
6

**Nutrição, Calagem e
Adubação**

**Geraldo Minalez de Resende
Arthur Bernardes Cecílio Filho**

SUMÁRIO

1. Introdução	65
2. Características Fenológicas	65
3. Exigências Nutricionais e Marcha de Acúmulo de Nutrientes	67
4. Avaliação do Estado Nutricional	70
4.1. Coleta de Material para Avaliação	70
4.2. Preparo e Remessa do Material Amostrado ao Laboratório	71
5. Teores de Nutrientes	71
6. Sintomatologia de Carências e Toxicidade Nutricional	73
6.1. Nitrogênio	73
6.2. Fósforo	73
6.3. Potássio	74
6.4. Cálcio	74
6.5. Magnésio	75
6.6. Enxofre	75
6.7. Boro	75
6.8. Zinco	76
6.9. Cobre	76
6.10. Manganês	76
6.11. Molibdênio	77
7. Efeitos da Calagem e de Nutrientes na Cultura	77
7.1. Efeitos da Calagem	77
7.2. Efeitos dos Nutrientes	79
7.2.1. Nitrogênio	79
7.2.2. Fósforo	81
7.2.3. Potássio	81
7.2.4. Cálcio	81
7.2.5. Magnésio	81
7.2.6. Enxofre	82
7.2.7. Boro	82
7.2.8. Zinco	82
7.2.9. Cobre	82
8. Calagem e Adubação	83
8.1. Tipodesolo	83
8.2. Calagem	83
8.3. Adubação	86
9. Bibliografia	89

1. INTRODUÇÃO

A produtividade brasileira de alho encontra-se ainda muito abaixo do potencial que as cultivares disponíveis no mercado possuem. Contudo, bons produtores têm obtido produtividades que chegam a ser superiores ao dobro da média brasileira que, em 2005, situou-se em 8,34 t ha⁻¹ (Agrianual, 2007).

Entre tantos fatores que contribuem para essa baixa produtividade, tem-se o manejo inadequado que se dá à cultura nos aspectos relativos à nutrição, calagem e adubação.

O fornecimento adequado de nutrientes, em quantidade e qualidade (fonte, modo e época de aplicação), assume grande importância para a cultura, visto que a maioria dos solos brasileiros são de baixa fertilidade natural.

Otimizar o fornecimento de nutrientes procurando maximizar a produtividade da cultura e a qualidade do alho é o caminho a ser seguido, principalmente levando-se em consideração que a globalização da economia e o Mercosul interferem significativamente na qualidade do alho comercializado e, conseqüentemente, sobre a alicultura nacional. As tendências evidenciam um mercado cada vez mais competitivo, do qual continuarão participando aqueles produtores com capacidade de reconversão de seu sistema de produção, que abrange não somente os aspectos relacionados à nutrição e adubação da cultura, mas também a escolha de cultivares, a qualidade do alho-semente, o solo a ser cultivado e adequadas práticas de irrigação, de controle fitossanitário e de conservação do bulbo.

Pertinente ao tema deste capítulo, os produtores devem atentar-se para procederem ao manejo diferenciado da adubação do alho em função das condições genotípicas e do ambiente de cultivo, os quais determinarão modificações na fenologia dessa hortaliça. Para tanto, o entendimento sobre a fisiologia da produção do alho é de extrema importância para o sucesso do cultivo, e espera-se com esse capítulo, por meio das informações apresentadas e discutidas, contribuir para melhorar a compreensão sobre a nutrição e o manejo da adubação na cultura do alho.

2. CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS

A avaliação do crescimento da planta está entre os principais aspectos a serem considerados no estudo da nutrição e adubação, pois este retrata a resposta das culturas à interação de estímulos abióticos e bióticos.

Na cultura do alho, a eliminação de vírus pela cultura de meristema (limpeza clonal) tem proporcionado aumentos significativos no vigor vegetativo (Resende et al., 1995), resultando em maior produtividade e qualidade de bulbos (Barni & Garcia, 1994; Resende et al., 1995).

Esse comportamento diferenciado corresponde a distintas demandas por nutrientes, conforme será detalhado no Item 3, que trata da exigência nutricional e marcha de

acúmulo de nutrientes. Resultados semelhantes podem ser esperados com outros fatores do ambiente que alteram o desenvolvimento do alho.

Para o sucesso na prática da adubação do alho, é muito importante conhecer o acúmulo de massa seca pela planta sob diferentes condições de cultivo, comprimento dos períodos de pré-bulbificação e bulbificação, com atenção especial à época de diferenciação dos bulbilhos. Para isso, o ideal é que sejam realizados estudos no local de interesse, visto que o comprimento das fases de desenvolvimento do alho variam em função de diversos aspectos como cultivar, fotoperíodo e temperatura da região de cultivo, tipo de solo, disponibilidade de água, etc.

Resende et al. (1999), reportando-se a Zink (1963) e Silva et al. (1981), informam que o alho tem crescimento muito lento até 60 dias após o plantio, com forte incremento no período sequencial até 120 dias, quando cessa o seu crescimento.

Mais recentemente, Resende et al. (1999), em trabalho com a cv. Gigante Roxão, constataram acúmulo de massa seca da parte aérea das plantas de alho até 70 dias e grande incremento da massa seca de bulbo, a partir de 90 dias do plantio. Entretanto, encontraram diferença quanto ao período de maior acúmulo de massa seca em função do tipo de alho-semente empregado. Para plantas provenientes de alho-semente sem limpeza clonal, o período de destaque no acúmulo de massa seca foi de 110 a 150 dias, enquanto plantas oriundas de alho-semente, que passaram pela limpeza clonal, apresentaram maior período de acúmulo de massa seca entre 90 e 150 dias (Figura 6.1). Essa constatação reflete o efeito do "ambiente" sobre a expressão do potencial produtivo da cultivar e, nesse caso, retrata a melhor sanidade da planta de alho que passou pela cultura de tecidos, pois sabe-se que a presença de vírus na planta ocasiona uma série de distúrbios nas funções da célula, afetando principalmente a síntese protéica, além da inibição da fotossíntese, translocação de assimilados, ação de reguladores de crescimento e redução da produção (Gibbs & Harrison, 1979, citados por Resende et al., 1999).

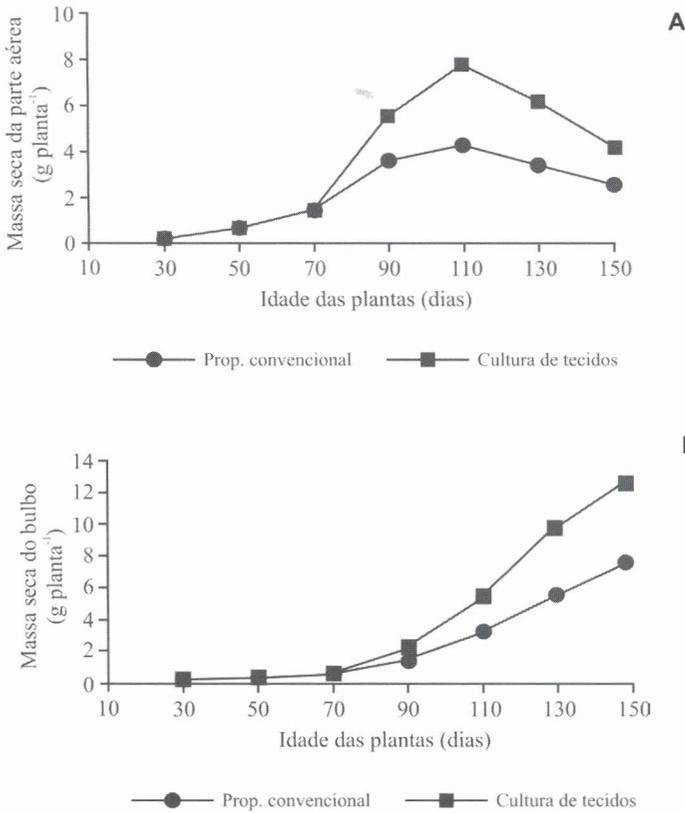


Figura 6.1. Acúmulo de massa seca da parte aérea (A) e do bulbo (B) de plantas de alho obtidas de bulbilhos oriundos de propagação convencional (sem limpeza clonal) e de cultura de tecidos (com limpeza clonal).

Fonte: Resende et al. (1999).

3. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E MARCHA DE ACÚMULO DE NUTRIENTES

O conhecimento das necessidades de nutrientes em função da idade da planta auxilia na indicação da quantidade e época de aplicação dos adubos de cobertura.

A curva que descreve o acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo é fortemente influenciada pelo acúmulo de massa seca da planta, assemelhando-se bastante a essa.

A absorção total dos nutrientes é diminuta até aos 45 dias, sendo que o N e K são absorvidos intensamente nos períodos subsequentes. Os macronutrientes absorvidos em maior quantidade são N e K, seguidos pela ordem decrescente de S, Ca, P e Mg. A absorção dos micronutrientes é consideravelmente intensa desde o início da cultura, destacando-se o Fe, seguido de Mn, Zn, B e Cu (Silva et al., 1981) (Tabela 6.1).

Em termos de percentuais dos nutrientes na massa seca, em função do estágio de desenvolvimento da planta, os teores de N e P apresentaram-se elevados e estáveis na parte aérea e no bulbo, nos primeiros dias da cultura até os 75 dias, decrescendo com o ciclo. Os teores de Ca e K aumentaram até os 75 dias, decrescendo lentamente com o desenvolvimento da planta. Os percentuais de Mg e S atingem sua concentração mais elevada na parte aérea da planta em torno dos 45 dias.

Quanto aos micronutrientes, o B aumenta a concentração na parte aérea e eleva-se até os 75 dias de ciclo, decrescendo a partir de então.

A concentração de Zn passa por um máximo aos 60 dias, e a concentração de Cu aumenta até os 45 dias, estabilizando com o crescimento da planta. O Fe e Mn são os micronutrientes de concentrações mais elevadas na planta de alho, apresentando teores irregulares com o desenvolvimento dessa (Silva et al., 1981).

Maiores acúmulos de N, P e K foram observados em plantas propagadas por alho-semente que passou pela limpeza clonal via cultura de meristema, em relação à planta obtida a partir de alho-semente sem limpeza clonal (Figura 6.2) (Resende et al., 1999), reflexo do maior vigor vegetativo e produtivo observado nas primeiras plantas.

Os mesmos autores observaram que, em plantas oriundas da limpeza clonal, o nutriente mais requerido foi o K, seguido por N, Ca, S, P e Mg, enquanto em plantas de propagação convencional, que não passaram pela cultura de tecidos, o N foi o mais acumulado. Para os micronutrientes, a ordem decrescente de acúmulo foi Fe, B, Zn, Mn e Cu. As quantidades acumuladas na planta encontram-se na Tabela 1, para uma população de 400.000 plantas por hectare.

Em plantas provenientes da limpeza clonal, o maior acúmulo de N na parte aérea foi observado aos 90 dias após o plantio (cerca de 127 mg planta⁻¹), e correspondeu a aproximadamente 85% do total acumulado pela planta, enquanto plantas que não passaram pela limpeza clonal apresentaram máximo de 100 mg planta⁻¹, somente aos 110 dias após o plantio (Resende et al., 1999). Essa superioridade também foi observada para P e K (Figura 6.3), que acumularam cerca de 90% a mais na parte aérea de plantas provenientes de cultura de meristema. Nos bulbos dessas plantas, maiores acúmulos dos nutrientes também foram observados.

Tabela 6.1. Quantidades de macronutrientes e micronutrientes acumuladas pela cultura do alho.

Fonte	Macronutrientes						Micronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mn	Fe
	-----kg ha ⁻¹ -----						-----g ha ⁻¹ -----				
Silva et al. (1981)	111,9	13,4	110,6	16,5	6,6	19,6	150,3	223,6	131,6	229,9	966,6
Resende et al.(1999) ¹	82,6	16,6	104,6	84,6	14,1	22,6	232,1	176,4	24,4	139,0	3.024,3

¹quantidade total (parte aérea + bulbo) do nutriente, cv. Gigante Roxão, com alho-semente oriundo de cultura de meristemas. Produtividade estimada: 18 t ha⁻¹.

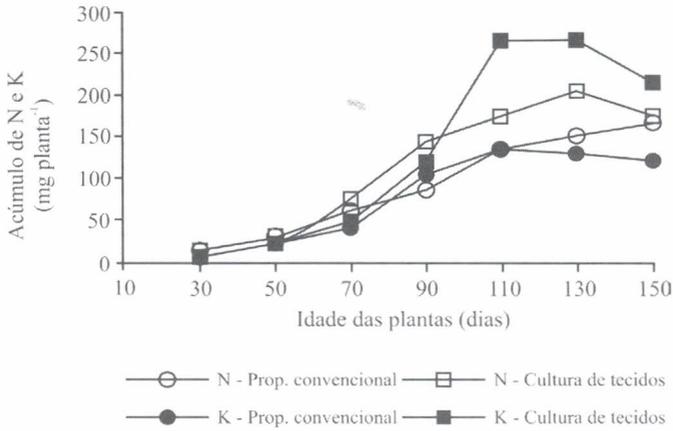


Figura 6.2. Acúmulo de nitrogênio e potássio em função da idade da planta de alho (parte aérea + bulbo) propagada por alho-semente, proveniente de limpeza clonal (cultura de tecidos) e de propagação convencional.

Fonte: Resende et al. (1999).

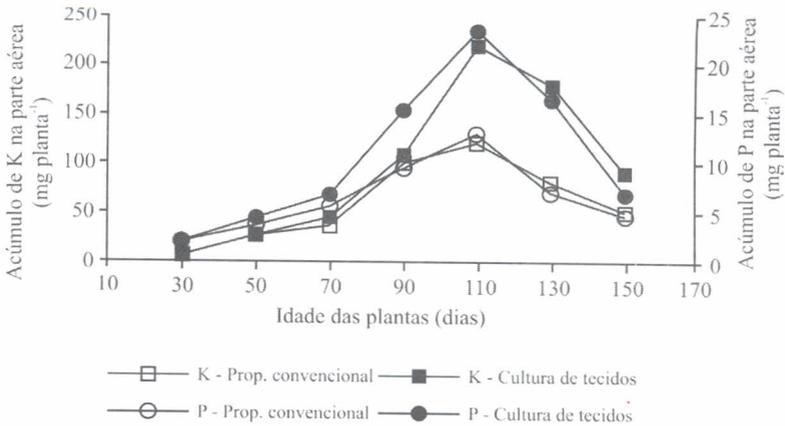


Figura 6.3. Acúmulo de fósforo e potássio na parte aérea de plantas de alho propagadas por alho-semente proveniente de cultura de tecidos (limpeza clonal) e de propagação convencional.

Fonte: Resende et al. (1999).

Portanto, além da maior exigência nutricional demonstrada pela planta de alho proveniente da cultura de tecidos (limpeza clonal), nota-se diferença na sequência de acúmulo de macronutrientes, o que deve ser considerado em um programa de adubação da cultura.

Para a cultivar Lavínia, alho do grupo seminobre, a sequência decrescente de extração de micronutrientes é: Fe, Zn, Mn, B, Cu e Mo (Furlani et al., 1978). Para a cv. Gigante Roxão, com ou sem limpeza clonal do alho-semente via cultura de meristema, verificou-se outra sequência de exigência em micronutrientes, sendo Fe, B, Zn, Mn e Cu (Resende et al., 1999),

4. AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL

4.1. Coleta de material para avaliação

A amostragem de material vegetal pode ter dois objetivos básicos:

- a) avaliar o estado nutricional da planta como modo de acompanhamento das práticas culturais realizadas, de forma a prever o potencial produtivo e a colheita esperada;
- b) diagnosticar determinada situação de anormalidade nutricional (carência ou toxicidade).

No primeiro caso, amostras para predição ou prognóstico devem ser coletadas em partes e estádios fisiológicos da planta definidos como padrão, normalmente estabelecido em pesquisa (Fontes, 2001).

No caso da coleta de material vegetal para diagnóstico de desordem nutricional (segundo objetivo da amostragem), devem-se retirar amostras nas plantas-problemas e também em plantas normais, de preferência coletando-se a mesma parte da planta (geralmente, folha) obedecendo à posição e idade dessa na planta.

Toda amostra deve ser identificada e caracterizada. Além disso, quanto mais detalhada a descrição dos fatores gerenciais, genotípicos, biológicos, edáficos e climáticos constantes do sistema de produção de onde foram retiradas as amostras, mais preciso será o diagnóstico (Fontes, 2001).

Malavolta et al. (1997) e Martinez et al. (1999) recomendam que a amostragem de material vegetal para avaliação do estado nutricional da planta de alho seja feita coletando-se a folha mais nova, completamente desenvolvida, de 40 plantas, nos estádios anteriores, durante e depois da formação do bulbo.

Por outro lado, Trani & Raij (1997) recomendam coletar a porção não-branca da folha recém-desenvolvida, no início da bulbificação, de 15 plantas.

Ao se escolher o tipo de amostragem do material vegetal, devem-se utilizar faixas de teores dos nutrientes propostas pelos mesmos autores (Tabela 6.3), para avaliação do estado nutricional do alho.

4.2. Preparo e remessa do material amostrado ao laboratório

As fases de preparo, acondicionamento e remessa das amostras ao laboratório para determinação dos teores dos nutrientes devem ser feitas com adequado critério a fim de que os teores obtidos possam caracterizar o estado nutricional da planta de alho.

Conforme Martinez et al. (1999), o ideal seria que as amostras chegassem ao laboratório ainda verdes, no mesmo dia da coleta, acondicionadas em sacos plásticos e mantidas e transportadas à baixa temperatura. Caso não seja possível realizar esse procedimento, as amostras devem ser acondicionadas em sacos de papel. No laboratório, as folhas deverão ser lavadas com água destilada e, em seguida, postas a secar em papel-toalha, sendo posteriormente acondicionadas em sacos de papel, onde serão submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, até atingirem peso constante. O material vegetal coletado, se estiver contaminado com terra ou poeira, deve ser lavado sob jato de água de torneira, com o auxílio de um pedaço de algodão para remover a sujeira, após isso, continuar a lavagem do material vegetal com imersão em solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ e de "Tween" a 1 g L⁻¹, por até 3 min. A seguir, deve ser enxaguado com água destilada por até 5 min, escorrido, colocado a secar sobre papel-toalha e, posteriormente, acondicionado em sacos de papel e seco em estufa de circulação forçada de ar. Na impossibilidade desse procedimento, é aconselhável que as folhas sejam lavadas com água corrente e enxaguadas com água filtrada ou destilada, acondicionadas em sacos de papel e postas para secar ao sol. O envio das amostras ao laboratório deve ser feito em sacos de papel reforçado. A identificação das amostras deve conter o seu número, tipo da cultura, localidade, data da coleta, nutrientes por analisar e endereço para resposta.

5. TEORES DE NUTRIENTES

Nas Tabelas 6.2 e 6.3, encontram-se os teores de macro e micronutrientes considerados adequados para a planta de alho, segundo vários autores.

Em estudo para avaliação de desordens nutricionais e retratação dos sintomas visuais, Magalhães (1988) apresenta os teores de nível crítico e de deficiência (Tabela 6.4), abaixo dos quais têm-se, respectivamente, redução na produtividade e sintomas visuais de deficiência do nutriente.

Tabela 6.2. Teores (g kg⁻¹) de macronutrientes na massa seca foliar do alho considerados adequados, segundo vários autores e padrões de amostragem.

Padrões de amostragem	N	P	K	Ca	Mg	S
Conjunto de folhas; aos 3 meses ⁽¹⁾	25	3	37	5	2,3	5
Antes da bulbificação; folha mais nova completamente desenvolvida ^(2,4)	50	3	40	1	1,5	15
Durante a bulbificação; folha mais nova completamente desenvolvida ^(2,4)	40	3	30	6	3	7
Após a bulbificação; folha mais nova completamente desenvolvida ^(2,4)	30	3	20	6	3	3
Início da bulbificação; folha recém-desenvolvida ⁽³⁾	35 a 50	3 a 5	35 a 50	6 a 12	2 a 4	4 a 6

⁽¹⁾Malavolta (1987), ⁽²⁾Malavolta et al. (1997), ⁽³⁾Trani & Rajj (1997) e ⁽⁴⁾Martinez et al. (1999).

Tabela 6.3. Teores (mg kg⁻¹) de micronutrientes na massa seca foliar da planta de alho considerados adequados, segundo vários autores e padrões de amostragem.

Padrões de amostragem	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Conjunto de folhas; aos 3 meses ⁽¹⁾	48	27	196	50	-	68
Meio do ciclo; folha mais nova completamente desenvolvida ⁽²⁾	50	25	200	100	-	75
Início da bulbificação; folha recém-desenvolvida ⁽³⁾	30 a 60	5 a 10	50 a 100	30 a 100	-	30 a 100
Após a bulbificação; folha mais nova completamente desenvolvida ⁽⁴⁾	50	25	200	100	-	75

⁽¹⁾Malavolta (1987), ⁽²⁾Malavolta et al. (1997), ⁽³⁾Trani & Rajj (1997) e ⁽⁴⁾Martinez et al. (1999).

Tabela 6.4. Teores de nutrientes na massa seca foliar para o nível crítico e deficiência nutricional da planta de alho.

Teor do nutriente	Macronutrientes						Micronutrientes						
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mo	Fe	Mn	Cl
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹						
Nível crítico	35	3,5	20	-	-	-	-	20	20	-	-	-	-
Deficiência	15	2	15	8	2	2	30	-	6	0,2	100	50	-

Fonte: Adaptado de Magalhães (1988).

6. SINTOMATOLOGIA DE CARÊNCIAS E TOXICIDADE NUTRICIONAL

Os sintomas de deficiência e excesso de nutrientes em plantas de alho serão descritos a seguir. No entanto, a avaliação visual de sintomas presentes na planta por si só não é segura para identificar o nutriente em deficiência ou em excesso na planta. Dessa forma, deve-se utilizar a análise do tecido vegetal, usando-se folhas normais e folhas sintomáticas, além da análise de solo e histórico da instalação e do manejo cultural para auxiliar na identificação do problema.

6.1. Nitrogênio

Deficiência

- O maior efeito bioquímico da deficiência de nitrogênio (N) é a interferência na síntese de proteína e, portanto, no crescimento da planta.
- O sintoma precoce da deficiência é o amarelecimento geral ou clorose das folhas, devido à inibição da síntese de clorofila (Epstein, 1978). Na planta de alho esse sintoma inicia-se nas folhas mais velhas, do ápice em direção à base (Magalhães et al., 1979; Couto, 1985).
- Menor acúmulo de massa seca no bulbo.

Excesso

- Atraso na bulbificação e, conseqüentemente, maior ciclo cultural.
- Menor peso do bulbo.
- Aumenta a incidência de superbrotamento ou pseudoperfilhamento.
- Aumenta o chochamento de bulbos durante o período de armazenamento.

6.2. Fósforo

A rápida redistribuição do fósforo (P) de órgãos mais velhos para os mais novos quando ocorre a carência do elemento faz com que as folhas mais velhas sejam as primeiras a mostrar os sintomas de deficiência (Malavolta, 1980a; Malavolta et al., 1989). O papel do P nas reações biossintéticas sugere que sua deficiência dificilmente seria menos desastrosa do que a de N (Epstein, 1978).

Deficiência

- Redução no crescimento e amarelecimento irregular das folhas mais velhas, progredindo do ápice para a base, podendo ser confundida com deficiência de N (Couto, 1985; Magalhães, 1988). Baixa temperatura, período de seca, pragas do solo e toxicidade de alumínio podem causar sintoma similar ao da deficiência de P, informa Magalhães (1988).

- A carência de P causa distúrbios imediatos e severos no metabolismo e no desenvolvimento da planta.
- Os cloroplastos das plantas deficientes em P mostram várias anormalidades, que parecem não ser uniformes em diferentes espécies (Epstein, 1978).

Excesso

- Pode atuar negativamente sobre a absorção de micronutrientes, especialmente do Zn^{2+} .

6.3. Potássio

Deficiência

- Redução no crescimento e amarelecimento das folhas mais velhas, progredindo das margens em direção à nervura, e do ápice à base.
- Redução da síntese protéica.
- Acúmulo de compostos nitrogenados solúveis.

Excesso

- Redução da absorção de outros nutrientes catiônicos, especialmente Mg^{2+} .
- Redução do potencial hídrico do solo (efeito salinidade).

6.4. Cálcio

Deficiência

- Paralisação do crescimento das raízes, tornando-se escuras, curtas e espessas. Ramificações também cessam o crescimento.
- Na parte aérea, a carência apresenta-se como áreas necróticas no terço médio das folhas novas e, posteriormente, nas mais velhas, com dobra no ponto de necrose e morte do ápice (Couto, 1985).

Excesso

- Redução da absorção de outros nutrientes catiônicos, especialmente K^+ , Mg^{2+} .

6.5. Magnésio

Deficiência

- Clorose nas folhas mais velhas, da base para o ápice.

Excesso

- Redução da absorção de outros nutrientes catiônicos, especialmente K^+ , Ca^{2+} .

6.6. Enxofre

Deficiência

- Amarelecimento que se inicia nas folhas mais novas, da base para o ápice, intensificando a clorose para amarelo esbranquiçado, atingindo posteriormente todas as folhas.
- Perda de qualidade organoléptica, pois alguns compostos voláteis contendo S contribuem para o odor característico que se desprende do alho.

6.7. Boro

Deficiência

- Redução no crescimento, recurvamento das folhas novas, progredindo para a morte do ápice.
- O limbo foliar apresenta-se sem resistência, quebrando-se muito facilmente quando pressionado e rachando na nervura central.
- O bulbo fica com aparência aquosa e pouca consistência.
- Chochamento do bulbo durante o período de armazenamento.
- Escurecimento e necrose das extremidades das raízes, com intensas ramificações secundárias curtas (Magalhães, 1988).
- O sistema radicular é a primeira parte da planta a ser afetada pela carência de B (Magalhães, 1988).

Excesso

- A toxicidade de B manifesta-se por queimaduras marginais das folhas mais velhas (Magalhães, 1988; Gupta, 2001).

6.8. Zinco

Deficiência

- Folhas espiraladas em torno do próprio eixo e crescimento severamente reduzido.

Excesso

- Redução na absorção principalmente de micronutrientes catiônicos.

6.9. Cobre

Deficiência

- Sintomas semelhantes aos observados para carência de Ca, em que se constata crescimento reduzido do sistema radicular, com ramificações curtas, redução no crescimento da parte aérea, com queima das pontas das folhas novas e dobra do limbo foliar.

Excesso

- Redução na absorção, principalmente, de micronutrientes catiônicos.

6.10. Manganês

Deficiência

- Os sintomas de deficiência manifestam-se principalmente nas folhas mais novas, como clorose internerval (Magalhães, 1988).
- Menor teor de amido.

Excesso

- Menor absorção de Ca, Mg e micronutrientes, especialmente Fe, pela planta.
- Diminuição na síntese de clorofila.
- Deficiência de auxina devido à maior oxidação do ácido indolacético.
- Em consequência dessas alterações ao nível molecular, observa-se clorose internerval, encurtamento e deformação do limbo, manchas enegrecidas ao longo dos tecidos condutores, nas pontas e margens das folhas (Malavolta & Kliemann, 1985).

A toxicidade de manganês pode aparecer nas seguintes situações (Malavolta & Kliemann, 1985):

- a) diminuição na aeração do solo pela compactação e pelo encharcamento que leva à formação de Mn^{2+} ;
- b) uso contínuo de doses pesadas de adubos nitrogenados fisiologicamente ácidos (sulfato de amônio, uréia, nitrato de amônio, fosfato de amônio);
- c) adubações pesadas com adubos que tenham capacidade de deslocar o Mn^{2+} do complexo de troca para a solução do solo;
- d) acúmulo no solo de defensivos contendo manganês.

6.11. Molibdênio

Deficiência

- Sintomas de deficiência de Mo, em geral, expressam-se como carência de N, mostrando clorose nas folhas mais velhas, com possível necrose marginal e acumulação de nitrato (Magalhães, 1988). Verifica-se, portanto, que o molibdênio possui comportamento diferenciado dos demais micronutrientes quanto à localização inicial dos sintomas iniciais de deficiência. Segundo Gupta (1997), citado por Gupta (2001), o molibdênio é considerado móvel, sendo facilmente redistribuído.
- Níveis baixos de açúcares e de ácido ascórbico (Epstein, 1978).

7. EFEITOS DA CALAGEM E DE NUTRIENTES NA CULTURA

7.1. Efeitos da calagem

O alho é uma planta que apresenta respostas positivas à aplicação da calagem, a qual tem como principais efeitos:

- elevação do pH do solo e saturação por bases;
- diminuição ou eliminação do alumínio e manganês que podem estar em níveis tóxicos à planta;
- aumento da disponibilidade de K, Ca, Mg e P;
- aumento da mineralização da matéria orgânica e, conseqüentemente, da disponibilização de N, S, B, Mo;
- fornecimento de Ca e Mg;
- aumento da atividade microbiana do solo;
- elevação da CTC do solo;
- maior eficiência da adubação realizada;
- possibilidade de melhoria das propriedades físicas;
- maior crescimento do sistema radicular, o que permite explorar maior volume de solo, com reflexo positivo sobre a absorção de nutrientes;
- suportar possíveis deficiências hídricas, ou trabalhar com turnos de rega mais espaçados, proporcionando economia de energia;

- aumento no crescimento da parte aérea, da raiz e do bulbo, qualidade do bulbo e período de armazenamento (conservação do bulbo).

A resposta do alho, cv. Roxo Pérola de Caçador, foi avaliada em relação às variações na relação Ca:Mg (Büll & Nakagawa, 1995). Para tanto, aplicaram-se corretivos de acidez (carbonato de cálcio e carbonato de magnésio) em sete relações Ca:Mg (0:1, 1:0, 1:10, 1:4, 1:1, 4:1 e 10:1), mantendo-se constante o nível de saturação por bases em 75%. O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho-Escuro, álico, textura média, com pH 5,1 (água), 2 g dm⁻³ de P (resina), 18 g dm⁻³ de matéria orgânica, 64 mmol_c kg⁻¹ de H + Al, 8% de saturação por bases (V) e 0,3, 2,1, 2,9 e 69,3 mmol_c kg⁻¹ de K, Ca, Mg e CTC, respectivamente.

Na Tabela 6.5, são observados os valores das análises químicas das amostras do solo após a aplicação dos corretivos de acidez, com diferentes relações Ca:Mg.

Tabela 6.5. Análises químicas das amostras do solo após a aplicação dos corretivos de acidez, com diferentes relações Ca:Mg.

Ca:Mg atingida pH (água)		K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	V (%)
		----- mmol _c kg ⁻¹ -----			
1:6,5	6,6	4,0	6,0	39,0	66
1:3,8	6,4	3,9	9,1	34,7	68
1:2,4	6,4	4,1	13,6	32,1	69
1,2:1	6,4	4,1	25,3	20,2	70
3,5:1	6,5	3,8	37,3	10,6	64
6,3:1	6,7	3,9	41,6	6,6	62
13,8:1	6,6	3,8	45,7	3,3	62

Fonte: Büll & Nakagawa (1995).

Observa-se na tabela acima que os valores de pH, V e K assemelham-se bastante nas diferentes relações Ca:Mg estabelecidas. Por outro lado, essas mesmas relações proporcionaram grande variação nos teores de K, Ca e Mg, na parte aérea do alho (Figura 4).

Os autores não encontraram diferença na produção de bulbos entre as relações de Ca:Mg de 1:2,4 a 13,8:1, caracterizando grande flexibilidade da planta de alho em produzir sob diferentes relações cálcio e magnésio. A relação Ca:Mg de 1:3,8 apresentou menor produtividade e presença de bulbilhos externamente ao bulbo (anormalidade fisiológica). Na relação 1:6,5 as plantas não atingiram o estágio de bulbificação apresentando clorose no 10º dia após a emergência, que evoluiu para senescência (secamento foliar) (Büll & Nakagawa, 1995).

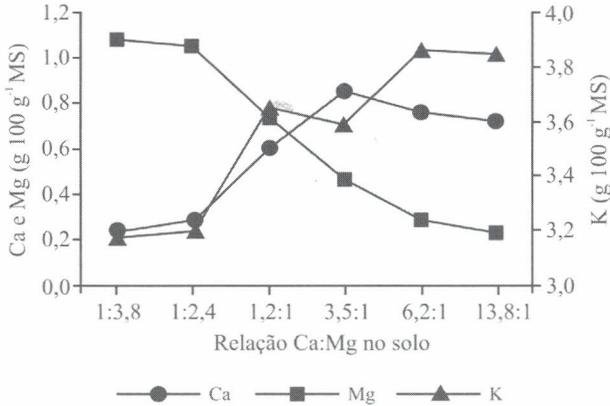


Figura 6.4. Teores de K, Ca e Mg na massa seca (MS) da parte aérea de alho, em função das relações Ca:Mg no solo.

Fonte: Büll & Nakagawa (1995).

7.2. Efeitos dos nutrientes

7.2.1. Nitrogênio

O N é constituinte estrutural de vários compostos, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, enzimas e coenzimas, bases nitrogenadas, pigmentos e produtos secundários, atuando em processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celulares (Malavolta et al., 1997).

Juntamente com o fósforo e potássio, o nitrogênio tem efeito marcante sobre altura e massa da planta, número de folhas e de bulbilhos, tamanho de bulbos e produtividade (Souza & Casali, 1986; Souza, 1990; Resende, 1997).

Em revisão de literatura sobre adubação nitrogenada na cultura do alho, Resende & Souza (2001) citam resultados de pesquisa em que a planta respondeu ao nitrogênio até a dose de 50 kg ha⁻¹ (Nogueira, 1979; Patel et al., 1996), 60 kg ha⁻¹ (Scalopi et al., 1971), 66 kg ha⁻¹ (Resende, 1992), 100 kg ha⁻¹ (Abbas et al., 1994), 150 kg ha⁻¹ (Ruiz, 1985) e 180 kg ha⁻¹ (Souza, 1990). Por outro lado, Costa et al. (1993) não verificaram efeito significativo na produtividade total e comercial do alho quando aplicaram até 120 kg ha⁻¹ de N. A ausência de resposta do alho em produtividade também foi constatada por Lipinski et al. (1995) e Sadaria et al. (1997) com incremento de N até 240 e 75 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

A divergência dos resultados observados em literatura é normal e condizente à gama de variações de sistemas de produção do alho. Portanto, torna-se prudente realizar estudos para avaliar a resposta da planta à adubação nitrogenada sob o modo de produção adotado pelo produtor; pois, a dose de N necessária para maximizar ou otimizar a produtividade comercial de alho varia em função de alguns fatores:

A) Genético: potencial produtivo da cultivar. Encontram-se envolvidos todos os aspectos intrínsecos à cultivar, como sistema radicular, eficiência de absorção e de utilização de nutrientes, eficiência fotossintética, ciclo, etc.

B) Ambiente: quaisquer fatores que comprometam o metabolismo celular e, conseqüentemente, acarretem perdas no potencial genético produtivo.

B1) Solo

- Teor e capacidade de mineralização da matéria orgânica;
- Atividade microbiana;
- Níveis de outros nutrientes, que podem constituir-se no limitante à resposta da cultura à adubação nitrogenada;
- Transformações do N no solo.

B2) Fertilizante

- Volatilização, lixiviação e imobilização (perdas de N);
- Dose e fonte: íon acompanhante alterando o potencial de absorção do N; seus efeitos diretos e indiretos decorrentes de suas características de salinidade e acidificação do meio (Tucker, 1984).

B3) Região e época de plantio

- Durante o cultivo, há regiões que caracterizam-se por apresentar período chuvoso e outras com período de seca, alterando a eficiência da adubação nitrogenada.

B4) Manejo cultural

- Cobertura morta do solo;
- Irrigação inadequada, promovendo lixiviação pelo excesso de água, ou deficiente, causando redução na eficiência do fluxo de massa como processo de transporte do N e de outros nutrientes às raízes.

Por outro lado, se é reconhecido o valor do nitrogênio como fundamental no incremento da produtividade da cultura do alho, também existem pesquisas que mostram seu efeito negativo sobre a cultura, especialmente como promotor do superbrotamento (Vasconcellos et al., 1971; Moon & Lee, 1985; Moraes & Leal, 1986; Souza & Casali, 1991; Costa et al., 1993; Resende & Souza, 2001; Büll et al., 2002).

Conforme salienta Büll et al. (2002), da análise desse paradoxo (promotor e redutor da produtividade comercial do alho), pode-se inferir que a dose de N deve ser elevada o quanto possível, sem, contudo, favorecer o aparecimento do superbrotamento.

7.2.2. Fósforo

O fosfato está presente nos fosfolipídios, nucleotídeos, ácido fítico e coenzimas, promovendo a absorção do molibdato, regulando muitos processos enzimáticos e atuando como ativador de enzimas (Epstein, 1978); desempenhando papel fundamental nas transformações energéticas dos processos vitais da planta, tais como absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, ácidos nucléicos, lipídeos, armazenamento e fornecimento de energia (ATP) (Malavolta et al., 1997).

Pelas funções anteriormente expostas e pelas características dos solos tropicais, o P talvez seja o nutriente que mais frequentemente limita a produção, apesar das exigências relativamente pequenas das plantas. Segundo Epstein (1978), o papel do P nas reações biossintéticas sugere que sua deficiência dificilmente possa ser considerada menos desastrosa do que a do nitrogênio.

7.2.3. Potássio

Embora o K não participe estruturalmente da planta ou de compostos, apresenta grande relevância na ativação enzimática e no processo fotossintético (Malavolta et al., 1997). Plantas acumuladoras de amido (como é o caso do alho) são exigentes em K, pois a enzima sintetase do amido é fortemente ativada pelo nutriente (Malavolta, 1980b). Outra função bastante inerente às plantas acumuladoras de reservas em órgãos subterrâneos é a de translocação de carboidratos da folha para a região de reserva, refletindo positivamente na atividade fotossintética, no tamanho do bulbo e no teor de massa seca. Consequentemente, sua ação é observada tanto sobre a produtividade da cultura quanto na qualidade do bulbo.

7.2.4. Cálcio

É o componente dos pectatos que são constituintes da parede celular. Participa dos processos de estrutura e funcionamento de membranas, absorção iônica e ativação enzimática (Malavolta et al., 1989).

Embora todos os pontos de crescimento sejam sensíveis à deficiência de cálcio no ambiente de cultivo, as raízes são afetadas em primeira instância e de forma muito severa, comprometendo a absorção de outros nutrientes (Magalhães, 1986).

O cálcio foi relacionado por Magalhães et al. (1979) como o nutriente de maior importância ao alho, com efeitos sobre o crescimento, desenvolvimento e conservação do alho.

7.2.5. Magnésio

É um constituinte estrutural da molécula de clorofila e ativador de numerosas enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos, de gorduras e de proteína (Malavolta

et al., 1989). É o ativador mais comum das enzimas relacionadas com o metabolismo energético. É cofator de quase todas as enzimas que atuam sobre substratos fosforilados e, por isso, é de grande importância no metabolismo energético.

7.2.6. Enxofre

O enxofre está relacionado com a síntese de proteína, sendo componente da estrutura dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina. Também faz parte da ferredoxina, proteína que participa do processo fotossintético com transferência de elétrons.

Está também relacionado à qualidade do alho, pois faz parte de compostos sulfurados que são responsáveis, em grande parte, pelo cheiro característico do alho e da condição de alimento nutracêutico, dadas às suas propriedades medicinais.

7.2.7. Boro

O boro desempenha um papel regulador no metabolismo dos carboidratos e ácidos ribonucléicos (Epstein, 1978). Tem importante função no transporte de carboidratos através das membranas, por meio do complexo açúcar-borato (Malavolta et al., 1997).

Efeitos da aplicação de boro na cultura do alho têm sido bastante estudados, com resultados aparentemente diferentes, que podem ser atribuídos à diferença de solos usados.

7.2.8. Zinco

É essencial para a síntese do triptofano que, por sua vez, é precursor do ácido indolacético (crescimento celular), inibe a enzima RNase aumentando o teor do RNA e favorecendo a síntese protéica e divisão celular. Entre tantas outras ativações enzimáticas de que participa, o Zn faz parte da dismutase de superóxido juntamente com o Cu, decompondo radicais oxidantes e protegendo a célula de atividade da peroxidase, oxidase ascórbica e das fenolases (Malavolta et al., 1997).

7.2.9. Cobre

Cerca de 70% do cobre das folhas estão nos cloroplastos como proteínas complexas. Uma delas, a plastocianina, participa do fluxo de elétrons, unindo os dois sistemas fotoquímicos (Malavolta et al., 1997).

8. CALAGEM E ADUBAÇÃO

8.1 Tipo de solo

Todo o manejo cultural do alho é facilitado quando se tem a possibilidade de escolher um solo mais adequado às suas necessidades, ou que propicie adequá-las mais facilmente.

À semelhança da grande maioria das hortaliças, a cultura do alho prefere, segundo Mardones (1997), solos leves, de textura média, profundos, ricos em matéria orgânica e bem drenados.

Solos pesados, muito argilosos não permitem desenvolvimento normal das raízes e contribuem para crescimento aquém ou anormal (deformados) do bulbo, problemas no encapamento do bulbo (maior retenção de umidade e aumento do potencial problema com bactérias que mancham e/ou rompem as folhas externas), maior custo (tempo) nas operações de colheita e de toaletagem.

A confecção ou não de canteiros para o plantio dos bulbilhos está intimamente associada à mecanização e à facilidade de drenagem do solo. Em solos de lenta drenagem, deve-se providenciar o plantio em canteiros.

8.2 Calagem

Devido à acidez quase generalizada dos solos do Brasil, a utilização de calcário é de suma importância para a cultura. Segundo Alvarez & Ribeiro (1999), a “subutilização” da calagem é um dos principais fatores de “subprodutividade” de muitas culturas, e no caso do alho não é diferente. O alho é pouco tolerante à acidez, produzindo melhor em pH 6,0 a 6,8. Deve-se, portanto, realizar a calagem, em solos ácidos, procurando-se elevar a saturação por bases a 70% (Souza et al., 1999) e 80% (Trani et al., 1997).

A profundidade de incorporação do calcário é outro fator de considerável importância para o bom rendimento da cultura, uma vez que o sistema radicular, embora concentre-se nos primeiros 0,25 m superficiais, atinge, segundo Menezes Sobrinho (1978), profundidades entre 0,40 e 0,80 m.

A cultura é exigente em Ca e Mg mas, conforme foi apresentado no item 7.1, a relação Ca:Mg pode situar-se entre 1:2,4 a 13,8:1, desde que os teores dos nutrientes no solo não sejam limitantes, ou seja, não estejam próximos aos valores de deficiência (Quaggio & Raij, 1997). Raij et al. (1997) apresentam limites para interpretação dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} (Tabela 6.6).

Quaggio & Raij (1997) informam que, além de corrigir a acidez, a calagem deve garantir teores suficientes de magnésio no solo, que no caso do alho deve ser de, no mínimo, 9 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, uma vez que é uma cultura que recebe grande quantidade de potássio. Para tanto, deve-se utilizar de calcário magnésiano ou dolomítico, conforme teor do nutriente no solo e no calcário, e suplementando-se, caso necessário, com sulfato de magnésio no plantio.

Tabela 6.6. Limites de interpretação de teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} em solos.

Teor	Ca^{2+} trocável	Mg^{2+} trocável	S-SO_4^{2-}
	----- $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ -----		----- mg dm^{-3} -----
Baixo	0 a 3	0 a 4	0 a 4
Médio	4 a 7	5 a 8	5 a 10
Alto	> 7	> 8	> 10

Fonte: Rajj et al. (1997).

Existem diferentes métodos para cálculo da quantidade de calcário a ser aplicada. As recomendações são baseadas na análise do solo, com cálculos em função dos teores de Al e Ca+Mg trocáveis e o da saturação por bases.

Para se calcular a quantidade de corretivo a ser aplicada na cultura utiliza-se em São Paulo e em Minas Gerais, o método de saturação por bases (Quaggio & Rajj, 1997; Alvarez & Ribeiro, 1999). Nesse método, considera-se a relação existente entre pH e a saturação por bases (V%), sendo a calagem calculada para elevar a saturação por bases, da capacidade de troca de cátions a pH 7, aos valores desejados de 70 (Alvarez & Ribeiro, 1999) ou 80% (Trani et al., 1997) para a cultura do alho.

Em análises de solo que fornecem o valor de “T” ou da “CTC” na unidade $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, a fórmula para cálculo da quantidade de calcário a ser aplicada é:

$$\text{NC} = \{T * (V_2 - V_1)\} / 100 * \text{PRNT}$$

Para análises que expressam “T” ou “CTC” em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, a fórmula altera-se para:

$$\text{NC} = \{T * (V_2 - V_1)\} / 10 * \text{PRNT}$$

Os parâmetros das fórmulas correspondem a:

NC = necessidade de calcário em t ha^{-1} , considerando a camada de incorporação de 0 - 20 cm e calcário com PRNT = 100%.

T ou CTC = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 = SB + (H + Al), em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ou $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, conforme o resultado expedido pelo laboratório, região, etc.

SB = soma das bases = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$, em $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ ou $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$.

V_1 = saturação por bases atual do solo = $100 \times \text{SB} / \text{T}$, em %.

V_2 = saturação por bases desejada ou esperada = 70 a 80%.

PRNT = poder relativo neutralizante total do calcário, expresso em porcentagem.

Em Minas Gerais, outro método utilizado para se calcular a quantidade de corretivo é o da neutralização do alumínio e da elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} (Alvarez &

Ribeiro, 1999). Nesse método, para se calcular a quantidade de corretivo tomam-se por base os teores de Al^{3+} e $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ trocáveis, obtidos pela análise química do solo. Ao se analisar os valores propostos por Alvarez & Ribeiro (1999), para os parâmetros “m” (máxima saturação por Al tolerada pela cultura do alho) em 5% e “X” (correspondente à exigência pela cultura em Ca e Mg) de $3\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$, verifica-se que o alho é uma das culturas apresentadas pelos autores como muito sensível ao alumínio e muito exigente em Ca e Mg, pois os valores de “m” e “X” propostos encontram-se, respectivamente, no mínimo e quase no máximo das amplitudes apresentadas para os parâmetros “m” (5 a 45) e “X” (1 a 3,5), utilizados no cálculo da quantidade de calcário.

A necessidade de calcário (NC) para se corrigir a camada de 0 a 20 cm é assim calculada:

$$NC = Y \times [Al^{3+} - (m_t \cdot t/1000)] + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})] = t \text{ ha}^{-1} \text{ de calcário (PRNT} = 100\%)$$

onde:

Al^{3+} = acidez trocável, em $\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$;

m_t = máxima saturação por Al^{3+} tolerada pela cultura. Para alho, o valor é de 5%.

t = CTC efetiva, em $\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$;

X = disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Para alho, recomenda-se 3.

$Ca^{2+} + Mg^{2+}$ = teores de Ca e Mg trocáveis, em $\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$.

Y = capacidade tampão do solo.

Se o valor da equação entre colchetes for negativo, deve-se considerá-lo igual a zero para continuar os cálculos.

O valor de Y é variável em função da textura do solo (Tabela 6.7).

Tabela 6.7. Valores do parâmetro capacidade tampão do solo (Y), em função da textura do solo.

Solo	Argila (%)	Y
Arenoso	0 - 15	0 - 1
Textura média	15 - 35	1 - 2
Argiloso	35 - 60	2 - 3
Muito argiloso	60 - 100	3 - 4

Fonte: Alvarez & Ribeiro (1999).

Esses valores de Y, estratificados em relação aos teores de argila, podem ser estimados (Alvarez & Ribeiro, 1999) pela equação: $Y = 0,0302 + 0,06532*(Arg) - 0,000257*(Arg)^2$, com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,99.

8.3 Adubação

Este subitem tenta reunir as informações apresentadas nos itens anteriores. Entretanto, não se constitui no resumo de todo o capítulo, de forma que a compreensão das informações descritas nos itens anteriores são de muito valor.

A adubação de uma cultura será tanto mais próxima do sucesso, na medida em que essa for elaborada com base no conjunto de informações obtidas de cultivos realizados na própria região ou propriedade, considerando-se o grande efeito do ambiente sobre a absorção do nutriente aplicado e sua conversão pela planta em produção. Dessa forma, não são poucos os fatores que interferem sobre a adubação da cultura, podendo diminuir a eficiência dessa prática cultural. Dentre eles, têm-se: cultivar, tamanho e sanidade do alho-semente, pluviometria, temperatura do ar e do solo, fotoperíodo, tipo de fertilizante, parcelamento da adubação, teores e relações dos nutrientes no solo e na planta, propriedades químicas do solo, microbiologia do solo, irrigação, cobertura do solo, patógenos e pragas, e plantas daninhas.

Há uma grande carência de informações para auxiliar na elaboração de uma boa proposta de adubação para a cultura do alho. As aproximações existentes (Fontes, 1997; Trani et al., 1997; Souza et al., 1999) não trazem a faixa de produtividade da cultura a ser obtida, o que dificulta na tomada de decisão em optar por uma das recomendações. No entanto, são boas referências para o produtor e técnico da área.

Diante do exposto, não serão apresentadas as recomendações de adubação para a cultura, as quais podem ser obtidas facilmente nas correspondentes literaturas. A seguir serão apresentadas considerações que, acredita-se, são importantes na prática da adubação da cultura do alho.

- A eficiência de uma adubação tem estreita relação com as propriedades químicas do solo. Nesse sentido, conhecer a condição atual é preponderante para iniciar bem e ter sucesso no programa de adubação. Para tanto, deve-se realizar a análise de solo.

- Os solos de cerrados constituem-se em grande área potencial para o cultivo de alho. Nos últimos dez anos, a área média cultivada com alho foi de 14,8 mil hectares, sendo cerca de 20% na região de cerrados, principalmente nos estados de Goiás e Minas Gerais (Marouelli et al., 2002). Contudo, para sucesso, há de se considerar o grande manejo a ser realizado na fertilidade do solo, sobretudo quanto à calagem e à fosfatagem. De acordo com Malavolta & Kliemann (1985), tem-se os seguintes fatores em ordem decrescente de importância para limitação da fertilidade do solo de cerrado: acidez > falta de P > falta de S ou K > falta de Zn > falta de B > falta de Cu > falta de N = falta de Mn.

- O emprego de adubo orgânico é desejável, especialmente pelo seu efeito nas propriedades físicas e biológicas do solo. Seus benefícios são tidos de maior significância

à medida que mais arenoso é o solo a ser cultivado. Também é importante fornecedor de micronutrientes, em especial o B, Zn e Mo.

- Recomenda-se a aplicação de 20 a 40 t ha⁻¹ de esterco de curral curtido ou 5 a 10 t ha⁻¹ de esterco de galinha curtido, 15 dias antes do plantio. Utilizar maiores doses em solos mais arenosos.
- Outros materiais orgânicos poderão ser adicionados em substituição ao esterco. Porém, quanto maior a relação C/N maior o tempo para a sua mineralização. Também, poderá ser observado amarelecimento das plantas de alho (deficiência de N) na fase inicial de cultivo, decorrente do uso de parte do N do solo pelos microorganismos na decomposição do material orgânico aplicado.
- Atenção especial deve ser dada à origem do adubo orgânico a ser empregado no cultivo de alho, a fim de que esse não seja veiculador de patógenos e plantas daninhas.
- O N deve ser aplicado em cobertura, dispensando-se a aplicação em pré-plantio.
- O parcelamento de N, que pode ser iniciado cerca de 15 a 20 dias após a emergência, é muito pouco estudado em alho. Seu principal objetivo está associado à alta disponibilidade de N na época de diferenciação dos bulbilhos, condição essa considerada por muitos autores como promotora do superbrotamento. Entretanto, resultados de pesquisas são divergentes quanto à essa questão.
- A dose de N a ser aplicada na cultura do alho mostra-se bastante variável em função das razões anteriormente discutidas. Há necessidade de aferições para o modo de produção e região de plantio em que se localiza o produtor. Deve-se buscar otimizar a produtividade comercial de bulbos, sem elevar substancialmente a porcentagem de superbrotamento. Para tanto, a técnica de estresse hídrico no período de diferenciação dos bulbilhos tem sido uma ferramenta bastante válida para conter os efeitos negativos do N à cultura.
- Excesso de nitrogênio deve ser evitado, pois além de aumentar a ocorrência de superbrotamento, também aumenta a de bulbos chochos no armazenamento.
- O fósforo deve ser aplicado todo em pré-plantio e as doses devem ser estabelecidas em função do seu teor no solo (baixo, médio ou alto).
- Na cultura do alho, cujo ciclo é curto, deve-se utilizar fertilizantes com elevada percentagem de fósforo solúvel em água, para que possa atender adequadamente à cultura. Pelo menos parte da dose de fósforo a ser fornecida deve ser aplicada na forma de superfosfato simples.
- Se os fertilizantes que contêm enxofre não fizerem parte do programa de adubação das culturas, a carência do nutriente acontecerá tão mais rápido quanto maiores forem as colheitas proporcionadas pelas altas doses de NPK e calagem, determinando a redução acentuada das reservas de S no solo (Malavolta & Kliemann, 1985). Embora não existam resultados de pesquisa avaliando a resposta do alho à aplicação e teores de S no solo, pode-se recomendar 30 kg ha⁻¹ de S, quando não se utilizam fertilizantes com S e o solo encontra-se com teores baixos de S (< 4 mg dm⁻³), uma vez que o alho é uma hortaliça muito rica em compostos sulfurados, responsáveis por características organolépticas e medicinais do alho. Também encontram-se em quarta posição entre os macronutrientes mais acumulados pela planta.

- O enxofre elementar ou flor de enxofre, com 95 g kg⁻¹ de S, é uma fonte eficiente do nutriente às plantas. No entanto, apresenta solubilidade baixa e forte poder acidificante (Cantarella, 1997); devendo-se, portanto, preferir seu fornecimento na fonte superfosfato simples.
- A dose de potássio deve ser dividida em parte no plantio, conforme seu teor no solo (baixo, médio ou alto) e em cobertura. O número, época e dose a ser parcelada ainda requer maiores estudos, assim como para o nitrogênio.
- A adubação potássica não deve ser realizada com finalidade de controle do superbrotamento.
- As recomendações de aplicação de micronutrientes na cultura do alho, encontradas em literatura, restringem-se ao boro e zinco. Trani et al. (1997) e Souza et al. (1999) recomendam 3 kg ha⁻¹ de B, e para Zn, os autores sugerem a aplicação de 3 a 5 kg ha⁻¹, conforme o nível do nutriente no solo.
- Para interpretar a disponibilidade de Zn, Fe, Mn e Cu, Alvarez et al. (1999) propõem classes de fertilidade apresentadas na Tabela 6.8.

Tabela 6.8. Classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes.

Micronutrientes	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ^{1/}	Bom	Alto
	----- (mg dm ⁻³) ^{2/} -----				
Zinco disponível (Zn) ^{3/}	= 0,4	0,5 a 0,9	1,0 a 1,5	1,6 a 2,2	> 2,2
Manganês disponível (Mn) ^{3/}	= 2	3 a 5	6 a 8	9 a 12	> 12
Ferro disponível (Fe) ^{3/}	= 8	9 a 18	19 a 30	31 a 45	> 45
Cobre disponível (Cu) ^{3/}	= 0,3	0,4 a 0,7	0,8 a 1,2	1,3 a 1,8	> 1,8
Boro disponível (B) ^{4/}	= 0,15	0,16 a 0,35	0,36 a 0,60	0,61 a 0,90	> 0,90

^{1/} O limite superior dessa classe indica o nível crítico; ^{2/} mg dm⁻³ = ppm (m/v); ^{3/} Método Mehlich-1; ^{4/} Método água quente.

- Raij et al. (1997), utilizando outro extrator para Cu, Fe, Mn e Zn, propõem os seguintes teores de micronutrientes para a interpretação da análise de solo (Tabela 6.9).
- Estudos quanto à fertirrigação não foram encontrados em literatura nacional. Essa é uma grande possibilidade para quem trabalha com irrigação por pivô central.
- O alho é considerada planta tolerante à salinidade por Mangal et al. (1990). De acordo com os autores, a planta suporta condutividade elétrica do solo, sem que haja perda de produtividade até 4 dS m⁻¹. Entretanto, essa informação deve ser considerada com muito cuidado, uma vez que a mesma salinidade do solo pode ser obtida com diferentes relações de nutrientes, além da interação dessas com as condições de cultivo e cultivares. Mangal et al. (1990) verificaram redução de até 50% na produção de bulbos de alho quando a

condutividade elétrica do extrato de saturação do solo encontrou-se entre 5,6 e 7,8 dS m⁻¹. Amorim et al. (2002) avaliaram os efeitos da salinidade por meio da aplicação de água de irrigação com 0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica. A cultivar Cabaceiras apresentou ciclo de 120 dias e os tratamentos promoveram redução da massa seca da parte aérea a partir de 90 dias após o plantio, sendo essa redução decorrente, principalmente, do efeito negativo da salinidade sobre a altura da planta. Diâmetro, massa de bulbo e número de bulbilhos por bulbo também foram afetados negativamente com incremento na salinidade da água de irrigação. Os autores consideraram 1,66 dS m⁻¹ como a condutividade elétrica de saturação do extrato como nível crítico, acima do qual tem-se comprometimento no acúmulo da massa no bulbo. Enquanto nos últimos 30 dias do ciclo, a massa seca do bulbo aumentou 175% com a água de 0,6 dS m⁻¹, os incrementos foram menores à medida que a salinidade da água foi maior, sendo de apenas 50% com água de 3 dS m⁻¹. Os incrementos diários de massa seca do bulbo, entre 90 e 120 dias após o plantio, foram de 23, 13 e 5,5 mg dia⁻¹, respectivamente, para as águas de irrigação com 0,6; 1,2 e 3 dS m⁻¹.

- Adubações foliares somente devem ser empregadas para correção de deficiências nutricionais, especialmente de micronutrientes. Deve-se adicionar espalhante adesivo, uma vez que as folhas do alho são, em geral, muito cerosas.

Tabela 6.9. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos.

Teor	B ^{1/}	Cu ^{2/}	Fe ^{2/}	Mn ^{2/}	Zn ^{2/}
	----- mg dm ⁻³ -----				
Baixo	0 a 0,20	0 a 0,2	0 a 4	0 a 1,2	0 a 0,5
Médio	0,21 a 0,60	0,3 a 0,8	5 a 12	1,3 a 5	0,6 a 1,2
Alto	> 0,60	> 0,8	> 12	> 5	> 1,2

^{1/} água quente; ^{2/} DTPA

9. BIBLIOGRAFIA

ABBAS, M.; RAJAT, S.; TOMAR, S.S.; SHARMA, K.K. Effect of nitrogen and potassium on the growth and yield of garlic. **Journal of Potassium Research**, v.10, n.4, p.338-342, 1994.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2007.

ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CATARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p.25-32.

ALVAREZ, V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p.43-60.

AMORIM, J.R. de A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C. de. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p.167-176, fev. 2002.

BARNI, V.; GARCIA, A. Comportamento do alho Quitéria isento de vírus do estriado amarelo em diferentes condições de cultivo. **Hortisul**, Pelotas, v.3, n.3, p.15-19, 1994.

BÜLL, L.T.; BERTANI, R.M. de A.; VILLAS BÔAS, R.L.; FERNANDES, D.M. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.3, p.247-255, 2002.

BÜLL, L.T.; NAKAGAWA, J. Desenvolvimento, produção de bulbos e absorção de nutrientes na cultura do alho vernalizado em função de relações cálcio:magnésio no solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.409-415, 1995.

CANTARELLA, H. Adubação com nitrogênio, potássio e enxofre. In: RAIJ, B. van; 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, 1997. p.22-27. (Boletim técnico, 100).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359p.

COSTA, T.M.P.; SOUZA, R.J. de; SILVA, A.M. da. Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio sobre a cultura do alho (*Allium sativum* L. cv. Juréia). **Ciência e Prática**, Lavras, v.17, n.3, p.239-246, jul./set. 1993.

COUTO, F.A.A. **Symptoms of mineral deficiencies in garlic and garlic flower production**. 1985. 32p. Dissertation (Master)-University of California, Berkeley.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. New Delhi: W. Easrtern, 1978. 411p.

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

FONTES, R.R. Adubação. In: MENEZES SOBRINHO, J.A. de (Org.). **Cultivo do alho (*Allium sativum* L.)**. Brasília, DF: Embrapa, 1997. p.3-4. (Instruções técnicas da Embrapa Hortaliças, 2).

FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R.; BERNARDI, J.B.; FORNASIERI, J.B.; CAMPOS, H.R. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, Campinas, v.37, p.33-44, 1978.

GUPTA, U.C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.13-42.

LIPINSKI, V.; GAVIOLA DE HERAS, S.; FILIPPINI, M.F. Effect of irrigation, nitrogen fertilization and clove size on yield and quality of coloured garlic (*Allium sativum* L.). **Ciencia del Suelo**, v.13, n.2, p.80-84, 1995.

MAGALHÃES, J.R. Nutrição mineral em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.20-30, 1986.

MAGALHÃES, J.R. **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa/CNPB, 1988. 64p. (Embrapa/CNPB-Documentos, 1).

MAGALHÃES, J.R.; MENEZES SOBRINHO, J.A. de; FONTES, R.R.; SOUZA, A.F. Diagnose por subtração, visando o levantamento dos nutrientes limitantes para a cultura do alho em solo de cerrado do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 19., 1979, Florianópolis, SC. **Resumos...** Florianópolis: SOB/EMPASC, 1979. v.2, p.197-198.

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

MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Piracicaba: Franciscana, 1980b. 61p. (Boletim técnico, 1).

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 496p.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MANGAL, J.L.; SINGH, R.K.; YADAV, A.; LAL, S.; PANDEY, U.C. Evaluation of garlic cultivars for salinity tolerance. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.65, n.6, p.657-658, 1990.

MARDONES, A.C. **Antecedentes técnicos para el cultivo del ajo en la Zona Sur**. Osorno: INIA/Centro Regional de Investigación Remehue, 1997. 19p. (Boletín técnico, 240).

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; CARRIJO, O.A.; SILVA, H.R. Produção e qualidade de alho sob regimes de água no solo e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.191-194, 2002.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p.143-168.

MENEZES SOBRINHO, J.A. Origem e botânica do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, n.48, p.14, 1978.

MOON, W.; LEE, B.Y. Studies of factors affecting secondary growth in garlic (*Allium sativum* L.): investigation on environmental factors and degree of secondary growth. **Journal Korean Society Horticultural Science**, Sween, v.26, n.2, p.103-112, 1985.

MORAES, E.G.; LEAL, M.L. da S. Influência de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na incidência de superbrotamento na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.4, n.1, p.61, 1986. (Resumos).

NOGUEIRA, I.C.C. **Efeito do parcelamento da adubação nitrogenada sobre as características fisiológicas e produção do alho (*Allium sativum* L.) cultivar Juréia**. 1979. 64p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 1979.

PATEL, B.G.; KHANAPARA, V.D.; MALAVIA, D.D.; KANERIA, B.B. Performance of drip and surface methods of irrigation for garlic (*Allium sativum* L.) under varying nitrogen levels. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v.41, n.1, p.174-176, 1996.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. Correção da acidez do solo. In: RAIJ, B. van; 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, 1997. p.14-19. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; ABREU, C.A. de. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van; 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, 1997. p.8-13 (Boletim técnico, 100).

RESENDE, F.V. **Crescimento, absorção de nutrientes, resposta à adubação nitrogenada e qualidade de bulbos de alho proveniente de cultura de tecidos**. 1997. 139p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1997.

RESENDE, F.V.; SOUZA, R.J. de; FAQUIN, V.; RESENDE, J.T.V. Comparação do crescimento e produção entre alho proveniente de cultura de tecidos e de multiplicação convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p.118-124, 1999.

RESENDE, F.V.; SOUZA, R.J. de; PASQUAL, M. Comportamento em condições de campo de clones de alho obtidos por cultura de meristema. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.44-46, 1995.

RESENDE, G.M. de. **Influência do nitrogênio e paclobutrazol na cultura do alho (*Allium sativum* L) cv. "Quitéria"**. 1992. 107p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1992.

RESENDE, G.M. de; SOUZA, R.J. de. Doses e época de aplicação de nitrogênio sobre a produtividade e características comerciais do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.126-129, 2001.

RUIZ, S.R. Variación estacional de los tenores foliares de N, P, K, Ca, Mg y microelementos y estandares preliminares para N en ajos. **Agricultura Técnica**, Santiago, v.45, n.2, p.159-161, 1985.

SADARIA, S.G.; MALAVIA, D.D.; KHANPARA, V.D.; DUDHATRA, M.G.; VYAS, M.N.; MATHUKIA, R.K. Irrigation and nutrient requirement of garlic (*Allium sativum* L.) under south Saurashtra region of Gujarat. **Indian Journal Agricultural Sciences**, New Delhi, v.67, n.9, p.402-403, 1997.

SCALOPI, E.S.; KLAR, A.E.; VASCONCELLOS, E.F.C. Irrigação e adubação nitrogenada na cultura do alho. **O Solo**, Piracicaba, v.63, n.1, p.63-66, 1971.

SILVA, N.; OLIVEIRA, G.D.; VASCONCELLOS, E.F.C.; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças: absorção de nutrientes pela cultura do alho. In: HAAG, H.P.; MINAMI, K. (Eds.). **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. p.241-256.

SOUZA, R.J. de. **Influência do nitrogênio, potássio, cycocel e paclobutrazol na cultura do alho (*Allium sativum* L.)**. 1990. 143p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1990.

SOUZA, R.J. de; CASALI, V.W.D. Pseudoperfilhamento: uma anormalidade genético-fisiológica em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.36-41, 1986.

SOUZA, R.J. de; CASALI, V.W.D. Efeitos do nitrogênio e potássio nas características comerciais do alho (*Allium sativum* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, n.3, p.276-281, jul./set. 1991.

SOUZA, R.J. de; PAULA, M.B. de; CECÍLIO FILHO, A.B. Alho. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p.178.

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**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p.157-164 (Boletim técnico, 100).

TUCKER, T.C. Diagnosis of nitrogen deficiency in plants. In: HAUCK, R.D. **Nitrogen in crop production**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1984. p.249-262.

VASCONCELLOS, E.F.C.; SCALOPI, E.J.; KLAIR, A.E. A influência da irrigação e adubação nitrogenada na precocidade e "superbrotamento" da cultura do alho (*Allium sativum* L.). **O Solo**, Piracicaba, v.63, n.2, p.15-19, nov. 1971.

ZINK, F.W. Rate of growth and nutrient absorption of late garlic. **Journal American Society Horticultural Science**, Madison, v.83, p.579-584, 1963.