

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

ESTADO NUTRICIONAL DE COUVE-FLORES ‘VERONA’ SUBMETIDA À
OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES

Matheus Saraiva Bianco
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL, SP – BRASIL
2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**

**ESTADO NUTRICIONAL DE COUVE-FLOR ‘VERONA’ SUBMETIDA À
OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES**

Matheus Saraiva Bianco

Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho

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

**JABOTICABAL, SP – BRASIL
2012**

Bianco, Matheus Saraiva
B578e Estado nutricional de couve-flor 'Verona' submetida à omissão de macronutrientes / Matheus Saraiva Bianco. -- Jaboticabal, 2012 x, 44 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
Orientador: Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho
Banca examinadora: Prof. Dr. Roberto Botelho Ferraz Branco e Prof. Dr. Pablo Forlan Vargas
Bibliografia

1. *Brassica Oleraceae*. 2. Deficiência de Macronutrientes.
3. Nutrição de Plantas. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 635.35:631.811

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
e-mail: arnold@cnpso.embrapa.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

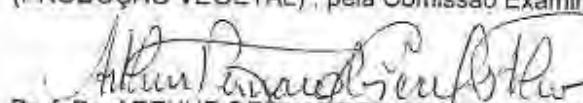
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ESTADO NUTRICIONAL DE COUVE-FLOR 'VERONA' SUBMETIDA À
OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES

AUTOR: MATHEUS SARAIVA BIANCO

ORIENTADOR: Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) , pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ARTHUR BERNARDES CECILIO FILHO

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. ROBERTO BOTELHO FERRAZ BRANCO

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Ribeirão Preto/SP



Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS
UNESP / Registro/SP

Data da realização: 23 de janeiro de 2012.

Ofereço...

*Aos meus pais, Silvano e Maria Aparecida,
Ao meu irmão, Tiago e sua esposa Maristela
E à todos os meus familiares*

*A todos que se importam comigo
Especialmente a minha namorada*

Ana Beatriz,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de poder estar aqui e ter me dado forças e condições para que este trabalho fosse realizado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho pela oportunidade, paciência, prontidão, ensinamentos e aprendizado. E agradeço também pelo senhor ter acreditado em mim e na minha capacidade.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Roberto Botelho Ferraz Branco e ao Prof. Dr. Pablo Forlan Vargas, pelas críticas e sugestões.

Aos professores Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves e Dr. Jairo Osvaldo Cazetta pelas críticas e sugestões no Exame de Qualificação.

Aos Funcionários da FCAV/UNESP, Inauro Santana de Lima e Jamil Aparecido Ferraz, pelo auxílio no decorrer do experimento.

Aos meus amigos, Sergio, Igaro, André, Juan, Gilson, e todas as pessoas que, em algum momento, me ajudaram nesta realização.

Aos meus pais, Silvano Bianco e Maria Aparecida Saraiva Bianco que foram de suma importância, com seus conselhos e apoios, para a realização desta dissertação.

Aos meus avós, Sydinei, Manoel (*in memoriam*), Serafina e Nicola (*in memoriam*) que são a base de tudo que sou hoje.

A Luciana, José Geraldo e a todos os que torceram por mim nesta conquista.

À Ana Beatriz que esteve ao meu lado nos momentos em que mais precisei me dando força para seguir em frente e para que eu pudesse finalizar este trabalho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1 Nitrogênio.....	14
4.2 Fósforo.....	21
4.3 Potássio.....	27
4.4 Cálcio.....	31
4.5 Magnésio.....	34
5 CONCLUSÃO.....	38
6 REFERÊNCIAS.....	39

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Matheus Saraiva Bianco – Natural de Ilha Solteira – São Paulo – nascido no dia 28 de junho de 1984. Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal, em 2008; Durante a graduação atuou na área de pós-colheita de frutas e hortaliças e atualmente atua na área de nutrição de plantas e cultivo hidropônico de hortaliças.

ESTADO NUTRICIONAL DE COUVE-FLOR 'VERONA' SUBMETIDA À OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES

Resumo - Um experimento em hidroponia, sistema *nutrient film technique* (NFT), foi conduzido com objetivo de fotografar e descrever os sintomas visuais de deficiência de macronutrientes assim como determinar os teores dos nutrientes nas folhas de couve-flor, assim que, visualizada a desordem nutricional e na colheita da inflorescência e avaliar o crescimento e a produção em função da desordem nutricional induzida pela deficiência de um nutriente. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos, que correspondem à solução nutritiva completa e à omissão individual de N, P, K, Ca e Mg, com três repetições. Foi avaliado o período (dias) para a visualização do início dos sintomas de deficiência, número de folhas, área foliar e teor de macronutrientes nas folhas e inflorescências. A omissão de todos os macronutrientes acarretou redução da inflorescência. Este efeito deletério foi mais acentuado para o N, P e K cuja redução da matéria seca da inflorescência foi de 87%, 49% e 42%, respectivamente. Nos tratamentos com omissão de N, P, K, Ca e Mg, os teores médios nas folhas da couve-flor por ocasião da colheita da inflorescência foram de 8,8; 0,5; 6,3; 5,4 e 0,8 g kg⁻¹, respectivamente; para a matéria seca das inflorescências, os teores encontrados foram de 27,3; 2,2; 21,6; 1,1 e 0,7 g kg⁻¹.

Palavras-chave: *Brassica oleraceae*, deficiência de macronutrientes, nutrição de plantas.

NUTRITIONAL STATUS OF CAULIFLOWER 'VERONA' REFERRED TO THE OMISSION OF MACRONUTRIENTS.

Abstract - An experiment in hydroponic conditions, system nutrient film technique (NFT), was carried out in order to make a picture when visualize the symptoms and evaluate visual symptoms of macronutrients deficiency and to determine the macronutrients content in leaves, when initial symptoms were observed, and in inflorescence of cauliflower plant. Experimental design was completely randomized design with seven treatments, which correspond to the complete nutrient solution and the omission of individual N, P, K, Ca e Mg, with three replicates. Number of days for deficiency symptom appearance was evaluated as well as leaf number, leaf area and content of macronutrients in leaves and inflorescences. Omission of all macronutrients led to a reduction in the mass of inflorescence. These reductions were more pronounced for N, P and K whose inflorescence dry mass reduction was over 87%, 49% and 42%, respectively. In treatment with the omission of N, P, K, Ca and Mg, nutrient levels in leaves of cauliflower were 8.8, 0.6, 3.5, 13.0 and 0, 77 g kg⁻¹, respectively, at the inflorescence harvesting while the levels found in inflorescences were 27.3, 2.2, 21.6, 1.1 and 0.7 g kg⁻¹.

Key-words: *Brassica oleraceae*, macronutrients deficiency and plant nutrition.

1 INTRODUÇÃO

A couve-flor, *Brassica oleraceae* var. *botrytis*, é uma hortaliça cultivada em várias partes do mundo. No Brasil destaca-se o cultivo no Estado de São Paulo, que no ano de 2006, apresentou uma área cultivada de 1.877 ha, com uma produção da ordem de 27.889 t com produtividade de 14,9 t ha⁻¹ (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2008).

Dentre as inúmeras práticas culturais visando aumentar a produtividade e a qualidade das hortaliças, destaca-se a aplicação equilibrada de nutrientes. No entanto, boa parte dos olericultores realiza a fertilização dos cultivos de modo inadequado, sem o conhecimento das reais condições do sistema de produção e das necessidades das plantas, ocasionando desequilíbrios ou desordens nutricionais, que causam queda na produção e na qualidade do produto. Para estudar estas desordens nutricionais, a técnica de cultivo de plantas em solução nutritiva tem permitido avanços no conhecimento da nutrição das plantas, pois controla mais adequadamente a composição da solução e elimina a heterogeneidade e complexidade que se apresenta no solo (AVALHÃES et al., 2009).

O estado nutricional influencia o crescimento, o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produção das plantas e a qualidade do seu produto. Assim, segundo SILVA (2004), a avaliação do estado nutricional da planta é uma importante ferramenta para a adequada utilização de fertilizantes e tem como principal objetivo identificar os nutrientes que limitam o crescimento, o desenvolvimento e a produção das espécies.

Dentre as técnicas para avaliação do estado nutricional, a diagnose visual sempre desperta interesse de pesquisadores, técnicos e produtores (SILVA, 2006), haja vista não ter custo, apresentar maior rapidez no diagnóstico, podendo ser realizado no campo. Além disso, a avaliação do estado nutricional segundo o método de análise dos teores dos nutrientes no tecido vegetal, o qual é dentre os métodos o mais utilizado, pode não ser eficiente em seu objetivo, pois requer a adoção de inúmeros cuidados e procedimentos padrões, desde a coleta do material a ser analisado (idade da folha,

idade da planta, representatividade da cultura, etc.), seu preparo até a determinação dos teores, além de possíveis situações de confundimento, como o efeito de diluição e interações iônicas que podem não ser devidamente interpretadas pelo grupo de produção da hortaliça.

A disponibilidade de nutrientes às plantas, afeta significativamente as suas concentrações nos tecidos vegetais e seus teores extremamente baixos ou elevados são traduzidos em anormalidades visíveis nas folhas, típicas para cada nutriente (MALAVOLTA et al., 1997). Assim, a diagnose visual consiste em caracterizar, descrever e, ou, fotografar, mais precoce e detalhadamente possível, os sintomas de deficiência e de toxicidade na planta problema e compará-los aos sintomas-padrões de deficiência e toxicidade para cada nutriente descrito na literatura.

Na literatura, são escassos os trabalhos completos sobre nutrição dos macronutrientes para a couve-flor, especialmente sobre os efeitos da sua falta no crescimento e na desordem nutricional, principalmente quando cultivado em solução nutritiva, existindo, portanto, a necessidade de novas pesquisas com esta hortaliça.

Uma boa coleção de fotografias coloridas, tomadas no início do desenvolvimento de sintomas visuais de deficiência, é, sem dúvida, um instrumento valiosíssimo no sucesso de uma diagnose (MAGALHÃES, 1988).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivos:

- a) Fotografar e descrever os sintomas visuais de deficiência de macronutrientes, em couve-flor;
- b) Determinar os teores dos nutrientes nas folhas de couve-flor, assim que, visualizada a desordem nutricional e na colheita da inflorescência;
- c) Avaliar a produção de couve-flor em função da desordem nutricional induzida pela deficiência de um nutriente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As hortaliças se distinguem de outras culturas por uma série de fatores que podem afetar seu aspecto nutricional, especialmente por serem colhidas em seu estágio imaturo de desenvolvimento (MAGALHÃES, 1988).

Caracterizam-se por uso intensivo do solo, requerendo elevada quantidade de calcário e fertilizante, que pode representar de 20 a 25% dos custos de produção (TRANI e RAIJ, 1997). Outro ponto importante a ser considerado é que as hortaliças apresentam essa elevada exigência por nutrientes em um curto período de desenvolvimento, o que pode explicar a ocorrência frequente de desordens nutricionais, mencionado por MAGALHÃES (1988) como decorrente de desequilíbrios nas relações de nutrientes no meio radicular e parte aérea da planta.

As brassicáceas constituem a família botânica que abrange o maior número de culturas oleráceas, ocupando lugar de destaque na olericultura da região Centro-Sul do Brasil. Dentre elas destacam-se a couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*), o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) e o brócolo (*B. oleracea* var. *italica*) por serem os mais cultivados e consumidos (FILGUEIRA, 2005).

A produtividade da couve-flor pode ser maior que 30 t ha⁻¹, quando a colheita ocorrer duas a três vezes por semana. É uma hortaliça cultivada em várias partes do mundo. No Brasil destaca-se o cultivo no Estado de São Paulo, que no ano de 2006, apresentou uma área cultivada de 1877 ha, com uma produção da ordem de 27.889 t com produtividade de 14,9 t ha⁻¹ (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2008).

A couve-flor apresenta alta demanda por nutrientes em curto período de tempo. Aliado a isso, as doses de fertilizantes atualmente indicadas subestimam a real necessidade destas culturas para a obtenção de alta produtividade e padrões comerciais (STURMER et al., 2002).

Para ampliar a produção da couve-flor é importante atender adequadamente sua exigência nutricional. Neste sentido, FILGUEIRA (2005) indica que os macronutrientes

nitrogênio e fósforo são aqueles que mais incrementam a produtividade da couve-flor, e o potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais extraídos pela cultura, embora as plantas sejam exigentes também em cálcio e enxofre. Assim, a literatura tem indicado efeitos benéficos dos nutrientes na produtividade da couve-flor, a exemplo do nitrogênio (NILSON et al., 1980; BATAL et al., 1997; BJELIC, 1997; CAMARGO et al., 2008), fósforo (MCGRADY, 1997), potássio (SINGH; SHARMA, 1988), cálcio (TREMBLAY et al., 2005) e enxofre (SANDERSON, 2003)

No Brasil, os poucos resultados referentes ao efeito de nutrição mineral em couve-flor apresentados indicam que a falta de alguns macronutrientes pode causar danos irreversíveis ao desenvolvimento da planta (SOUZA, 2007). O autor observou que a ausência de enxofre, fósforo, potássio e nitrogênio causam redução da área fotossintética e no porte da planta, sendo observada clorose generalizada naquelas plantas cultivadas na ausência de nitrogênio. Por outro lado, o autor relata que a ausência de magnésio e de cálcio, durante todo o ciclo da cultura, não causou sintomas característicos às plantas.

O nitrogênio na planta possui função estrutural, participando dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular. Estimula a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas. Em geral, sua deficiência causa o amarelecimento inicialmente das folhas mais velhas das plantas entre outros sintomas e o seu excesso causa o atraso no florescimento (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995), aspecto importante a ser considerado para a cultura da couve-flor, que tem como parte comercial a inflorescência.

Para solos de fertilidade mediana ou baixa, sugere-se aplicação de 80; 350-500 e 150-200 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente aplicados no sulco de transplante das mudas (FILGUEIRA, 2005). RAIJ et al. (1996) recomendam 60; 400-600; 180-240 de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente e adubação de cobertura com 15 a 200 kg ha⁻¹ de N e 60-120 kg ha⁻¹ de K₂O, parcelando em quatro vezes, aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante.

BATAL et al. (1997), ao estudarem doses de nitrogênio no cultivo da couve-flor, verificaram que a máxima massa média de cabeça e de produção foram obtidas nas

maiores doses de nitrogênio (269 e 381 kg ha⁻¹ de N) aplicadas em solo arenoso e argiloso, respectivamente.

A importância de se realizar a diagnose do estado nutricional da planta é apresentada por FONTES (2001), como necessário ao manejo de um programa de fertilização da cultura em consonância com os princípios da tecnologia de aplicação de cada sistema de cultivo, reduzindo os riscos de impacto ambiental.

Considerado como método direto de avaliação do estado nutricional da planta, a diagnose visual consiste em comparar visualmente o aspecto da folha com o padrão (MALAVOLTA et al., 1997). Se houver falta ou excesso de um nutriente, haverá manifestação de sintomas visíveis, os quais são típicos de um elemento (BENNETT, 1993; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997 e FONTES, 2001), proporcionando efeitos semelhantes em diferentes espécies vegetais, devido à similaridade de suas funções (MEYER et al., 1983). Entretanto, os sintomas podem variar de uma espécie para outra e manifestarem-se, inicialmente, ou de modo mais intenso, em órgãos diferentes de espécies distintas (MALAVOLTA et al., 1997). De acordo com VOSE (1963), apesar dos sintomas serem reconhecíveis na maioria das plantas, existe respostas peculiares entre e dentro das espécies, como um resultado da expressão genética através da distribuição dos elementos ou da sensibilidade dos sistemas metabólicos.

Os sintomas observados em plantas-problemas precisam ser descritos apropriadamente, com atenção especial aos sintomas iniciais ou primários (FONTES, 2001).

Os sintomas de deficiências minerais, mais comumente verificados nas folhas, em todo o limbo foliar ou entre as nervuras, são: clorose uniforme (N, S e Fe), clorose internerval (Mg, Zn, Mn e Mo), clorose e necrose marginal da folha (K), clorose e necrose internerval (Mg, Mn, Mo e P) e deformações (Zn, Mo, B, Ca e Cu). No caso de toxicidade nutricional, antes de ocorrer os sintomas, os elementos acumulam-se nas células da planta, geralmente nas folhas, acarretando a sua plasmólise, destruição de estruturas intracelulares, bloqueio de reações enzimáticas e aceleração do processo de retranslocação de nutrientes. Entretanto, quase sempre, a toxicidade causada por

excesso de nutrientes se manifesta inicialmente com o amarelecimento e a necrose de bordas das folhas mais velhas e, posteriormente, se expande para a folha toda.

A intensidade dos sintomas de toxicidade, como murchamento, cloroses das margens e dos ápices das folhas e posteriores necrose e queda das folhas, depende da disponibilidade do nutriente no meio e das suas taxas de absorção e translocação (FONTES, 2001).

A utilização de soluções nutritivas constitui importante técnica para a realização de estudos envolvendo aspectos associados à nutrição de plantas, tais como: eficiência de absorção e utilização de nutrientes; caracterização de sintomatologias de carências e excessos de nutrientes; estudos sobre aspectos histológicos, morfológicos e anatômicos de raízes submetidas a diferentes teores e relações entre nutrientes; translocação e compartimentalização de nutrientes nas plantas; interações – antagonismo e sinergismo – entre nutrientes, etc (NOVAIS et al., 1991). Entretanto, para demonstrar que um elemento é essencial exige-se que as plantas sejam cultivadas sob condições experimentais nas quais apenas o elemento sob investigação encontre-se ausente. Tais condições são extremamente difíceis de alcançar com plantas cultivadas em meio complexo como o solo. Desta forma, a remoção de um elemento essencial, em cultivo hidropônico, pode ser prontamente correlacionada a um determinado conjunto de sintomas, permitindo a caracterização de exigências nutricionais específicas (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Para o caso de trabalhos desenvolvidos recentemente com brassicas cultivadas em solução nutritiva, podemos citar os trabalhos desenvolvidos por AVALHÃES et al., 2009, trabalharam com couve-flor, 'Verona', em vasos contendo solução nutritiva, e observaram que a omissão do nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre influenciaram de forma significativa as variáveis vegetativas das plantas, diminuindo o número de folhas, a altura das plantas e o diâmetro da haste, bem como a área foliar e a matéria seca, quando comparado ao tratamento completo. Para a omissão do cálcio observaram que além de influenciar as variáveis vegetativas acima descritas, as plantas não apresentaram crescimento do sistema radicular.

Esses mesmos autores observaram ainda, que em decorrência da omissão dos macronutrientes, pode-se observar o aparecimento dos sintomas visuais descritos a seguir. Para a omissão nitrogênio, as plantas apresentaram amarelecimento das folhas; a omissão do fósforo ocasionou um lento desenvolvimento das plantas, sendo que as folhas mais velhas apresentaram uma coloração verde mais escura, seguindo-se de tons roxos na nervura central; a omissão do potássio ocasionou o aparecimento de clorose nas margens das folhas novas, com as nervuras centrais mais verdes; a omissão do cálcio levou às plantas a apresentarem folhas com margens recortadas e tortas e também com pontas necróticas; no caso da omissão do magnésio resultou no desenvolvimento de sintomas de desordem nutricional nas plantas, com murchamento das plantas e pontos cloróticos entre as nervuras nas folhas mais velhas, seguidos de necrose nas margens das folhas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em hidroponia, no sistema conhecido como *nutrient film technique* (NFT), em casa de vegetação do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-medicinais, pertencente ao Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, que está situada a 21°15'22" Sul e 48°18'58" Oeste, e altitude de 575 metros.

O experimento foi realizado no período de janeiro a maio de 2010. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições. Os tratamentos utilizados foram: T₁ – solução completa (SC); T₂ – omissão de nitrogênio (-N); T₃ – omissão de fósforo (-P); T₄ – omissão de potássio (-K); T₅ – omissão de cálcio (-Ca) e T₆ – omissão de magnésio (-Mg). Cada unidade experimental foi constituída por um canal de cultivo com quatro plantas.

A cultivar de couve-flor utilizada foi a Verona e a sementeira foi realizada em 21/01/2010 em placas de espuma fenólica com 216 células de 2,5 cm de largura, 2,5 cm de comprimento e 3,8 cm de altura (Figura 1).

Antes da sementeira foi realizada a lavagem da espuma em água corrente, por 10 minutos, para eliminação de resíduos. Após a sementeira, a placa de espuma fenólica foi acondicionada em casa de vegetação, para germinação, emergência e crescimento inicial da muda, recebendo apenas água (Figura 1).

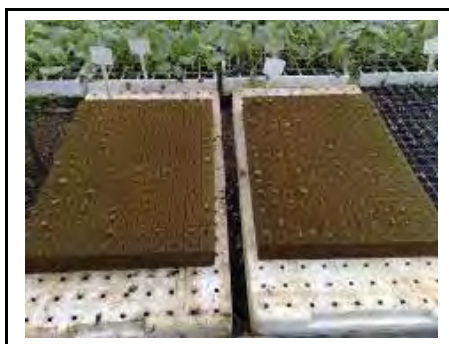


Figura 1. Emergência de plântulas de couve-flor, cultivar Verona, semeada em espuma fenólica. Unesp, Jaboticabal, 2011.

Após 10 dias da semeadura, quando as plântulas apresentavam as folhas cotiledonares desenvolvidas e as raízes começando a sair da espuma, as células da placa foram separadas, manualmente, usando-se um estilete (Figura 2) e colocadas nos canais do “berçário”.

O “berçário” correspondeu à segunda fase de crescimento das mudas, as quais permaneceram em canais hidropônicos, correspondentes a perfis de polipropileno com 5 cm de largura (Figura 3a), com NFT e recirculação de solução nutritiva.



Figura 2. Individualização das mudas de couve-flor, com corte da espuma fenólica em local pré-marcado (2,5 x 2,5 cm). Unesp, Jaboticabal, 2011.

Em razão de não ter sido encontrada solução nutritiva proposta para cultivo de couve-flor, as mudas receberam solução nutritiva completa recomendada, por Furlani (1998), para alface e outras hortaliças de folhas. Entretanto, adotou-se 80% das concentrações de macronutrientes e 100% da de micronutrientes. As concentrações dos nutrientes na solução completa utilizada no experimento foram as seguintes: 19,2; 139,2; 31,2; 144; 114; 32; 41,6; 0,25; 0,02; 1,8; 0,40; 0,08 e 0,11 mg dm⁻³ de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, respectivamente. Foram utilizados os fertilizantes nitrato de cálcio, nitrato de potássio, monoamônio fosfato, sulfato de magnésio, ferro quelatizado, sulfato de potássio e sulfato de amônio e as quantidades utilizadas para cada tratamento, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidades dos fertilizantes das soluções nutritivas completa e com omissão de macronutriente (g.1000L⁻¹).

Soluções	SM	SA	SK	NA	NK	NC	NS	MAP	MKP	AF	AN	AK	AC	AM
Completa	320	-	-	-	400	600	-	120	-	-	-	-	-	-
- N	320	-	-	-	-	-	-	-	135,6	-	-	335	495	-
- P	320	-	-	80	300	600	-	-	-	-	-	110	-	-
- K	320	-	-	80	-	750	-	-	-	68	-	-	-	-
- Ca	320	-	-	36,5	400	-	250	120	-	-	190	-	-	-
- Mg	-	72,4	140	-	242	600	-	-	-	68	100	-	-	-

SM – Sulfato de Magnésio; SA – Sulfato de Amônio; SK- Sulfato de potássio; NA – Nitrato de Amônio; NK – Nitrato de Potássio; NC – Nitrato de Cálcio; NS – Nitrato de Sódio; MAP – Monoamônio Fosfato; MKP – Fosfato Monobásico de Potássio; AF – Acetato Fosfórico; AN – Acetato Nítrico; AK – Acetato Potássico; AC – Acetato de Cálcio; AM – Acetato de Magnésio

As mudas, em espaçamento de 5 cm x 6 cm, permaneceram no “berçário” por 24 dias, tempo suficiente para propiciar plantas com 22 cm de altura e quatro folhas desenvolvidas, para melhor se manterem nos canais de cultivo (fase 3 do crescimento) e não serem arrastadas pela solução nutritiva (Figura 3b).

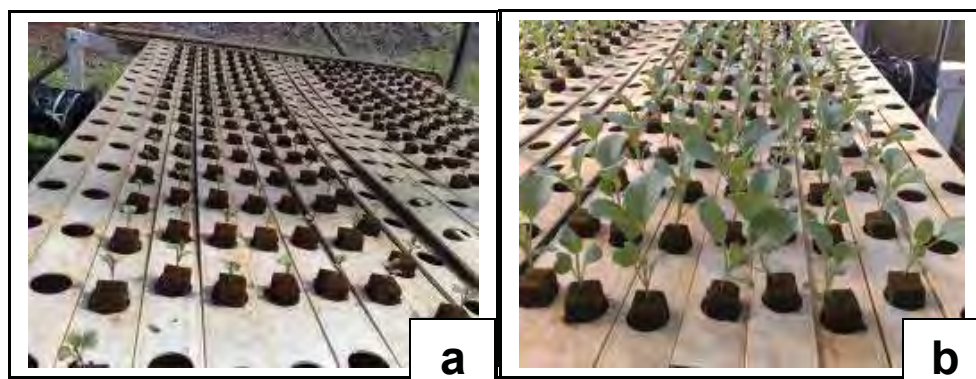


Figura 3. Mudas recém-transferidas (a) e com 24 dias (b) de transferência para os canais do “berçário”. Unesp, Jaboticabal, 2011.

Após 24 dias da transferência para o “berçário”, as mudas apresentavam crescimento uniforme, cuja característica é muito importante para que não haja diferença entre plantas no momento em que forem transferidas para os canais de crescimento final ou seja, para a fase 3 do crescimento.

Aos 25 dias após a transferência das mudas para o “berçário”, foi realizada a transferência das plantas para os canais de crescimento final (fase 3).

Na fase 3, os canais de crescimento corresponderam a tubos de PVC de 8 polegadas de diâmetro, cortados longitudinalmente em seu maior diâmetro. Cada canal, com 2 m de comprimento, foi colocado sobre suportes de metalon, com declividade de 5%, para que a solução nutritiva, não aproveitada pelas plantas, retornasse ao reservatório (Figura 4).

Cada canal possuía um reservatório com capacidade de 40 litros, que continha a solução nutritiva correspondente ao tratamento. O bombeamento das soluções nutritivas (tratamentos), na cabeceira dos canais, foi realizado uniformemente por bombas submersas (uma por reservatório) marca Chosen®, modelo Power Head CX-

300, com vazão de 1000 L h^{-1} , via mangueira de 5/8 de diâmetro por 2,30 m de comprimento. O acionamento das bombas era controlado por um temporizador, com circulação da solução nutritiva de 7h às 18 h, sem interrupção, e às 23h por 15 minutos. Os canais, previamente ao recebimento das plantas, foram higienizados com água, sabão e cloro (200 mg dm^{-3}), e cobertos com papel Tetra Pak®.



Figura 4. Unidade experimental, composta de quatro plantas de couve-flor em canal de PVC coberto com papel Tetra Pak®, e reservatório da solução nutritiva. Unesp, Jaboticabal, 2011.

Após a transferência das plantas para os canais hidropônicos (Fase 3), o fornecimento de solução nutritiva completa às plantas foi mantido por 15 dias. Só então, quando as plantas encontravam-se com 12 folhas e 20 cm de altura, é que as soluções com omissão de macronutriente foram aplicadas.

Durante todo o período de condução do experimento, o pH e a condutividade elétrica das soluções nutritivas foram periodicamente acompanhados, usando-se fitas de pH da Merck® e condutivímetro digital de bolso modelo HI98304. Quando necessário, o pH foi

abaixado utilizando-se ácido sulfúrico. A cada 20 dias na Fase 3, as soluções nutritivas foram trocadas.

O número de dias para visualização do sintoma de deficiência de cada macronutriente foi anotado. Os sintomas foram descritos e registrados em fotografia desde o início da visualização até o encerramento do experimento com a colheita das inflorescências de todos os tratamentos.

O número de folhas por planta, a área foliar com o auxílio do aparelho “Area Meter” LICOR, modelo L – 3100, e o teor de macronutrientes nas folhas velhas, intermediárias e novas foram avaliados no início da visualização do sintoma e por ocasião da colheita.

Para avaliação do teor de macronutrientes, as folhas foram lavadas em água corrente e deionizada, e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até massa constante. Em seguida, o material seco foi pesado em balança eletrônica de precisão de centésimos de gramas, para obtenção da matéria seca da parte aérea, a qual foi moída em micro moinho tipo Willey, malha vinte mesh, e armazenado em sacos plásticos devidamente fechados e acondicionados, para evitar troca de umidade com o ambiente.

A análise dos teores de macronutrientes presentes nas diferentes partes da planta de couve-flor foi feita por métodos específicos. O teor de N_{total} foi determinado pelo método semi-microkjedahl e o teor de P foi determinado pelo método do ácido fosfovanadato-molibdico, descritos por SARRUGE & HAAG (1974). Para a determinação dos teores de K, Ca e Mg foi utilizada espectrofotometria de absorção atômica, segundo método descrito por JORGENSEN (1977). O teor de S foi determinado pelo método turbidimétrico, descrito por VITTI (1989). As leituras dos teores dos macronutrientes foram realizadas no Laboratório Central da FCAV – UNESP – Campus de Jaboticabal.

A colheita ocorreu em 13-5-2011, 112 dias após a semeadura, e as médias foram determinadas pelo tratamento que recebeu a solução nutritiva completa.

Os dados foram analisados com a utilização do programa ESTAT sendo comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Nitrogênio

Aos 15 dias após a substituição da solução nutritiva completa por solução com omissão de N, iniciaram-se os sintomas de carência da couve-flor pelo nutriente. Nessa época a planta estava com 63 dias de ciclo, portanto com elevada demanda por N. De acordo com TAKEISHI et al. (2009), entre 30 a 75 dias após a semeadura, há o maior incremento no número de folhas, diâmetro e comprimento do caule de todo o ciclo da planta, e entre 75 a 97 dias após a semeadura (45 a 67 dias após o transplante) tem-se maior aumento na matéria seca foliar e área foliar da couve-flor 'Verona'.

Mediante a escassez de N no meio, inicialmente foi observada mudança no tom verde das folhas velhas, que se tornaram verde-claras. Desencadeou-se o processo de redistribuição do nutriente, certamente utilizando-se de compostos nitrogenados simples, aminoácidos. Com a persistência da carência de N no meio, verificou-se a perda da cor verde de folhas mais velhas da planta passando a amarela (Figura 5), resultado da decomposição da molécula de clorofila, que é uma molécula composta por um átomo central de magnésio interligado a quatro radicais aminas (LEHNINGUER, 2006), e liberação de nitrogênio que foi redistribuído para as partes mais novas da planta, a fim de manter o crescimento.

De acordo com FAQUIN (2005), na condição de baixa disponibilidade de N no meio, a proteólise das proteínas e a redistribuição dos aminoácidos resultam no colapso dos cloroplastos e assim ocorre um decréscimo no conteúdo de clorofila. Por esta razão, o amarelecimento das folhas velhas é o primeiro sintoma de uma inadequada nutrição da planta em nitrogênio.

Amarelecimento inicial de folhas velhas também é reportado como sintoma inicial de carência em N por CHATERJEE e DUBE (2004).

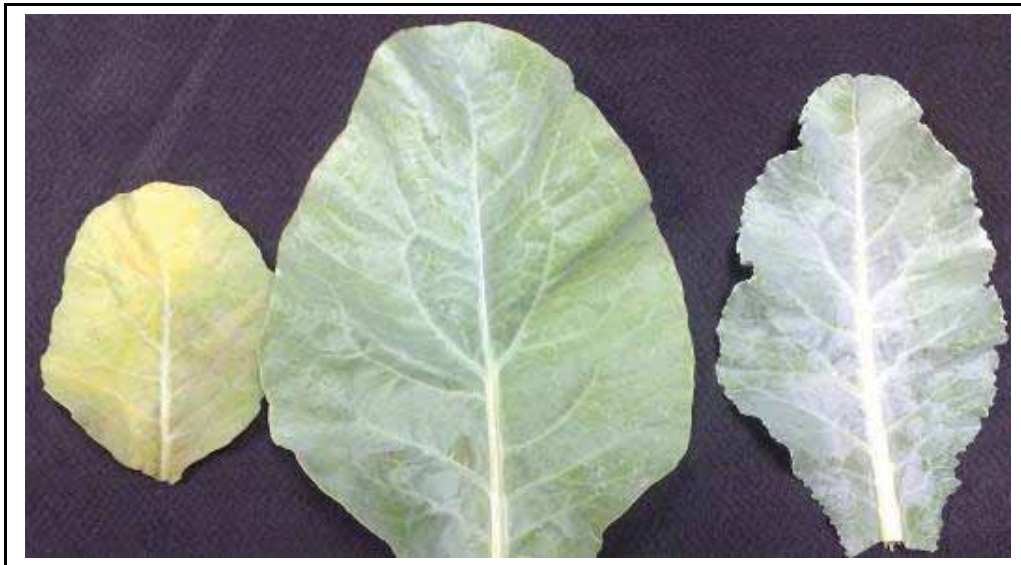


Figura 5. Diferença de coloração das folhas de couve-flor, cultivar Verona, devido à redistribuição de nitrogênio causada pela deficiência induzida do nutriente na planta. Da esquerda para a direita: folhas velha, intermediária e nova, respectivamente. Unesp, Jaboticabal, 2011.

No dia em que foi visualizado o sintoma de deficiência de N, 15 dias após a omissão (DAO), a planta tinha 14 folhas, 1.528,1 cm² de área foliar, e os teores de N nas folhas novas, intermediárias e velhas eram de 27,7; 12,8 e 8,9 g kg⁻¹, respectivamente. AVALHÃES et al. (2009) encontraram 11 g kg⁻¹ de N na matéria seca foliar de plantas com deficiência do nutriente.

Os teores de N nas folhas velhas, intermediárias e novas da planta de couve-flor eram menores do que nas respectivas folhas de plantas cultivadas sem a omissão de N (Tabela 2). Entre as folhas da planta com omissão de N, as velhas apresentaram teor foliar menor do que nas intermediárias e novas, devido à elevada mobilidade do N na planta (FAQUIN, 2005), caracterizando a elevada redistribuição. Também, plantas cultivadas com omissão de N apresentaram reduções nos teores foliares dos demais nutrientes, superiores somente aos teores observados quando da omissão do próprio nutriente.

Tabela 2. Teor (g kg⁻¹) foliar de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, na couve-flor ‘Verona’ cultivada em solução nutritiva completa (SC) e com omissão de macronutriente, na época de visualização do sintoma de deficiência de cada macronutriente (1ª Coleta) e na colheita da inflorescência (2ª Coleta).

1ª COLETA															
	N			P			K			Ca			Mg		
	FV	FI	FN	FV	FI	FN	FV	FI	FN	FV	FI	FN	FV	FI	FN
SC	44,2a	44,2a	44,2b	6,3a	6,3a	6,3a	27,9a b	27,9a	27,9a	22,4c	22,4a	22,4a	6,0b	6,0a	6,0ab
- N	8,8d	12,8d	27,7c	2,6bc	2,7bc	3,7c	10,5c 23,4a	10,8c	17,7c	4,3d	6,3b	4,3d	1,6c	1,2c	2,8c
- P	20,9cd	27,9c	30,7c	0,5c	0,5c	1,1d	b	17,8b	18,4c	41,2a	19,9a	8,7c	2,2c	3,6bc	6,9a
- K	29,6bc 37,1a	33,5bc	42,1b	4,0ab	4,1ab	5,4b	6,3d	6,5d	8,6d	31,9b	22,7a	17,7b	4,4b	5,4ab	7,2a
- Ca	b	44,1a	58,4a	5,9a	5,6ab	5,9ab	33,5a	26,2a	31,6a	21,9c	7,8b	5,4cd	10,5a	6,0a	5,6b
- Mg	29,6bc	30,8bc	44,1b	4,4ab	4,8ab	5,2b	17,8bc	16,4b	18,6c	33,7b	13,4b	5,1cd	0,8c	1,4c	4,7b
2ª COLETA															
	N			P			K			Ca			Mg		
	FV	FI	FN	FV	FI	FN	FV	FI	FN	FV	FI	FN	FV	FI	FN
SC	29,5a	39,6a	40,0a b	6,1a	6,1a	6,4a	33,9 b	29,9ab	29,7a	96,3a	37,9a	30,1a	12,7b	8,9b	7,3b
- N	6,0b	7,8c	12,6d	1,5c	1,7d	2,3d	6,7d	11,7c	18,3d	13,4d	7,4c	5,8c	2,1cd	1,3c	1,5d
- P	33,8a	30,7b	27,1c	0,5d	0,5e	0,8e	21,0c	17,4bc	19,2c d	21,9c d	12,7bc	7,4bc	3,7c	2,7c	1,9d
- K	28,7a	31,9b	45,9a	6,0a	5,8ab	5,5b	1,8e	2,7d	6,0e	40,4b	27,9a	19,0a b	11,5b	7,3b	5,8c
- Ca	28,4a	32,6b	34,0bc	5,4ab	4,4c	4,5c	43,1 a	33,5ab	25,4b c	20,5c d	12,5bc	6,0c	23,0a	19,0a	12,0a
- Mg	33,3a	43,5a	47,8a	4,6b	4,8bc	5,9a b	40,1 a	41,4a	33,8a	35,4b c	24,2a b	17,4bc	0,9d	0,6c	0,8d

FV = Folhas Velhas; FI = Folhas Intermediárias; FN = Folhas novas; SC = Solução Completa.

Considerando o teor médio de N nas folhas de couve-flor, FURLANI et al. (1978) encontraram $41,2 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto AVALHÃES et al. (2009) e MELLO et al. (2009) verificaram teores de $36,3$ e $38,3 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente, na parte aérea de plantas de couve-flor. ALVES et al. (2011) observaram teores foliares de N, em couve-flor, de 40 e 21 g kg^{-1} aos 20 e 70 dias após o transplante, respectivamente.

Segundo TRANI e RAIJ (1997), na folha recém-desenvolvida, o teor de N deve estar entre 40 e 60 g kg^{-1} para que a planta seja considerada bem nutrida em N adequado, o que foi observado somente na folha padrão (Tabela 2) da planta cultivada em solução nutritiva completa. Portanto, ainda que não seja correta a comparação dos teores, pois foram obtidos de folhas distintas quanto a idade, posição na planta e época de coleta, os valores encontrados, mesmo na folha mais nova, sob 15 DAO de N na solução, estão muito aquém da faixa considerada adequada.

Cinco dias após a visualização do sintoma, foi possível notar que plantas de couve-flor carentes em N começaram a apresentar menor crescimento do que plantas cultivadas em solução nutritiva completa. A influência positiva do nitrogênio no número e no tamanho das folhas de plantas de couve-flor foi notado por AVALHÃES et al. (2009), que percebeu a diminuição de folhas, da altura da planta e da matéria seca das plantas submetidas à omissão de nitrogênio. ZANÃO JUNIOR et al (2005), trabalhando com couve da Malásia, observaram que o aumento nas doses de nitrogênio apresentou incrementos significativos no número de folhas por plantas, diâmetro do caule e acumulação de macronutrientes.

Com o decorrer do ciclo sob omissão de N na solução nutritiva, o sintoma de carência evoluiu. O tom mais claro de verde também atingiu as folhas intermediárias, e as folhas mais velhas, antes verde-claras, apresentaram tons avermelhados e púrpuros em sua face abaxial, e amarelecimento na adaxial (Figuras 6a e 6b), com tons progressivamente mais fortes à medida que transcorreu o ciclo. MOTA et al. (2009) também constatou arroxamento da face abaxial de folhas de couve-da-Malásia (*Brassica chinensis* L. var. *parachinensis* (Bailey) Sinskaja), quando se omitiu N na solução nutritiva. Segundo CHATTERJEE e DUBE (2004), é comum em couve-flor, entre outras espécies da família Brassicaceae, que as folhas desenvolvam pigmentação

púrpura, vermelha ou alaranjada, à medida que ocorre a degradação da clorofila. A coloração arroxeada ou avermelhada, apresentada por algumas espécies sob deficiência de N, é devida ao acúmulo de carboidratos, que não são utilizados na síntese de aminoácidos ou de outros compostos nitrogenados, sendo utilizados na síntese de antocianina, que se acumula na planta (TAIZ e ZEIGER, 2006). AVALHÃES et al. (2009) verificaram amarelecimento das folhas velhas de couve-flor deficiente em N, porém nada mencionaram sobre arroxeamento das folhas.

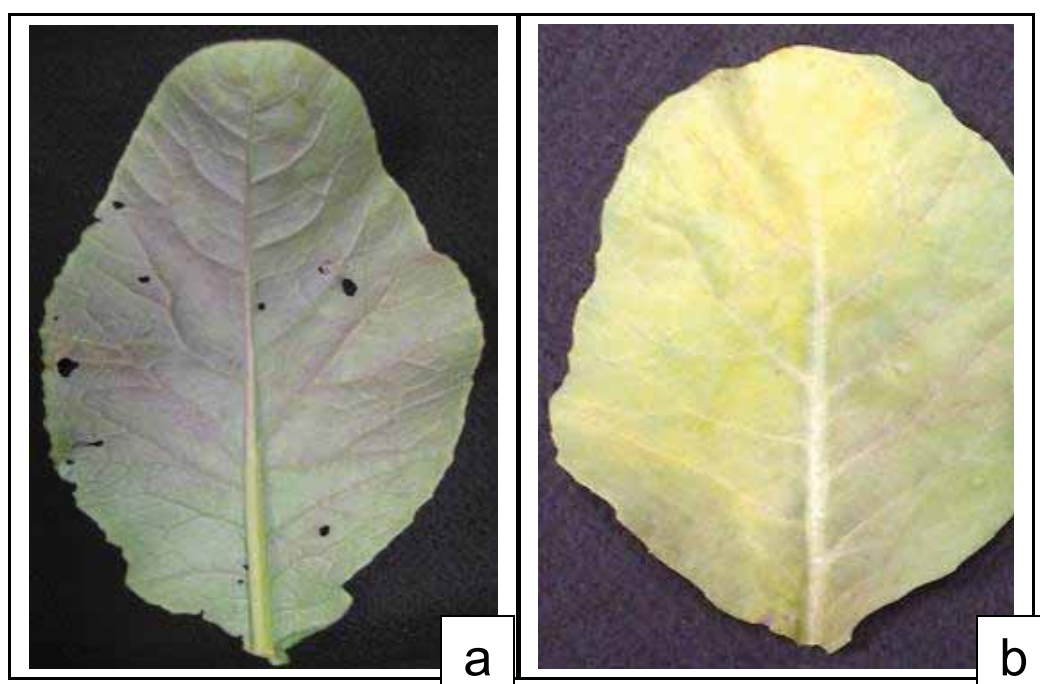


Figura 6. Folha velha da planta de couve-flor apresentando avermelhamento na face abaxial (a) e amarelecimento na face adaxial(b), como consequência da deficiência de nitrogênio na planta, aos 30 dias após omissão do nutriente na solução. Unesp, Jaboticabal, 2011.

Aos 45 DAO de N, a couve-flor subnutrida em N apresentava-se com tamanho muito menor do que plantas cultivadas com solução nutritiva completa (Figura 7), o que é reportado por muitos autores (TAIZ e ZEIGER, 2004; MALAVOLTA, 2006; AVALHÃES et al., 2009) como um dos principais efeitos da deficiência de N em plantas.

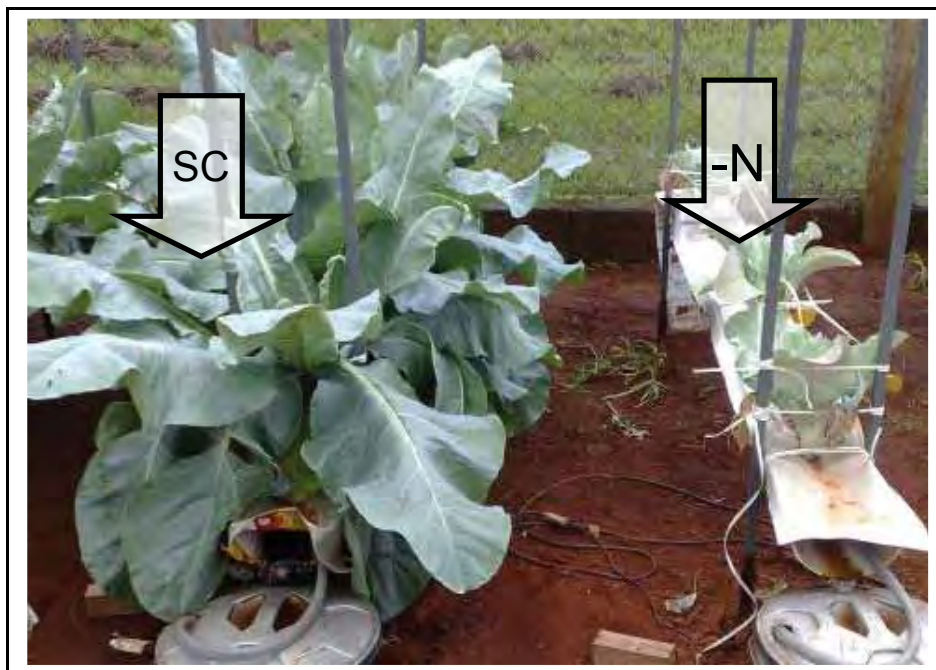


Figura 7. Plantas de couve-flor cultivadas em solução nutritiva completa (SC) e em solução com omissão de nitrogênio (-N), aos 45 dias após a aplicação do tratamento. Unesp, Jaboticabal, 2011.

O teor de N nas folhas velhas, intermediárias e novas, no dia da colheita da inflorescência, foram 6,0; 7,8 e 12,6 g kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente (Tabela 2). Segundo SÁNCHEZ et al. (2001), o N é o primeiro nutriente em maior teor matéria seca tanto da folha quanto da inflorescência da couve-flor, o que foi corroborado por resultados de TAKEISHI et al. (2009), CASTOLDI et al. (2009) e PÔRTO (2009). O teor de N na inflorescência das plantas de couve-flor cultivadas com solução nutritiva sem N também foi significativamente menor do que o observado em plantas cultivadas com solução nutritiva completa (Tabela 3). CAMARGO et al. (2008) observaram a maior produção da couve-flor com teores de N na inflorescência de 40 g kg⁻¹, enquanto KANO et al. (2010) observaram que o teor de N variou de 33,8 a 44,8 g kg⁻¹, com aumento linear ao incremento de N fornecido às plantas. ALVES et al. (2011) observaram que o teor de N na inflorescência de couve-flor, 'Verona', foi de 28 g kg⁻¹ na colheita.

A carência de N na planta afetou negativamente, também, o teor de K, de Ca e de Mg na inflorescência (Tabela 3).

Tabela 3. Teor (g kg⁻¹) de macronutrientes na inflorescência de couve-flor ‘Verona’, de plantas cultivadas em solução nutritiva completa e com omissão de macronutriente.

	N	P	K	Ca	Mg
SC	41,8b	5,9a	38,2a	4,8a	2,1b
- N	27,3c	5,0a	32,9b	3,0b	2,2b
- P	29,8c	2,2b	31,4b	2,0b	1,6b
- K	71,7a	6,4a	21,6c	4,1a	2,5a
- Ca	55,6b	6,4a	40,0a	1,1c	3,6a
- Mg	44,8b	6,3a	35,9a	4,8a	0,7c

Como consequência dos baixos teores de N na planta, a massa da inflorescência de plantas deficientes em N, 130 gramas, foi 87% menor, em relação à de uma planta cultivada com solução completa, 1.020 gramas, e apresentou-se com coloração avermelhada nas pequenas folhas que envolviam a inflorescência, bem como do ápice dos botões florais (Figura 8).

O tamanho e a qualidade da cabeça da couve-flor são os aspectos mais importantes para sua comercialização e são influenciados pelos nutrientes absorvidos durante o ciclo, destacando-se, entre eles, o nitrogênio, o fósforo e o boro (CUTCLIFFE e MUNRO, 1976; STURMER et al., 2002; CAMARGO et al., 2008; KANO et al., 2010). A massa, a produtividade total e o teor de N na cabeça de couve-flor aumentaram linearmente com as doses de N aplicadas (100 a 250 kg ha⁻¹) (CAMARGO et al., 2008), assim como também verificado por KANO et al. (2010), com doses de 0 a 225 kg ha⁻¹. TAKEISHI et al. (2009) verificaram que a segunda maior taxa de acúmulo de N pela couve-flor (48,6 mg planta⁻¹ dia⁻¹) ocorreu entre 97 e 120 dias após a semeadura, ou 67 a 90 dias após o transplante, quando ao final desse período contava com 62% do total acumulado de N pela couve-flor. Nos últimos 23 dias do ciclo, o acúmulo de N ocorreu preferencialmente na inflorescência, com taxa de 84,6 mg planta⁻¹ dia⁻¹.



Figura 8. Avermelhamento das pequenas folhas que envolvem a inflorescência de couve-flor, aos 72 dias após a omissão do nitrogênio. Unesp, Jaboticabal, 2011.

4.2 Fósforo

Aos 19 dias após a substituição da solução nutritiva completa por solução com omissão de P, iniciaram-se os sintomas de carência da couve-flor pelo nutriente. Nesta época, haviam transcorrido 68 dias após a semeadura, praticamente coincidindo com o período de maior demanda de P pela planta de couve-flor, que está entre 75 e 97 dias após a semeadura (ou 45 a 67 dias após o transplante), segundo TAKEISHI et al. (2009), semelhante ao reportado para o N.

Inicialmente, o sintoma de deficiência de P foi observado nas folhas mais velhas da planta, que tiveram perda progressiva do tom verde, seguido de amarelecimento homogêneo do limbo foliar, em ambas as faces (Figura 9).

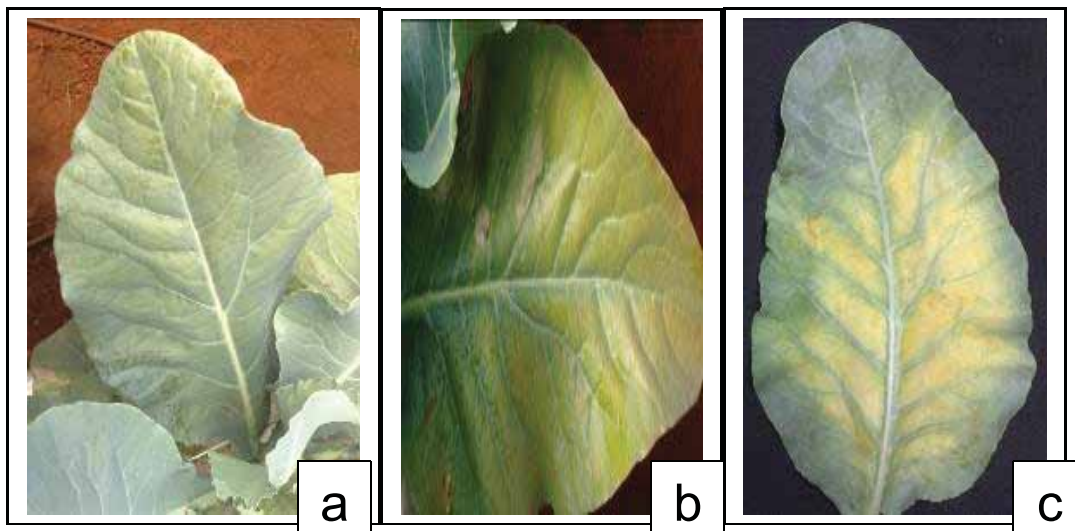


Figura 9. Evolução do amarelecimento na folha velha de couve-flor, cultivar Verona, sendo a – sem sintoma visual; b – início do amarelecimento; c – avanço do sintoma; devido à omissão do P na solução nutritiva e redistribuição do nutriente para partes mais novas da planta. Unesp, Jaboticabal, 2011.

Possivelmente, a percepção de baixa disponibilidade de P no meio, levou à redistribuição de P para partes mais jovens da planta, a fim de manter a atividade metabólica, especialmente a atividade enzimática (FAQUIN, 2005), e o desenvolvimento da planta. Como consequência, os teores de P em folhas mais velhas diminuíram consideravelmente levando a uma sequência de eventos que visualmente foi marcada pela cor amarela.

O amarelecimento parece estar relacionado com uma sequência de eventos que causam a decomposição de clorofilas. CONROY et al. (1986) observaram que a deficiência de P provocou alterações estruturais na membrana tilacóide do cloroplasto, o que diminui a capacidade de captura de fótons e sua utilização no fotossistema II. Essa disfunção do sistema fotossintético pode ser o motivo inicial de uma sequência de eventos que levaram a ineficiência da clorofila e sua decomposição em folhas velhas. A eficiência fotossintética por unidade de clorofila é muito menor em plantas deficientes em P (LAUER et al., 1989). BOTTRILL et al. (1970) observaram, em espinafre, que a deficiência de P causou redução na massa fresca da parte aérea e na respiração,

aumento na concentração de clorofila por unidade de matéria fresca, e foi um dos nutrientes que mais atuou negativamente sobre a fotossíntese, tanto quando essa foi expressa por quantidade de CO₂ por unidade de matéria fresca quanto por unidade de clorofila.

O amarelecimento pode, também, ter um efeito adicional do baixo teor de N. Em folhas velhas foi constatado teor de 20,9 g kg⁻¹ de N (Tabela 2), muito aquém dos 44,2 g kg⁻¹ de N obtido na folha padrão de avaliação do estado nutricional. Esse efeito da deficiência de P na redução da absorção de N foi observada também, em tomate, por HEUWINKEL et al. (1992) e PILBEAM et al. (1993).

Os sintomas de carência em P observados no presente trabalho divergiram dos encontrados por AVALHÃES et al. (2009), os quais verificaram coloração verde mais escura nas folhas mais velhas, seguindo-se de tons roxos na nervura central. Segundo CHATTERJEE e BUDE (2004), sintomas típicos da deficiência de P em plantas são cor verde escura de folhas novas e cor púrpura ou vermelha em folhas velhas.

Embora demandado em pequenas quantidades pelas plantas (SÁNCHEZ et al., 2001; CASTOLDI et al., 2009; PÔRTO, 2009 e TAKEISHI et al., 2009), um descuido pode levar a carência de P pela couve-flor. De acordo com TRANI e RAIJ (1997), as brássicas são espécies muito exigentes em P, e para as quais as doses de fertilizantes fosfatados somente são menores do que as recomendadas para aspargo, tomate e morango. Segundo FAQUIN (2005), mais de 90% das análises de solo, no Brasil, mostram baixos teores de P disponível. Além da carência generalizada de P nos solos brasileiros, o elemento apresenta forte interação com o solo (fixação), o que reduz a eficiência da adubação fosfatada.

No dia em que foi visualizado o sintoma de deficiência de P, 19 dias após a omissão (DAO), a planta tinha 15 folhas, 4.097,23 cm² de área foliar os teores de P nas folhas novas, intermediárias e velhas eram de 1,1; 0,5 e 0,5 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Os teores observados são semelhantes aos obtidos por AVALHÃES et al. (2009), que encontraram 1 g kg⁻¹ de P na matéria seca foliar de plantas com deficiência do nutriente.

Aos 19 DAO, o teor de P nas folhas velhas, intermediárias e novas da planta de couve-flor era menor do que nas respectivas folhas de plantas cultivadas sem a omissão de P. E plantas deficientes em P, aos 19 DAO do nutriente, também apresentaram significativas reduções nos outros nutrientes (Tabela 2).

A planta cultivada com solução nutritiva completa apresentou, na folha de diagnose do estado nutricional (folha padrão), e na época de início de formação da inflorescência, $6,3 \text{ g kg}^{-1}$ de P na matéria seca (Tabela 2), o qual está dentro da faixa de teores considerada adequada para couve-flor, $4,0$ e $7,0 \text{ g kg}^{-1}$, conforme TRANI e RAIJ (1997). FURLANI et al. (1978) encontraram teor de $4,1 \text{ g kg}^{-1}$ de P na parte aérea da couve-flor, e 5 g kg^{-1} por AVALHÃES et al. (2009) na parte aérea de plantas cultivadas com solução nutritiva completa. FAQUIN (2005) menciona que, dependendo da espécie e do órgão analisado, o intervalo ótimo para crescimento de plantas está entre 1 e 5 g kg^{-1} .

Com a permanência da omissão de P na solução nutritiva, houve redução no porte das plantas (Figura 10), haja vista a necessidade de P em todos os processos fisiológicos relacionados à incorporação de esqueletos de carbono à planta. Os resultados corroboram os encontrados por AVALHÃES et al. (2009), que observaram diminuição no número de folhas, altura da planta, diâmetro do caule, bem como a área foliar de plantas de couve-flor submetidas à omissão de fósforo. LYNCH et al. (1991) verificaram que o baixo suprimento de P diminuiu a área foliar da couve-flor, em consequência, principalmente, da redução na emissão de folhas e, de modo menos expressivo, pela expansão foliar.

Aos 40 DAO de P, as folhas mais velhas, antes amareladas, apresentaram manchas necróticas no limbo foliar (Figura 11). Plantas sob deficiência prolongada de fósforo podem apresentar manchas necróticas nas folhas velhas, lesões necróticas nas margens das folhas e morte e queda de folhas mais velhas (BERGMANN, 1992). MALAVOLTA (2006) cita que, de modo geral, plantas deficientes em P apresentam pequeno desenvolvimento, coloração verde mais escura de folhas velhas; sendo roxas em algumas espécies, ângulo estreito de inserção de folhas e baixo florescimento com número reduzido de frutos e sementes; atraso na maturidade.



Figura 10. Plantas de couve-flor, 'Verona', cultivadas em solução com omissão de fósforo (-P) e em solução nutritiva completa. Unesp, Jaboticabal, 2011.



Figura 11. Folha velha da planta de couve-flor apresentando todo o limbo amarelo, com manchas necróticas, e avermelhamento das margens aos 40 dias após a omissão de fósforo na solução nutritiva. Unesp, Jaboticabal, 2011.

A massa da inflorescência de plantas deficientes em P, 530 g, foi 49% menor do que a obtida na solução completa (1.020 g). Também, as inflorescências de plantas deficientes em P apresentaram floretes desagregados, dando aspecto comercial ruim às mesmas (Figura 12). CUTCLIFFE e MUNRO (1976) e KANO et al. (2010) consideram que junto ao N, o P é o nutriente que proporciona melhores respostas da planta em produtividade. De acordo com TAKEISHI et al. (2009), o P é um nutriente redistribuído em grande quantidade para a inflorescência, correspondendo a 30% do total acumulado pela planta. SÁNCHEZ et al. (2001) e SOUZA et al. (2007) constataram maiores proporções, 39,2% e 40,5% respectivamente.

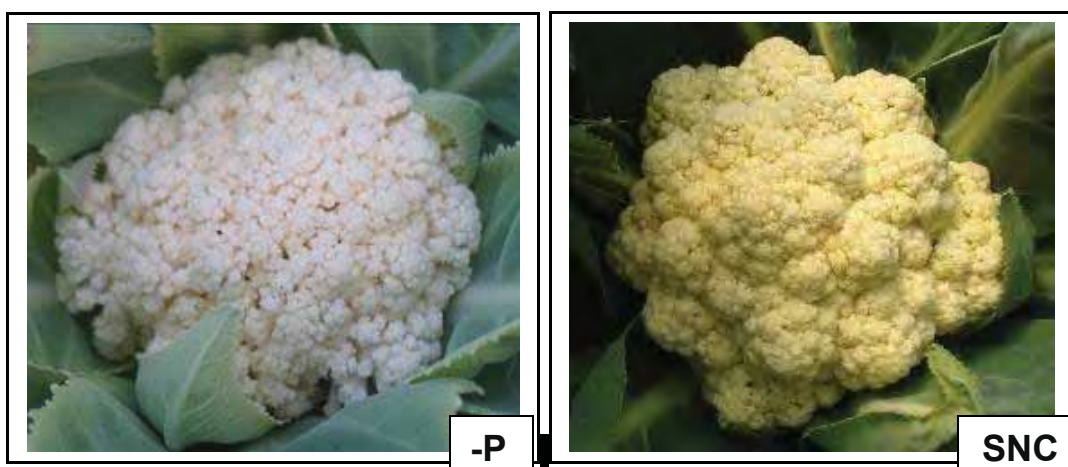


Figura 12. Inflorescências de couve-flor cultivada com omissão de fósforo (-P) e em solução nutritiva completa (SNC). Unesp, Jaboticabal, 2011.

O teor de P nas folhas velhas, intermediárias e novas, no dia da colheita da inflorescência, foram respectivamente 0,5; 0,5; 0,8 g kg⁻¹ de matéria seca, sendo que o teor nas folhas mais velhas e intermediárias foi muito inferior em comparação ao observado nas plantas que receberam solução completa durante todo o experimento (Tabela 2).

O teor de P na inflorescência das plantas de couve-flor cultivadas com solução nutritiva sem P também foi significativamente menor do que o observado em plantas cultivadas com solução nutritiva completa (Tabela 3).

4.3 Potássio

Aos 28 dias após a substituição da solução nutritiva completa por solução com omissão de K, iniciaram-se os sintomas de carência da couve-flor pelo nutriente. Portanto, a visualização do sintoma de carência de K ocorreu 13 e 9 dias após observados os sintomas de N e P, respectivamente. Provavelmente, o fato se deve ao período de maior demanda pela couve-flor em K acontecer um pouco mais tarde do que as demandas de N e P. De acordo com TAKEISHI et al. (2009), diferente dos dois macronutrientes, a maior taxa de acúmulo de K, 120,8 mg planta⁻¹ dia⁻¹, foi observada entre 97 e 120 dias após a semeadura (67 e 90 dias após o transplante), embora no período anterior (entre 75 e 97 dias após a semeadura) a taxa foi também muito alta, 114,4 mg planta⁻¹ dia⁻¹.

Inicialmente, foi observado clorose dos bordos das folhas mais velhas, seguido por fendilhamento. A clorose seguiu para áreas centrais do limbo foliar com evolução para necrose do tecido (Figura 13).

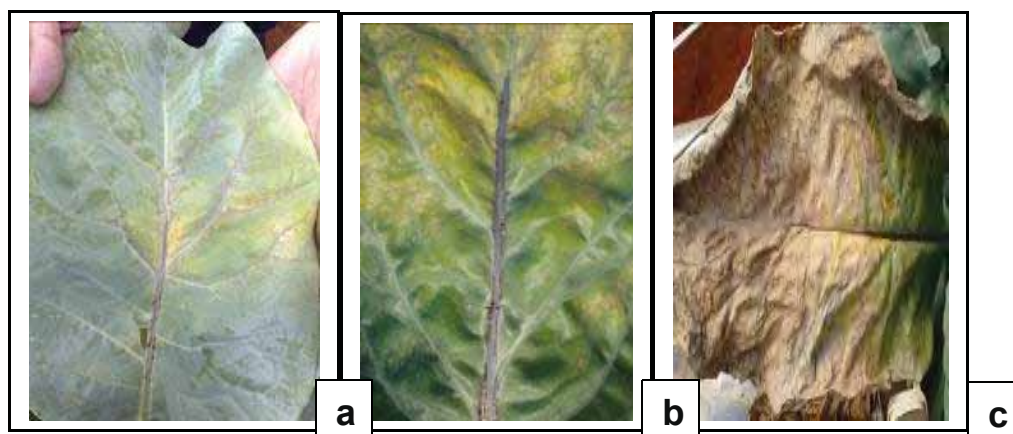


Figura 13. Evolução do amarelecimento e necrose do tecido foliar de couve-flor, cultivar Verona, sendo a- fase 1; b- fase 2; c- fase final do sintoma; após 28 dias da omissão de potássio na solução nutritiva. Unesp, Jaboticabal, 2011.

Os sintomas observados concordam com os descritos por CHATTERJE e BUDE (2004), os quais consideram a couve-flor muito sensível a deficiência de K.

Em razão de importante ativador enzimático, a deficiência de K causa menor síntese de proteínas e acúmulos de compostos nitrogenados solúveis como, por exemplo, putrescina, N-carbamilputrescina e agmatina, sendo a putrescina fitotóxica e provocando a necrose do tecido foliar (FAQUIN, 2005).

A necrose de tecidos aconteceu também nas nervuras principal e secundárias, observando-se fendilhamento (Figura 14). AVALHÃES et al. (2009) observaram que as plantas submetidas à omissão de potássio apresentaram sintomas visuais como a clorose na margem das folhas novas, com as nervuras centrais mais verdes.



Figura 14. Fendilhamento da nervura de folhas velhas de couve-flor, cultivar Verona, cultivadas em solução nutritiva com omissão de potássio. Unesp, Jaboticabal, 2011.

No dia em que foi visualizado o sintoma de deficiência de K, 28 dias após a omissão (DAO), a planta tinha 16 folhas, 6.838,5 cm² de área foliar e os teores foliares de K nas folhas novas, intermediárias e velhas eram de 8,6; 6,5 e 6,3 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2). AVALHÃES et al. (2009) encontraram 4,7 g kg⁻¹ de K na matéria seca foliar de plantas com deficiência do nutriente.

O teor de K na folha padrão foi de 27,9 g kg⁻¹ de matéria seca foliar (Tabela 2), portanto, inferior à faixa de teores considerados adequados para a couve-flor, que é de 30 e 50 g

kg⁻¹ (TRANI e RAIJ, 1997). Por outro lado, o teor obtido é semelhante ao teor médio de K na parte aérea da couve-flor, de 25,4 g kg⁻¹, verificado por FURLANI et al. (1978), enquanto AVALHÃES et al. (2009) citam o teor de 37 g kg⁻¹ de K em folhas de plantas cultivadas com solução nutritiva completa.

Os teores de K nas folhas velhas, intermediárias e novas da planta de couve-flor eram, aos 28 DAO, muito menores do que nas respectivas folhas de plantas cultivadas sem a omissão de K (Tabela 2). Entre as folhas da planta com omissão de K, as velhas apresentaram teor foliar menor do que nas intermediárias e novas, devido à elevada mobilidade e redistribuição do K na planta (FAQUIN, 2005).

Aos 80 DAO do K, as plantas deficientes apresentavam-se muito menores do que as cultivadas em solução completa de nutrientes (Figura 15), o que também foi observado por AVALHÃES et al. (2009).

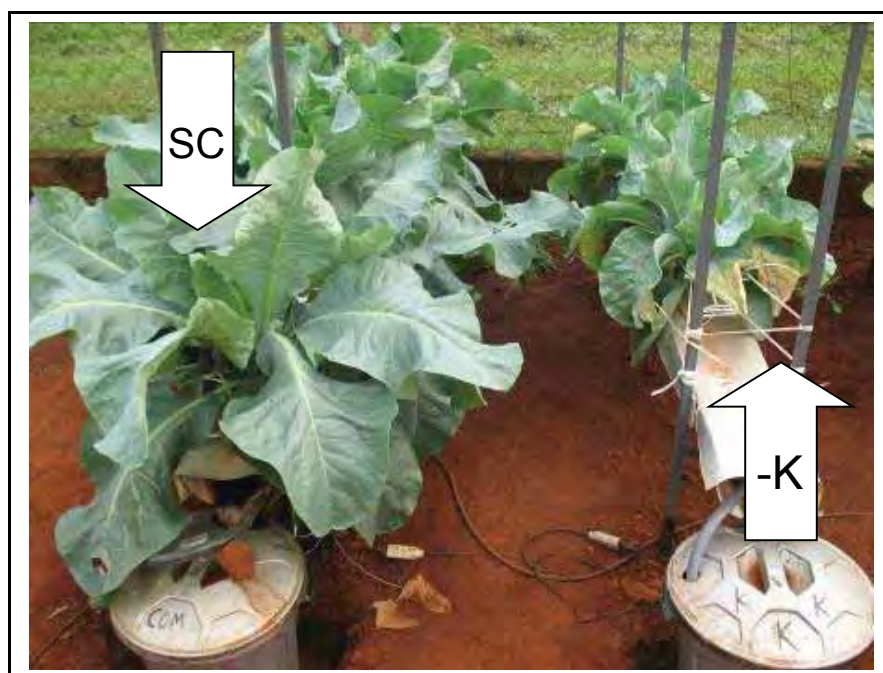


Figura 15. Plantas de couve-flor 'Verona' cultivadas em solução nutritiva completa (SNC) e com omissão de potássio (-K). Unesp, Jaboticabal, 2011.

A massa da inflorescência de plantas deficientes em K foi severamente reduzida, 580 gramas, ou seja, 42% menor em relação à de uma planta cultivada com solução

completa, 1.020 gramas, e apresentou-se com crescimento desuniforme, em comparação às formadas em plantas com solução completa (Figura 16). A redução na massa da inflorescência em razão da carência em K foi menor do que quando a planta estava deficiente em N e P. Esse resultado concorda com CUTCLIFFE e MUNRO (1976), que avaliando a resposta de couve-flor a N, P e K, em oito locais, verificaram que os maiores incrementos na massa da inflorescência aconteceram em resposta a N e P.

SEABRA JÚNIOR et al. (2008) constataram aumentos na produtividade e diâmetro de inflorescências de brócolos, com ou sem adubação nitrogenada, quando a dose de K aumentou de 0 para 825 kg ha⁻¹.

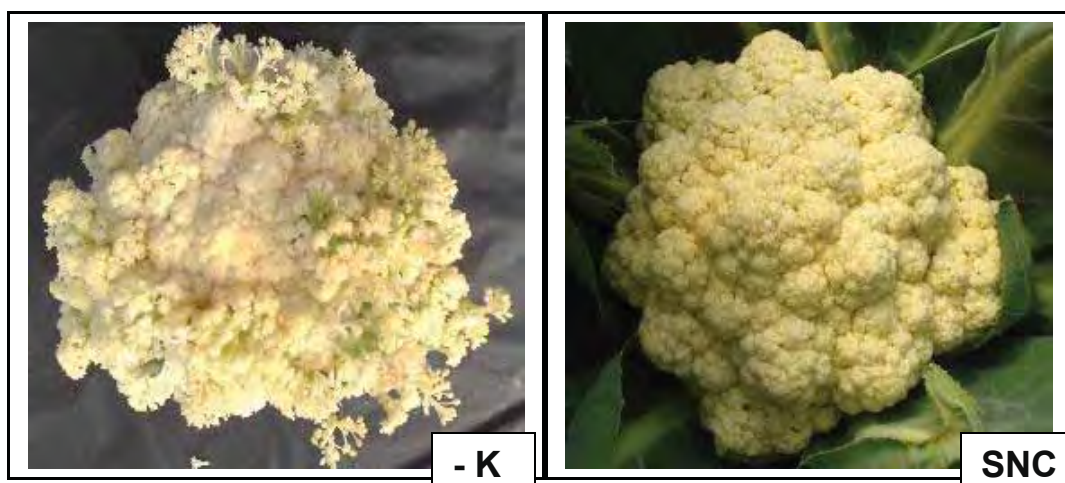


Figura 16. Inflorescências de couve-flor cultivada com omissão de potássio (-K) e em solução nutritiva completa (SNC). Unesp, Jaboticabal, 2011.

O teor de K nas folhas velhas, intermediárias e novas, no dia da colheita da inflorescência, foram respectivamente 1,8; 2,7; 6,0 g kg⁻¹ de matéria seca, sendo que esses teores foram muito inferiores aos observados nas plantas que receberam solução completa durante todo o experimento (Tabela 2).

O teor de K na inflorescência das plantas de couve-flor cultivadas com solução nutritiva sem K também foi significativamente menor do que o observado em plantas cultivadas com solução nutritiva completa (Tabela 3). SÁNCHEZ et al. (2001), CASTOLDI (2009),

PORTO (2009) e TAKEISHI et al. (2009) verificaram que do total de K na planta, 31,2; 30,0; 25,0 e 55,2%, respectivamente, encontram-se na inflorescência.

4.4 Cálcio

Aos 40 dias após a substituição da solução nutritiva completa por solução com omissão de Ca, iniciaram-se os sintomas de carência da couve-flor no nutriente.

Inicialmente, foi observado clorose seguida de necrose dos bordos e manchas cloróticas no limbo das folhas mais jovens de plantas cultivadas com omissão de Ca na solução nutritiva (Figura 17).



Figura 17. Evolução da necrose das margens e manchas cloróticas em folhas novas de plantas de couve-flor 'Verona', aos 40 dias após a omissão de cálcio na solução nutritiva. Unesp, Jaboticabal, 2011.

O sintoma de necrose dos bordos de folhas novas é também conhecido por “tip burn” (WHITE e BROADLEY, 2003; CHATTERJEE e BUDE, 2004) e manifesta-se em muitas hortaliças, com destaque para a alface (PEREIRA et al., 2005), que, dependendo da intensidade, pode afetar significativamente o aspecto visual da hortaliça-folha e comprometer a comercialização da mesma. Em couve-flor, diferente de hortaliças-folha,

seu efeito é indireto, ou seja, compromete o crescimento da área foliar e consequentemente, dependendo do quanto foi afetada, pode reduzir o tamanho da inflorescência. O cálcio é o terceiro nutriente mais acumulado pela couve-flor, sendo 93% de seu total nas folhas (TAKEISHI et al., 2009), e a absorção pela planta deve ser contínua, pois diferente de outros nutrientes, o cálcio possui baixíssima taxa de redistribuição, sendo considerado praticamente imóvel nas plantas (FAQUIN, 2005; PRADO, 2008).

Na deficiência de cálcio os sintomas de clorose das folhas mais novas com posterior necrose das margens das folhas são devidos à má formação da parede celular, pois o cálcio é um nutriente essencial para manter a integridade das membranas (MENGEL e KIRBY, 1987), inclusive aumentando a tolerância da planta a alguns estresses abióticos como à salinidade e ao frio (KNIGHT e KNIGHT 2001; MUNNS e TESTER 2008; MCAINSH e PITTMAN 2009; DODD et al. 2010) e bióticos, ajudando a prevenir muitas doenças parasitárias mediante o reforço na parede celular de plantas ou inicializando sinais (“priming”) de defesas contra o ataque de patógenos (WHITE e BROADLEY, 2003).

No dia em que foi visualizado o sintoma de deficiência de Ca, 40 dias após a omissão (DAO) do nutriente na solução nutritiva, a planta tinha 17 folhas, 7.283,03 cm² de área foliar, e os teores de Ca nas folhas novas, intermediárias e velhas eram de 5,4; 7,8 e 21,9 g kg⁻¹, respectivamente. Segundo FURLANI et al. (1978), o teor médio foliar de Ca foliar em couve-flor é de 5,8 g kg⁻¹. AVALHÃES et al. (2009) encontraram 5,6 g kg⁻¹ de Ca na matéria seca foliar de plantas com deficiência do nutriente e 26 g kg⁻¹ em folhas de plantas cultivadas em solução nutritiva completa.

Na folha padrão, de plantas cultivadas com solução nutritiva completa, foi observado teor de 22,4 g kg⁻¹ de Ca (Tabela 2), portanto, dentro da faixa de teores considerados adequados para couve-flor, entre 20 e 35 g kg⁻¹ (TRANI e RAIJ, 1997), enquanto FURLANI et al. (1978) encontraram teor médio de 19,2 g kg⁻¹ de Ca na parte aérea de couve-flor.

Dez dias após a visualização do sintoma de carência, foi notado que essas plantas apresentavam-se menores do que plantas cultivadas em solução nutritiva completa,

motivado, justamente, pela limitação na expansão foliar das folhas jovens que se apresentavam com “tip burn” (Figura 18). AVALHÃES et al. (2009) observaram diminuição significativa no número de folhas, na altura da planta e no diâmetro do caule, além da diminuição da produção de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular.

Com a permanência da omissão de Ca na solução nutritiva, a evolução da carência causou o encarquilhamento das folhas mais jovens da planta (Figura 19). Não foi observada a presença buracos no limbo foliar, resultado da morte e desprendimento do tecido internerval, citado por CHATERJEE e BUDE (2004) como evolução da carência de Ca.

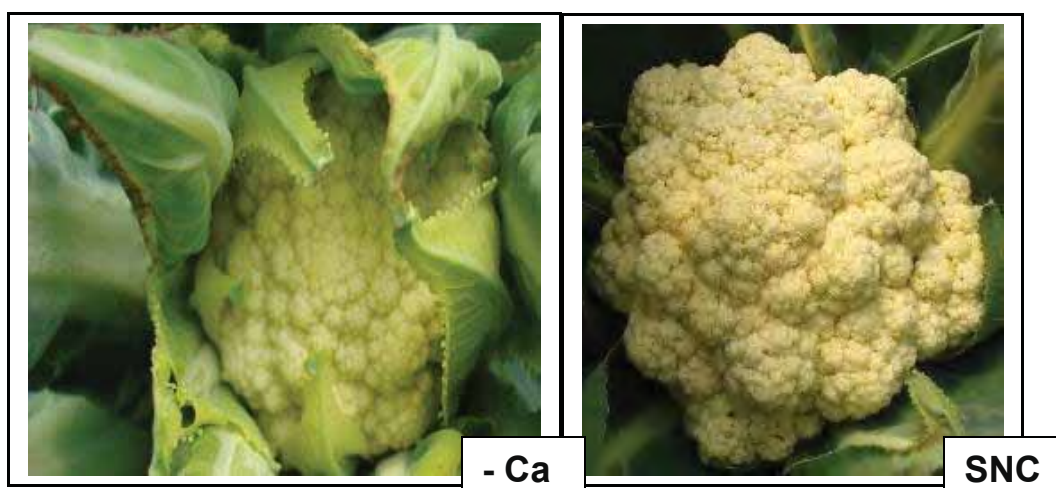


Figura 19. Necrose das folhas que envolvem a inflorescência em plantas de couve-flor cultivadas com omissão de cálcio. Unesp, Jaboticabal, 2011.

Aos 40 DAO, os teores de cálcio nas folhas intermediárias e novas da planta de couve-flor eram menores do que nas respectivas folhas de plantas cultivadas sem a omissão de Ca (Tabela 2). Entre as folhas da planta com omissão de Ca, as novas e intermediárias apresentaram teores foliares menores do que nas velhas (Tabela 2), devido à baixíssima mobilidade do Ca na planta (FAQUIN, 2005).

Nas folhas velhas e intermediárias, até o final do cultivo, não foram visualizados sintomas de deficiência de cálcio.

A massa da inflorescência de plantas deficientes em Ca, 820 g, foi 20% menor do que a de uma planta cultivada com solução completa, 1.020 g. O percentual de redução na massa da inflorescência pelo Ca foi menor do que os observados com as omissões de N, P ou K, provavelmente explicado pela pequena quantidade de cálcio nessa parte da planta. De acordo com TAKEISHI et al. (2009), a inflorescência de couve-flor contém somente 3,1% do total acumulado pela planta. SANCHEZ et al (2001), SOUZA et al. (2007) e CASTOLDI et al. (2009) verificaram acúmulos de 5,7; 1,1 e 6,5% do Ca total presentes na inflorescência, respectivamente.

Assim como observado para o K, o aspecto visual da inflorescência não foi prejudicado, ao contrário do constatado para N e P. Por outro lado, foi observado necrose dos bordos das folhas que envolviam a inflorescência (Figura 20).

O teor de Ca nas folhas velhas, intermediárias e novas, no dia da colheita da inflorescência, foram respectivamente 20,5; 12,5 e 6,0 g kg⁻¹ de matéria seca, sendo que o teor nas folhas mais novas foi muito inferior em comparação ao observado nas plantas que receberam solução completa durante todo o experimento (Tabela 2).

O teor de Ca na inflorescência das plantas de couve-flor cultivadas com solução nutritiva sem Ca também foi significativamente menor do que o observado em plantas cultivadas com solução nutritiva completa (Tabela 3).

4.5 Magnésio

Aos 22 dias após a substituição da solução nutritiva completa por solução com omissão de Mg, iniciaram-se os sintomas de carência da couve-flor pelo nutriente. Segundo STEPHENS e ZANDSTRA (1983), a couve-flor é sensível a deficiência de Mg.

Inicialmente, observou-se clorose do limbo foliar entre as nervuras de folhas velhas (Figura 20). Uma semana após o início dos sintomas de carência em Mg, a clorose evoluiu para um amarelo intenso e as nervuras secundárias passaram de cor verde-escura para verde-clara. Plantas apresentaram-se murchas. Com a persistência da omissão de Mg na solução nutritiva, as áreas cloróticas tornaram-se esbranquiças e

com morte do tecido. Estes sintomas concordam com os descritos por CHATTERJEE e BUDE (2004). Esses autores reportam que é possível, em couve-flor, que as margens das folhas apresentem-se com tons avermelhados ou púrpuros, porém os mesmos não foram visualizados. AVALHÃES et al. (2009) observaram que a omissão de Mg causou murchamento das plantas, pontos cloróticos entre as nervuras nas folhas mais velhas, seguidos de necrose nas margens das folhas.



Figura 20. Evolução do sintoma de deficiência de magnésio em plantas de couve-flor, cultivar Verona, cultivadas em solução com omissão de magnésio: a – início de clorose internerval; b – clorose internerval, e c – branqueamento da área anteriormente clorótica. Unesp, Jaboticabal, 2011.

O sintoma de clorose se deve a diminuição do pigmento clorofila (BOTTRILL et al., 1970), que por sua vez causou à rápida desestruturação do cloroplasto. Muitas enzimas do metabolismo do ácido carboxílico requerem o Mg como ativador. Em folhas deficientes em Mg, os cloroplastos desenvolvem grandes grãos de amido. A Grana tem seu tamanho reduzido, fica irregular, vacuolizada e as vezes ocorre a lise da membrana dos cloroplastos (CHATERJEE e BUDE, 2004). Por ter função estrutural na clorofila e enzimática em reações fosforilativas (MALAVOLTA et al., 1997), que influenciam diretamente processos de fotossíntese, respiração, síntese de compostos orgânicos,

entre outros, a maior quantidade de Mg na planta está presente nas folhas. De acordo com SÁNCHEZ et al. (2001), CASTOLDI et al (2009) e TAKEISHI et al. (2009), o percentual de Mg nas folhas em relação ao total acumulado pela planta de couve-flor corresponde a 80,3; 79,6 e 93%, respectivamente.

No dia em que foi visualizado o sintoma de deficiência de Mg, 22 dias após a omissão (DAO), a planta tinha 16 folhas, 7.283,03 cm² de área foliar, e os teores de Mg nas folhas novas, intermediárias e velhas eram de 4,7; 1,4 e 0,8 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2). AVALHÃES et al. (2009) encontraram 1,0 g kg⁻¹ de Mg na matéria seca foliar de plantas com deficiência do nutriente, e segundo FURLANI et al. (1978), o teor crítico de Mg foliar, em couve-flor, é de 1,7 g kg⁻¹.

Na folha padrão de avaliação do estado nutricional da couve-flor, foi observado 6 g kg⁻¹ de Mg (Tabela 2), o qual se encontra dentro da faixa de teores, 4 a 7 g kg⁻¹, considerados adequados para couve-flor (TRANI e RAIJ, 1997). Segundo FURLANI et al. (1978), o teor médio de Mg foliar, em couve-flor, é de 4,8 g kg⁻¹ e AVALHÃES et al. (2009) obtiveram 5,3 g kg⁻¹ de Mg em folhas de couve-flor cultivadas em solução nutritiva completa.

Aos 22 DAO, os teores de Mg nas folhas velhas e intermediárias eram menores do que nas respectivas folhas de plantas cultivadas sem a omissão de Mg (Tabela 2). Entre as folhas da planta com omissão de Mg, as velhas e intermediárias apresentaram teores foliares menores do que o das novas, o que é explicado pela redistribuição do nutriente, haja vista a alta mobilidade do Mg na planta FAQUIN, 2005).

O teor de Mg nas folhas velhas, intermediárias e novas, no dia da colheita da inflorescência, foram respectivamente 0,9; 0,6, 0,8 g kg⁻¹ de matéria seca, sendo que o teor nas folhas mais velhas foi muito inferior em comparação ao observado nas plantas que receberam solução completa durante todo o experimento (Tabela 2). Contudo, pode-se constatar que em todas as folhas, os teores encontravam-se abaixo do teor crítico citado por FURLANI et al. (1978) e dos teores considerados adequados, na folha padrão, por RAIJ e TRANI (1997).

A massa da inflorescência de plantas deficientes em Mg, 820 g, foi 6% menor do que a de uma planta cultivada com solução completa, 1.020 g. A inflorescência de plantas

deficientes apresentou-se com aparência normal. A pequena redução na massa da inflorescência de couve-flor deficientes em Mg pode estar relacionado à capacidade de sua redistribuição para órgão mais jovens da planta e por sua pequena quantidade demandada pela inflorescência (SANCHEZ et al., 2001; CASTOLDI et al., 2009 e TAKEISHI et al., 2009).

O teor de Mg na inflorescência das plantas de couve-flor cultivadas com solução nutritiva sem Mg também foi significativamente menor do que o observado em plantas cultivadas com solução nutritiva completa (Tabela 3).

5 CONCLUSÕES

As omissões de N e P apresentaram sintomas diferentes dos encontrados na literatura, sendo notada uma coloração arroxeada em ambas as partes da folha para o nitrogênio e amarelecimento das folhas mais velhas para o fósforo como sintoma principal.

Os teores de N, P, K e Mg nas folhas velhas e de Ca nas folhas novas, no início de visualização dos sintomas de deficiência, foram 8,9; 0,5; 6,3; 0,8 e 5,4 g kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente.

As omissões de N, P e K foram os que mais afetaram os crescimento das plantas e a produção das mesmas tendo-se uma redução da massa da inflorescência da ordem de 87%; 49% e 42%, respectivamente, quando comparadas com o tratamento da solução completa.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, A.U.; PRADO, R.M.; CORREIA, M.A.R.; GONDIM, A.R.O.; CECILIO FILHO, A.B.; POLITI, L.S. Couve-flor cultivada em substrato: marcha de absorção de macronutrientes e micronutrientes. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.1, p.45-55, jan./fev. 2011.
- 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. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.5, p.21-28, Sept./Oct. 2009.
- BATAL, K. M.; GRANBERRY, D. M.; MULLINIX JR, B. G. Nitrogen, magnesium, and boron applications affect cauliflower yield, curd mass, and hollow stem disorder. **Hortscience**, v.32, p.75-78, 1997.
- BENNETT, W. F. **Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants**. Saint Paul: APS Press. 202 p. 1993.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnoses**. New York: G. Fischer, 1992. 741p.
- BJELIC, V. The influence of nitrogen quantities on cauliflower development and yields. **Acta Horticulturae**,v.462,p.617-622,1997.
- Brasileira 27: 438-446.
- BOTTRILL, D.E; POSSINGHAM, J. V.; KRIEDEMANN, P. E. The effect of nutrient deficiencies on photosynthesis and respiration in spinach. **Plant and Soil** 32, 424-438 (1970).
- CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. Planejamento da produção sustentável de hortaliças folhosas: organização das informações decisórias ao cultivo. **Informações Econômicas**, v.38, n.3,p.27-36, 2008.
- CAMARGO, M.S.; MELLO S.C.; FOLTRAN D.E.; CARMELLO Q.A.C. **Produtividade e podridão parda em couve-flor de inverno influenciadas pelo nitrogênio e boro**. *Bragantia*, v.67, n.2,p.371-375, 2008.

CASTOLDI R; CHARLO H.C.O.; VARGAS P.F.; BRAZ L.T.. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira** 27: 438-446. 2009

CHATTERJEE, C.; BUDE, B.K. Nutrient deficiency disorders in vegetables and their management. In: MUKERJI, K.G. **Fruit and vegetables diseases**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. p.145-163.

CONROY, J.P.; SMILLIE, R.M.; KUPPERS, M.; BEVEGE, D.I., BARLOW, E.W. **Chlorophyll a fluorescence and photosynthetic and growth responses of pinus radiata to phosphorus deficiency, drought stress, and high CO₂. P**

CUTCLIFFE, J. A., MUNRO, D. C. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and maturity of cauliflower. **Canadian Journal Plant Science**. 56: 127-131. 1976

DODD A.N.; KUDLA J.; SANDERS D. **The language of calcium signaling**. *Annu Rev Plant Biology* 61:593–620, 2010.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2005. 412p.

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

FURLANI, A. M. C. et al. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**,v.37,n.5,p.33- 44,1978.

HEUWINKEL H, KLRKBY EA, Le BOT J, MARSCHNER H. Phosphorus deficiency enhances molybdenum uptake by tomato plants. **Journal of Plant Nutrition** 15, 549-68. 1992.

JORGENSEN, S.S. **Metodologia utilizada para análises químicas de rotina: guia analítico**. Piracicaba: CENA, 1977. 24p.

KANO C; SALATA AC; CARDOSO AII; EVANGELISTA RM; HIGUTI ARO; GODOY AR. 2010. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira** 28: 453-457.

KNIGHT H.; KNIGHT M.R. **Abiotic stress signalling pathways: specificity and cross-talk**. Trends Plant Science 6:262–267, (2001).

LAUER MJ, PALLARDY SG, BLEVINS DG, RANDALL DD. Whole leaf carbon exchange characteristics of phosphate-deficient soybeans (*Glycine max* L.). **Plant Physiology** 91, 848-54. 1989.

LEHNINGER, Albert L.; **Princípios de bioquímica**. 4 ed: São Paulo. Sarvier, 2006.

LYNCH J.; LAUCHLI A.; EPSTEIN E. **Vegetative growth of the common bean in response to P nutrition**. Crop Science 31: 380-387. (1991)

MAGALHÃES, J. R. **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1988. 64p. (Documentos, 1).

MALAVOLTA E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres. 251p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. de. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: **POTAFOS**, 1997. 319p.

MARSCHNER H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 889p. 1995.

MCAINSH M.R.; PITTMAN, J.K. **Shaping the calcium signature**. New Phytology 181:275–294, 2009.

MCGRADY, M. Transplant nutrient conditioning improves cauliflower early growth. **Journal of Vegetable Crop Production**, v.2, n.2, p.39-49, 1997.

MELLO, S. C.; CAMARGO, M. S.; VIVIAN, R.; NASCIMENTO, T. S.; OLIVEIRA, E. S.; BERTANHA, R.; Nitrogênio e boro na produção e incidência da haste oca em couve-flor ‘Sharon’. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.761-764, 2009.

MENGEL, K; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Bem: Intern. Postash Institute, 1987. 687 p.

MEYER, B.; ANDERSON, D.; BOHNING, R.; FRATIANNE, D. **Introdução à fisiologia vegetal**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill. v.2, p.541-593, 1983.

MOTA, G.M.F.; SOUSA, E.R.; RANAL, M.A. Resposta da couve-da-malásia (*Brassica chinensis* L. var. *parachinensis* (Bailey) Sinskaja) à deficiência nutricional. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.31, n.2, p. 321-329, 2009.

MUNNS, R.; TESTER, M. **Mechanisms of salinity tolerance**. Annu Rev Plant Biology 59:651–681, 2008.

NILSON, T. The influence of soil type, nitrogen and irrigation on yield, quality and chemical composition of cauliflower. **Swedish Journal of Agricultural Research**, Oslo, v.10, p.65-75, 1980.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Eds.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. EMBRAPA-SEA, Brasília, 1991. p.189-255.

PEREIRA, C.; JUNQUEIRA, A.M.R.; OLIVEIRA, S.A. Balanço nutricional e incidência de queima de bordos em alface produzida em sistema hidropônico – NFT. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, jul./set. 2005

PILBEAM D.J, CAKMAK I, MARSCHNER H, KIRKBY E.A. Effect of withdrawal of phosphorus on nitrate assimilation and PEP carboxylase activity in tomato. **Plant and Soil** 154, 111-17. 1993.

PÔRTO DRQ. **Densidades populacionais e épocas de plantio na cultura da couve-flor, híbrido Verona 284**. Jaboticabal: UNESP/CAV. 74p. (Tese doutorado). 2009.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, V.B.; ANDRADE, J.C. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto agrônomo, 2001.

SÁNCHEZ, R.; BOTÍA, C.P.; SIRONI, J.S.; SÁNCHEZ, A.A.; CRESPO, A.P.; NARTÍNEZ, C.N. Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor. **Investigación Agraria: Producción Vegetal**. Vol.16, 2001

SANDERSON, K. R. Broccoli and cauliflower response to supplemental soil sulphur and calcium. **Acta Horticulturae**, v.627,p.171-179,2003.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56p.

SEABRA JUNIOR, S.; ORIANI, E.E.; GOTO, R.; MARINGONI, A.C.; GADUM, J.; VILLAS BOAS, R.L.; COSTA, J.R. **Produção de crócolis tipo inflorescência única em função de doses de nitrogênio e potássio e de podridão negra.**, *Horticultura Brasileira*, v.26, n.2, jul-ago, 2008.

SILVA, J. T. A. de. **Avaliação nutricional da bananeira 'Prata Ana' (AAB) sob irrigação, no semi-árido do Norte de Minas Gerais**. 2004. 126f. Tese (Doutorado)–UFLA, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SILVA, M. A. C. **Métodos de avaliação do estado nutricional para o algodoeiro no Centro-Oeste do Brasil**. 2006. 75f. Tese (Doutorado)-FCAV, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SINGH, S.; SHARMA, C. P. Potassium nutrition of cauliflower. **Journal horticulturae Science** v.63,p.629-33,1988.

SOUZA, J. O. Dinâmica de acúmulo de macronutrientes pela cultura da couve-flor 'Verona'. **Horticultura Brasileira**, Marília, v. 25, supl., 2007.

STEPHENS, C.T.; ZANDSTRA, B.H. **Disorders of cole crops**. East Lansing: Michigan State University, 1983. 4p.

STURMER, S.L.K.; BARTZ, H.R.; TREVISAN, J. N.; MARTINS, G. A K.; HOLZSCHUH, M. J.; TREVISAN, B. G. **Validação das recomendações de adubação nitrogenada para uma sucessão de brassicáceas em Planossolo Hidromórfico distrófico arênico da Região Central do Rio Grande do Sul** . In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 25., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3ª ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2004. p. 95-112.

TAKEISHI, J.; CECÍLIO FILHO, A. B. ; OLIVEIRA, P.R. . Crescimento e acúmulo de nutrientes em couve-flor 'Verona'. **Bioscience Journal** (UFU), v. 25, p. 1-10, 2009.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: **Fundação IAC**, 1997. p. 157-185. (Boletim Técnico 100).

TREMBLAY, N.; BE'LEC, C.; COULOMBE, J.; GODIN, C. Evaluation of calcium cyanamide and liming for control of clubroot disease in cauliflower. **Crop protection**,v.24,n.9,p.798-803,2005.

VITTI, G.C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 37p.

ZANÃO JUNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; RANAL, M. A. Doses de nitrogênio na produção de couve-da-malásia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.76-80, jan-mar. 2005.

WHITE, P.J.; BROADLEY M.R., 2003. Calcium in plants. **Ann. Bot.**, 92: p. 487-511.