologia descrita por Silva (1999). O N foi determinado após digestão sulfúrica, pelo método de Kjeldahl. O P, K, Ca, Mg e S foram determinados após a digestão nitro-perclórica; sendo P determinado por espectrofotometria com azul de molibdênio; K por fotometria de chama; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e S por espectrofotometria.

A análise química do substrato foi realizada seguindo metodologia oficial do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2008).

3.6 - Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e, uma vez observados diferença entre os tratamentos, suas médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional Sistema para Análises Estatísticas e Genética (SAEG), versão 9.1.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Substrato

Os teores de N, P e K no substrato com omissão individual dos respectivos nutrientes foram significativamente inferiores aos teores observados no tratamento com utilização de solução nutritiva completa no cultivo de tomateiro cereja, cv. Carolina, enquanto, os teores de Ca, Mg e S não diferiram significativamente (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de macronutrientes no substrato utilizado no cultivo de tomateiro tipo cereja, cv. Carolina, em função dos tratamentos com omissão individual dos macronutrientes.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g L ⁻¹					
Completo	1,7 b	6,3 a	22,3 b	4,7 c	17,3 b	36,5 c
-N	0,7 c	7,3 a	45,1 a	6,6 b	30,7 a	32,2 c
-P	2,1 b	2,2 b	43,3 a	8,6 a	29,0 a	32,6 c
-K	2,7 a	6,8 a	4,2 d	3,8 c	17,0 b	41,0 b
-Ca	1,7 b	6,3 a	13,8 c	3,9 c	14,0 b	46,7 a
-Mg	1,7 b	6,1 a	15,5 c	3,8 c	14,3 b	39,6 b
-S	1,7 b	5,9 a	17,7 c	3,9 c	19,8 b	31,1 c
C.V(%)	20,5	20,4	15,7	19,6	23,5	12,8

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

4.2 - Deficiências de macronutrientes: efeito no desenvolvimento e estado nutricional das plantas

4.2.1- Nitrogênio

O primeiro sintoma visível de deficiência dos macronutrientes foi observado nas plantas com omissão de N na solução nutritiva, cinco dias após o início dos tratamentos, indicando ser esse nutriente o mais limitante ao tomateiro. Viégas et al. (2013) também observaram, em trabalho com omissão de nutrientes no meio de cultivo de pimenta-longa (*Piper hispidinervum*), que o sintoma de deficiência de N foi primeiro a surgir na planta.

As plantas apresentaram inicialmente amarelecimento (clorose) no limbo e no pecíolo das folhas mais velhas. Com o decorrer do tempo o sintoma evoluiu ocorrendo senescência prematura das folhas velhas (morte da folha). Observou-se ainda que as plantas deficientes em N emitiram folhas novas pequenas cloróticas e apresentaram crescimento reduzido (plantas raquíticas). Os sintomas de deficiência de N observados no tomate cereja

aqui foram semelhantes àqueles observados por Viégas et al. (2013) em plantas de pimenta longa.

A clorose dos tecidos com deficiência de N é atribuída ao efeito da proteólise nos cloroplastos e, conseqüentemente, ao declínio no conteúdo de clorofila, resultando no amarelecimento dos tecidos, isto é, as proteínas são hidrolisadas e os aminoácidos resultantes são translocados para os tecidos mais novos (MALAVOLTA, 2006). Portanto, a clorose das folhas velhas é o primeiro sintoma da deficiência de N nas plantas.

A manifestação do sintoma de deficiência de N nas folhas mais velhas tem sido atribuída ao fato deste nutriente apresentar alta mobilidade na planta, sendo facilmente redistribuído pelo floema dos tecidos mais velhos para os mais novos, quando o suprimento de N é insuficiente (PRADO, 2008).

Com base na avaliação da produção de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de tomate cereja com omissão de N, observou-se que o crescimento das plantas foi afetado de forma significativa, causando decréscimo de 91,6% na produção de MSPA em relação ao tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 3). Essa redução foi praticamente na mesma proporção que a observada para MSPA em plantas de maxixe-do-reino (*Cyclanthera pedata*) sob omissão de N, 88% (FERNANDES et al., 2005).

A redução no crescimento das plantas em função da omissão de N no meio de cultivo tem sido observada em vários trabalhos (TISCHER et al., 2012; AVALHÃES et al., 2009; ALMEIDA et al., 2011; VALERI et al., 2014). Segundo MARSCHNER (2012), o N favorece o crescimento vegetativo, o acúmulo de biomassa, o aumento da área foliar e, conseqüentemente, a expressão do potencial produtivo da planta. Esse fato ocorre devido ao efeito do N na absorção iônica, na fotossíntese, na respiração, na multiplicação e na diferenciação celular, enfim influencia o metabolismo da planta.

Durante o período de condução do experimento, as plantas cultivadas com omissão de N emitiram menor número de inflorescências, portanto, apresentaram menor número de cachos por planta (1,4), menor peso médio dos frutos (4,48g), menor produção de frutos por planta (13,5g), frutos pequenos (altura de 1,91cm e diâmetro de 1,62cm) e com apenas dois frutos com peso acima de 3g (Tabela 3). Em relação às plantas cultivadas com solução nutritiva completa, as cultivadas com solução nutritiva com omissão de N, em todas as características biométricas avaliadas, com exceção ao diâmetro dos frutos, foram significativamente inferiores.

O teor de N nas folhas do tomateiro cereja cultivado com solução nutritiva completa foi de 12,0 g kg⁻¹ (Tabela 4), teor abaixo da faixa considerada adequada deste

nutriente na folha do tomateiro, que é de 40,0 a 60,0 g kg⁻¹ (BASTOS et al., 2013), enquanto no tratamento com omissão de N o teor foi de 6,2 g kg⁻¹, significativamente inferior ao tratamento completo em 48,2% (Figura 1). Embora o teor de N nas plantas cultivadas com solução nutritiva completa esteja abaixo da faixa considerada adequada, foi suficiente para o crescimento e produção das plantas de tomate cereja sem apresentar sintomas visíveis de deficiência desde nutriente.

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSPA), peso médio de frutos (PMF), produção de frutos por planta (PFP), número de cachos (NC), número total de frutos (NTF), número de frutos medidos (NFM), altura dos frutos (HF) e diâmetro dos frutos (DF) do tomateiro tipo cereja cv. Carolina, cultivado com aplicação de solução nutritiva completa e com omissão individual dos macronutrientes.

Tratamento	MSPA	PMF	PFP	NC	NTF	NFM	HF	DF
	----- g -----						----- cm -----	
Completo	78,9 a	6,07 a	312,7 a	19,4 a	73,0 a	51,2 a	2,71 a	2,25 a
-N	6,6 c	4,48 b	13,5 b	1,4 b	2,2 c	2,0 c	1,91 b	1,62 a
-P	7,5 c	6,58 a	11,7 b	1,5 b	1,7 c	1,7 c	2,56 a	2,24 a
-K	69,6 b	7,34 a	370,1 a	18,2 a	64,4 b	50,4 a	2,78 a	2,29 a
-Ca	64,2 b	7,05 a	384,9 a	19,2 a	76,6 a	54,6 a	2,72 a	2,18 a
-Mg	61,8 b	7,02 a	385,1 a	17,6 a	67,2 b	54,8 a	2,91 a	2,16 a
-S	60,3 b	7,63 a	346,5 a	17,0 a	64,4 b	45,4 b	2,89 a	2,20 a
C.V.(%)	13,5	13,4	22,3	13,4	11,0	11,3	16,4	17,2

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

Os teores de Ca e Mg nas folhas do tomateiro também reduziram em 32,4 e 27% com omissão de N em relação às plantas cultivadas com solução nutritiva completa. Já o teor de S não foi afetado, enquanto os teores de P e K nas folhas aumentaram em 100 e 45%, respectivamente. Resultados semelhantes já haviam sido observados em plantas de moringa (*Moringa oleifera*) (VIEIRA et al., 2008), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) (AVALHÃES et al., 2009) e pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) (MAIA et al., 2014). Nesses trabalhos os autores observaram aumento no teor de P e redução nos teores de Ca, Mg, e, para o teor de S, não observaram diferença significativa.

Os menores teores de Ca na parte aérea podem ser justificados pela existência do sistema de cotransporte cátion-ânion, que participa na absorção de nitrato, cujo funcionamento fica limitado em deficiência de N (LI et al., 2013). A redução no teor de Mg, nas plantas submetidas a omissão de N ocorre devido ao fato da taxa de absorção de Mg ser afetada negativamente em plantas deficientes de N (MARSCHNER, 2013). O aumento nos teores de P e K na folha, possivelmente, deve-se ao efeito de concentração dos nutrientes nos

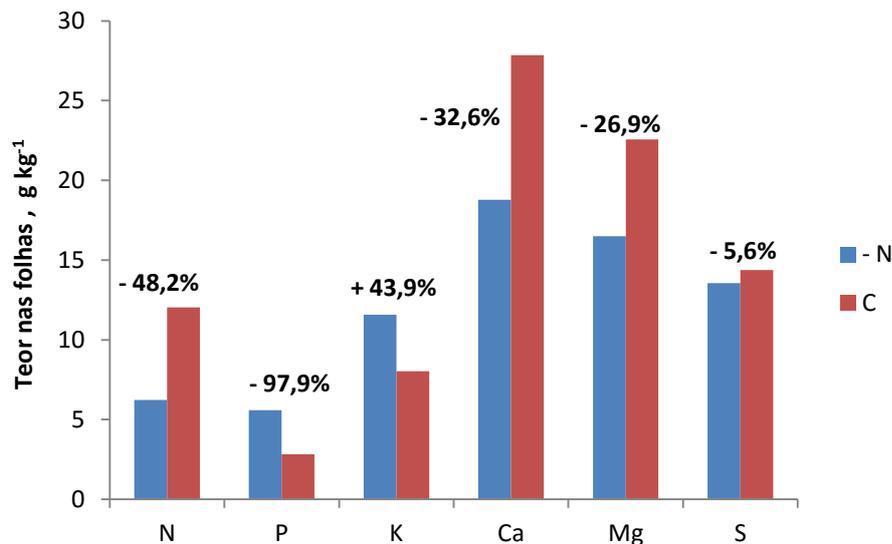
tecidos vegetais, em função da menor produção de MSPA das plantas cultivadas na omissão de N na solução nutritiva. Evidenciando que a omissão de N no meio de cultivo proporcionou efeitos diferenciados na absorção de P, K, Ca, Mg, e S, proporcionando efeito de concentração de P e K, e diluição de Ca, Mg e S na planta.

Tabela 4. Teores dos macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, cultivado com omissão individual dos macronutrientes.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g kg ⁻¹ -----					
Completo	12,0 c	2,8 c	8,0 b	27,8 c	22,6 b	14,4 b
-N	6,2 d	5,6 a	11,6 a	18,8 d	16,5 c	13,6 b
-P	32,3 a	0,7 d	12,5 a	45,9 a	28,9 a	5,7 c
-K	15,0 b	4,4 b	3,4 d	32,8 b	30,7 a	18,0 a
-Ca	14,6 b	2,9 c	8,3 b	21,9 d	32,3 a	16,3 a
-Mg	12,0 c	2,7 c	7,4 b	33,8 b	19,4 c	16,1 a
-S	12,9 c	2,8 c	6,0 c	48,4 a	22,5 b	1,6 d
C.V.(%)	12,2	10,8	13,9	10,8	10,5	18,9

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

Figura 1. Efeitos da omissão de nitrogênio na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.



4.2.2 - Fósforo

O segundo sintoma visível de deficiência dos macronutrientes foi observado nas plantas com omissão de P na solução nutritiva, doze dias após o início dos tratamentos,

indicando ser esse nutriente o segundo mais limitante ao tomateiro. As plantas apresentaram crescimento reduzido, folhas verde-escuras e pequenas, hastes pequenas e pouco espessas, quando comparadas às do tratamento completo. Com a evolução dos sintomas, ocorreu uma leve clorose marginal seguida por necrose generalizada das folhas, porém, permaneceram presas às hastes. Foi observado ainda, nas folhas, uma diminuição dos ângulos foliares em relação ao caule, o que conferiu às folhas um aspecto de murchas. Esses sintomas de deficiência de P são semelhantes aos descritos por Viégas et al. (2013) para plantas de pimenta-longa e por Almeida et al. (2013) em plantas de almeirão (*Cichorium intybus* L.)

Características de folhas com tonalidade verde-escura no início da deficiência de P é atribuída à inibição do crescimento das folhas, mas a síntese de clorofila, a princípio, não é afetada, dessa forma, a concentração de clorofila por unidade de área foliar é alta, proporcionando tonalidade mais escura no tecido foliar (PRADO, 2008).

Com base na produção de MSPA das plantas de tomate cereja, com omissão de P, observou-se que o crescimento das plantas foi afetado de forma significativa, causando decréscimo de 90,5% na MSPA em relação ao tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 3).

Efeitos de redução no crescimento da planta pela omissão de P no meio de cultivo também foram relatados por Fernandes et al. (2003) e Nicoloso et al. (1999), referindo-se, respectivamente, ao crescimento em altura de mudas de cupuazeiro e de grábia, e, por Avalhães et al. (2008), em relação à produção de MSPA de repolho. Segundo Malavolta (2006), as plantas deficientes em P têm seu crescimento reduzido devido ao fato deste elemento estar diretamente ligado às funções estruturais na planta, bem como participa de processos de transferência e armazenamento de energia, influenciando vários processos metabólicos como a síntese de proteínas e ácido nucleico.

Durante o período de condução do experimento, as plantas cultivadas com omissão de P emitiram menor número de inflorescência, menor número de cachos por planta (1,5), menor número de frutos por planta (1,7), menor produção de frutos por planta (11,7g) e número de frutos com peso acima de 3g inferior a dois por planta (Tabela 3). O peso médio, a altura e o diâmetro dos frutos não foram significativamente diferentes em relação ao tratamento com solução nutritiva completa. Almeida et al. (2011) trabalhando com plantas de alface (*Lactuca sativa*) que não receberam P apresentaram redução na área foliar e no número de folhas, o que afetou diretamente a produção.

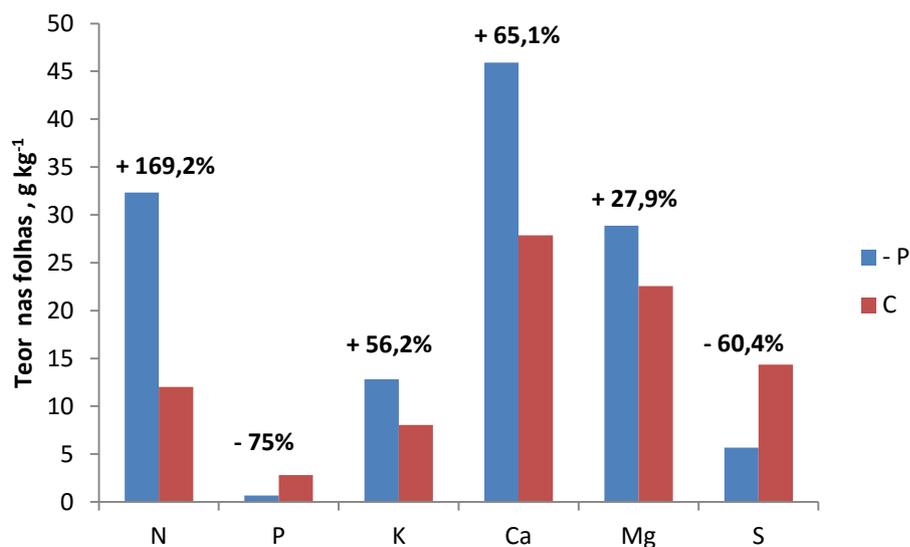
O teor de P nas folhas do tomateiro cereja cultivado com solução nutritiva completa foi de 2,8 g kg⁻¹ (Tabela 4), teor abaixo da faixa considerada adequada para este

nutriente em folha de tomateiro, que é de 4,0 a 8,0 g kg⁻¹ (BASTOS et al., 2013), enquanto no tratamento com omissão deste nutriente o teor de P foi de 0,7 g kg⁻¹, o que representou uma redução de 75% no teor de P em relação ao tratamento completo (Figura 2). Embora o teor de P nas plantas cultivadas com solução nutritiva completa tenha sido abaixo da faixa considerada adequada, foi suficiente para o crescimento e produção das plantas de tomate cereja já que estas não apresentaram sintomas visíveis de deficiência deste elemento.

Os teores de N, K, Ca e Mg nas folhas do tomateiro apresentaram aumento de 169,2%; 56,2%; 65,1 e 27,9%, respectivamente, em relação às plantas cultivadas no tratamento com solução nutritiva completa. Por sua vez, o teor de S reduziu em 60,4%. Teores de N e Ca superiores e de S inferiores nas folhas de repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) com omissão de P no meio de cultivo, quando comparados aos das plantas com solução nutritiva completa foram observados por Avalães et al. (2008).

O aumento nos teores de N, K, Ca e Mg na folha, possivelmente deve-se ao efeito de concentração nos tecidos vegetais, em função da menor produção de MSPA das plantas cultivadas sob omissão de P na solução nutritiva. Evidenciando que a omissão de P no meio de cultivo proporcionou efeitos diferenciados na absorção de N, K, Ca, Mg e S, proporcionando efeito de concentração de N, K, Ca e Mg, e diluição de S na planta.

Figura 2. Efeitos da omissão de fósforo na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.



4.2.3–Potássio

O terceiro sintoma visível de deficiência dos macronutrientes foi observado nas plantas com omissão de K na solução nutritiva, vinte dias após o início dos tratamentos, indicando ser esse nutriente o terceiro mais limitante ao tomateiro, pelo menos nas condições de realização deste experimento. As plantas apresentaram nas folhas mais velhas clorose nas margens e nas pontas, que evoluíram para necrose. Sintomas semelhantes ao descrito por Almeida (2007) em plantas de copo-de-leite. Os sintomas aparecem, inicialmente, nas folhas mais velhas, devido à mobilidade do K para as folhas mais jovens (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Com base na produção de MSPA do tomateiro cereja das plantas submetidas a omissão de K, observou-se que o crescimento das plantas foi afetado de forma significativa, causando decréscimo de 11,8% em relação ao tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 3). Resultado semelhante foi encontrado por Almeida et al. (2011) em plantas de alface, observando que as características vegetativas de crescimento de alface foram afetadas pela omissão de K, que interferiu diretamente no acúmulo de MSPA na planta.

A produção MSPA pelas plantas de tomate cereja com omissão de K não diferiu daquelas crescidas sob omissão de Ca, Mg e S (tabela 3). Resultados semelhantes foram observados por Alves et al. (2008), em plantas de beterraba (*Beta vulgaris*) submetidas à omissão de K e Ca.

O peso médio, altura e diâmetro dos frutos e o número de cachos por planta do tomateiro cereja, cultivado com omissão de K, não apresentaram diferença significativa quando comparados aos das plantas sob cultivo com solução nutritiva completa (Tabela 3). O número total de frutos por planta foi 11,8% inferior aos das plantas sob solução nutritiva completa. Apesar disso, a produção de frutos por plantas sob omissão de K foi 18,3% superior à produção das plantas cultivadas com solução nutritiva completa, isto pode ser explicado pelo maior peso médio dos frutos observados nas plantas sob omissão de K.

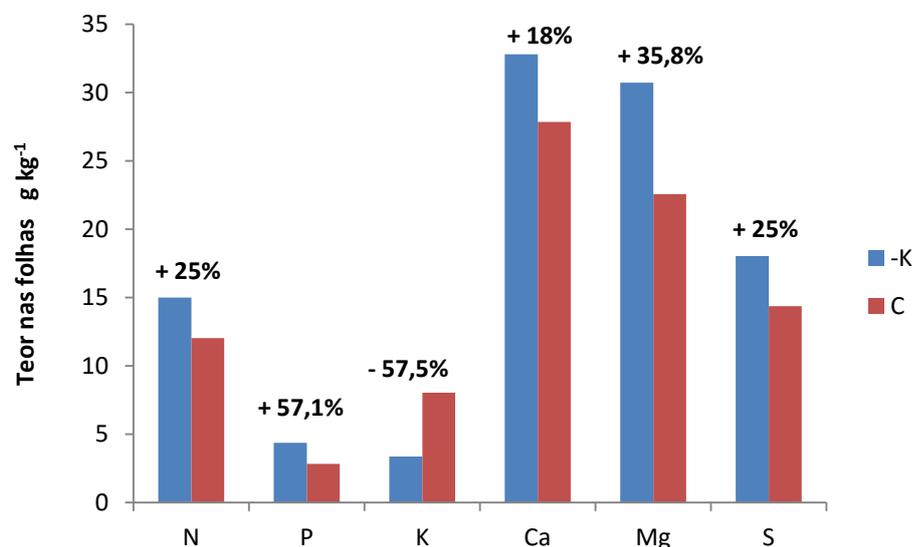
O teor de K nas folhas do tomateiro cereja cultivado com solução nutritiva completa foi de 8,0 g kg⁻¹ (Tabela 4), abaixo da faixa considerada adequada deste nutriente na folha do tomateiro, que é de 30,0 a 50,0 g kg⁻¹ (BASTOS et al., 2013), enquanto no tratamento sob omissão deste nutriente o teor foi de 3,4 g kg⁻¹, inferior em 57,5% (Figura 3). Embora o teor de K nas plantas cultivadas com solução nutritiva completa esteja abaixo da faixa considerada adequada, parece ter sido suficiente para o crescimento e produção das plantas de tomate cereja já que não apresentaram sintomas visíveis de deficiência deste nutriente.

Com a omissão de K na solução nutritiva os teores dos demais macronutrientes foram superiores quando comparados aos encontrados no tratamento completo, em 57,1; 35,8;

25,0; 25,0 e 18% para P, Mg, S, N e Ca, respectivamente (Figura 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida et al. (2011) para alface (*Lactuca sativa*) e por Prado e Vidal et al. (2008) em plantas de milho, sendo que nos tratamentos em que houve omissão de K, aumentou os teores foliares de N, P, Ca, Mg e S em comparação ao tratamento completo. Alves et al. (2008) trabalhando com plantas de beterraba (*Beta vulgaris*) também observaram aumento nos teores de N, P e Ca na parte aérea das plantas cultivadas sob omissão de K.

Com relação ao aumento na concentração de Ca e Mg nos tecidos foliares, provavelmente pode estar ocorrendo na planta à ausência do mecanismo de inibição competitiva entre Ca, Mg e K, o que favorece a absorção de Ca e Mg (MALAVOLTA et al., 1997). O aumento nos teores de N, P e S na folha, possivelmente devem-se ao efeito de concentração nos tecidos vegetais, em função da menor produção de MSPA das plantas cultivadas na omissão de K na solução nutritiva. Evidenciando que a omissão de K no meio de cultivo proporcionou efeitos diferenciados na absorção de N, P, Ca, Mg e S, proporcionando efeito de concentração dos macronutrientes.

Figura 3. Efeitos da omissão de potássio na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.



4.2.4–Cálcio

As plantas cultivadas com solução nutritiva com omissão de Ca não apresentaram sintomas visíveis de deficiência deste elemento. Isto pode ser explicado pelo teor deste elemento no substrato utilizado no cultivo do tomateiro cereja, com omissão de Ca na solução

nutritiva, que não diferiu do substrato utilizado no cultivo do tomateiro com solução nutritiva completa (Tabela 2). Provavelmente, a origem do Ca pode ter sido da água utilizada na irrigação das plantas.

A deficiência de Ca em tomateiro é caracterizada pela podridão-apical dos frutos, folhas jovens com pontas necrosadas e folhas mais velhas arroxeadas (ALVARENGA, 2013). A deficiência de Ca induz redução do crescimento de tecidos meristemáticos, sendo observado primeiro nas extremidades das folhas mais jovens (MENGEL e KIRKBY, 2001). Tais sintomas provavelmente ocorrem devido à dissolução da parede celular. O Ca é fundamental para a permeabilidade das membranas e para a manutenção da integridade celular, sendo requerido para a divisão e expansão das células (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Com base na avaliação da produção de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de tomate cereja, com omissão de Ca, observou-se que o crescimento das plantas foi afetado causando decréscimo de 18,6% em relação ao tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 3), no entanto as demais características avaliadas não foram afetadas pela omissão de Ca. Em mudas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Mascarenhas (2014) observou redução de 76,5% na produção de MSPA na ausência de Ca em solução nutritiva. Avalhães et al. (2009), verificou que plantas de couve-flor (*Brassicaoleracea* var. botrytis) que não receberam Ca apresentaram redução no número de folhas, na altura da planta e no diâmetro do caule, em relação ao tratamento completo, promovendo menor produção de MSPA. Os valores encontrados na produção de MSPA na omissão de Ca, não diferiu dos valores obtidos sob omissão de K, Mg e S. Resultados semelhantes foram observados em Maia et al. (2014), em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), que também não encontraram diferença significativa na produção de MSPA das plantas cultivadas sob omissão de Ca, Mg e S.

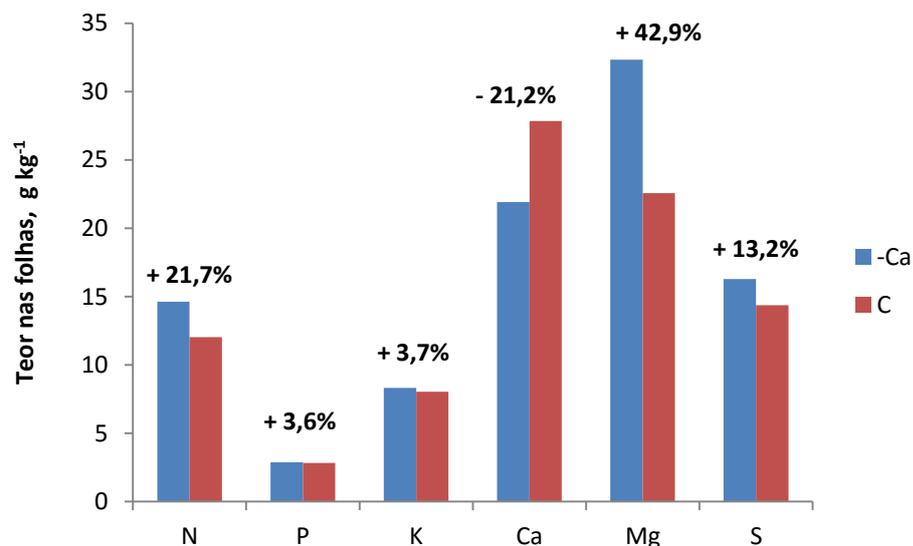
Segundo Epstein e Bloom (2006) a deficiência de Ca afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas pela paralisação da divisão celular, e com isso, o crescimento da planta é reduzido. Esse crescimento reduzido ocorre tanto na parte aérea quanto nas raízes.

O teor de Ca nas folhas do tomateiro cereja cultivado com solução nutritiva completa foi de 27,8 g kg⁻¹ (Tabela 4), enquanto no tratamento com omissão deste nutriente o teor de Ca foi de 21,9 g kg⁻¹, inferior ao tratamento completo em 21,2% (Figura 4). Os teores de Ca na folha das plantas cultivadas com solução nutritiva completa e com omissão deste nutriente estão dentro da faixa considerada adequada para o tomateiro, de 14,0 a 40,0 g kg⁻¹ (BASTOS et al., 2013).

Com a omissão de Ca da solução nutritiva os teores de N, Mg e S, na folha do tomateiro aumentaram em 21,7%, 42,9%, e 13,2%, respectivamente, enquanto os teores de P e K não foram afetados quando comparados aos teores nas folhas encontrados no tratamento completo. Em plantas de repolho (*Brassica oleraceavar. capitata*), Avalhães et al. (2009), encontraram teores de N e Mg nas plantas sob omissão de Ca superiores aos das plantas com solução nutritiva completa, para o teor de K não houve diferença significativa. Em plantas de milho sob omissão de Ca, Prado e Vidal et al.(2008), também observaram maiores teores foliares de N, Mg e S, em comparação ao tratamento completo.

Segundo Mendonça et al. (1999), a omissão de Ca propiciou maior teor de N nas folhas de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruonurudeuva* Allem.), devido à maior disponibilidade de N na forma amoniacal. O aumento nos teores de N, Mg e S na folha, possivelmente deve-se ao efeito de concentração nos tecidos vegetais, em função da menor produção de MSPA das plantas cultivadas na omissão de Ca na solução nutritiva. Evidenciando que a omissão de Ca no meio de cultivo proporcionou efeitos diferenciados na absorção de N, P, K, Mg, e S, proporcionando efeito de concentração de N, Mg e S, e diluição de P e K na planta.

Figura 4. Efeitos da omissão de cálcio na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.



4.2.5-Magnésio

As plantas cultivadas com solução nutritiva com omissão de Mg não apresentaram sintomas visíveis de deficiência deste elemento. Isto pode ser explicado pelo teor deste elemento no substrato utilizado no cultivo do tomateiro cereja, com omissão de Mg na

solução nutritiva, que não diferiu do substrato utilizado no cultivo do tomateiro com solução nutritiva completa (Tabela 2). Provavelmente, a origem do Mg pode ter sido da água utilizada na irrigação das plantas.

Os sintomas de carência de Mg são primeiramente visualizados nas folhas mais velhas, o que indica que ele é remobilizado dessas para as mais novas. Os sintomas de deficiência são caracterizados por clorose entre as nervuras das folhas (CARVALHO et al, 2001). Esse fato é justificado porque a clorofila nas nervuras permanece inalterada por períodos maiores que a clorofila entre as nervuras (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Com base na avaliação da produção de MSPA das plantas de tomate cereja, com omissão de Mg, observou-se que o crescimento das plantas foi afetado de forma significativa, causando decréscimo de 21,7% na MSPA em relação ao tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 3), já as demais características avaliadas não foram afetadas pela omissão de Mg. SILVA et al. (2010), observou que a omissão de Mg foi a que mais limitou o crescimento em altura e o diâmetro das mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) reduzindo assim produção de MSPA. Sendo que as demais características avaliadas não foram afetadas pela omissão de Mg, não diferindo estatisticamente de plantas sob cultivo com solução nutritiva completa.

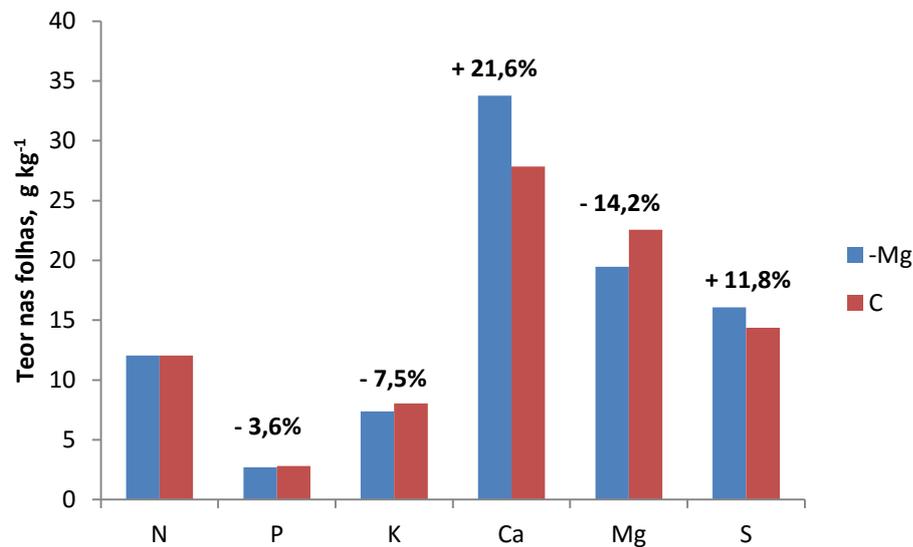
O teor de Mg nas folhas do tomateiro cereja, cultivado com solução nutritiva completa, foi de 22,6 g kg⁻¹ (Tabela 4), enquanto no tratamento com omissão deste nutriente o teor foi de 19,4 g kg⁻¹, inferior ao tratamento completo em 14,2% (Figura 5). Os teores de Mg na folha das plantas cultivadas com solução nutritiva completa e com omissão deste nutriente estão acima da faixa considerada adequada para o tomateiro, de 4,0 a 8,0 g kg⁻¹ (BASTOS et al., 2013).

Com omissão de Mg na solução nutritiva os teores de N, P e K nas folhas do tomateiro não foram afetados, enquanto os de Ca e S foram superiores em 21,6 e 11,8%, respectivamente. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Almeida (2007), em plantas de copo-de-leite, com os de Prado e Vidal et al. (2008), em plantas de milho sob omissão de Mg, que observaram aumentos nos teores de Ca e S, sendo que os teores de N e P não foram afetados.

O aumento nos teores de Ca e S na folha, possivelmente deve-se ao efeito de concentração nos tecidos vegetais, em função da menor produção de MSPA das plantas cultivadas com omissão de Mg na solução nutritiva. Evidenciando que a omissão de Mg no meio de cultivo proporcionou efeitos diferenciados na absorção de N, P, K, Ca, e S,

proporcionando efeito de concentração de Ca e S, e não interferiu na absorção de N, P e K na planta.

Figura 5. Efeitos da omissão de magnésio na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.



4.2.6 - Enxofre

As plantas cultivadas com solução nutritiva com omissão de S não apresentaram sintomas visíveis de deficiência deste elemento. Isto pode ser explicado pelo teor deste elemento no substrato utilizado no cultivo do tomateiro cereja, com omissão de S na solução nutritiva, que não diferiu do substrato utilizado no cultivo do tomateiro com solução nutritiva completa (Tabela 2). Provavelmente, a origem do S pode ter sido da água utilizada na irrigação das plantas.

Com base na avaliação da produção de massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de tomate cereja, com omissão de S, observou-se que o crescimento das plantas foi afetado com decréscimo de 23,6% na MSPA em relação ao tratamento com solução nutritiva completa (Tabela 3). MAIA et al. (2014) em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) observaram que a omissão de S teve efeito mais severo na produção de massa seca de folhas e área foliar, conseqüentemente, reduzindo em 62,2% a produção de MSPA, tendo sido reduzido ainda o número de frutos totais e o número médio de frutos medidos em 11,8 e 11,3%, respectivamente, sob omissão de S. As demais características avaliadas não foram afetadas pela omissão de S.

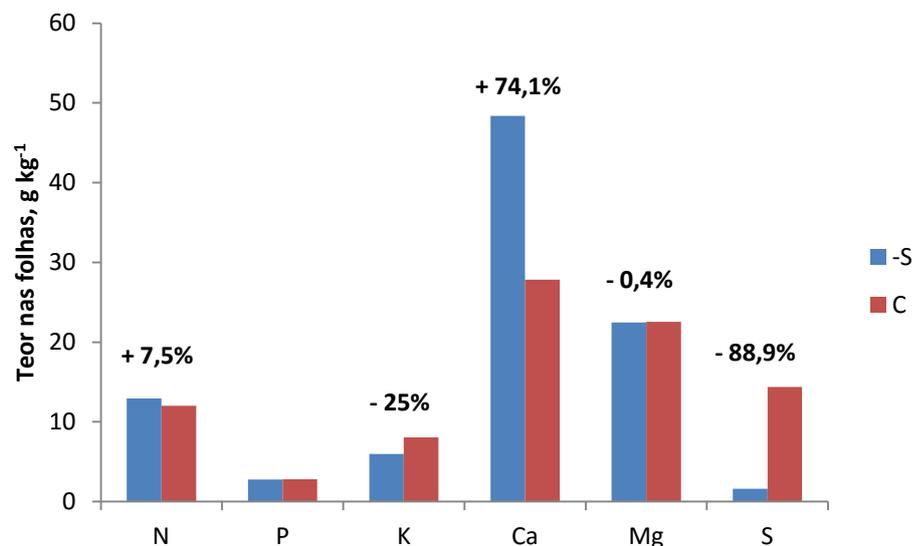
O teor de S nas folhas do tomateiro cereja cultivado com solução nutritiva completa foi de 14,4 g kg⁻¹ (Tabela 4), acima da faixa considerada adequada para este

nutriente na folha de tomateiro, que é de 3,0 a 10,0 g kg⁻¹ (BASTOS et al, 2013), enquanto no tratamento com omissão deste nutriente o teor foi de 1,6 g kg⁻¹, inferior ao tratamento completo em 88,9% (Figura 6). Apesar do teor de S nas plantas cultivadas sob omissão do mesmo está abaixo da faixa considerada adequada, parece ter sido suficiente para o crescimento e produção das plantas de tomate cereja já que não apresentaram sintomas visíveis de deficiência desde nutriente.

A omissão de S aumentou o teor de Ca nas folhas em 74,1%, enquanto, o de K foi reduzido em 25%, entretanto, os teores de N, P e Mg não foram afetados (Figura 6). Resultados semelhantes foram observados por Alves et al. (2008), em plantas de beterraba (*Beta vulgaris*) e por Prado e Vidal et al. (2008), em plantas de milho sob omissão de S.

O aumento no teor de Ca nas folhas do tomateiro cereja, possivelmente deve-se ao efeito de concentração nos tecidos vegetais, em função da menor produção de MSPA das plantas cultivadas na omissão de S na solução nutritiva. Evidenciando que a omissão de S no meio de cultivo proporcionou efeitos diferenciados na absorção de N, P, K, Ca e Mg, proporcionando efeito de concentração de Ca e diluição de K, não interferindo na absorção de N, P e Mg na planta.

Figura 6. Efeitos da omissão de enxofre na solução nutritiva nos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em relação ao tratamento com solução nutritiva completa.



5 - CONCLUSÕES

A deficiência individual dos macronutrientes, além de promover diminuição no teor do mesmo na folha, causou desequilíbrio entre o demais nutrientes e, conseqüentemente, resultou em alterações morfológicas, traduzidas em sintomas característicos de deficiência de cada nutriente na planta, com exceção do cálcio, magnésio e enxofre;

A ordem cronológica de manifestação dos sintomas de deficiência foi N, P e K iniciando no quinto dia após o início dos tratamentos de omissão de nutrientes;

A seqüência de limitação no crescimento, determinado por meio da matéria seca da parte aérea das plantas do tomate cereja foi de $N > P > S > Mg > Ca > K$;

A partir dos resultados, foi possível concluir que o N e P foram os nutrientes mais limitantes para o crescimento e produção de frutos do tomate cereja.

6 - REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. F. A. **Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite: Deficiência de nutrientes e adubação silicatada.** Tese (Pós-Graduação em Agronomia)- Universidade Federal de Lavras MG, 2007. p. 109.
- ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Biotemas**, v. 24, n. 2, p 27-36, 2011.
- ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; FLORES, R. A.; POLITI, L. S.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional do almeirão cultivado em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Mal. Cdo. Rondon**, v. 12, n. 3, p.211-220, 2013.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R O.; FONSECA, I. M.; FILHO, A. B. C. Desenvolvimento e estadonutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Hortic. bras.**, v. 26, n. 2, p. 292-295, 2008.
- ALVARENGA, M. A. R. Origem, botânica e descrição da planta. In: ALVARENGA, M. A. R **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia.** Editora Universitária de Lavras, 2013. p 11-22.
- AVALHÃES, C. C.; PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; CORREIA, M. A. R. Avaliação do estado nutricional de plantas de couve-flor cultivadas em solução nutritiva suprimidas de macronutrientes. **Nucleus**, v. 6, n. 1, p. 285-298, 2009.
- AVALHÃES, C. C.; PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; CORREIA, M. A. R. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional de plantas de repolho cultivado em solução nutritiva. **Original Article**, v. 25, n. 5, p 21-28, 2009.
- ARNON, D.I.E.P.R.STOUT. **Molybdenum an essential element for higher plants.** Thir Plant Physiol, 1939, v. 14, p. 599-602.
- BARBOSA, R. M.; LIMA, M. C. B.; SILVA, E. C. Uma experiência com o cultivo hidropônico do tomateiro do grupo cereja em Maceió - AL. **Horticultura Brasileira**, v.20: supl. 2, 2002.
- BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R.; CARVALHO, J. G.; PINHO, P. J. Nutrição mineral e adubação. In: ALVARENGA, M. A. R **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia.** 2013. P 65-130.
- BATISTA, M. M. F.; VIÉGAS, I. J. M.; FRAZÃO, D. A. C. F.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, R. C. L. Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral em gravioleiras (*Annona muricata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.315-318, 2003.
- CARVALHO, J. G. de; LOPES, A. S.; BRASIL, E.; JÚNIOR, R. A. R. **Diagnose da fertilidade do solo e do estadonutricional de plantas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 95.

CEREDA, E.; ALMEIDA, I. M. L.; FILHO, G. H. Distúrbios nutricionais em maracujá doce (*Passiflora alata* Dryand) cultivado em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.13, n.4, p.241-244, 1991.

COGO, C. M. Crescimento, produtividade e consumo de solução nutritiva em diferentes concentrações pelo tomateiro cultivado em casca de arroz *in natura*. Tese (Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar). Universidade Federal de Pelotas, 2009. p. 56.

DIAS, L. E.; ÁLVAREZ, V. H. Introdução à Fertilidade do Solo. In: **CURSO DE FERTILIDADE E MANEJO DO SOLO**. Brasília: ABEAS, 1996. Mód.2. p. 38.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e Perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. p. 401.

FAO – **Food And Agriculture Organization**. 2012. Disponível em <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 02 dezembro 2015.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. p. 88.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. p. 183.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L., FERREIRA, F. A.; Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, nº1, p. 90 - 94, 2002.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T.. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, v. 24. n. 1. p. 42-46, 2006.

FERNANDES, L. A.; ALVES, D. S.; RAMOS, S. J.; OLIVEIRA, F. A.; COSTA, C. A.; MARTINS E. R. Nutrição mineral de plantas de maxixe-do-reino. **Pesq. Agropec. Brás.**, v. 40, n. 7, p. 719-722, 2005.

FERNANDES, A. R. F. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas de cupuaçuzeiro. **Cerne**, v.9, n. 2, p. 221-230, 2003.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 468- 473, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas: Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Editora UFLA, Lavras, 2003. p.333.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. p. 122.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. S. Cultura do tomate. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). **Olericultura teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005. p. 475.

- FURLANI, P. R.; FAQUIN, V.; ALVARENGA, M. A. R.; SENO, S. Produção em substrato e em hidroponia. In: ALVARENGA, M. A. R **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**, 2013, p. 245-274.
- FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: **Nutrição de Plantas: diagnose foliar em hortaliças**. MELLO PRADO, R. et al. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2010. p.45-62.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, v. 22, n. 1, p. 693-714,1963.
- HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.Q.C.; MONTEIRO, F.A. Princípios de nutrição mineral: aspectos gerais. In: **Simpósio sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças, Jaboticabal**, SP. Anais. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 51-73.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. p. 182.
- Li S. X.; Wang, Z. H.; Stewart, B. A. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. **Advances in Agronomy**, v. 118, p. 205-397, 2013.
- MAIA, J. T. L. S.; BONFIM, F. P. G.; GUANABENS, R. E. M.; TRENTIN, R.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONTES, C. R. F. Omissão de nutrientes em plantas de pinhão-manso cultivadas em solução nutritiva. **Rev. Ceres**, v. 61, n. 5, p. 723-731, 2014.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. p. 638.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, 1997. p. 319.
- MAPA. **Métodos de análises de substratos para plantas, condicionadores de solo**. Oficial. MAPA DAS, instrução normativa nº 17 de 21/05/2007 e SDA, instrução normativa nº 31 de 23/10/2008.
- MARQUELLI WA; ZOLNIER S; CARRIJO AO. Variabilidade espacial e temporal da tensão de água em substratos, acondicionados em contentores tipo bisnaga, com plantas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20: supl. 2, páginas, 2002.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press Elsevier, 2012. p. 651.
- MARY, W.; LEAL, P. M.; **Estudo comparativo da produção de tomate sob diferentes ambientes e sistemas hidropônicos**. Escrito para apresentação no WORKSHOP TOMATENA UNICAMP: PESQUISAS E TENDÊNCIAS. Campinas, 2003.

- MASCARENHAS, Y. S. **Diagnose por subtração de nutrientes em mudas de tomate para processamento industrial**. Tese (Pós-Graduação em Agronomia)- Universidade Federal de Goiás, 2014. p. 82.
- MENDONÇA, A. V.R.; NOGUEIRA, F. D.; VENTURIN, N.; SOUSA, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Aroeira do sertão). **Cerne**, v.5, n.2, p.65-75, 1999.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. p. 849.
- MORAES, C. A. G. **Hidroponia: Como cultivar tomates em sistema NFT**. Jundiaí: DISQ Editora, 1997. p. 143.
- NICOLOSO, F. T.; Exigências nutricionais da grábia em solo podzólico vermelho amarelo. **Ciência Rural**, v. 29, n. 2, 1999.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. p. 407.
- PRADO, R. M.; VIDAL, A. A. Efeitos da omissão de macronutrientes em solução nutritiva sobre o crescimento e a nutrição do milheto. **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 38, n. 3, p. 208-214, 2008.
- RAJJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres: POTAFOS- Associação Brasileira para a Pesquisa da Avaliação da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 343.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara kooga, 2001. p. 928.
- RODRIGUES, D. S.; PONTES, A. L.; MINAMI, K. ; DIAS, C. T. S.. Quantidade absorvida e concentração de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 137-144, 2002.
- SILVA, E. B.; TANURE, L. P. P.; SOUZA, P. T.; GRAZZIOTTI, P. H.; SILCA, A. C. Crescimento de pinhão-manso em neossolo quartzarênico usando a técnica do nutriente faltante. **Rev. bras. ol. fibros.**, v.14, n. 2, p.73-81, 2010.
- SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. p. 168.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa informação tecnológica, nº 2 Brasília, 1999. p. 627.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 918.
- TISCHER, J. C.; NETO, M. S. Avaliação de deficiência de macronutrientes em alface crespa. **Ensaio e Ciência: ciências biológicas, agrárias e da saúde**, v. 16, n. 2, p. 53-47, 2012.
- VARELI, S. V. V.; PIZZAIA, L. G. E.; SÁ, A. F. L.; CRUZ, M. C. P. Efeitos da omissão de nutrientes em plantas de *Caesalpinia echinata*. **Cerne**, v. 20, n. 1, p 73-80, 2014.

VIÉGAS, I. J. M.; SOUSA, G. O.; SILVA, A. F.; CARVALHO, J. G.; LIMA, M. M. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C.). **Acta Amazônia**, v. 43, n. 2, p 43-50, 2013

VIEIRA, H.; CHAVES, L. H. G.; VIÉGAS, R. A. Acumulação de nutrientes em mudas de moringa (*Moringa oleifera* Lam) sob omissão de macronutrientes. **Rev. Ciên. Agron.**, v. 39, n. 1, p. 130-136. 2008.

ANEXOS

Tabela 1A. Análise de variância dos teores de macronutrientes no substrato utilizado para o cultivo de tomateiro tipo cereja cv. Carolina, em função da omissão de nutrientes.

Fontes de Variação	G.L	N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	6	1,81**	14,25**	1186,12**	17,59**	232,83**	160,6**
Resíduo	28	0,13	1,42	13,28	0,99	22,79	22,6
C.V.(%)		20,48	20,38	15,74	19,64	23,53	12,81

** significativo pelo teste de F a 1% de significância.

Tabela 2A. Análise de variância da massa seca da parte aérea (MSPA), peso médio dos frutos (PMF), produção de frutos por planta (PFP), número de cacho (NC), número total de frutos (NTF), número de frutos medidos (NFM), altura dos frutos (HF) diâmetro dos frutos (DF) e do tomateiro tipo cereja cv. Carolina, em função da omissão de nutrientes.

Fontes de Variação	G.L	MSPA	PMF	PFP	NC	NTF	NFM	HF	DF
Tratamento	6	4458,7 7**	5,63 *	146714 ,4**	340,7 1**	5466,66 **	2954,78 **	0,58 *	0,27 ns
Resíduo	28	45,26	2,03	3362,8 9	3,29	30,35	17,85	0,19	0,13
C.V.(%)		13,50	21,6 2	22,25	13,47	11,03	11,37	16,4 1	17,2 1

**, * significativo pelo teste de F a 1 e 5% de significância, respectivamente.

Tabela 3A. Análise de variância dos teores de macronutrientes na folha do tomateiro cereja, cv. Carolina, em função da omissão de nutrientes.

Fontes de Variação	G.L	N	P	K	Ca	Mg	S
Tratamento	6	332,53**	11,68**	51,55**	629,55**	180,04**	188,85**
Resíduo	28	3,38	0,11	1,31	12,63	6,70	5,35
C.V.(%)		12,22	10,79	13,95	10,85	10,48	18,91

** significativo pelo teste F a 1% de significância.