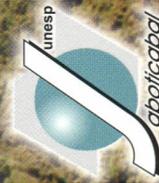




NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS



Editores:
Renato de Mello Prado
Arthur Bernardes Cecílio Filho

2016 Renato de Mello Prado
Arthur Bernardes Cecílio Filho

Diagramação: Flávia Maria Martucci Vidureto
Impressão: Gráfica e Editora Santa Terezinha
Revisão Gramatical: Vítório Barato Neto

Pedidos: FUNEP - Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº
CEP: 14884-900 – Jaboticabal – SP
www.funep.org.br

Prado, Renato de Mello.

P896n Nutrição e adubação de hortaliças / Renato de Mello Prado, Arthur
Bernardes Cecílio Filho. – Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016.

600 p.

Inclui bibliografia
ISBN 978-85-61848-15-6

1. Plantas-Nutrição. 2. Hortaliça-Diagnose foliar. I. Cecílio Filho,
Arthur Bernardes. II. Título.

CDU 631.81

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus
de Jaboticabal.

Não é permitida a reprodução total ou parcial desta obra sem a autorização
expressa do editor.

Tiragem: 1.000 exemplares

REALIZAÇÃO

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus Ja-
boticabal
GENPLANT: Grupo de Estudos em Nutrição de Plantas da UNESP

APOIO

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Su-
perior

- PIMENTEL, M.S.; LANA, A.M.Q.; DE-POLLI, H. Rendimentos agronômicos em consórcio de alface e cenoura adubadas com doses crescentes de composto orgânico. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, p.106-112, 2009.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba. Ceres, 1991, 343p.
- SANTOS, J.F.; SOUZA, M.R.; SANTOS, M.C.C.A. Resposta da batata-doce (*Ipomoea batatas*) à adubação orgânica. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, v.3, p.13-16, 2009.
- SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A. **Cultivo da batata-doce**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1995. 18p. (Instruções técnicas, 7)
- SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. (Eds.) **Batata-doce** (*Ipomoea batatas*). Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 2008. (Sistema de Produção, 6.) Jun. 2008. Disponível em: <https://sistemas-deproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/nutricao_adubacao.html>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação potássica em Eucalyptus**. Piracicaba: 2000. 12p. (Informações Agronômicas, 91).
- SOUZA, R.J.; RESENDE, G.M.; YURI, J. E. MOTA, J.H. **Cultura da batata-doce**. Lavras: UFLA, 2003. 70p.
- SUQUILANDA, M. **Agricultura orgânica** - alternativa tecnológica do futuro. Quito, Ecuador: UPS/Fundagro, 1996. 654p.
- TRAYNOR, M. **Sweet potato production guide for the top end**. Darwin, Australia: NT DPI, 2005. 13p.

Capítulo 21

NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DA CULTURA DA ALFACE

*Jony Eishi Yuri*¹

*José Hortêncio Mota*²

*Geraldo Milanez de Resende*¹

*Rovilson José de Souza*³

21.1. Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea, anual, pertencente à família Asteraceae, sendo considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação do brasileiro, o que assegura a essa cultura expressiva importância econômica e social (CARVALHO et al., 2005). É também a hortaliça folhosa mais consumida no mundo.

A cultura da alface apresenta um sistema radicular muito ramificado e superficial, explorando os primeiros 0,25 m de profundidade do solo. A raiz é pivotante e pode atingir até 0,60 m de profundidade, sendo que esta cultura se adapta melhor a solos de textura média com boa capacidade de retenção de água (FILGUEIRA, 2008).

A alface apresenta um desenvolvimento adequado quando cultivada em solos estruturados, arejados, ricos em matéria orgânica e com adequada

¹ Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Semiárido, Rodovia BR-428, Km 152, s/n, Zona Rural, CEP 56302-970, Petrolina, PE, jony.yuri@embrapa.br; geraldo.milanez@embrapa.br

² Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Professor da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, Rod BR 364, Km 192, Parque Industrial, CEP 75801-615, Jataí, GO, hortenciomota@terra.com.br

³ Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Professor da Universidade Federal de Lavras, Câmpus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, rovilson@dag.ufla.br

umidade. Os solos muito compactados ou encharcados provocam diminuição na produtividade e aumento de doenças nas plantas de alface. São plantas exigentes em nutrientes, principalmente potássio, nitrogênio, cálcio e fósforo, não podendo desprezar-se, entretanto, a importância dos demais. É uma cultura que apresenta lento crescimento inicial, até os 30 dias, quando, então, o ganho de massa seca é acentuado até a colheita. Apesar de absorver quantidades relativamente pequenas de nutrientes quando comparadas com outras culturas, seu ciclo rápido torna-a mais exigente em nutrientes (ZAMBOM, 1982). E quando há deficiência dos nutrientes, há diminuição direta na produtividade da cultura.

Os sintomas visuais exibidos pelas plantas sob à deficiência de nutrientes são bastante úteis na identificação das causas da desordem. Normalmente, as plantas com sintomas de deficiência apresentam coloração e crescimento anormais, queimas e distorções de partes da planta.

Como alguns fatores não nutricionais podem também produzir sintomas similares, observações cuidadosas são necessárias para se ter uma correta diagnose do problema (WEIR; CRESSWELL, 1993).

21.2. Exigências nutricionais

Nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pela maioria das culturas, e os solos necessitam de adições regulares desse elemento, por apresentar acentuado dinamismo no solo havendo diversas transformações químicas e biológicas (MALAVOLTA, 1980; WEIR; CRESSWELL, 1993; LANGE, 2002).

As doses adequadas de N favorecem o crescimento vegetativo, o acúmulo de massa e o aumento da área foliar; entretanto, o excesso pode ocasionar vários problemas, entre os quais, perda de qualidade do produto (MALAVOLTA, 2006; FILGUEIRA, 2008), e menor durabilidade no tempo de armazenamento.

Devido à cultura ser composta basicamente de folhas, a mesma responde bem ao fornecimento de N, nutriente que requer um manejo especial quanto à adubação, por ser de fácil lixiviação e pelo fato de a planta

absorver maior quantidade na fase final do ciclo. Sendo que sua deficiência retarda o crescimento da planta (ALMEIDA et al., 2011) e induz a má-formação da cabeça da alface (GOTO et al., 2001).

Em casos de deficiência, ocorre também a diminuição na produtividade em todas as culturas, sendo que os sintomas são mais severos nas hortaliças folhosas, e nas folhas mais velhas há um amarelecimento uniforme, devido a sua mobilidade para as folhas mais novas.

Os fatores que podem condicionar a deficiência de nitrogênio são: ausência da adubação nitrogenada ou em quantidade insuficiente, quantidade elevada de material não decomposto nos canteiros (relação C/N elevada), solo compactado e excesso de precipitação pluvial ou irrigação, que podem favorecer a lixiviação deste nutriente, especialmente solos com textura arenosa.

Para contornar este problema, é preciso estar atento ao preparo antecipado do solo, adubar equilibradamente, evitar excessos de irrigação e realizar adubações de cobertura com fertilizantes nitrogenados. Sendo que uma técnica muito utilizada pelos produtores é a aplicação de matéria orgânica no solo, na forma de cama de aves (10 t ha^{-1}) ou esterco bovino (30 a 40 t ha^{-1}), ou outra fonte de matéria orgânica disponível, a qual fornecerá macro e micronutrientes para a cultura.

De acordo com Fontes (1999), pode-se aplicar no transplântio da cultura da alface de 150 kg ha^{-1} de N.

Fósforo

O fósforo (P) é o elemento que mais frequentemente tem limitado a produção agrícola do País. Além da carência generalizada nos solos brasileiros, o elemento apresenta forte adsorção aos colóides, provocando redução na eficiência da adubação fosfatada (FAQUIN, 1994).

As plantas absorvem a maior parte do P na forma de íon ortofosfato primário (H_2PO_4^-). O fosfato absorvido pelas células é rapidamente envolvido em processos metabólicos. Trata-se de um elemento bastante móvel na planta, sendo redistribuído com facilidade pelo floema, provocando sintomas nas folhas mais velhas.

As plantas com deficiência de P apresentam redução no desenvolvimento com amarelecimento das bordas das folhas mais velhas e, se esta

severidade for elevada, pode provocar necrose das margens das folhas velhas. As raízes apresentam desenvolvimento anormal. A disponibilidade deste nutriente vai depender principalmente da quantidade existente no solo, tipo e quantidade de argila, época de aplicação do fertilizante fosfatado, aeração, compactação, umidade do solo e temperatura ambiente.

De acordo com Fontes (1999), podem-se aplicar no transplântio das mudas de alface de 50 a 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com posterior incorporação ao solo.

Potássio

Entre os fertilizantes consumidos pela agricultura brasileira, o potássio (K) é o segundo mais utilizado, ficando atrás apenas do P. É também o segundo mais exigido pela maioria das plantas (FAQUIN, 1994).

Em solos com elevado teor de potássio, pode ocorrer o excesso de absorção pelas plantas, além das necessidades, o que é definido como consumo de luxo (PADILHA, 1998). As condições que podem predispor à deficiência de K são os solos de reação ácida e de textura arenosa, com elevada lixiviação; alguns solos orgânicos; solos com alta adsorção de K em forma não trocável nos coloides; solos intensivamente cultivados sem a aplicação do nutriente; e elevados teores de outros cátions, como magnésio e amônio (MAGALHÃES, 1988).

A deficiência de potássio provoca necrose nas margens das folhas mais velhas que, em alguns casos, pode estender-se para as áreas internervais. A maneira usual para a correção desta deficiência, está na aplicação de fertilizantes potássicos em cobertura, via fertirrigação (ex.: 70 a 80 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto ou sulfato de potássio).

Na adubação potássica de transplântio das mudas de alface, Fontes (1999) recomenda aplicar doses de 60 a 120 kg ha⁻¹ de K₂O dependendo do teor de K do solo.

Cálcio

O cálcio (Ca), considerado disponível para a planta é aquele adsorvido aos coloides e presente na solução do solo como cátion Ca²⁺ (FAQUIN, 1994), e as quantidades totais no solo variam de menos de 0,1% a mais de 25%.

É um nutriente exigido em quantidades muito variadas em diferentes culturas, sendo mais exigido pelas dicotiledôneas do que pelas monocotiledôneas. As culturas como o tomate, pimentão e alface são bastante exigentes em Ca, pois sua deficiência interfere diretamente no produto consumido.

A deficiência de Ca na planta pode surgir quando o suprimento deste nutriente em tecidos jovens, tais como folhas novas, fruto em desenvolvimento e pontos de crescimento, for interrompido na fase crítica. As condições que predisõem à deficiência de Ca são o rápido crescimento da planta em temperaturas elevadas; baixo teor de água no solo; e antagonismo com outros cátions no solo, como amônio, potássio e magnésio (MAGALHÃES, 1988).

O Ca é absorvido pelo fluxo de massa para as regiões de maior transpiração ou para as folhas mais velhas, no caso da cultura da alface. Na raiz, a deficiência não é muito comum em condições de campo.

A deficiência de Ca na planta apresenta-se por meio da necrose em pontos de crescimento das folhas novas, denominadas "tip-burn", a qual comumente ocorre em condições de temperaturas elevadas. Quando esta deficiência se manifesta de forma acentuada na cultura da alface (folhas novas), a mesma não tem valor comercial.

A principal prevenção à deficiência de Ca está na realização de uma calagem adequada visando a diminuir a acidez do solo. Pereira (2015), testando doses de nitrato de cálcio em alface-americana, observou que a aplicação do fertilizante nitrato de cálcio melhorou as características fitotécnicas da cultura.

Magnésio

Os solos geralmente contêm teor de magnésio (Mg) inferior do que de cálcio, pois o mesmo não é adsorvido tão fortemente pelas argilas e pela matéria orgânica, sendo assim mais sujeito à lixiviação. Este elemento é absorvido pelas plantas como cátion Mg²⁺. Uma vez dentro da planta, exerce várias funções. Trata-se de um elemento central da molécula da clorofila, estando diretamente envolvido com a fotossíntese. Além desta, outras importantes funções são desempenhadas pelo Mg, como a ativação enzimática, auxílio na respiração e no metabolismo do fosfato (FAQUIN,

1994; LOPES, 1998).

As plantas deficientes em magnésio apresentam nas bordas das folhas mais velhas uma clorose que, dependendo da severidade, estendendo-se para o interior, entre as nervuras. É um sintoma muito semelhante a deficiência de N ou também de virose, o que exige do técnico ou produtor uma diagnose cuidadosa. Normalmente, esta deficiência ocorre de forma generalizada, o que não acontece com as viroses, em que as plantas atacadas estão distribuídas ao acaso.

A deficiência de magnésio é favorecida pela aplicação excessiva de N amoniacal ou P, e em solos de acidez elevada e de textura arenosa que favorece a lixiviação. Os métodos práticos para corrigir esta deficiência são: a prática da calagem com calcário dolomítico, pulverização com sulfato de magnésio a 5% e/ou fertirrigações com o mesmo produto, numa dose, por ciclo da cultura, de 40 kg ha⁻¹.

Enxofre

A forma disponível de enxofre (S) para as plantas encontra-se no solo na forma de ânion sulfato (SO₄²⁻). Pelo fato de ser um ânion, não é atraído para as superfícies da argila do solo e da matéria orgânica, exceto sob certas condições. De forma geral, permanece na solução do solo e movimenta-se com a água do solo, sendo facilmente lixiviado. Pode, também, ser absorvido pelas plantas por meio das folhas como gás dióxido de enxofre (SO₂) do ar (LOPES, 1998).

O S está presente nas moléculas da proteína, estando relacionada com a síntese da mesma e, também, faz parte da estrutura de alguns aminoácidos, como a cisteína e a metionina. Devido a sua participação nos compostos e em reações, a carência deste nutriente provoca diversos distúrbios metabólicos. Nestas condições, ocorre diminuição na síntese de açúcares, gorduras e proteínas, e com isto, prejudica o crescimento da planta (FAQUIN, 1994).

Os sintomas de deficiência de S na alface assemelham-se à deficiência de nitrogênio, porém, este nutriente não se transloca das folhas mais velhas para as mais novas (RAIJ, 1991).

Para a prevenção da deficiência de S, recomenda-se a utilização de fertilizantes que contenham S, como superfosfato simples, sulfato de amô-

nio, sulfato de magnésio, sulfato de potássio ou gesso agrícola (MAGALHÃES, 1988).

Boro

O boro (B) é classificado como um não metal, muito leve e de raio iônico muito pequeno. Apresenta grande semelhança entre o ácido silícico e o ácido bórico. Em solução, as formas mais importantes são o ácido bórico e o ânion H₂BO⁻³. O intemperismo de rochas contendo B origina principalmente ácido bórico não ionizado em solução, que pode migrar por meio da água de drenagem (RAIJ, 1991).

O B, quando aplicado no solo, é afetado pelo valor do pH, teor de matéria orgânica, compostos de ferro e alumínio, tipo de argila, textura, umidade e interações com outros íons (DANTAS, 1991). O boro apresenta maior disponibilidade na faixa de valor pH 5 a 7, sendo que, em condições de alta pluviosidade é móvel no solo havendo perdas por lixiviação (LOPES; CARVALHO, 1988), particularmente em solos de textura arenosa (POTAFÓS, 1996).

A deficiência de B provoca, em plantas novas, uma ondulação nas bordas, engrossamento das folhas e também se verifica o aumento de aspereza e a tonalidade prateada das folhas. As folhas novas ficam pequenas e necrosadas, e, com a progressão da deficiência, acabam morrendo. Esta deficiência apresenta um sintoma bastante característico na raiz, onde provoca um fendilhamento longitudinal, que posteriormente é cicatrizado.

Os fatores que podem levar à deficiência de B são a excessiva aplicação de calcário, principalmente em solos de textura arenosa, o excesso de adubação nitrogenada e também o elevado índice de precipitação. Para a correção desta deficiência, recomenda-se fazer uma aplicação de B no solo (20 kg ha⁻¹ de bórax).

Cobre

O cobre (Cu) encontra-se no solo na forma de cátion Cu²⁺, que é adsorvido à fração mineral e complexado pela matéria orgânica. Mais de 98% do Cu da solução do solo estão complexados como quelatos com compostos orgânicos de baixo peso molecular, como aminoácidos, compostos fenólicos e outros compostos quelantes (FAQUIN, 1994).

É componente estrutural de certas enzimas oxirredutoras, e está relacionado com a síntese de proteína e com a fotossíntese (MAGALHÃES, 1988). O Cu é um elemento necessário para a formação da clorofila nas plantas, catalisando vários processos no metabolismo vegetal e é necessário para a promoção de diversas reações (LOPES, 1998).

Com a deficiência de Cu, as folhas da alface tornam-se longas e com as margens cloróticas. As folhas novas ficam em posição de taça, com os bordos ondulados para baixo. O crescimento da planta é reduzido e ocorre má-formação da cabeça. A ocorrência de deficiência em culturas de alface, em solos turfosos, portanto, ricos em matéria orgânica, tem sido observada tanto no exterior quanto no Brasil (TRANI, 2001). Segundo Havlin et al. (1999) a alface é considerada como de alta sensibilidade, quando em condições de baixos teores de Cu disponível.

Normalmente, a deficiência de Cu ocorre em solos com textura arenosa e também em solos orgânicos e/ou com alto valor pH resultando em baixa disponibilidade do elemento devido à maior adsorção no solo. Por ser pouco móvel no floema, os sintomas de deficiência aparecem comumente nas folhas mais novas das plantas (MAGALHÃES, 1988).

Para a prevenção da deficiência de Cu, Magalhães (1988) recomenda aplicar via foliar oxicloreto de cobre a 0,4%.

Ferro

A ocorrência de ferro (Fe) nos solos é observada, principalmente, na forma de óxidos e hidróxidos. Os teores totais em solos estão normalmente entre 0,5 e 5,0%, podendo em alguns casos ultrapassar os 10,0%. Tem sua solubilidade afetada pelo estado de oxirredução e pelo valor pH do solo. A disponibilidade é maior sob condições de pH baixo e com a diminuição do potencial de oxirredução do solo (FAQUIN, 1994).

O Fe está ligado à síntese de clorofila e atua no transporte de elétrons e no metabolismo oxidativo (MAGALHÃES, 1988). Também é componente de dois complexos enzimáticos ligados ao metabolismo do nitrogênio, à nitrogenase e à redutase de nitrato, responsáveis, respectivamente, pela fixação biológica do N_2 e pela redução do NO_3^- a NO_2^- (FAQUIN, 1994).

Em função de o Fe não ser redistribuído dentro da planta, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas jovens, sendo que, em

situações mais severas, toda a planta apresentará coloração amarelada ou esbranquiçada (LOPES, 1998). O sintoma de deficiência de Fe normalmente é caracterizado pela clorose internerval ou uniforme de verde-claro e amarelo, podendo até mesmo atingir a coloração branca (MAGALHÃES, 1988).

Como forma de prevenção à deficiência de Fe, recomenda-se evitar o excesso de calcário ou a incorporação superficial no solo. Outra forma seria por meio de pulverizações foliares com Fe-EDTA a 0,05% (MAGALHÃES, 1988).

Manganês

O manganês (Mn) é o segundo micronutriente mais abundante no solo, perdendo apenas para o Fe. É absorvido pelas plantas, principalmente na forma de Mn^{2+} , que pode encontrar-se adsorvido aos coloides, solúvel na solução do solo na forma iônica ou na forma de quelato. Os dois principais fatores que afetam a disponibilidade de Mn no solo são o pH e o potencial de oxirredução do solo (FAQUIN, 1994).

Em sua ausência, provoca nas plantas uma severa desordem na estrutura dos cloroplastos, indicando que o elemento tem funções na formação da clorofila e na integridade dos cloroplastos. É também um ativador de enzimas, estando relacionado com as reações de oxirredução (MAGALHÃES, 1988).

Como o Mn não é translocado na planta, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas jovens, onde surgem cloroses internervais, progredindo de verde-claro para amarelo e amarelo-claro.

Para a prevenção da deficiência de Mn, deve-se evitar calagens excessivas. Pode também ser feita por meio de pulverizações foliares, utilizando-se de sulfato de manganês a 0,4% (MAGALHÃES, 1988).

Molibdênio

As formas de ocorrência do molibdênio (Mo) no solo são a não disponível, na qual o mesmo é retido no interior da estrutura de minerais primários e secundários, e na forma disponível ou trocável aparece retido nas argilas como MoO_4^{2-} , e cuja maior ou menor disponibilidade está em função do valor pH, do teor do fósforo disponível, da matéria orgânica,

e solúvel em água, em teores extremamente baixos e disponíveis para as plantas (DAVIES, 1956).

Nos solos brasileiros, o teor total de Mo varia entre 0,06 e 6 mg dm⁻³, enquanto o disponível se encontra na faixa de 0,10 a 1,40 mg dm⁻³ (MALAVOLTA et al., 1991). Os teores críticos de Mo no solo para a maioria das plantas situam-se, de acordo com Lopes e Carvalho (1988), entre 0,10 e 0,20 ppm e, segundo Oliveira e Thung (1988), abaixo de 0,15 ppm no solo.

Nos sistemas biológicos, o Mo é constituinte de, pelo menos cinco enzimas catalisadoras de reações. Observa-se que três destas enzimas (redutase do nitrato, nitrogenase e oxidase do sulfito) são encontradas em plantas (GUPTA; LIPSETT, 1981). A função mais importante do Mo nas plantas está relacionada com o metabolismo do nitrogênio (CHAI-RIDCHAI, 2000). Esta função está ligada à ação ou à ativação enzimática, principalmente das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato (MALAVOLTA, 1980; DECHEN et al., 1991).

Em hortaliças, a deficiência de Mo pode ocorrer em condições de solos ácidos, o que torna o elemento não disponível, ou em solos onde o Mo é fixado por minerais secundários.

Os sintomas de deficiência de Mo, em geral, expressam-se como carência de nitrogênio, mostrando clorose nas folhas mais velhas, com possíveis necroses marginais, com a acumulação de nitrato, e podem aparecer nas folhas mais novas com o progresso da deficiência. Podem apresentar características diferentes com a espécie, surgindo uma desordem bem específica. Os sintomas de deficiência nas hortaliças ocorrem mais provavelmente quando a concentração do nutriente na folha cai abaixo de 0,2 mg dm⁻³ (MAGALHÃES, 1988).

A quantidade de Mo exigida pelas hortaliças é muito pequena, quando apenas alguns décimos de ppm são encontrados no tecido vegetal. A prevenção da deficiência, em solos de reação ácida, faz-se com a prática da calagem visando atingir no mínimo valor pH igual a 5,5. Em solos com baixo teor total de Mo, pode ser recomendada a aplicação de molibdato de sódio de 1 a 2 kg ha⁻¹. O tratamento de semente com solução de molibdato pode ser uma alternativa eficiente. A correção da deficiência pode ser feita com pulverização foliar, utilizando molibdato de amônio a 0,03% (MA-

GALHÃES, 1988).

Em alface, os sintomas de deficiência de Mo começam a aparecer nas folhas amadurecidas, que não se desenvolvem bem, permanecendo ovaladas e de cor verde-amarela pálida e indicando textura semelhante à de papel. Em plantas bem nutridas com nitrato, os sintomas de deficiência de Mo assemelham-se aos de nitrogênio. Recomenda-se pulverizar as plantas na sementeira com solução de 0,05% de molibdato de amônio ou de sódio (SONNENBERG, 1998). Barros (1979) verificou que alfaces apresentavam cabeças abertas e crescimento retardado, em função da deficiência de Mo.

Em solo com acidez média que recebeu previamente material corretivo, Fontes et al. (1982) constataram resposta da cultura de alface ao fornecimento de 780 g ha⁻¹ de molibdênio via solo, na forma de molibdato de sódio, tendo ocorrido o aumento médio de 31% na produção comercial da cultura.

Zinco

No solo, o zinco (Zn) ocorre nos minerais primários que contêm, como elemento acessório, olivina, augita, biotita e magnetita. Esses minerais ocorrem em rochas básicas (ferromagnesianas e magnetita) e em rochas ácidas (biotita e hornblenda) (SOUZA et al., 1991).

Estima-se que 30 a 60% do Zn esteja preso ao Fe₂O₃ hidratado (goetita), e esta retenção aumenta com a elevação do valor pH, reduzindo sua disponibilidade às plantas. Nos solos das regiões tropicais, uma alta proporção de Zn se encontra em formas adsorvidas na argila e na matéria orgânica (FAQUIN, 1994).

A disponibilidade do Zn no solo é afetada por diversos fatores, como o pH; fixação pelos minerais de argila, óxido de ferro e alumínio; precipitação pelo fosfato; lixiviação e adsorção pela matéria orgânica (SOUZA et al., 1991).

De acordo com Dechenet al. (1991), a absorção de Zn pelo sistema radicular é dificultada pela inibição competitiva com outros nutrientes, como adubação pesada com fósforo, que insolubiliza o zinco na superfície das raízes, dificultando sua absorção.

Além disso, o encharcamento do solo também diminui a disponibi-

lidade de Zn e, em valor pH elevado, o aumento de uma unidade promove a diminuição, em 100 vezes, da concentração de Zn na solução do solo (MALAVOLTA, 1980).

Segundo Oliveira et al. (1999), a forma mais importante de movimentação do Zn no solo, devido a sua baixa concentração, parece ser por difusão. E a forma em que o Zn é absorvido pelas raízes das plantas, de acordo com Dechen et al. (1991), é como Zn^{2+} , podendo também ser na forma de Zn-quelato.

Na planta, de acordo com Faquin (1994), o Zn tem como principal função ser componente e ativador enzimático, como as desidrogenases, sintetases, carboxilases e isomerases. O Zn participa do metabolismo do nitrogênio na planta. Está também envolvido no metabolismo de auxinas, em particular no AIA (ácido indolacético). Trata-se de um micronutriente requerido na síntese do aminoácido triptofano, um precursor da biossíntese do AIA.

O micronutriente tem importância na manutenção da integridade da membrana plasmática, impedindo a peroxidação da camada lipídica. Também se liga a grupos fosfolipídeos e sulfídricos constituintes da membrana ou forma complexos tetraédricos com resíduos de cisteína da cadeia polipeptídica, bem como protege os lipídeos e as proteínas da membrana contra danos oxidativos (MARSCHNER, 1995).

De acordo com Weir e Cresswell (1993), plantas deficientes em Zn apresentam sintomas característicos como folhas pequenas e com formato distorcido. Além disso, provoca um encurtamento nas brotações e uma aglomeração de folhas na região de crescimento.

Por ser necessário em quantidades muito pequenas, e pelo fato de que a semente fornece este nutriente, neste experimento, não foram constatados sintomas de deficiência de Zn nas plantas; entretanto, verificou-se a redução de 6% na massa total da planta e 7% na massa da parte aérea.

Como meio de fornecer Zn às plantas, pode-se utilizar a adubação foliar, observando alguns fatores que podem afetar a absorção, como a característica da folha, técnica de aplicação, condições e as características químicas da solução aplicada, entre outros (RAMANI; KANNAN, 1985). O sulfato de zinco é a fonte tradicional de zinco, mas muitas outras fontes estão disponíveis, variando de quelatos a subprodutos industriais, como os

que contêm óxido de zinco (WESTFALL et al., 1999).

Weir e Cresswell (1993) recomendam, para as hortaliças em geral, aplicação via foliar de 0,2% de sulfato de zinco, logo que os primeiros sintomas de deficiência surjam na planta. Caso ocorra necessidade, os autores recomendam uma segunda aplicação, com a mesma concentração, após duas semanas.

21.3. Calagem

Normalmente, os solos brasileiros caracterizam-se por apresentar elevada acidez. A alface não se desenvolve de forma adequada em solos com reação ácida ($pH < 5,5$) e também muito alcalino. Estas condições favorecem as deficiências e/ou a toxidez mineral.

Portanto, de acordo com os resultados da análise de solo, se houver necessidade, é realizada a calagem. Esta pode ser feita em uma única operação ou parcelada em duas vezes. Quando todo o calcário for aplicado de uma vez, recomenda-se fazer antes da aração. Em casos de parcelamento, a primeira aplicação pode ser efetuada antes da aração, e a segunda, antes da gradagem. A calagem é efetuada em área total, para elevar a saturação por bases a 80%. O calcário utilizado na área vai depender da relação Ca^{+2}/Mg^{+2} , podendo ser dolomítico ou calcítico.

Como a olericultura é normalmente praticada no sistema convencional de preparo do solo, o calcário deve ser incorporado na camada de 0 a 20 cm, com aração seguida de gradagem (SBCS, 2004). De acordo com Trani (2014), a aplicação do calcário deve ser feita, com pelo menos, 30 a 40 dias de antecedência ao plantio, utilizando-se de preferência o calcário finamente moído ("filler") com PRNT de 80 a 90% ou parcialmente calcinado (PRNT: 90 a 100%). Caso seja encontrado apenas o calcário comum (PRNT: 60 a 70%), este deve ser incorporado ao menos 90 dias antes do plantio. Deve-se preferir os calcários que contenham boa quantidade de magnésio em sua composição ($MgO > 12\%$).

A reaplicação do corretivo deve ser feita quando a análise de solo indicar a necessidade. Deve-se utilizar calcário dolomítico devido às grandes quantidades absorvidas de Ca e de Mg pela maioria das espécies (SBCS, 2004).

21.4. Adubação orgânica

A exploração agrícola, ligada tanto à produção vegetal quanto à produção animal, resulta na geração de vários resíduos orgânicos, os quais contêm, em diferentes proporções, todos os nutrientes para as plantas. Com o adequado manejo destes resíduos, é perfeitamente possível a aplicação na produção de hortaliças.

A aplicação de matéria orgânica no solo traz vários benefícios, destacando-se os aumentos da porosidade, infiltração, retenção de água e resistência à erosão, redução do período de encharcamento, compactação do solo e variações de umidade e temperatura do solo. Além destes aspectos físicos, podem-se destacar ainda os benefícios biológicos, tais como aumento de microrganismos benéficos ao solo, maior enraizamento das plantas, maior resistência à seca, doenças e pragas, aumento do sabor e período de conservação pós-colheita. A matéria orgânica também proporciona uma liberação de nutrientes ao solo. Em se tratando do aspecto químico, a matéria orgânica aumenta a capacidade de troca de cátions, favorecendo o aproveitamento de fertilizantes minerais e diminuindo o risco de salinização. A cultura da alface, apresenta um ciclo curto e com elevada produção por área e extração de nutrientes. Daí a necessidade da reposição por meio da incorporação de matéria orgânica.

A utilização da adubação orgânica, como composto orgânico e esterco de aves, permite melhorar as características físicas e biológicas do solo, melhorando a retenção de umidade, a agregação, a porosidade e aumentando a atividade microbiana do solo (MARCHI, 2006).

Para a utilização adequada da matéria orgânica, devem-se levar em consideração alguns cuidados, como evitar materiais contaminados com patógenos, pragas, sementes de plantas daninhas, metais pesados e substâncias tóxicas, principalmente quando este material vier de fora da propriedade. Entretanto, com exceção dos metais pesados, os problemas com os demais contaminantes podem ser resolvidos por meio de uma boa compostagem.

A adubação orgânica, especialmente o esterco animal, é altamente benéfica a essa cultura de raízes delicada se exigente ao aspecto físico do solo, mas a resposta da alface varia de acordo com a cultivar e a fonte de adubo utilizada (RICCI et al., 1995; FILGUEIRA, 2008).

A adubação orgânica, com esterco de animais e compostos orgânicos, tem sido amplamente utilizada na produção de alface, com o objetivo de reduzir as quantidades de fertilizantes químicos do solo (SILVA et al., 2001). Além disso, a matéria orgânica promove aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, complexando elementos tóxicos e micronutrientes, participando na formação de agregados do solo e, consequentemente, diminuindo a densidade do solo, aumentando a porosidade, infiltração, retenção de água e aeração do solo (LUCHESE et al., 2002; SOUZA; RESENDE, 2006).

Recomenda-se a aplicação de 50 t ha⁻¹ de esterco bovino bem curtido ou de composto orgânico sobre os canteiros e incorporá-los ao solo. Outras alternativas podem tornar-se viáveis, dependendo da disponibilidade, como: aplicação de 12 t ha⁻¹ de esterco de aves (FONTES, 1999).

21.5. Adubação química

A alface, embora apresente um ciclo relativamente curto (2 a 3 meses), consome uma grande quantidade de adubo. É extremamente crítico cumprir o requerimento nutricional da planta em período tão curto de tempo. Assim sendo, é importante que se tome a decisão da quantidade e do tipo de adubo a ser utilizado, amparado numa análise de solo.

As plantas de alface têm sistema radicular muito sensível e superficial, que requer adequada adubação de solo, para a obtenção de alta produtividade.

Quanto à adubação de cobertura, neste sistema de produção, tem-se utilizado a fertirrigação.

Adubação de base (1ª plantio)

Normalmente, os produtores têm utilizado fertilizantes formulados, principalmente o 04-30-16. Rajj et al. (1996) recomendam a aplicação de 800 a 1.000 kg ha⁻¹ do formulado. Entretanto tem-se indicação para elevar a quantidade de P₂O₅ para 600 kg ha⁻¹, com o objetivo de deixar uma pequena reserva deste nutriente no solo para os próximos plantios. Após a aplicação do adubo sobre os canteiros, faz-se uma incorporação leve, pois

o sistema radicular da alface é superficial. Uma sugestão de adubação de base para o primeiro plantio consiste em 70 kg de N ha⁻¹, 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 300 kg ha⁻¹ de K₂O.

Adubação de base (2ª e 3ª plantio)

A adubação de base para o segundo e terceiro plantios é baseada em experiências dos próprios produtores. Basicamente, após eliminar os restos culturais do primeiro plantio, realiza-se a descompactação das covas de plantio com a utilização de pequenos ganchos. Posteriormente, insere-se nestas covas cerca de 200 g (1 copo) de substrato. Normalmente, este substrato é feito misturando-se duas partes de amostras de terra (barranco), uma parte de esterco de animal curtido ou composto orgânico e mais 10 g do adubo 4-30-16 por cova, tomando-se o cuidado de antes do transplantio, misturar o substrato com o solo do canteiro e irrigar para evitar a queima das mudas.

Adubação de cobertura

Na adubação em cobertura, os fertilizantes mais utilizados para as hortaliças folhosas são os nitrogenados (SOBREIRA FILHO, 2012).

Normalmente, a adubação de cobertura na cultura da alface é realizada em três aplicações. A primeira aplicação é feita logo após o pegamento das mudas; a segunda, na fase de formação de novas folhas; e a terceira, no início de formação das cabeças (CARVALHO; SILVEIRA, 2011) ou no máximo do desenvolvimento vegetativo, próximo da fase de colheita.

O parcelamento dos fertilizantes a serem aplicados em cobertura deve levar em conta a marcha de absorção ou de acúmulo de nutrientes da cultura. Para as hortaliças, recomenda-se a aplicação de 10% dos nutrientes no primeiro quarto do ciclo da cultura (início de crescimento); 20% dos nutrientes na segunda fase de desenvolvimento; 40% dos nutrientes na terceira fase do ciclo (período de maior formação de massa fresca de folhas e frutos), e 30% na quarta fase do ciclo da cultura (TRANI, 2014).

21.6. Considerações finais

A adequada nutrição da planta de alface traz benefícios diretos para a cultura, garantindo uma maior renda ao produtor.

Ressalta-se que a cultura apresenta um ciclo de desenvolvimento rápido necessitando de uma adequada aplicação dos fertilizantes para que os mesmos estejam prontamente disponíveis as necessidades das plantas. Desta forma, a correta interpretação da análise de solo e da diagnose foliar propiciam informações para determinar as doses e as épocas adequadas de aplicação destes nutrientes.

21.7. Referências

- ALMEIDA T.B.F.; PRADO, R.M.; CORREIRA, M.A.R.; PUGA, A.P.; BARBOSA, J.C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Biotemas*, v.24, p.27-36, 2011.
- BARROS, I.B.I. **Efeito da adubação nitrogenada, foliar e no solo, e da aplicação de molibdênio em alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1979.43 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CARVALHO, J.E.; ZANELLA, F.; MOTA, J.H.; LIMA, A.L.S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v.29, p.935-939, 2005.
- CARVALHO, S.P.; SILVEIRA, G.S.R. **Cultura da alface**. 2011. 3p. Disponível em: <<http://www.atividaderural.com.br/artigos/4eaaae5d4f4a8.pdf>> Acesso em: 15 jan. 2016.
- CHAIRIDCHAI, P. The relationships between nitrate and molybdenum content in pineapple grown on an inceptisol soil. *Acta Horticulturae*, n.529, p. 211-216, 2000.
- DANTAS, J.P. Boro. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Potafós/CNPq: Piracicaba. 734p, 1991.
- DAVIES, E.B. Factor affecting molybdenum in soils. *Soil Science*, v.81, p.209-221, 1956.
- DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Funções de micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 65-78.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL: FAEPE, 1994. 227p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.
- FONTES, P.C.R. Alface. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 177.
- FONTES, R.R.; LIMA, J.A.; TORRES, A.C.; CARRIJO, O.A. Efeito da aplicação de Mg, B, Zn e Mo na produção de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 17, p. 171-175, 1982.
- GOTO, R.; GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: FOLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F.F.;

- BRASIL, R.P.C.; RESENDE, R.S. (Coord.) **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, v.2, p. 241-268, 2001.
- GUPTA, U.C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants, and animals. *Advances in Agronomy*, v.34, p.73-115, 1981.
- HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 6 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 499p.
- LANGE, A. **Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema plantio direto no cerrado**. 2002. 148p. Dissertação (Mestrado)– Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1998. 177p.
- LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: BORKER, C.M.; LATMANN, A. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPQ/IAPAR/ SBCCS. 1988. p. 133-178.
- LUCHESI, E.B.; FÁVERO, L.O.B.; LENZI, E. Fase sólida do solo. In: LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. p. 19-45.
- MAGALHÃES, J.R. **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1988. 64p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A.F.; PAULINO, V.T. Micronutrientes– uma visão geral. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C.P.(Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.1-33.
- MARCHI, E.C.S. **Influência da adubação orgânica e de doses de material húmico sobre a produção de alface americana e teores de carbono no solo**. 2006. 50p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ed. New York: Academic, 1995. 889p.
- OLIVEIRA, M.F.G.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Relação entre o zinco disponível, por diferentes extratores, e as frações de zinco em amostras de solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.827-836, 1999.
- OLIVEIRA, J.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.175-212.
- PADILHA, W.A. **Curso internacional de fertirrigación en cultivos protegidos**. Quito, Ecuador: Universidade San Francisco de Quito, 1998. 120p.
- PEREIRA, A.K.S. **Épocas de aplicação e doses de nitrato de cálcio em alface americana**. 2015. 33p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Ipameri, Ipameri.
- POTAFOS. **Nutrifatos: informação agrônoma sobre nutrientes para as culturas**. Piracicaba: Potafos, 1996. 24p. (Arquivo do Agrônomo, n. 10)
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba. Ceres, 1991, 343p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: IAC, 1996. Adubação com nitrogênio, potássio e enxofre. p. 22-27. (Boletim 100)
- RAMANI, S.; KANNAN, S. Studies on translocation of zinc in bean plants: evidence for retranslocation during new growth. *Journal of Plant Nutrition*, v.121, p.313-318, 1985.
- RICCI, M.S.F.; CASALI, V.W.D.; CARDOSO, A.A.; RUIZ, H.A. Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com composto orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, p.1035-1039, 1995.

- SBCS -SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10ed. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E.; BERTON, R.S.; ZOTELLI, H.B.; PEIXE, C.A.; BERNARDES, E.M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p. 831-840, 2001.
- SOBREIRA FILHO, M.G. **Manual de cultivo das hortaliças em horta doméstica, educativa e comunitária**. Recife: [s.e.], 2012. 84p.
- SONNENBERG, P.E. **Olericultura Especial 1ª parte alface, cenoura, batata, tomate, cebola e alho**. Goiânia: UFG, 1998. 184p.(Apostila).
- SOUZA, E.C.A.; FERREIRA, M.E. Zinco. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.219-242.
- SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 842p.
- TRANI, P.E. Hortaliças folhosas e condimentares. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 493-510.
- TRANI, P.E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. Campinas: IAC, 2014. 25p. (Informações Tecnológicas, 79) Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/79.pdf> Acesso em: 15 jan. 2016.
- WEIR, R.G.; CRESSWELL, G.C. **Plant nutrient disorders 3: vegetable crops**. Melbourne, Australia: Inkata Press., 1993. 104p.
- WESTFALL, D.G.; AMARANI, M.; PETERSON, G.A. Water solubility of zinc fertilizer: does it matter? *Better Crops*, v. 83, p. 18-21, 1999.
- ZAMBON, F.R.A. Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.). In: MULLER, J.J.V.; CASALI, V.W.D. (Eds.) **Seminários de Olericultura**. 2ed. 1982. 2.v., p.316-348.