

## Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio

Rovilson José de Souza<sup>1</sup>; Fábio S Macêdo<sup>2</sup>; Janice G de Carvalho<sup>3</sup>; Bruno R Santos<sup>1</sup>; Leandra Vicentina dos R Leite<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UFLA-Depto. Agricultura, C. Postal 3037, 37200-000 Lavras-MG; rovilson@ufla.br; brunoagro2004@yahoo.com.br; leandraconst@yahoo.com.br; <sup>2</sup>Embrapa, Assessoria de Inovação Tecnológica (AIT), C. Postal 040315, 70770-901 Brasília-DF; fabio.macedo@embrapa.br; <sup>3</sup>UFLA-Depto. Ciência do Solo; janicegc@ufla.br

### RESUMO

Nos últimos anos, verificou-se significativa elevação na produtividade e qualidade do alho cultivado no Brasil. Dentre os fatores que proporcionaram este resultado pode-se citar o uso de cultivares nobres, da vernalização e da utilização de alho-semente livres de vírus. Entretanto, poucos são os estudos realizados visando avaliar o crescimento e a absorção de nutrientes em cultivares de alho nobre vernalizadas, provenientes de cultura de meristemas, altamente produtivas em relação às cultivares de alho comum. O objetivo deste trabalho foi determinar a marcha de absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em função de diferentes doses de N aplicadas em cobertura. Os tratamentos consistiram de cinco doses de N aplicadas em adubação de cobertura (60, 90, 120, 150 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e seis épocas de avaliação (30, 50, 70, 90, 110 e 130 dias após o plantio). Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. Os bulbos-semente da cultivar Roxo Pérola de Caçador provenientes de cultura de meristemas (4<sup>a</sup> multiplicação em campo) foram submetidos à vernalização por 50 dias a 4°C. Foram coletados dados de crescimento e desenvolvimento de plantas aos 30, 50, 70, 90, 110 e 130 dias após o plantio. Além disso, foram coletadas plantas para a determinação da massa seca e quantificação dos nutrientes. Não verificou-se diferenças significativas no crescimento, no acúmulo de massa seca e no desenvolvimento de bulbos para as doses de N aplicadas. A extração de macronutrientes em todas as doses de N avaliadas obedeceu a seguinte sequência: N>K>Ca>S>P>Mg, enquanto que a sequência de extração de micronutrientes observada foi Fe>B>Zn>Cu>Mn. Diante dos resultados obtidos, constatou-se a seguinte extração média de nutrientes por plantas de alho vernalizado (kg/ha): N= 179,25, P= 19,95, K= 103,54, Ca= 46,84, Mg= 6,98, S= 31,73; e, em g/ha: B= 156,42, Cu= 90,10, Fe= 654,78, Mn= 76,67, Zn= 138,66.

**Palavras-chave:** *Allium sativum*, nutrição mineral, cultura de tecidos, frigorificação.

### ABSTRACT

#### Absorption march of nutrients in vernalized garlic originated from tissue culture cultivated under nitrogen doses

In recent years, there was a significant increase in productivity and quality of garlic grown in Brazil. Among the factors that provided this result are the use of noble cultivars, vernalization and utilization of virus-free garlic seeds. However, few are the studies accomplished aiming to evaluate the growth and the nutrients absorption in noble garlic cultivars originated from tissue culture, highly productive in relation to the common garlic cultivars. The objective of this research was to determine the nutrient absorption march of vernalized garlic originated from tissue culture depending on different topdressing nitrogen doses. Treatments consisted of five topdressing nitrogen doses (60, 90, 120, 150 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) and six sampling times (30, 50, 70, 90, 110 and 130 days after planting). The experiment was carried out under field conditions, using the experimental design of randomized blocks in an arrangement of split plots, with four replications. The bulbs of the cultivar Roxo Pérola de Caçador originated from tissue culture (four multiplications in field) used for planting were submitted to the vernalization during 50 days at 4°C. The growth and development of plants were evaluated at 30, 50, 70, 90, 110 and 130 days after planting date. In addition, plants were collected for the determination of the dry mass and nutrients quantification. No differences in the growth, accumulation of dry matter and bulb development were verified for nitrogen doses applied. The extraction sequence of macronutrients for all evaluated nitrogen levels was: N>K>Ca>S>P>Mg, whereas for micronutrients was Fe>B>Zn>Cu>Mn. The following average nutrient extraction by plants of vernalized garlic (kg/ha) were observed: N= 179.25, P= 19.95, K= 103.54, Ca= 46.84, Mg= 6.98, S= 31.73; and, in g/ha: B= 156.42, Cu= 90.10, Fe= 654.78, Mn= 76.67, Zn= 138.66.

**Keywords:** *Allium sativum*, mineral nutrition, tissue culture, frigorification.

(Recebido para publicação em 10 de setembro de 2010; aceito em 11 de novembro de 2011)  
(Received on September 10, 2010; accepted on November 11, 2011)

As informações atuais sobre a nutrição mineral de alho vernalizado são escassas, sendo que grande parte das pesquisas existentes com a cultura são relativas a épocas em que os níveis de tecnologia e produtividade eram bastante reduzidos. Com a introdução de

cultivares nobres originárias do Sul do país e da Argentina em novas regiões de cultivo, principalmente devido à adoção da técnica de vernalização, e à obtenção de alho livre de vírus, há a necessidade de se determinar o comportamento desses materiais quanto à absorção de

nutrientes nas diferentes condições de clima e solo.

Algumas técnicas de cultura de tecidos, com destaque para cultura de meristemas, têm sido utilizadas com êxito, visando recuperar a sanidade de clones de alho infectados por viroses.

Entretanto, a exigência nutricional do alho multiplicado por cultura de tecidos ainda é pouco conhecida. Portanto, o estudo do acúmulo e utilização de nutrientes em plantas provenientes de cultura de tecidos torna-se necessário visando adequar a exigência nutricional à recomendação de adubação desses materiais em lavouras comerciais (Resende, 1997).

A vernalização consiste em armazenar os bulbos inteiros em câmaras frias reguladas com temperatura de 3 a 4°C e umidade relativa de 70 a 80% por um período que varia de 40 a 55 dias. As cultivares nobres são as mais exigentes em fotoperíodo (mínimo de 13 horas) e em frio, produzindo bulbos no extremo sul do país. Somente podem ser plantadas no centro-sul aplicando-se a vernalização, que altera as exigências agroclimáticas e reduz o ciclo (Filgueira, 2008).

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 & Cecílio Filho, 2009).

Um importante fator de produção para a cultura do alho é definir épocas adequadas de aplicações de nutrientes para atender com precisão a exigência nutricional da cultura ao longo ciclo de crescimento. Para isso, é importante o conhecimento da marcha de absorção de nutrientes da cultura em condições de campo (Andrioli *et al.*, 2008). Porém, Resende *et al.* (1999) alertam que, em clones provenientes de cultura de tecidos, podem ocorrer mudanças quantitativas e qualitativas na exigência nutricional, em função de alterações no desenvolvimento e na produtividade das plantas. Para a cultivar seminobre Gigante Roxão, Resende (1997) observou grande variação na quantidade de

nutrientes absorvida em função da forma de multiplicação, sendo que as plantas provenientes de cultura de meristemas, devido ao maior potencial produtivo, extraíram maiores quantidades de nutrientes em relação à multiplicação convencional. Em material proveniente de cultura de meristemas o K foi o macronutriente mais extraído, sendo que a absorção ocorreu na seguinte ordem decrescente: K, N, Ca, S, P e Mg. No caso da multiplicação convencional a ordem de extração foi: N, K, Ca, S, P e Mg. Para os micronutrientes, a ordem decrescente, em ambas as formas de multiplicação, foi: Fe, B, Zn, Mn e Cu.

O N é o nutriente que possibilita as maiores respostas no desenvolvimento de plantas e na produção do alho (Macêdo *et al.*, 2009; Fernandes *et al.*, 2010). Portanto, espera-se que plantas bem supridas em N apresentem marcha de absorção de nutrientes diferenciada em relação às plantas supridas com menores quantidades deste nutriente.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a marcha de absorção de macro e micronutrientes em alho nobre proveniente de cultura de meristemas, submetido à vernalização, em função de diferentes doses de N aplicadas em cobertura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo da UFLA (21°14'S; 45°00'W; altitude média 910 metros). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, caracterizado por uma estação seca entre abril e setembro e uma estação chuvosa de outubro a março. A região apresenta média anual de precipitação pluvial de 1493,2 mm e temperatura de 19,3°C (Brasil, 1992).

O experimento foi implantado em um solo denominado Latossolo Vermelho Eutroférico (Embrapa, 2006). Amostras de solo coletadas da camada de 0 a 20 cm, submetidas à análise física e química revelaram: pH H<sub>2</sub>O= 7,2; P disponível (extrator Mehlich 1)= 39,6 mg dm<sup>-3</sup>; K disponível= 86 mg dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup>= 0,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup>= 7,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup>= 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup>= 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al<sup>+3</sup>= 1,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB= 8,4

cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; t= 8,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; T= 10,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V= 81,6 %; matéria orgânica= 4,0 dag kg<sup>-1</sup>; P-rem= 13,6 mg L<sup>-1</sup>; S= 11,3 mg dm<sup>-3</sup>; Zn= 24,3 mg dm<sup>-3</sup>; Fe= 33,8 mg dm<sup>-3</sup>; Mn= 76,8 mg dm<sup>-3</sup>; Cu= 5,0 mg dm<sup>-3</sup>; B= 0,5 mg dm<sup>-3</sup>; Si= 20,4 mg dm<sup>-3</sup>. De acordo com a análise física, o solo enquadrado-se na classe textural argilo-limoso. O preparo do solo consistiu de aração seguida da preparação dos canteiros com roto-encanteiradora.

Os tratamentos consistiram de cinco doses de N aplicadas em adubação de cobertura (60, 90, 120, 150 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) e seis épocas de avaliação (30, 50, 70, 90, 110 e 130 dias após o plantio). Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. As parcelas foram dispostas em canteiros e constituídas por seis linhas de plantio de 2,3 m de comprimento. Utilizou-se o arranjo em fileiras duplas, sendo o espaçamento entre as linhas simples de 12 cm e entre fileiras duplas de 38 cm. O espaçamento entre as linhas externas de canteiros adjacentes foi de 48 cm. O plantio foi realizado na densidade de dez bulbilhos por metro linear. A área útil foi composta pelas quatro linhas centrais, desconsiderando-se ainda 30 cm das extremidades de cada linha. A área útil de cada parcela foi dividida no tempo em seis subparcelas de oito plantas, com duas plantas em cada linha da área útil. A bordadura entre as subparcelas foi composta por uma planta em cada linha.

Empregou-se a cultivar Roxo Pérola de Caçador, sendo os bulbos-semente provenientes de cultura de meristemas (4ª multiplicação em campo). Estes foram submetidos ao processo de vernalização em pré-plantio, sendo colocados em câmara fria com temperatura média de 4°C, por um período de 50 dias. Os bulbilhos foram classificados em peneiras em função do tamanho, utilizando-se para plantio bulbilhos selecionados para peneira 2 (malha 10 x 20 mm). Antes do plantio (17/04/07), os bulbilhos foram imersos durante cinco minutos em solução de Iprodione contendo 5 g L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo, visando a prevenção contra patógenos de solo.

A adubação de plantio consistiu da aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg ha<sup>-1</sup>

de  $P_2O_5$ , 150 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$ , 18 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, 3 kg ha<sup>-1</sup> de B e 3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, nas formas de sulfato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio, sulfato de magnésio, bórax e sulfato de zinco, respectivamente. As aplicações de N em cobertura foram realizadas aos 20 e 90 dias após o plantio, sendo 20% e 80% respectivamente no 1º e 2º parcelamento, utilizando como fonte a uréia.

Visando a prevenção e controle de doenças como mancha-púrpura e ferrugem, foram realizadas pulverizações com produtos à base de mancozeb (3 g L<sup>-1</sup>), tebuconazole (0,25 g L<sup>-1</sup>), tiofanato-metilico (0,5 g L<sup>-1</sup>) e oxiclreto de cobre (1,7 g L<sup>-1</sup>) em intervalos de sete dias. O controle de pragas, como tripses e ácaros, foi efetuado mediante pulverizações em intervalos de quinze dias com produtos à base de deltametrina (0,075 mL L<sup>-1</sup>), clorfenapir (0,25 mL L<sup>-1</sup>) e carbaril (1,5 mL L<sup>-1</sup>). A infestação por plantas daninhas foi controlada por meio de capinas manuais e de aplicações de herbicidas à base de linuron (2 mL L<sup>-1</sup>) e oxadiazon (2,5 mL L<sup>-1</sup>), em intervalos de trinta dias.

A irrigação do experimento foi realizada a cada dois dias aplicando-se lâmina de 7 mm por meio do sistema de aspersão convencional. Aos 65 dias após o plantio a irrigação foi suspensa por 20 dias visando diminuir a incidência de superbrotamento, conforme resultados obtidos por Macêdo *et al.* (2006). Nesse período, não ocorreram chuvas.

Foram coletados dados de altura de plantas e número de folhas aos 30, 50, 70, 90, 110 e 130 dias após o plantio, amostrando-se dez plantas ao acaso em cada parcela, para a obtenção do valor médio. A medição da altura das plantas ocorreu com trena, determinando a distância entre o nível do solo e a extremidade apical da maior folha.

Em cada subparcela de oito plantas, foram coletadas seis plantas ao acaso aos 30, 50, 70, 90, 110 e 130 dias após o plantio, sendo estas, separadas em parte aérea e bulbo, levadas para laboratório, lavadas em água corrente e enxaguadas em água destilada. As amostras foram colocadas em sacos de papel e secadas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura média de 70°C até massa constante. Após a secagem as amostras

foram moídas e acondicionadas em recipientes plásticos com tampa.

Aos 50, 70, 90, 110 e 130 dias após o plantio, foi determinada também a razão bulbar das seis plantas coletadas em cada subparcela. A razão bulbar é utilizada para expressar o grau de desenvolvimento do bulbo e é obtida pela divisão do diâmetro do pseudocaule na altura do colo da planta pelo diâmetro da parte mediana do bulbo. Quanto menor o valor obtido, mais desenvolvido encontra-se o bulbo.

A quantificação dos nutrientes no material vegetal foi realizada em laboratório da UFLA seguindo metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997). O N foi determinado pelo método semi-micro-Kjeldahl com digestão ácida quente. O B foi determinado por meio do método colorimétrico da curcumina com digestão por via seca. Para os demais nutrientes foi utilizada a digestão nitro-perclórica, sendo as concentrações no extrato determinadas da seguinte forma: P= colorimetria; K= fotometria de chama; S= turbidimetria; Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn por espectrofotometria de absorção atômica.

A colheita do experimento ocorreu em 25 de agosto de 2007, aos 130 dias após o plantio, na fase de senescência das plantas.

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste de F a 5% de probabilidade. Quando constatadas diferenças significativas, realizaram-se análises de regressão. No caso das características altura de plantas, número médio de folhas por planta e massa seca da parte aérea, realizou-se a derivação das equações de regressão ajustadas para a obtenção do valor máximo em função das épocas de avaliação.

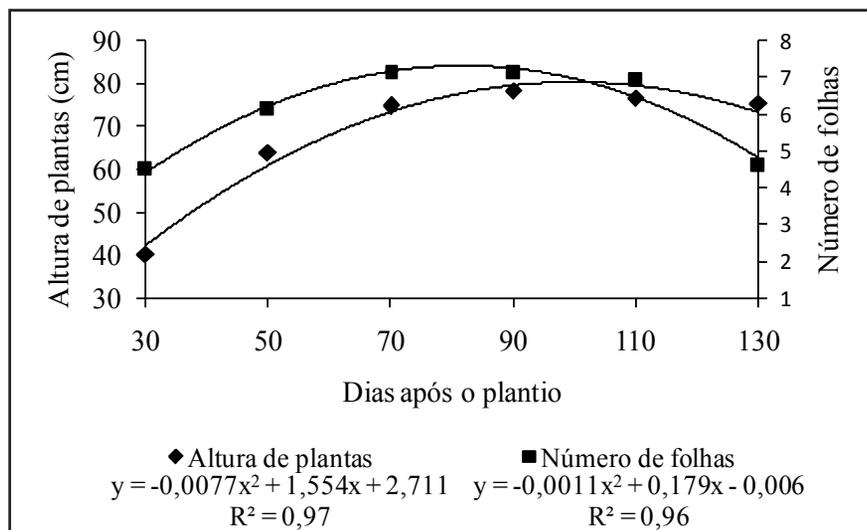
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se verificou diferenças significativas na altura de plantas de alho vernalizado em função das diferentes doses de N aplicadas em adubação de cobertura. A ausência de efeitos do N sobre o desenvolvimento das plantas provavelmente ocorreu em função do fornecimento desse nutriente também por meio da matéria orgânica do solo,

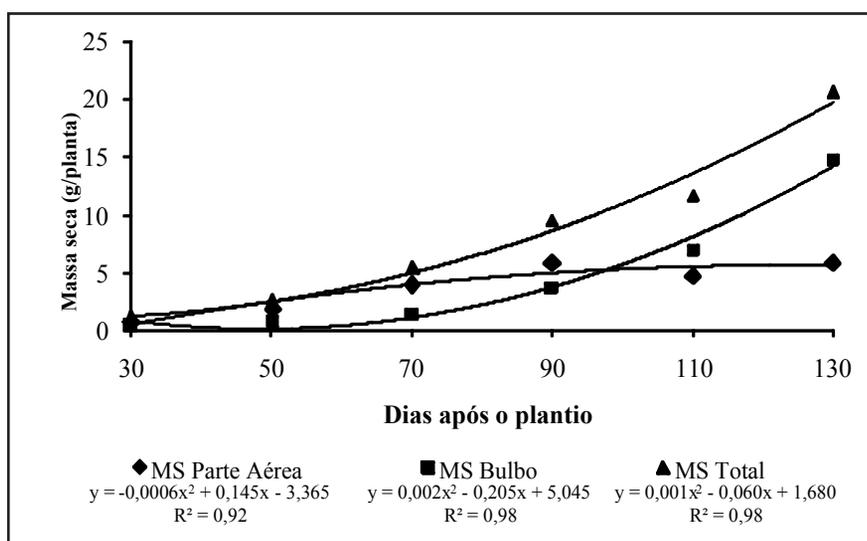
o qual possuía teor significativo desta fração (4,0 dag kg<sup>-1</sup>). A altura das plantas comportou-se de forma quadrática em relação às diferentes épocas de avaliação ( $y = -0,0077x^2 + 1,554x + 2,711$ ;  $R^2 = 0,97$ ), elevando-se rapidamente desde os 30 dias após o plantio até atingir o valor máximo de 81,1 cm aos 100 dias (Figura 1). Posteriormente, houve queda na altura de plantas em função da senescência das plantas. Em pesquisa realizada com a cultivar seminobre “Gigante Roxão” proveniente de cultura de meristemas, Resende (1997) verificou crescimento lento até 50 dias após plantio, sendo a fase de crescimento mais intenso entre 50 e 90 dias após o plantio e a máxima altura da plantas obtida aos 120 dias. Nas condições da região Sul, onde as exigências climáticas de cultivo de alho nobre são atendidas sem a necessidade de uso da prática de vernalização, verifica-se que as cultivares de alho nobre normalmente apresentam ciclo de desenvolvimento maior quando comparado ao ciclo de cultivares de alho seminobre. No entanto, nas condições da região Sudeste, as cultivares de alho nobre somente bulbificam mediante a prática de frigidificação, a qual antecipa a formação dos bulbos e reduz significativamente o ciclo de desenvolvimento destes materiais.

Com relação ao número médio de folhas ao longo do ciclo da cultura, não foram observadas diferenças significativas com a aplicação de diferentes doses de N em cobertura. O número de folhas apresentou resposta quadrática em relação às diferentes épocas de avaliação ( $y = -0,0011x^2 + 0,179x - 0,006$ ;  $R^2 = 0,96$ ), elevando-se até os 81 dias após o plantio, quando atingiu o valor máximo (7,3), com posterior redução deste valor em função da senescência das plantas (Figura 1). Em trabalho com quatro cultivares de alho seminobre, Resende *et al.* (2000), verificaram elevação no número de folhas até os 120 dias após o plantio, provavelmente, devido ao maior ciclo apresentado por este tipo de alho. Porém, a partir deste ponto, também constataram a redução no número de folhas devido ao secamento das mesmas.

O acúmulo da massa seca na parte aérea, nos bulbos e total das plantas, ocorreu de forma semelhante para todas



**Figura 1.** Altura de plantas e número de folhas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em diferentes épocas de avaliação (plant height and number of leaves of vernalized garlic from tissue culture in different evaluation dates). Lavras, UFLA, 2007.



**Figura 2.** Acúmulo de massa seca na parte aérea, bulbos e total em plantas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em diferentes épocas de avaliação (accumulation of dry matter in the aboveground part, bulbs and total in vernalized garlic plants originated from tissue culture in different evaluation dates). Lavras, UFLA, 2007.

as doses de N aplicadas. A massa seca da parte aérea elevou-se rapidamente até próximo aos 90 dias após o plantio, apresentando pouca variação após este período e alcançando o valor máximo de 5,4 g/planta aos 120 dias após o plantio (Figura 2). Em trabalho com a mesma cultivar, Andrioli *et al.* (2008) também verificaram acúmulo acelerado de massa seca nas folhas no início do ciclo, sendo o valor máximo observado próximo aos 80 dias após o plantio, com posterior redução na massa seca desta parte da planta. Em alho seminobre proveniente de cultura de meristemas, Resende

(1997) observou pouco acréscimo na massa seca da parte aérea até os 70 dias após o plantio. Porém, esta aumentou consideravelmente a partir deste ponto até os 110 dias, decrescendo a partir desta época até a colheita.

O acúmulo de massa seca nos bulbos se intensificou apenas por volta dos 50 dias após o plantio, com a máxima quantidade acumulada verificada na colheita, aos 130 dias após o plantio (Figura 2). O mesmo comportamento foi observado por Andrioli *et al.* (2008) para a cultivar Roxo Pérola de Caçador. No caso de alho seminobre, que, em

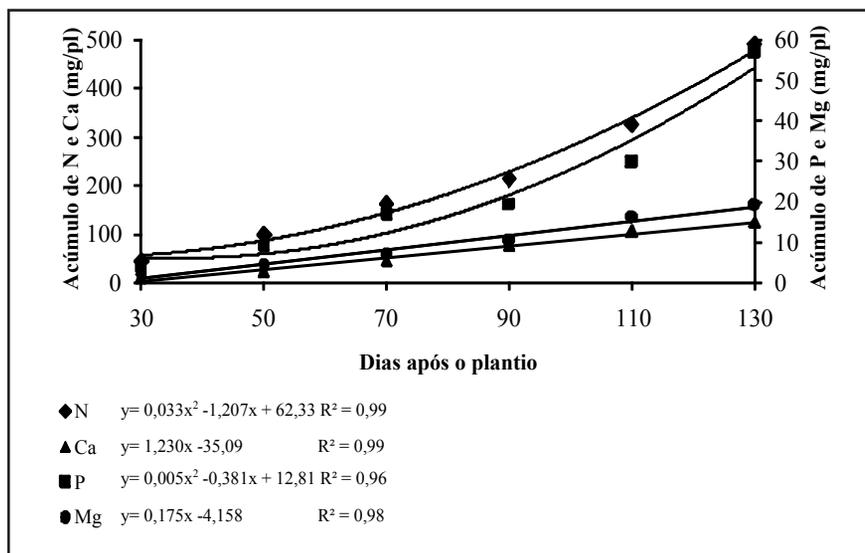
geral, apresenta maior ciclo que o alho nobre vernalizado, Resende (1997) verificou baixo acúmulo de massa seca nos bulbos até os 90 dias. No entanto, após esse período, o acúmulo aumentou bruscamente e se estabilizou em torno de 135 dias após o plantio.

Aproximadamente aos 50 dias após o plantio, a quase totalidade da massa seca das plantas foi composta pela massa seca da parte aérea (Figura 2). Entretanto, após este período, em função do pouco acréscimo na massa seca da parte aérea e do início da bulbificação, o acúmulo total de massa seca acompanhou o ganho de massa seca dos bulbos, atingindo o máximo valor na colheita. De acordo com Werner (1986), durante a bulbificação grande parte dos compostos orgânicos e inorgânicos das folhas é redistribuída para os bulbos, levando a parte aérea à senescência, ocorrendo então redução na massa seca dessa parte da planta.

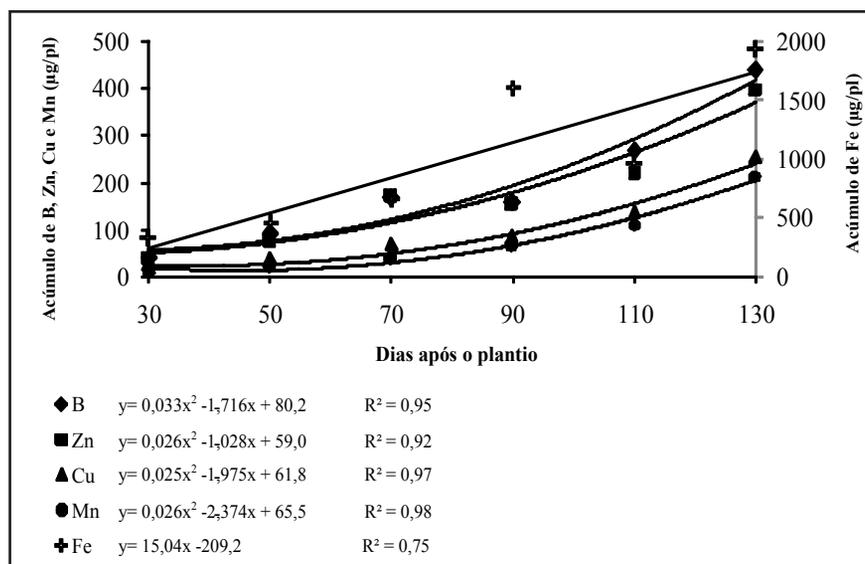
Não se observaram diferenças significativas na razão bulbar em relação às doses de N aplicadas em cobertura. No entanto, verificou-se redução linear no valor obtido a partir dos 50 dias após o plantio até a colheita ( $y = -0,0048x + 0,837$ ;  $R^2 = 0,94$ ). Uma relação bulbar inferior a 0,5 indica uma intensificação na formação dos bulbos, o que ocorreu aos 70 dias após o plantio no presente trabalho. Por sua vez, o amadurecimento do bulbo, ou final da bulbificação, ocorre quando esta relação for menor que 0,2, valor próximo ao obtido na colheita deste experimento (0,21), aos 130 dias após o plantio. Resende (1997) verificou que a intensificação da bulbificação da cultivar “Gigante Roxão” também ocorre a partir dos 70 dias após o plantio, porém, o amadurecimento ocorreu somente aos 150 dias depois do plantio.

As quantidades acumuladas de N, P, Ca e Mg não diferiram significativamente em função das doses de N aplicadas em adubação de cobertura, havendo efeito destas apenas no acúmulo de K e S. Além disso, o máximo acúmulo para todos os macronutrientes ocorreu por ocasião da colheita, aos 130 dias após o plantio, com o máximo acúmulo de massa seca de bulbos e massa seca total de plantas.

O acúmulo de N e P acompanhou o



**Figura 3.** Acúmulo de N, P, Ca e Mg em plantas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em diferentes épocas de avaliação (accumulation of N, P, Ca and Mg in vernalized garlic plants originated from tissue culture in different evaluation dates). Lavras, UFLA, 2007.



**Figura 4.** Acúmulo de B, Zn, Cu, Mn e Fe em plantas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em diferentes épocas de avaliação (accumulation of B, Zn, Cu, Mn and Fe in vernalized garlic plants originated from tissue culture in different evaluation dates). Lavras, UFLA, 2007.

de massa seca nos bulbos, intensificando-se a partir dos 50 dias após o plantio, e atingindo valor máximo na colheita, aos 130 dias após o plantio (Figura 3). Em pesquisa com a mesma cultivar do presente trabalho em Santa Juliana-MG, Fernandes *et al.* (2010) observaram que, na fase de diferenciação dos bulbilhos, plantas de alho provenientes de cultura de meristemas absorveram mais N e menos P e K em função do aumento das doses de N, sendo que o maior teor de N na folha de alho foi observado com a dose de 320 kg ha<sup>-1</sup> de N. Estas dife-

renças obtidas na marcha de absorção de nutrientes de uma mesma cultivar reforçam a necessidade de realização de estudos específicos nos locais de interesse, visto que o desenvolvimento do alho varia em função de aspectos climáticos da região, manejo adotado, tipo de solo, disponibilidade de água, dentre outros.

O acúmulo de K mostrou-se variável em função da dose de N aplicada em cobertura, havendo acúmulo intenso e linear do nutriente dos 30 dias após o plantio até a colheita para todos os níveis de N avaliados (60 kg ha<sup>-1</sup> de N:

$y = 2,115x - 17,04$   $R^2 = 0,96$ ; 90 kg ha<sup>-1</sup> de N:  $y = 2,193x - 19,74$   $R^2 = 0,98$ ; 120 kg ha<sup>-1</sup> de N:  $y = 2,167x - 16,64$   $R^2 = 0,92$ ; 150 kg ha<sup>-1</sup> de N:  $y = 2,426x - 21,41$   $R^2 = 0,97$ ; 180 kg ha<sup>-1</sup> de N:  $y = 2,540x - 32,39$   $R^2 = 0,94$ ). Entretanto, considerando-se o acúmulo total por ocasião da colheita, aos 130 dias após o plantio, não se verificou diferenças significativas nos valores obtidos com as diferentes doses de N. Porém, Büll *et al.* (2002) verificaram um aumento linear no acúmulo de K na fase de diferenciação dos bulbilhos com a elevação das doses de N até a dose de 320 kg ha<sup>-1</sup>.

O acúmulo de Ca e Mg ocorreu de forma linear no período avaliado (Figura 3). Andrioli *et al.* (2008) também verificaram o máximo acúmulo de Ca no final do ciclo da cultura, enquanto para o Mg isto deu-se aos 90 dias após o plantio.

O acúmulo de S apresentou comportamento diferenciado em função das doses de N aplicadas em adubação de cobertura, com resposta linear no período estudado para todos os níveis avaliados (60 kg ha<sup>-1</sup> de N:  $y = 0,850x - 27,39$   $R^2 = 0,96$ ; 90 kg ha<sup>-1</sup> de N:  $y = 0,908x - 29,86$   $R^2 = 0,90$ ; 120 kg ha<sup>-1</sup> de N:  $y = 0,789x - 23,32$   $R^2 = 0,92$ ; 150 kg ha<sup>-1</sup> de N:  $y = 0,809x - 21,82$   $R^2 = 0,98$ ; 180 kg ha<sup>-1</sup> de N:  $y = 0,890x - 26,89$   $R^2 = 0,96$ ). Porém, não foram constatadas diferenças significativas no acúmulo total do nutriente no momento da colheita, considerando-se as diferentes doses de N. A elevação no acúmulo de S ao longo do ciclo de desenvolvimento do alho possivelmente está ligada ao acúmulo de compostos sulfurosos responsáveis, em grande parte, pelo cheiro característico do alho (Resende & Cecílio Filho, 2009).

O acúmulo de micronutrientes, exceto para o Fe, mostrou-se lento no início do ciclo da cultura, intensificando-se somente por volta dos 50 dias após o plantio, com a elevação no acúmulo de massa seca nos bulbos (Figura 3). O máximo acúmulo para todos os micronutrientes ocorreu na colheita, aos 130 dias após o plantio, com o máximo acúmulo de massa seca total de bulbos e total de plantas. Em avaliação da absorção de nutrientes da mesma cultivar utilizada no presente trabalho, Andrioli *et al.* (2008), verificaram que o cobre e o

manganês atingiram a máxima absorção precocemente, aos 80 dias após o plantio, enquanto que o boro e o ferro aos 90 dias após o plantio e o zinco no final do ciclo de produção da cultura. Em trabalho com alho seminobre proveniente de cultura de meristemas, Resende (1997) verificou que, dentre os micronutrientes, apenas o Cu apresentou um padrão de aumento relativamente constante no acúmulo total da planta desde os 30 dias após o plantio, sendo que os demais micronutrientes tiveram sua absorção aumentada somente a partir de 70 dias.

Em função dos resultados obtidos, as quantidades médias de macronutrientes extraídas por alho vernalizado, considerando-se uma população de 375.000 plantas/ha foram (em kg/ha): N= 179,25, P= 19,95, K= 103,54, Ca= 46,84, Mg= 6,98 e S= 31,73. Com relação aos micronutrientes, as quantidades médias extraídas (em g/ha) foram: B= 156,42, Cu= 90,10, Fe= 654,78, Mn= 76,67 e Zn= 138,66. Andrioli *et al.* (2008) verificaram que o acúmulo de macronutrientes para a cultivar Roxo Pérola de Caçador na colheita, aos 105 dias após o plantio (em kg/ha), foi de 62,4 de N, 12,1 de P, 61,0 de K, 27,6 de Ca, 6,0 de Mg e 10,3 de S. No caso dos micronutrientes observou-se o acúmulo (em g/ha) de 68,1 de B, 21,7 de Cu, 252,9 de Fe, 70,6 de Mn e 77,2 de Zn. Observa-se que para todos os macronutrientes e micronutrientes as quantidades acumuladas foram menores que as verificadas no presente trabalho. Entretanto, deve-se considerar, dentre outros aspectos, que a colheita do referido experimento foi realizada mais precocemente em relação à do presente trabalho, ocorrida aos 130 dias após o plantio. Resende (1997), em trabalho com alho seminobre proveniente de meristemas, obteve os seguintes resultados para uma população de 400.000 plantas/ha (em kg/ha): N= 82,56, P= 16,60, K= 104,60, Ca= 84,56, Mg= 14,12, S= 22,6 e, em g/ha B= 232,16, Cu= 24,24, Fe= 3024,32, Mn= 139,0, Zn= 176,40. Portanto, comparando-se os resultados observados no presente trabalho em alho nobre vernalizado com os verificados em alho seminobre, e considerando-se a população de plantas em ambos os

trabalhos, constata-se que, no caso dos macronutrientes, o alho nobre vernalizado apresenta maior extração de N, P, K e S, sendo a quantidade de N extraída por alho vernalizado superior ao dobro do valor extraído por alho seminobre. No caso dos micronutrientes, verificou-se maior extração em alho vernalizado apenas para o Cu com relação ao alho seminobre. Possivelmente, a maior extração de macronutrientes justifica, em parte, a maior produtividade geralmente observada em alho nobre vernalizado em relação aos demais tipos de alho.

Diante dos resultados, conclui-se que não foram constatadas diferenças significativas no crescimento e no acúmulo de massa seca em plantas de alho nobre vernalizado em resposta à aplicação de doses de N em cobertura entre 60 e 180 kg ha<sup>-1</sup>. Além disso não foram observadas variações expressivas na extração de macro e micronutrientes em alho nobre vernalizado em função das diferentes doses de N aplicadas em cobertura, sendo que a extração de macronutrientes obedeceu a seqüência: N>K>Ca>S>P>Mg, enquanto que a seqüência verificada para os micronutrientes foi Fe>B>Zn>Cu>Mn. De modo geral, verificou-se que a extração de macro e micronutrientes foi fortemente intensificada a partir dos 50 dias após o plantio com a elevação no acúmulo de massa seca nos bulbos, sendo que o máximo acúmulo para todos os macro e micronutrientes ocorreu na colheita, coincidindo com o máximo acúmulo de massa seca nos bulbos e de massa seca total de plantas. Constatou-se que o alho nobre apresenta altas exigências nutricionais, notadamente em relação aos macronutrientes N e K e em relação aos micronutrientes Fe, B e Zn. Finalmente, verificou-se a seguinte extração média de nutrientes (por plantas/ha) de alho vernalizado (em kg/ha): N= 179,25, P= 19,95, K= 103,54, Ca=46,84, Mg= 6,98, S= 31,73, e, em g/ha B= 156,42, Cu= 90,10, Fe= 654,78, Mn= 76,67, Zn= 138,66.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

(CNPq) pelas bolsas concedidas e pelo financiamento do projeto.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIOLI FF; PRADO RM; ANDRIOLI I; SAES LP. 2008. Curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes pela cultura do alho sob condições de campo. *Scientia Agraria* 9: 385-393.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 1992. *Normais Climatológicas. 1961-1990*. Brasília: SPI/EMBRAPA. 84p.
- BÜLL LT; BERTANI RMA; VILLAS BÔAS RL; FERNANDES DM. 2002. Produção de bulbos e incidência de pseudoperilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. *Bragantia* 61: 247-255.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 306p.
- FERNANDES JCF; BÜLL LT; CORRÊA JC; PAVAN MA; IMAIZUMI I. 2010. Resposta de plantas de alho livres de vírus ao nitrogênio em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 28: 97-101.
- FILGUEIRA FAR. 2008. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV. 421 p.
- MACÊDO FS; SOUZA RJ; PEREIRA GM. 2006. Controle de superbrotação em alho vernalizado sob estresse hídrico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41: 629-635.
- MACÊDO FS; SOUZA RJ; CARVALHO JG; SANTOS BR; LEITE LVR. 2009. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. *Bragantia* 68: 657-663.
- MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA SA. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos. 359p.
- RESENDE FV. 1997. *Crescimento, absorção de nutrientes, resposta à adubação nitrogenada e qualidade de bulbos de alho proveniente de cultura de tecidos*. Lavras: UFLA. 139p. (Tese doutorado).
- RESENDE FV; FAQUIN V; SOUZA RJ; SILVA VS. 1999. Acúmulo de matéria seca e exigências nutricionais de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de propagação convencional. 17: 220-226.
- RESENDE GM; CECÍLIO FILHO, AB. 2009. Nutrição, calagem e adubação. In: SOUZA RJ; MACÊDO FS (eds). *Cultura do alho: tecnologias modernas de produção*. Lavras: Editora UFLA. p. 63-93.
- RESENDE FV; GUALBERTO R; SOUZA RJ. 2000. Crescimento e produção de clones de alho provenientes de cultura de tecidos e de propagação convencional. *Scientia Agrícola* 57: 61-66.
- WERNER RA. 1986. Manejo pós-colheita do alho. *Informe Agropecuário* 12: 46-49.