

**MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES
E PRODUTIVIDADE EM ALHO
VERNALIZADO PROVENIENTE DE
CULTURA DE MERISTEMAS SOB DOSES DE
NITROGÊNIO E MOLIBDÊNIO**

FÁBIO SILVA MACÊDO

2008

FÁBIO SILVA MACÊDO

**MARCA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE EM
ALHO VERNALIZADO PROVENIENTE DE CULTURA DE
MERISTEMAS SOB DOSES DE NITROGÊNIO E MOLIBDÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Rovilson José de Souza

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Macêdo, Fábio Silva.

Marcha de absorção de nutrientes e produtividade em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas sob doses de nitrogênio e molibdênio / Fábio Silva Macêdo. -- Lavras : UFLA, 2008.

63 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Rovilson José de Souza

Bibliografia.

1. Alho. 2. Produtividade. 3. Nutrição. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.26

FÁBIO SILVA MACÊDO

**MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E PRODUTIVIDADE EM
ALHO VERNALIZADO PROVENIENTE DE CULTURA DE
MERISTEMAS SOB DOSES DE NITROGÊNIO E MOLIBDÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 3 de março de 2008

Prof. Dr. Ernani Clarete da Silva	UNIFENAS
Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Prof. Dr. Jony Eishi Yuri	UNINCOR
Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes	UFLA

Prof. Dr. Rovilson José de Souza
DAG/UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A minha família,

Aos meus amigos,

OFEREÇO.

Aos meus pais, José Macêdo e Cleide,

Aos meus irmãos Kátia, Kleber e Fabiane,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pela educação, apoio e por terem suportado essa longa jornada, apesar das dificuldades.

Aos meus familiares, em especial às tias Maria Oneide e Maria da Paz, pelo incentivo e por sempre acreditarem nos meus objetivos.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do curso de doutorado e ao Departamento de Ciência do Solo.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e pelo financiamento do projeto.

Ao professor Rovilson José de Souza, pela amizade, apoio, confiança, conhecimentos adquiridos e orientação durante a graduação, o mestrado e o doutorado.

À professora Janice Guedes de Carvalho, pela co-orientação e ensinamentos durante a condução deste trabalho.

Aos professores membros da banca examinadora, Ernani Clarete da Silva, Jony Eishi Yuri e Luiz Antônio Augusto Gomes, pelas sugestões para a melhoria deste trabalho.

Aos professores das disciplinas cursadas, pelos valiosos ensinamentos.

Aos funcionários do Setor de Olericultura, Pedro, Milton, Josemar e Leandro e ao laboratorista Adalberto, do Departamento de Ciência do Solo, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos estudantes de graduação Bruno, Leandra e Zélio, pela colaboração na condução dos experimentos.

Aos colegas de graduação e pós-graduação, pela amizade e pelos conhecimentos obtidos.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Fábio Silva Macêdo, filho de José Souza Macêdo e Maria Cleide Silva Macêdo, nasceu em 11 de dezembro de 1980, na cidade de Imperatriz, estado do Maranhão.

Concluiu o ensino fundamental no Colégio Cristo Rei em dezembro de 1994, na cidade de Pedro Afonso, estado do Tocantins. Em dezembro de 1997, formou-se em técnico em agropecuária pelo Colégio Agrícola de Brasília, Distrito Federal.

Graduou-se engenheiro agrônomo pela Universidade Federal de Lavras em julho de 2003, onde foi bolsista do programa bolsa atividade de fevereiro de 1999 a julho de 2000, e de iniciação científica do PIBIC/CNPq, de agosto de 2000 a julho de 2003, na área de olericultura.

Ingressou no curso de mestrado em Agronomia/Fitotecnia em agosto de 2003, concentrando os estudos na área de olericultura e obtendo o título de “mestre” em fevereiro de 2005.

Prosseguindo os estudos na mesma área, iniciou o doutorado em Agronomia/Fitotecnia em março de 2005 e obteve o título de “Doutor”, em março de 2008.

Em janeiro de 2008 foi contratado como pesquisador na área de olericultura pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig). Em seguida, em fevereiro de 2008, foi contratado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) para atuar como Analista na Assessoria de Inovação Tecnológica (AIT).

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
ARTIGO 1. Marcha de absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em função de doses de nitrogênio	1
Introdução	3
Material e Métodos	6
Resultados e Discussão	10
Referências	18
ARTIGO 2. Produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em função de doses de nitrogênio	25
Introdução	27
Material e Métodos	30
Resultados e Discussão	33
Conclusões	36
Referências	37
ARTIGO 3. Produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em função de doses de nitrogênio e molibdênio	42
Introdução	44
Material e Métodos	47
Resultados e Discussão	50
Conclusões	55
Referências	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS	63

RESUMO

MACÊDO, Fábio Silva. **Marcha de absorção de nutrientes e produtividade em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas sob doses de nitrogênio e molibdênio.** 2008. 63 p. Tese (Doutorado em Agronomia. Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas e a resposta à aplicação de diferentes doses de N em adubação de cobertura e Mo via foliar. Foram conduzidos três experimentos em condições de campo no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, no período de 17/04/2007 a 25/08/2007. A cultivar utilizada foi a 'Roxo Pérola de Caçador', sendo os bulbos-semente provenientes de cultura de meristemas (4ª multiplicação em campo) submetidos à vernalização por 50 dias, a 4°C. No primeiro experimento, avaliaram-se o crescimento e o desenvolvimento da cultura e a marcha de absorção de macro e micronutrientes em função de diferentes doses de N em cobertura (60, 90, 120, 150 e 180 kg ha⁻¹). No segundo trabalho, determinaram-se o desempenho produtivo da cultura e a incidência de superbrotamento em função das doses de N avaliadas no primeiro experimento. No terceiro experimento, verificaram-se os efeitos da combinação de doses de N em cobertura (60, 90, 120, 150 e 180 kg ha⁻¹), com diferentes doses de Mo via foliar (0, 100, 200 e 300 g ha⁻¹), na produtividade e na ocorrência de superbrotamento. Não foram verificadas diferenças significativas no crescimento, no acúmulo de massa seca e no desenvolvimento de bulbos para as doses de nitrogênio aplicadas. A extração de macronutrientes para todas as doses de nitrogênio avaliadas obedeceu à seguinte seqüência: N>K>Ca>S>P>Mg, enquanto que a seqüência de extração de micronutrientes observada foi Fe>B>Zn>Cu>Mn. A produtividade comercial de alho vernalizado mostrou-se diretamente associada à dose de N aplicada em cobertura e aos índices de superbrotamento observados na cultura. Aplicações foliares de Mo prejudicaram o desempenho produtivo de alho vernalizado.

* Comitê Orientador: Rovilson José de Souza – DAG/UFLA, Janice Guedes de Carvalho – DCS/UFLA

ABSTRACT

MACÊDO, Fábio Silva. **Absorption march of nutrients and productivity in vernalized garlic originated from tissue culture under nitrogen and molybdenum doses.** 2008. 63 p. Thesis (Doctor's degree in Agronomy. Phytotechnology) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

The objective of this study was to evaluate the growth and absorption of nutrients in vernalized garlic originated from tissue culture and the response to the application of different topdressing nitrogen doses and molybdenum doses applied by foliar dressing. Three experiments were conducted on field conditions in the Sector of Horticulture of the Federal University of Lavras between 17/04/2007 and 25/08/2007. The cultivar utilized was “Roxo Pérola de Caçador”, being the bulbs originated from tissue culture used for planting (four multiplications in field) submitted to the vernalization by 50 days at 4°C. In the first experiment, the growth and development of culture and the march of absorption of macro and micronutrients in function of different topdressing nitrogen doses (60, 90, 120, 150 and 180 kg ha⁻¹) were evaluated. In the second work, was determined the productivity and index of secondary bulb growth in response to the doses of N evaluated in the first experiment. In the third experiment, the effects of the combination of topdressing nitrogen doses (60, 90, 120, 150 e 180 kg ha⁻¹) with molybdenum doses applied by foliar dressing (0, 100, 200 and 300 g ha⁻¹) in productivity and the occurrence of secondary bulb growth were evaluated. No differences in the growth, accumulation of dry matter and bulb development were verified for nitrogen doses applied. The sequence extraction of macronutrients for all nitrogen levels evaluated was: N>K>Ca>S>P>Mg, while for micronutrients was Fe> B> Zn> Cu> Mn. The commercial bulbs productivity obtained in vernalized garlic was directly influenced for the topdressing nitrogen dose and secondary bulb growth rates observed. Foliar applications of Mo prejudice the productive performance of vernalized garlic.

* Guidance Committee: Rovilson José de Souza – DAG/UFLA, Janice Guedes de Carvalho – DCS/UFLA

ARTIGO 1

Marcha de absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de nitrogênio

(Preparado de acordo com as normas da revista “*Bragantia*”, exceto as citações (NBR 10520) e as referências bibliográficas (NBR 6023).

Fábio Silva Macêdo⁽¹⁾, Rovilson José de Souza⁽²⁾ e Janice Guedes de Carvalho⁽³⁾

⁽¹⁾Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Assessoria de Inovação Tecnológica (AIT), Parque Estação Biológica – PqEB, Av. W3 Norte (final), Ed. Sede, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília-DF. E-mail: fabio.macedo@embrapa.br ⁽²⁾Universidade Federal de Lavras (UFLA), Dep. de Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: rovilson@ufla.br ⁽³⁾ UFLA, Dep. de Ciência do Solo. E-mail: janicegc@ufla.br

Resumo – O objetivo da realização deste trabalho foi determinar a marcha de absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas em cobertura. Foram avaliadas cinco doses de nitrogênio: 60, 90, 120, 150 e 180 kg ha⁻¹. O experimento foi conduzido em condições de campo, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os bulbos-semente da cultivar Roxo Pérola de Caçador, provenientes de cultura de meristemas (4^a 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 (colheita) dias após o plantio. Além disso, foram coletadas plantas para a determinação da massa seca e a quantificação dos nutrientes. Não foram verificadas diferenças significativas no crescimento, no acúmulo de massa

seca e no desenvolvimento de bulbos, para as doses de nitrogênio aplicadas. A extração de macronutrientes em todas as doses de nitrogênio avaliadas obedeceu à seguinte seqüência: N>K>Ca>S>P>Mg, enquanto que a seqüência de extração de micronutrientes observada foi Fe>B>Zn>Cu>Mn.

Termos para indexação: *Allium sativum*, nutrição mineral, bulbificação.

Absorption march of nutrients in vernalized garlic originated from tissue culture in function of nitrogen doses

Abstract – The objective of this work was to determine the nutrient absorption march in vernalized garlic originated from tissue culture in function of different topdressing nitrogen doses. Five doses of nitrogen were evaluated: 60, 90, 120, 150 and 180 kg ha⁻¹. The experiment was conducted under field conditions, using the experimental design of randomized blocks, 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 by 50 days at 4°C. The growth and development of plants were evaluated to the 30, 50, 70, 90, 110 and 130 (harvest) days after planting. In addition, plants were collected for 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 sequence extraction of macronutrients for all nitrogen levels evaluated was: N>K>Ca>S>P>Mg, while for micronutrients was Fe> B> Zn> Cu> Mn.

Index terms: *Allium sativum*, mineral nutrition, bulbification.

Introdução

As informações atuais sobre a nutrição mineral de alho vernalizado são escassas, sendo grande parte das pesquisas existentes com a cultura 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 a obtenção de alho livre de vírus, há a necessidade de se determinar o comportamento deste material 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 a utilização de nutrientes em plantas provenientes de cultura de tecidos tornam-se necessários 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, com 3°C 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, 2003).

A relação entre a curva de crescimento, principalmente em número de folhas e altura, e a quantidade de nutriente absorvida, é de fundamental importância na nutrição e adubação do alho. Se, na maioria das espécies, e dentro de uma mesma espécie, verifica-se diversidade para esses parâmetros,

ocasionada pelas condições ambientais, no caso específico do alho, essa influência do meio é decisiva. É de se esperar que, em alhos nobres vernalizados, o desencontro de valores possa ser bem maior pela sensibilidade desse grupo em relação às diferentes condições de clima e solo, pela ação da vernalização (Nakagawa, 1993).

Pelo exame das curvas de absorção, são evidenciados os períodos em que a cultura absorve, com maior ou menor intensidade, os nutrientes, fornecendo, desse modo, as épocas mais adequadas para a aplicação dos fertilizantes (Silva et al., 1981).

Utilizando cultivares tardias de alho, Zink (1963) observou que tanto o acúmulo de massa seca como a taxa de extração dos nutrientes foram muito baixos na fase inicial. Porém, entre o início da bulbificação e a colheita, verificou que as plantas produziram aproximadamente 60% da massa seca máxima obtida, havendo, também nesse período, a remoção de 49% do N total, 65% do P e 38% do K. No final do ciclo, o autor constatou que a ordem de extração foi: N>K>Ca>P>Mg>Na.

Em trabalho com a cultivar seminobre Lavínia, Silva et al. (1981) observaram que a extração de nutrientes acompanha o crescimento da planta, sendo pequena a absorção total dos nutrientes até os 45 dias após o plantio. Porém, após este período, o N e o K são absorvidos intensamente. Admitindo uma população de 333.333 plantas ha⁻¹, verificaram, ainda, que a ordem decrescente de extração de macronutrientes foi N, K, S, Ca, P e Mg. A absorção dos micronutrientes foi consideravelmente intensa desde o início da cultura, destacando-se o Fe, seguido de Mn, Zn, B e Cu.

Oliveira et al. (1971), em experimento com a mesma cultivar, observaram que as plantas cresceram até 120 dias após o plantio e que a extração de nutrientes acompanhou o crescimento, exceto para o potássio, que foi

acumulado até 150 dias após o plantio. A ordem de extração de macronutrientes determinada pelos autores foi N, K, Ca, P, Mg e S.

Em trabalho com a cultivar seminobre Gigante Roxão, Resende (1997) observou grande variação na quantidade de nutrientes absorvidos em função da forma de multiplicação. Devido ao maior potencial produtivo, as plantas provenientes de cultura de meristemas extraíram maiores quantidades, tanto de macronutrientes como de micronutrientes, em relação às plantas oriundas de multiplicação convencional. Além disso, em material proveniente de cultura de meristemas, o potássio foi o macronutriente mais extraído, tendo a absorção ocorrido na seguinte ordem: 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, em ambas as formas de multiplicação, foi: Fe, B, Zn, Mn e Cu.

Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é, quase sempre, um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente. Dada a sua importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso. Para tanto, tem-se procurado diminuir as perdas do nitrogênio no solo, bem como melhorar a absorção e a metabolização do N no interior da planta (Bredemeier & Mundstock, 2000). De acordo com Faquin (2001), 90% do N da planta encontra-se em forma orgânica e é assim que desempenha as suas funções, como componente estrutural de macromoléculas e constituintes de enzimas. É componente de “aminoácidos livres” que dão origem a outros aminoácidos e proteínas, e que são precursores de hormônios vegetais, da clorofila e de ácidos nucléicos.

Na cultura do alho, o nitrogênio exerce efeito marcante na altura e no número de folhas, no tamanho de bulbo e na produtividade (Souza & Casali, 1986). Entretanto, apesar de ser fator decisivo na elevação da produtividade, o

nitrogênio, quando aplicado em excesso, ocasiona o superbrotamento (Filgueira, 2003). O superbrotamento, ou pseudobulbificação, é uma anomalia genético-fisiológica que se caracteriza pela formação de pseudobulbos em cultivares que requerem a vernalização. Os brotos novos crescem através do pseudocaule e emergem nas axilas das folhas, dando à planta o aspecto de uma ramificação abundante. É uma característica que influi negativamente na cultura do alho, pois, além de reduzir a produtividade, deprecia o produto, fazendo com que o seu valor comercial seja comprometido (Souza & Casali, 1986).

Diante do exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a marcha de absorção de macro e micronutrientes em alho nobre submetido à vernalização, em função de diferentes doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Sul de Minas Gerais, à altitude média de 910 metros, a 21°14'S e 45°00'W. 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 1.493,2 mm e temperatura de 19,3°C (Brasil, 1992).

O experimento foi implantado em um solo originalmente denominado Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999). Amostras de solo da camada de 0 a 20 cm foram coletadas para a realização de análises físicas e químicas. A análise química do solo apresentou os seguintes resultados: pH H₂O: 7,2; P disponível (extrator Mehlich 1): 39,6 mg dm⁻³; K disponível: 86 mg dm⁻³; Na⁺: 0,0 mg dm⁻³; Ca⁺²: 7,5 cmol_c dm⁻³; Mg⁺²: 0,7 cmol_c dm⁻³; Al⁺³: 0,0

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H} + \text{Al}^{+3}$: $1,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; SB : $8,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; t : $8,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; T : $10,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V : $81,6 \%$; matéria orgânica: $4,0 \text{ dag kg}^{-1}$; P-rem : $13,6 \text{ mg L}^{-1}$; S : $11,3 \text{ mg dm}^{-3}$; Zn : $24,3 \text{ mg dm}^{-3}$; Fe : $33,8 \text{ mg dm}^{-3}$; Mn : $76,8 \text{ mg dm}^{-3}$; Cu : $5,0 \text{ mg dm}^{-3}$; B : $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$; Si : $20,4 \text{ mg dm}^{-3}$. De acordo com a análise física, o solo enquadrou-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 nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura ($60, 90, 120, 150$ e 180 kg ha^{-1}) e seis épocas de avaliação ($30, 50, 70, 90, 110$ e 130 dias após o plantio). Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram dispostas em canteiros e constituídas por 6 linhas de plantio de $2,3 \text{ m}$ de comprimento. Utilizou-se o arranjo em fileiras duplas, sendo o espaçamento entre as linhas simples de $0,12 \text{ m}$ e, entre fileiras duplas, de $0,38 \text{ m}$. O espaçamento entre as linhas externas de canteiros adjacentes foi de $0,48 \text{ m}$. O plantio foi realizado na densidade de 10 bulbilhos por metro linear. A área útil foi composta pelas quatro linhas centrais, desconsiderando-se, ainda, $0,3 \text{ m}$ das extremidades de cada linha. Para a coleta de plantas, a área útil da parcela foi dividida em seis subparcelas de 8 plantas, que foram separadas por linhas transversais de plantas utilizadas também como bordadura. Em cada coleta de plantas retiraram-se 6 plantas de cada subparcela.

A cultivar empregada foi a Roxo Pérola de Caçador, sendo os bulbos provenientes de cultura de meristemas (4^{a} 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 retidos na peneira 2 (malha $10 \times 20 \text{ mm}$). Antes do plantio, que ocorreu no dia 17 de abril de 2007, os bulbilhos foram

tratados com solução de Iprodione, visando à prevenção contra patógenos de solo.

A adubação de plantio consistiu da aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 150 kg ha⁻¹ de K₂O, 18 kg ha⁻¹ de Mg, 3 kg ha⁻¹ de B e 3 kg ha⁻¹ 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 nitrogênio em cobertura foram realizadas aos 20 e 90 dias após o plantio, tendo 20% da dose sido aplicada aos 20 dias e 80% aos 90 dias, utilizando-se como fonte a uréia.

Visando à prevenção e ao controle de doenças, como mancha-púrpura e ferrugem, foram realizadas pulverizações com produtos à base de mancozeb, tebuconazole, tiofanato-metílico e oxiclreto de cobre. O controle de pragas, como tripes e ácaros, foi efetuado por meio de pulverizações com produtos à base de deltametrina, clorfenapir e carbaril. A infestação por plantas daninhas foi controlada por meio de capinas manuais e com o uso de herbicidas à base de linuron e oxadiazon.

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 (Macêdo et al., 2006), não ocorrendo, também, chuvas neste período.

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

A partir dos 50 dias após o plantio, a cada vinte dias, foi determinada também a razão bulbar, fazendo-se a amostragem de seis plantas em cada

parcela, para a obtenção da média. Esta relação foi proposta por Mann (1952) para expressar o grau de desenvolvimento do bulbo. 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 estará o bulbo.

Em cada parcela, 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 peso constante. Após a secagem, as amostras foram moídas e acondicionadas em recipientes plásticos com tampa.

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

A colheita do experimento ocorreu no dia 25 de agosto de 2007, aos 130 dias após o plantio, na fase de senescência das plantas, quando estas apresentavam, aproximadamente, quatro folhas verdes.

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste de F, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Não se verificaram diferenças significativas na altura de plantas de alho vernalizado, em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura. A altura das plantas comportou-se de forma quadrática em relação às diferentes épocas de avaliação, elevando-se rapidamente, desde os 30 dias após o plantio, até atingir o valor máximo de 81,1 cm, aos 100 dias. Posteriormente, houve queda na altura de plantas, em função da senescência (Figura 1).

Comportamento diferente foi observado por Silva et al. (1981), em alho seminobre. Os autores verificaram que o crescimento das plantas de alho foi bastante lento nos primeiros 60 dias após o plantio, intensificando-se somente após este período e aumentando até os 120 dias. A partir deste ponto até a colheita, aos 150 dias, o crescimento manteve-se estabilizado. Resende (1997), em trabalho com material da cultivar Gigante Roxão, proveniente de cultura de meristemas, 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.

De forma semelhante à altura de plantas, não se observaram diferenças significativas no número médio de folhas nas plantas, ao longo do ciclo da cultura, com a aplicação de diferentes doses de N em adubação de cobertura. O número de folhas aumentou até os 81 dias após o plantio, quando atingiu o valor máximo (7,3), com posterior redução neste 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 no total das plantas ocorreu de forma semelhante para todas 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⁻¹, aos 120 dias após o plantio (Figura 2). 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, ela aumentou bruscamente 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). Comportamento diferente foi observado, em alho seminobre, por Resende (1997) e Silva et al. (1981), conduzindo trabalhos com as cultivares Gigante Roxão e Lavínia, respectivamente. Provavelmente, em função do maior ciclo destas cultivares, os autores verificaram baixo acúmulo de massa seca nos bulbos até os 90 dias, quando esta aumentou bruscamente, para se estabilizar em torno de 135 dias após o plantio.

Até, 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, com o pouco acréscimo na massa seca da parte aérea após este período e início da bulbificação, o acúmulo total de massa seca acompanhou o ganho de massa seca dos bulbos, atingindo o máximo valor também na colheita. De acordo com Werner (1986), durante a bulbificação, grande parte dos compostos orgânicos e inorgânicos das folhas é exportada para os bulbos, levando a parte aérea à senescência, ocorrendo, então, redução na massa seca dessa parte da planta.

A razão bulbar comportou-se de maneira semelhante em relação às doses de N aplicadas em cobertura. Verificou-se redução linear no valor obtido dos 50 dias após o plantio até a colheita (Figura 3). Segundo Mann (1952), 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.

No caso dos macronutrientes, não se observaram diferenças significativas no acúmulo de N, P, Ca e Mg, em função das diferentes 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 total de plantas.

O acúmulo de N e P acompanhou o acúmulo de massa seca nos bulbos, intensificando-se a partir dos 50 dias após o plantio (Figura 4). Zink (1963), Silva et al. (1981) e Resende (1997) verificaram que a extração de nitrogênio acompanhou o crescimento e o desenvolvimento da planta. Silva et al. (1981) verificaram que a absorção de nutrientes é diminuta até os 45 dias após plantio, sendo o N e o K absorvidos intensamente nos períodos subseqüentes.

Segundo Zink (1963), a cultura elabora 60% da matéria seca durante o período compreendido entre a bulbificação e a colheita, quando absorve 49% do total do nitrogênio, 65% do fósforo e 38% do potássio. Com relação ao fósforo, como a concentração deste nutriente em tecidos jovens é mais elevada, em função das atividades metabólicas mais intensas, acredita-se que este seja

rapidamente redistribuído para o bulbo, antes da completa senescência da parte aérea (Resende, 1997).

O acúmulo de K mostrou-se variável em função da dose de N aplicada em cobertura, havendo acúmulo intenso e linear do nutriente para todos os níveis de N avaliados, dos 30 dias após o plantio até a colheita (Figura 5). Entretanto, considerando-se o acúmulo total por ocasião da colheita, aos 130 dias após o plantio, não foram constatadas diferenças significativas nos valores obtidos com as diferentes doses de N. A alta exigência em potássio, por culturas que armazenam compostos orgânicos nos bulbos, pode ser explicada pela sua importante função, atuando no transporte de fotoassimilados das folhas para os órgãos de reserva (Faquin, 1994). Portanto, segundo Mengel & Kirkby (1987), o potássio, devido às suas funções metabólicas, é acumulado em maior quantidade na parte vegetativa.

O acúmulo de cálcio e de magnésio ocorreu de forma linear no período avaliado (Figura 4). Segundo Magalhães (1986), a maior absorção de cálcio favorece o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes e o desenvolvimento da planta. O magnésio é um componente importante da clorofila, chegando a corresponder a 2,7% do peso molecular desta (Epstein, 1978). Dessa forma, em trabalho conduzido por Magalhães et al. (1979), verificou-se que o cálcio e o magnésio foram os nutrientes mais limitantes ao crescimento, ao desenvolvimento e à conservação do alho em Latossolo Vermelho-Escuro, não cultivado no Distrito Federal.

À semelhança do potássio, o acúmulo de S apresentou-se variável em função das doses de N aplicadas em adubação de cobertura, com resposta linear no período estudado para todos os níveis avaliados (Figura 6). Porém, não foram constatadas diferenças significativas no acúmulo total do nutriente no momento da colheita, considerando-se as diferentes doses de N.

O S é um constituinte dos aminoácidos cistina e metionina e, portanto, das proteínas que os contêm, e é ativador de algumas enzimas. Além disso, alguns compostos voláteis contendo S contribuem para o odor característico do alho e a deficiência deste nutriente causa restrição na síntese de aminoácidos e proteínas, acarretando desordens similares à carência de N e P (Magalhães, 1986).

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 7). 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 trabalho com alho seminobre proveniente de cultura de meristemas, Resende (1997) verificou que, dentre os micronutrientes, apenas o Cu apresentou padrão de aumento relativamente constante no acúmulo total da planta, desde os 30 dias após o plantio. Os demais micronutrientes tiveram sua absorção aumentada somente a partir de 70 dias. Contudo, Silva et al. (1981) verificaram que a absorção de micronutrientes foi consideravelmente intensa desde o início do ciclo da cultura, destacando-se o Fe, seguido de Mn, Zn, B e Cu.

O ferro foi, notadamente, o micronutriente mais acumulado pelas plantas de alho vernalizado ao longo do ciclo da cultura (Figura 7). O ferro é um elemento chave no metabolismo da planta, estando envolvido com transformações energéticas necessárias para síntese e outros processos vitais, como respiração, fotossíntese, assimilação de nitrogênio e enxofre (Bataglia, 1991).

Com relação ao boro e o zinco, verificou-se que o alho vernalizado acumulou quantidades aproximadas ao longo do ciclo da cultura e inferiores apenas aos valores observados para o Fe. Segundo Shelp (1993), embora o papel

preciso do boro no metabolismo vegetal não seja claro, evidências sugerem que ele desempenha funções no alongamento celular, na síntese de ácidos nucléicos, nas respostas hormonais e no funcionamento de membranas. O zinco é ativador enzimático de diversos processos metabólicos, como na produção do triptofano que é precursor das auxinas responsáveis pelo crescimento de tecidos da planta (Mengel & Kirkby, 1987).

Os micronutrientes que apresentaram os menores acúmulos nas diversas épocas de avaliação foram o Cu e Mn. De acordo com Resende (1997), o cobre é o micronutriente menos exigido pelo alho, podendo ser suprido pelas próprias reservas desse nutriente pré-existentes no bulbilho. Como o ferro, ele está associado com enzimas envolvidas em reações redox, sendo reversivelmente oxidado de Cu^+ a Cu^{2+} . Um exemplo de tal enzima é a plastocianina, a qual está envolvida no transporte de elétrons durante as reações dependentes de luz da fotossíntese (Haehnel, 1984). O Mn é importante ativador de várias enzimas que mediam algumas reações do ciclo de Krebs e participam da síntese de clorofila, formação, multiplicação e funcionamento dos cloroplastos (Malavolta, 1980).

Em função dos resultados obtidos, na Tabela 1 são mostradas as quantidades médias de macro e micronutrientes extraídas por alho vernalizado, considerando-se uma população de 375.000 plantas ha^{-1} . Resende (1997), em trabalho com alho semínobre proveniente de meristemas, obteve os seguintes resultados para uma população de 400.000 plantas ha^{-1} : N: 82,56 kg ha^{-1} , P: 16,60 kg ha^{-1} , K: 104,60 kg ha^{-1} , Ca: 84,56 kg ha^{-1} , Mg: 14,12 kg ha^{-1} , S: 31,73 kg ha^{-1} , B: 232,16 g ha^{-1} , Cu: 24,24 g ha^{-1} , Fe: 3024,32 g ha^{-1} , Mn: 139,0 g ha^{-1} e Zn: 176,40 g ha^{-1} . Portanto, comparando-se os resultados observados no presente trabalho, em alho nobre vernalizado, com os verificados em alho semínobre 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. A quantidade de N extraída por alho vernalizado é 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. O nitrogênio, juntamente com o fósforo e o potássio, apresenta efeito marcante sobre a altura e a massa fresca das plantas. O nitrogênio exerce, ainda, enorme influência sobre o número de folhas e de bulbilhos, o tamanho de bulbos e a produtividade (Souza & Casali, 1986). Por sua vez, o P é o nutriente cuja aplicação tem possibilitado as maiores respostas nos solos do Brasil, tanto no aumento da produtividade como no tamanho de bulbos (Magalhães, 1986).

A extração de macronutrientes obedeceu à seguinte seqüência decrescente: N, K, Ca, S, P, Mg. Resultado semelhante foi observado por Zink (1963) com a cultivar Prizehead. Para a cultivar Lavínia, Silva et al. (1981) obtiveram a seqüência decrescente: N, K, S, Ca, P, Mg, enquanto Resende (1997) obteve a seqüência K, N, Ca, S, P e Mg, em alho proveniente de cultura de meristemas.

Em relação aos micronutrientes, a seqüência de extração observada foi Fe>B>Zn>Cu>Mn. No caso de alho seminobre, Resende (1997) obteve a seqüência Fe>B>Zn>Mn>Cu e Silva et al. (1981) encontraram Fe, Mn, Zn, B e Cu.

Conclusões

1. Não se observaram diferenças significativas no crescimento e no acúmulo de massa seca e nutrientes, em plantas de alho nobre vernalizado, em resposta à aplicação de doses de nitrogênio, entre 60 e 180 kg ha⁻¹, em adubação de cobertura.

2. O máximo acúmulo para todos os macro e micronutrientes ocorreu na colheita, coincidindo com o máximo acúmulo de massa seca nos bulbos e total.

3. A extração de nutrientes ocorreu da mesma forma para todas as doses de nitrogênio avaliadas, tendo a extração de macronutrientes obedecido à seqüência: N>K>Ca>S>P>Mg, enquanto a seqüência verificada para os micronutrientes foi Fe>B>Zn>Cu>Mn.

Referências Bibliográficas

BATAGLIA, O. C. Ferro. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 159-172.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas**. 1961-1990. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principle and perspectives**. New Delhi: Willey Eastern, 1978. 411 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 2001. 182 p. (Textos Acadêmicos).

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 402 p.

HAEHNEL, W. Photosynthetic electron transport in higher plants. **Annual Review of plant physiology**, v. 35, p. 659-693, 1984.

MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; PEREIRA, G. M. Controle de superbrotamento em alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 629-635, abr. 2006.

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

MAGALHÃES, J. R.; MENEZES SOBRINHO, J. A.; FONTES, R. R.; SOUZA, A. F. Diagnose por subtração, visando o levantamento de nutrientes limitantes para a cultura do alho em solo de cerrado no Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 19., Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: EMPASC, 1979, v. 11, p. 197-198.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 359 p.

MANN, L. K. Anatomy of the garlic bulb and factors affecting bulb development. **Hilgardia**, Berkeley, v. 21, n. 8, p. 195-249, Jan. 1952.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** Bern: International Potash Institute, 1987. p. 525-536.

NAKAGAWA, J. Nutrição e adubação da cultura do alho. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. da (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças.** Piracicaba: Potafos, 1993. p. 341-380.

OLIVEIRA, G. D.; FERNANDES, P. D.; SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. Nutrição mineral de hortaliças. XIII. Extração dos macronutrientes pelas hortaliças. **O solo**, Piracicaba, v. 63, p. 7-12, 1971.

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

RESENDE, F. V.; GUALBERTO, R.; SOUZA, R. J. Crescimento e produção de clones de alho provenientes de cultura de tecidos e de propagação convencional. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, jan./mar. 2000.

SHELP, B. J. Physiology and biochemistry of boron in plants. In: GUPTA, U.C. (Ed.). **Boron and its role in crop production.** Boca Raton: CRC, 1993. p. 53-85.

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

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

WERNER, R. A. Manejo pós-colheita do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 142, p. 46-49, out. 1986.

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

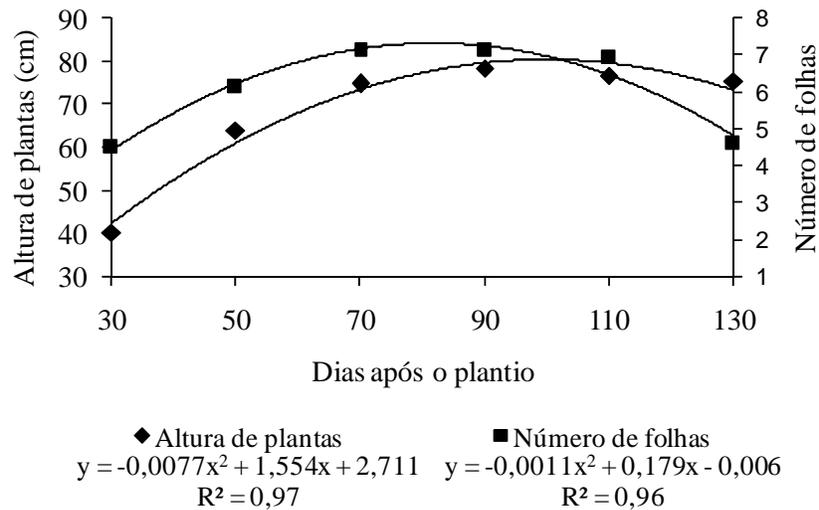


Figura 1. Altura de plantas e número de folhas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em diferentes épocas de avaliação.

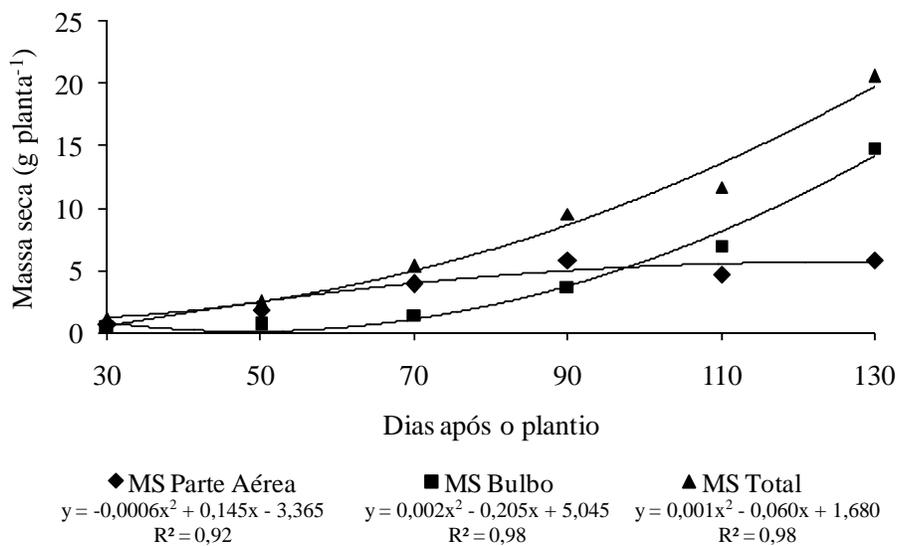


Figura 2. Acúmulo de massa seca na parte aérea, bulbos e total de plantas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em diferentes épocas de avaliação.

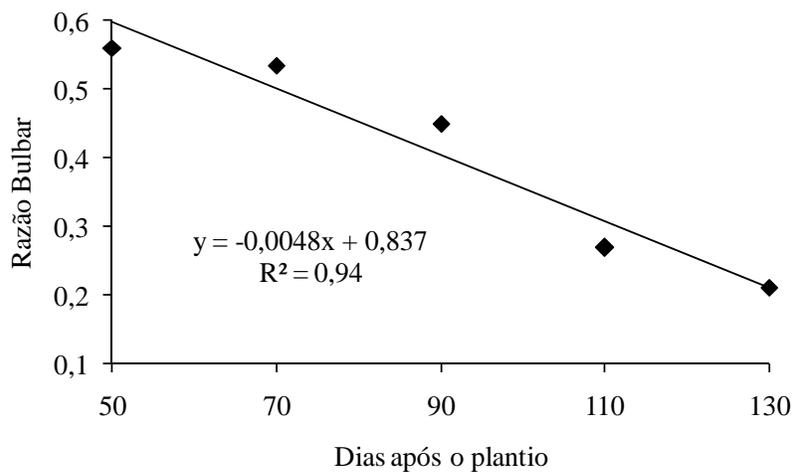


Figura 3. Razão bulbar de plantas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em diferentes épocas de avaliação.

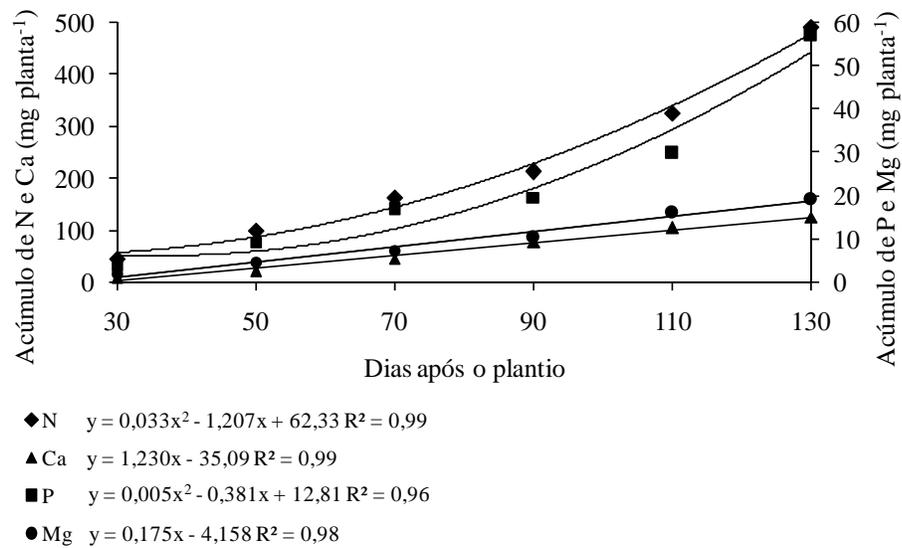


Figura 4. Acúmulo de N, P, Ca e Mg em plantas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em diferentes épocas de avaliação.

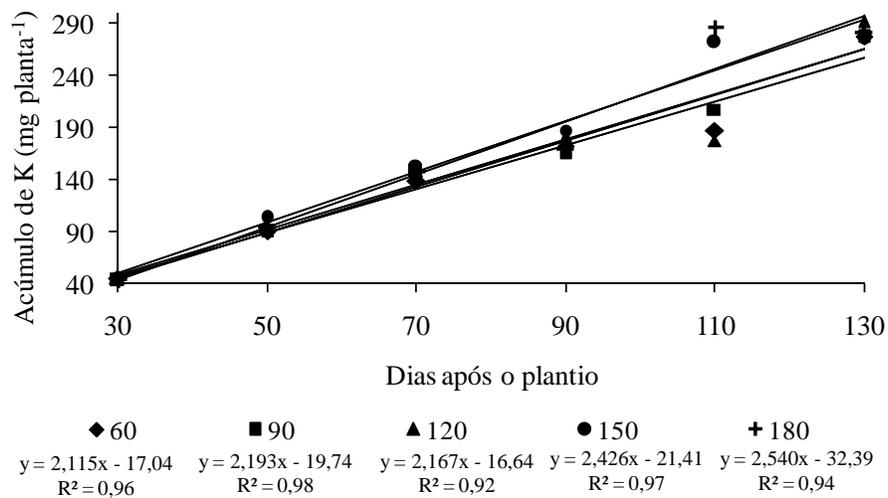


Figura 5. Acúmulo de K em plantas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em diferentes épocas de avaliação, em função de doses de N aplicadas em adubação de cobertura (kg ha^{-1}).

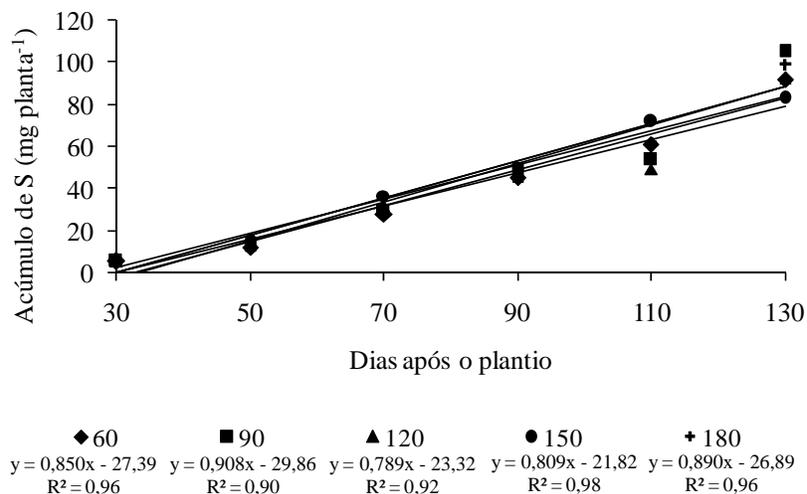


Figura 6. Acúmulo de S em plantas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em diferentes épocas de avaliação, em função de doses de N aplicadas em adubação de cobertura (kg ha^{-1}).

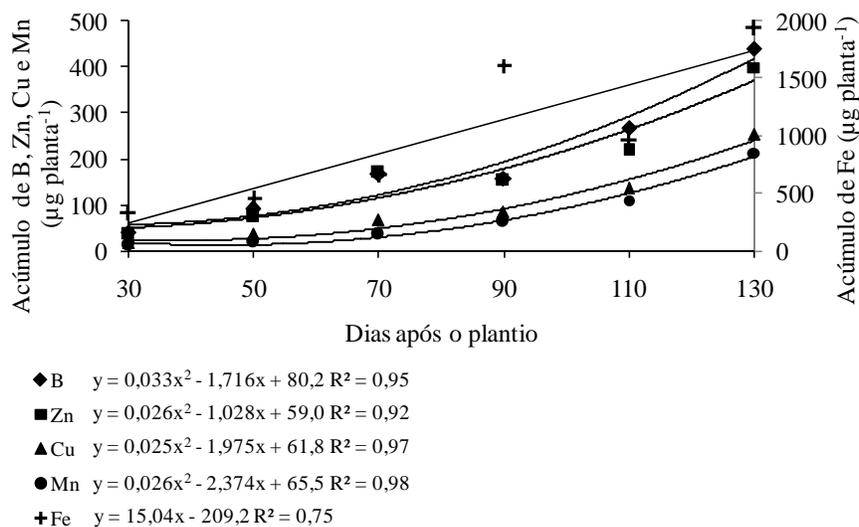


Figura 7. Acúmulo de B, Zn, Cu, Mn e Fe em plantas de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em diferentes épocas de avaliação.

Tabela 1. Extração média de nutrientes por plantas de alho vernalizado por hectare.

Nutriente	Extração
Macronutrientes (kg ha ⁻¹)	
N	179,25
P	19,95
K	103,54
Ca	46,84
Mg	6,98
S	31,73
Micronutrientes (g ha ⁻¹)	
B	156,42
Cu	90,10
Fe	654,78
Mn	76,67
Zn	138,66

ARTIGO 2

Produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de nitrogênio

(Preparado de acordo com as normas da revista “*Bragantia*”, exceto as citações (NBR 10520) e as referências bibliográficas (NBR 6023).

Fábio Silva Macêdo⁽¹⁾, Rovilson José de Souza⁽²⁾ e Janice Guedes de Carvalho⁽³⁾

⁽¹⁾Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Assessoria de Inovação Tecnológica (AIT), Parque Estação Biológica – PqEB, Av. W3 Norte (final), Ed. Sede, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília-DF. E-mail: fabio.macedo@embrapa.br ⁽²⁾Universidade Federal de Lavras (UFLA), Dep. de Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: rovilson@ufla.br ⁽³⁾ UFLA, Dep. de Ciência do Solo. E-mail: janicegc@ufla.br

Resumo – O objetivo da realização deste trabalho foi avaliar a influência de doses de nitrogênio, aplicadas em cobertura, na produtividade de alho vernalizado, proveniente de cultura de meristemas. Os tratamentos foram compostos por cinco doses de nitrogênio: 60, 90, 120, 150 e 180 kg ha⁻¹, sendo 20% de cada dose aplicada aos 20 dias após o plantio e 80% aos 90 dias após o plantio. O experimento foi conduzido em condições de campo, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os bulbos-semente da cultivar Roxo Pérola de Caçador, provenientes de cultura de meristemas (4^a multiplicação em campo), foram submetidos à vernalização, por 50 dias, a 4°C. A produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas mostrou-se variável em função da dose de N aplicada em cobertura, sendo a máxima produtividade comercial de bulbos obtida com a dose de 105,5 kg ha⁻¹.

A porcentagem de bulbos superbrotados comportou-se de forma quadrática em resposta às doses de N aplicadas em cobertura, tendo a ocorrência desta anomalia se intensificado com doses acima de 120 kg ha⁻¹ de N.

Termos para indexação: *Allium sativum*, nutrição mineral, bulbificação.

Productivity of vernalized garlic in originated from tissue culture in function of nitrogen doses

Abstract - The objective of this work was to evaluate the influence of topdressing nitrogen doses in the productivity of vernalized garlic originated from tissue culture. The treatments were composed for five doses of nitrogen: 60, 90, 120, 150 and 180 kg ha⁻¹, being 20% of each dose applied to 20 days after the planting e 80% to 90 days after the planting. The experiment was conducted under field conditions, using the experimental design of randomized blocks, 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 by 50 days at 4°C. The productivity of vernalized garlic originated from tissue culture obtained was variable in function of the topdressing nitrogen doses applied, being the major commercial bulbs productivity observed with the dose 105,5 kg ha⁻¹. The incidence of secondary bulb growth showed variable in function of the topdressing nitrogen doses, being the occurrence increasing with dose above of 120 kg ha⁻¹ de N.

Index terms: *Allium sativum*, mineral nutrition, secondary bulb growth.

Introdução

Por se tratar de uma espécie de reprodução vegetativa, muitas doenças, principalmente viróticas, são multiplicadas, intensificadas e perpetuadas na cultura do alho por meio de sucessivos ciclos de reprodução assexuada (Silva et al., 2000). Algumas técnicas de cultura de tecidos, com destaque para a cultura de meristemas, têm sido utilizadas com êxito, visando recuperar a sanidade de clones de alho infectados por viroses (Resende, 1997).

O plantio de cultivares nobres, geralmente mais produtivas e com bulbos de melhor aspecto comercial, associado à obtenção de material livres de vírus pode possibilitar aumentos significativos na produtividade da cultura no Brasil. Entretanto, de acordo com Resende (1997), a exigência nutricional do alho multiplicado por cultura de tecidos ainda é pouco conhecida.

De acordo com Resende et al. (2004), para plantio nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, as cultivares nobres originárias do sul do Brasil, tais como 'Roxo Pérola' e 'Caçador', 'Jonas', 'Ito', 'Quitéria', 'Roxo Caxiense' e 'Chonan' devem ter seus bulbos-semente submetidos à vernalização em câmara fria, a temperaturas que variam de 3° a 5°C, por um período de 40 a 60 dias. Esta técnica reduz as exigências deste tipo de alho por fotoperíodo e temperatura, antecipa a formação dos bulbos, reduz o ciclo e quebra a dormência dos bulbilhos (Ferreira et al., 1993; Filgueira, 2003; Zink, 1963). Entretanto, Resende et al. (2004) ressaltam que, para cultivares de alho nobre submetidas à vernalização, deve-se atentar para o manejo adequado da irrigação e da adubação nitrogenada, visando diminuir a incidência de superbrotamento, responsável por perdas superiores a 10% em plantios comerciais.

Dentre todos os nutrientes, o nitrogênio tem sido o elemento mais estudado na cultura do alho, em função da sua importância na produção e na qualidade do produto (Nakagawa, 1993). De acordo com Souza & Casali (1986),

o nitrogênio, juntamente com o fósforo e o potássio, tem um efeito marcante sobre a altura e a massa fresca das plantas de alho. O nitrogênio exerce, ainda, enorme influência sobre o número de folhas e de bulbilhos, tamanho de bulbos e produtividade. Entretanto, a elevação nas doses de nitrogênio resulta no aumento das taxas de superbrotamento em cultivares sensíveis (Santos, 1980; Souza, 1990).

O superbrotamento, ou pseudoperfilhamento, em cultivares que requerem vernalização, caracteriza-se, segundo Burba (1983), pela formação de vários pseudobulbos na mesma planta, com aumento expressivo no número de bulbilhos por bulbo, tornando-os menores e inadequados para o comércio. De acordo Büll et al. (2002), da análise desse paradoxo pode-se inferir que a dose de nitrogênio utilizada deve ser tão elevada quanto possível para se obter o máximo de produtividade, sem, contudo, favorecer o aparecimento do superbrotamento.

Moon & Lee (1980) verificaram que o superbrotamento foi induzido por alta atividade de giberelina. A formação de bulbos estaria mais relacionada à alta atividade do ácido abscísico e aos altos níveis de açúcares totais. Segundo Metivier (1979), uma das características das giberelinas é a possibilidade de se conjugarem com compostos nitrogenados, possivelmente aminoácidos e proteínas. Esta conjugação parece comum em plantas superiores e pode significar armazenamento de giberelinas.

A cultura do alho é altamente exigente em nitrogênio, extraindo, segundo Zink (1963), 204 kg ha⁻¹. Malavolta (1980) ressalta que sem nitrogênio não há proteína e, portanto, plantas deficientes desenvolvem-se menos do que as bem supridas com esse nutriente. Por outro lado, um excesso de N no meio faz com que a planta vegete muito e armazene menos carboidratos.

A resposta à adubação nitrogenada depende do teor de matéria orgânica no solo, textura do solo e condições químicas e climáticas que afetam a dinâmica de transformação do nutriente. Além disso, as diferentes cultivares de alho

apresentam diferentes níveis de resposta ao nitrogênio, nas mesmas condições (Magalhães, 1986). Dessa forma, trabalhos realizados em diversas regiões do Brasil relatam diferentes respostas à adubação nitrogenada. Os resultados são bastante variáveis, principalmente em função da região de cultivo, da cultivar utilizada e da sensibilidade da mesma ao superbrotamento. Com isso, ganhos significativos na produtividade comercial de bulbos foram obtidos com doses de nitrogênio de até 66 kg ha⁻¹ (Resende, 1992), 76 kg ha⁻¹ (Carvalho, 1995), 100 kg ha⁻¹ (Menezes Sobrinho et al., 1974), e 180 kg ha⁻¹ (Souza, 1990). Porém, em alguns estudos, não se obteve resposta à aplicação de doses de até 100 kg ha⁻¹ (Santos, 1980), 120 kg ha⁻¹ (Costa, 1992) e 256 kg ha⁻¹ (Seno et al., 1994). Resende & Souza (2001a) verificaram redução linear da produtividade comercial utilizando doses entre 40 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, principalmente em função do aumento nos índices de superbrotamento em maiores doses.

Diante disso, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses crescentes de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura na região de Lavras, MG.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido, em condições de campo, no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras, Sul de Minas Gerais, à altitude média de 910 metros, a 21°14'S e 45°00'W. 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 1.493,2 mm e temperatura de 19,3°C (Brasil, 1992).

O experimento foi implantado em um solo originalmente denominado Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999). Amostras de solo da camada de 0 a 20 cm foram coletadas para a realização de análises físicas e químicas. A análise química do solo apresentou os seguintes resultados: pH H₂O: 7,2; P disponível (extrator Mehlich 1): 39,6 mg dm⁻³; K disponível: 86 mg dm⁻³; Na⁺: 0,0 mg dm⁻³; Ca⁺²: 7,5 cmol_c dm⁻³; Mg⁺²: 0,7 cmol_c dm⁻³; Al⁺³: 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al⁺³: 1,9 cmol_c dm⁻³; SB: 8,4 cmol_c dm⁻³; t: 8,4 cmol_c dm⁻³; T: 10,3 cmol_c dm⁻³; V: 81,6 %; matéria orgânica: 4,0 dag kg⁻¹; P-rem: 13,6 mg L⁻¹; S: 11,3 mg dm⁻³; Zn: 24,3 mg dm⁻³; Fe: 33,8 mg dm⁻³; Mn: 76,8 mg dm⁻³; Cu: 5,0 mg dm⁻³; B: 0,5 mg dm⁻³ e Si: 20,4 mg dm⁻³. De acordo com a análise física, o solo enquadrou-se na classe textural argilo-limoso. O preparo do solo consistiu de aração, seguida da preparação dos canteiros com roto-encanteiradora.

Os tratamentos foram compostos por cinco doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura: 60, 90, 120, 150 e 180 kg ha⁻¹. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo as parcelas constituídas por 6 linhas de plantio de 2,3 m de comprimento. Utilizou-se o arranjo em fileiras duplas, sendo o espaçamento entre as linhas simples de 0,12 m e, entre fileiras duplas, de 0,38 m. O espaçamento entre as linhas externas de canteiros adjacentes foi de 0,48 m. O plantio foi realizado na densidade de 10

bulbilhos por metro linear. A área útil foi composta pelas quatro linhas centrais, desconsiderando-se, ainda, 0,3 m das extremidades de cada linha.

A cultivar empregada foi a '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 retidos na peneira 2 (malha 10 x 20 mm). O plantio ocorreu no dia 17 de abril de 2007, sendo os bulbilhos previamente tratados com solução de Iprodione, visando à prevenção contra patógenos de solo.

A adubação de plantio consistiu da aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 150 kg ha⁻¹ de K₂O, 18 kg ha⁻¹ de Mg, 3 kg ha⁻¹ de B e 3 kg ha⁻¹ de Zn, nas formas de sulfato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio, sulfato de magnésio, bórax e sulfato de zinco, respectivamente. A aplicação das doses nitrogênio em adubação de cobertura foi realizada em duas parcelas, aos 20 e 90 dias após o plantio, com a distribuição de 20% e 80% da dose, respectivamente, e utilizando-se como fonte a uréia.

Visando à prevenção e ao controle de doenças, como mancha-púrpura e ferrugem, foram realizadas pulverizações com produtos à base de mancozeb, tebuconazole, tiofanato-metílico e oxicloreto de cobre. O controle de pragas, como tripes e ácaros, foi efetuado por meio de pulverizações com produtos à base de deltametrina, clorfenapir e carbaril. A infestação por plantas daninhas foi controlada por meio de capinas manuais e com o uso de herbicidas à base de linuron e oxadiazon.

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 (Macêdo et al., 2006), não ocorrendo também chuvas neste período.

A colheita do experimento foi feita aos 130 dias após o plantio, na fase de senescência das plantas, quando estas apresentavam em torno de quatro folhas verdes. Após a colheita, as plantas foram curadas ao sol, por cinco dias. Posteriormente, as plantas foram acondicionadas em galpão, onde foram curadas, à sombra, por 40 dias. Efetuada a cura, foi realizado o toailete dos bulbos, por meio do corte do pseudocaule 1 cm acima do bulbo e a retirada de raízes e de películas sujas, coletando-se, posteriormente, os dados de produção.

Avaliaram-se as seguintes características: produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, porcentagem de bulbos superbrotados, massa média de bulbo comercial, número médio de bulbilhos por bulbo e massa média de bulbilhos. A produtividade comercial foi composta por bulbos não superbrotados e com diâmetro transversal acima de 32 mm. Para a determinação do número médio de bulbilhos por bulbo e massa média de bulbilhos, utilizou-se amostra de dez bulbos comerciais, que foram debulhados para contagem e pesagem de bulbilhos. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as comparações entre os tratamentos efetuadas por meio de análises de regressão. Para a realização da análise de variância, os dados de porcentagem de bulbos superbrotados foram transformados para arco seno $\sqrt{x/100}$ e os dados de número médio de bulbilhos por bulbo para $\sqrt{x+1}$.

Resultados e Discussão

A produtividade total de bulbos apresentou resposta quadrática em função das doses de nitrogênio avaliadas, sendo a dose de 121,9 kg ha⁻¹ a que proporcionou o máximo rendimento (14,4 t ha⁻¹) (Figura 1). Observa-se, na literatura, que a dose de nitrogênio que proporciona os maiores rendimentos varia em função de diversos fatores, como cultivar, tratos culturais, tipo de solo e condições climáticas da região de cultivo.

Souza (1990) verificou aumento linear na produtividade total de bulbos da cultivar Juréia com a elevação das doses de nitrogênio até 180 kg ha⁻¹. Em trabalho com a cultivar Quitéria, Resende & Souza (2001b) verificaram que a dose de N de 149,2 kg ha⁻¹ foi a que proporcionou a maior produtividade total de bulbos (6,6 t ha⁻¹) enquanto que, para a cultivar Gigante de Lavínia, Carvalho (1995) verificou que a máxima produtividade total de bulbos (4,44 t ha⁻¹) foi obtida com a dose de 70 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, Santos (1980) e Costa (1992) não obtiveram respostas significativas na produção total de bulbos para doses de até 100 e 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

A porcentagem de bulbos superbrotados apresentou resposta quadrática em resposta ao aumento na dose de nitrogênio aplicada em cobertura (Figura 2). Entretanto, mesmo com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, verificaram-se taxas de superbrotamento abaixo de 10%, provavelmente em razão do estresse hídrico a que a cultura foi submetida, entre 65 e 85 dias após o plantio.

Em trabalho realizado por Resende & Souza (2001a), com a cultivar Quitéria, em todas as épocas de aplicação avaliadas (30, 50 e 70 dias após o plantio), houve aumento linear na incidência de superbrotamento com o uso de doses entre 40 e 120 kg ha⁻¹ de N. Porém, deve-se considerar que, no referido trabalho, a cultura não foi submetida a estresse hídrico, no início da fase de bulbificação, prática rotineira entre os produtores de alho nobre vernalizado.

Provavelmente, em função disso, os índices de superbrotamento verificados pelos autores atingiram valores acima de 60%.

Krarpup & Trobok (1975) também verificaram aumentos significativos nas taxas de superbrotamento da cultivar Valenciano Rosado, com o incremento nas doses de nitrogênio. A porcentagem desta anomalia, verificada pelos autores sem a aplicação de nitrogênio, foi de 6,3%, enquanto os índices verificados para as doses de 96 e 192 kg ha⁻¹ de N foram de 17,3 e 23,2%, respectivamente. Em outros trabalhos, como os realizados por Resende & Souza (2001b), Souza (1990) e Resende (1992) também foi verificada a elevação na porcentagem de bulbos superbrotados com o aumento nas doses de nitrogênio.

Segundo Büll et al. (2002), a incidência dessa anomalia está estreitamente relacionada a aplicações de doses excessivas de nitrogênio, principalmente em cobertura. Provavelmente, as plantas, tendo maior disponibilidade de nitrogênio, apresentam maior crescimento vegetativo, iniciando, assim, os processos que determinam o superbrotamento.

A produtividade comercial de bulbos também apresentou resposta quadrática em relação às doses de nitrogênio, obtendo-se o melhor resultado (11,6 t ha⁻¹) com a dose de 105,5 kg ha⁻¹ de N (Figura 1). A obtenção da máxima produtividade comercial com menor dose de N em relação à verificada para a obtenção da máxima produtividade total de bulbos (121,9 t ha⁻¹ de N) ocorreu, provavelmente, devido à maior incidência de superbrotamento com a aplicação de maiores doses de N em cobertura. Utilizando a cultivar Gravatá, Silva et al. (2000) observaram que a dose de 85 kg ha⁻¹, em cobertura, foi a que proporcionou a maior produtividade total (11,95 t ha⁻¹) e comercial (11 t ha⁻¹), tendo maiores doses sido prejudiciais à cultura. Para a cultivar Gigante de Lavínia, Carvalho (1995) obteve a máxima produtividade comercial de bulbos (2,4 t ha⁻¹) com a dose 76 kg ha⁻¹ de N. Resende & Souza (2001b) verificaram redução linear na produtividade comercial de bulbos da cultivar Quitéria, com a

elevação da dose de nitrogênio até 160 kg ha⁻¹ em função, principalmente, da elevação linear das taxas de superbrotamento.

Não se verificaram diferenças significativas na massa média de bulbo para as doses de nitrogênio avaliadas, tendo o valor médio obtido sido de 38,5 g. O mesmo resultado foi obtido por Costa (1992), para doses até 120 kg ha⁻¹, em trabalho com a cultivar Juréia. Entretanto, alguns trabalhos têm mostrado efeitos positivos das doses de nitrogênio no aumento da massa média de bulbos. Resende & Souza (2001a) verificaram aumento linear na massa média de bulbos da cultivar Quitéria com a elevação da dose de N até 120 kg ha⁻¹. Para a cultivar Gravatá, Silva et al. (2000) verificaram que a dose de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura foi a que possibilitou a obtenção da maior massa média de bulbos da produção comercial (40 g).

A massa média de bulbilho apresentou comportamento quadrático em relação às doses de nitrogênio, obtendo-se a maior massa (3,3 g) com a dose de 120,3 kg ha⁻¹ de N (Figura 3). Devido, provavelmente, à maior massa de bulbilhos obtida com esta dosagem, o menor número médio de bulbilhos por bulbo (12,2) foi obtido com a dose de 118,4 kg ha⁻¹ de N (Figura 4). A elevação do número de bulbilhos por bulbo, observada em maiores dosagens deve-se, segundo Resende (1992), à maior incidência de superbrotamento que, mesmo apresentando-se de forma parcial, não afetando a produção comercial, concorre para o incremento no número de bulbilhos por bulbo. Segundo Resende & Souza (2001b), embora o número de bulbilhos por bulbo seja uma característica de cada cultivar, tem-se verificado que o mesmo pode ser alterado pelo teor de N disponível às plantas.

Resende & Souza (2001a) verificaram aumento linear no número de bulbilhos em bulbos da cultivar Quitéria com a elevação das doses de N até 120 kg ha⁻¹. Entretanto, Seno et al. (1994) não verificaram diferenças significativas na massa média de bulbilhos e no número médio de bulbilhos por bulbo

utilizando doses de até 256 kg ha⁻¹ de nitrogênio, em trabalho com a cultivar Roxo Pérola de Caçador, na região de Ilha Solteira, SP. De acordo com Souza (1990), cultivares que produzem cerca de 10 bulbilhos por bulbo apresentam, normalmente, bulbilhos de bom tamanho comercial e, ao mesmo, tempo, não constituem fator limitante para olericultores que necessitam de aquisições freqüentes de alho para plantio.

Conclusões

1. A produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas mostrou-se relacionada à dose de N aplicada em cobertura, tendo a máxima produtividade comercial de bulbos sido obtida com a dose de 105,5 kg ha⁻¹.

2. A porcentagem de bulbos superbrotados apresentou-se variável em função de dose de nitrogênio aplicada em cobertura, tendo a ocorrência desta anomalia se intensificado com doses acima de 120 kg ha⁻¹ de N.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas**. 1961-1990. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.

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

BURBA, J. L. **Efeitos do manejo do alho semente (*Allium sativum* L.) sobre a dormência, crescimento e produção do cultivar “Chonan”**. 1983, 112 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARVALHO, L. G. de. **Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Gigante Lavínia**. 1995. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

COSTA, T. M. **Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio sobre a cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Juréia**. 1992. 80 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FERREIRA, F. A.; CASALI, V. W. D.; ÁLVARES, V. H.; RESENDE, G. M. de. Desenvolvimento de alho, cultivar Chonan e Quitéria, após armazenamento refrigerado. In: _____. **Projeto olericultura: Relatório de pesquisa 1987/92**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1993, p. 28-30.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 402 p.

KRARUP, C.; TROBOK, S. Efectos de sistemas de plantación sobre rendimiento, calidad del bulbo y aprovechamiento de la fertilización nitrogenada em ajo (*Allium sativum* L.). **Fitotecnia Latinoamericana**, v. 11, p. 39-42, 1975.

MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; PEREIRA, G. M. Controle de superbrotamento em alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 629-635, abr. 2006.

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

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

MENEZES SOBRINHO, J. A.; NOVAIS, R. F.; SANTOS, H. L.; SANS, L. M. A. Efeito da aplicação de doses de nitrogênio e da cobertura morta sobre a produção de três cultivares de alho. **Revista Ceres**, v. 21, n. 118, p. 458-469, 1974.

METIVIER, J. R. Citocininas. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1979. v. 2, p. 93-127.

MOON, W.; LEE, B. Y. Influence of short day treatment on the growth and levels of endogenous growth substances in garlic plants (*Allium sativum* L.). **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, Suwon, v. 21, n. 2, p. 109-118, 1980.

NAKAGAWA, J. Nutrição e adubação da cultura do alho. In: FERREIRA, M. E.; CASTELANE, P. D.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 341-380.

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

RESENDE, F. V.; DUSI, A. N.; MELO, W. F. de. **Recomendações básicas para a produção de alho em pequenas propriedades**. Brasília: EMBRAPA-CNPH, 2004. 12 p. (EMBRAPA-CNPH. Comunicado Técnico, 22).

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

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

RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho cv. "Quitéria". **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 188-191, 2001b.

SANTOS, M. L. B. **Efeitos de fontes e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e produção de dois cultivares de alho (*Allium sativum* L.)**. 1980. 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SENO, S.; FERNANDES, F. M.; SASAKI, J. L. S. Influência de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Roxo Pérola de Caçador, na região de Ilha Solteira-SP. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 3, n. 1, p. 9-20, 1994.

SILVA, E. C.; MACHADO, A. S.; SOUZA, R. J.; CALDERÓN, J. F. T. Efeito de doses de potássio (cloreto de potássio) e nitrogênio (sulfato de amônio) em alho proveniente de cultura de tecidos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 917-923, out./dez. 2000.

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

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

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

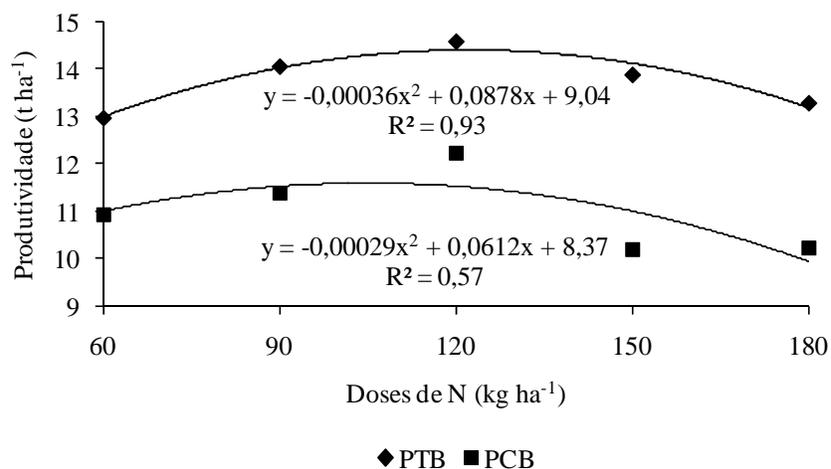


Figura 1. Produtividade total (PTB) e comercial (PCB) de bulbos de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura.

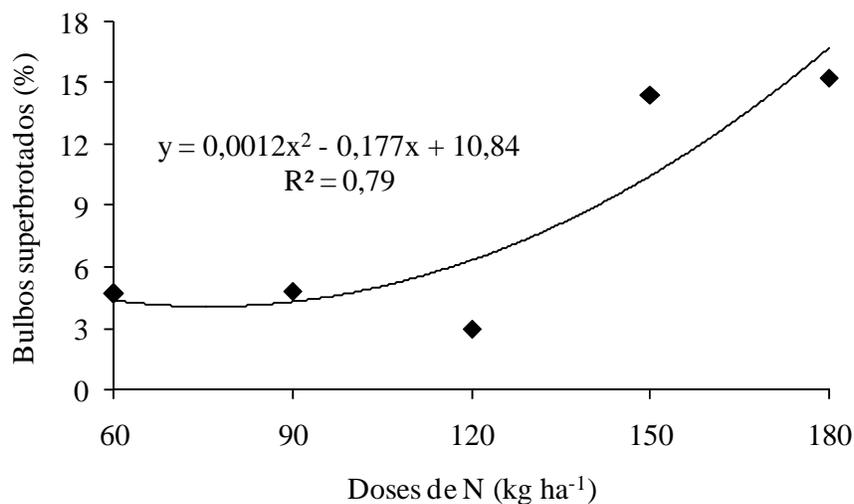


Figura 2. Porcentagem de bulbos superbrotados, em função de doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura.

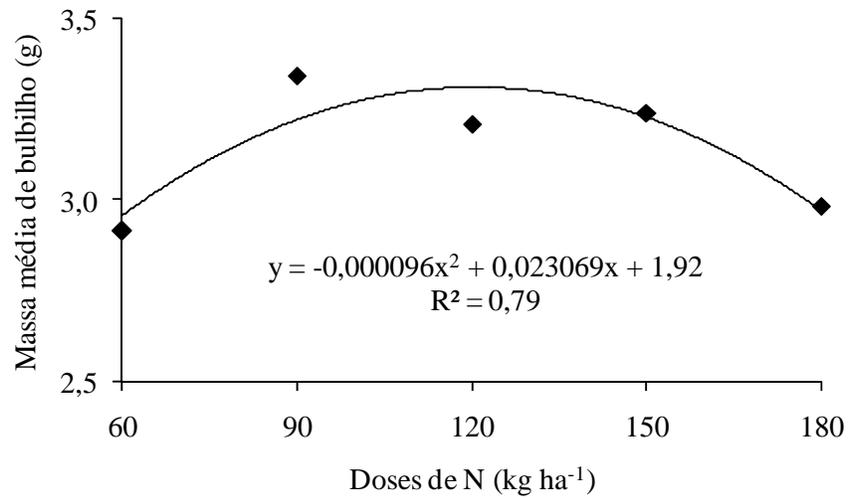


Figura 3. Massa média de bulbilhos de bulbos comerciais em função de doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura.

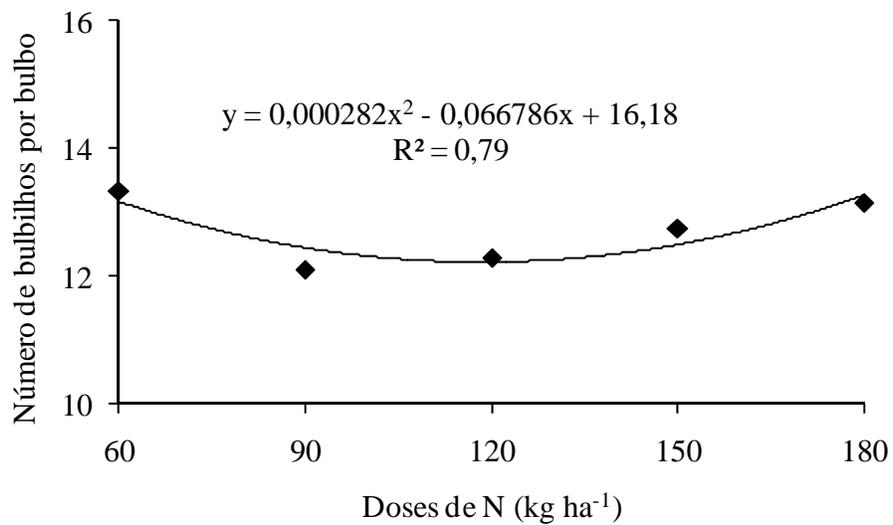


Figura 4. Número de bulbilhos em bulbos comerciais em função de doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura.

ARTIGO 3

Produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de nitrogênio e molibdênio

(Preparado de acordo com as normas da revista “*Bragantia*”, exceto as citações (NBR 10520) e as referências bibliográficas (NBR 6023).

Fábio Silva Macêdo⁽¹⁾, Rovilson José de Souza⁽²⁾ e Janice Guedes de Carvalho⁽³⁾

⁽¹⁾Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Assessoria de Inovação Tecnológica (AIT), Parque Estação Biológica – PqEB, Av. W3 Norte (final), Ed. Sede, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília-DF. E-mail: fabio.macedo@embrapa.br ⁽²⁾Universidade Federal de Lavras (UFLA), Dep. de Agricultura, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: rovilson@ufla.br ⁽³⁾ UFLA, Dep. de Ciência do Solo. E-mail: janicegc@ufla.br

Resumo – Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura e doses de molibdênio via foliar na produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas. O experimento foi montado em esquema fatorial 5x4, sendo avaliadas cinco doses de nitrogênio (60, 90, 120, 150 e 180 kg ha⁻¹) e quatro doses de molibdênio (0, 100, 200 e 300 g ha⁻¹). O experimento foi conduzido em condições de campo, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, com três repetições. Os bulbos-semente da cultivar Roxo Pérola de Caçador, provenientes de cultura de meristemas (4^a multiplicação em campo), foram submetidos à vernalização, por 50 dias, a 4°C. As produtividades total e comercial aumentaram de forma linear com o incremento na dose de nitrogênio aplicada em cobertura, não havendo diferenças significativas entre os

tratamentos com relação à porcentagem de superbrotamento. Não se obteve resposta à aplicação de molibdênio nas doses avaliadas, sendo algumas características produtivas prejudicadas pela aplicação deste micronutriente.

Termos para indexação: *Allium sativum*, nutrição mineral, micronutrientes.

Productivity of vernalized garlic originated from tissue culture in function of nitrogen and molybdenum doses

Abstract - The objective of this work was to evaluate the influence of different topdressing nitrogen doses and molybdenum doses applied by foliar dressing in the productivity of vernalized garlic originated from tissue culture. The factorial scheme used was 5x4, being five doses of nitrogen (60, 90, 120, 150 and 180 kg ha⁻¹) and four doses of molybdenum (0, 100, 200 e 300 g ha⁻¹). The experiment was conducted under field conditions, using the experimental design of randomized blocks, with three 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 by 50 days at 4°C. The productivity total and commercial increased linearly with the topdressing nitrogen doses. No significant differences between the treatments were observed in relation to the index of secondary bulb growth. No response to the application of molybdenum doses by foliar dressing were verified, being some characteristics productive prejudiced with the application this micronutrient.

Index terms: *Allium sativum*, mineral nutrition, micronutrients.

Introdução

Os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Goiás e Bahia respondem por 90% da produção brasileira de alho. Em 2003, Minas Gerais e Goiás tornaram-se os maiores produtores de alho do Brasil, com produtividades médias acima de 10 t ha⁻¹. Este sucesso ocorreu em função de diversos fatores, como o uso da mecanização, a racionalização da irrigação, o adensamento de plantio, o uso de cultivares de alho nobre, a vernalização e o uso de alho livre de vírus (Resende et al., 2004).

Apesar de algumas técnicas de cultura de tecidos, com destaque para a cultura de meristemas, estarem sendo utilizadas com êxito, visando recuperar a sanidade de clones de alho infectados por viroses, a exigência nutricional do alho multiplicado por este meio ainda é pouco conhecida (Resende, 1997).

As cultivares nobres são as mais exigentes em fotoperíodo (mínimo de 13 horas) e em frio, produzindo bulbos no extremo sul do país. Elas somente podem ser plantadas no centro-sul aplicando-se a vernalização, que altera as exigências agroclimáticas e reduz o ciclo. Esta técnica consiste em armazenar os bulbos inteiros em câmaras frias, com 3°C a 4°C e umidade relativa de 70% a 80%, por um período que varia de 40 a 55 dias (Filgueira, 2003). Contudo, Resende et al. (2004) ressaltam que, para cultivares de alho nobre submetidas à vernalização, deve-se atentar para o manejo adequado da irrigação e da adubação nitrogenada, principais fatores relacionados à incidência de superbrotamento.

O superbrotamento, ou pseudobulbificação, é uma anomalia genético-fisiológica que se caracteriza pela formação de pseudobulbos em cultivares que requerem a vernalização. Os brotos novos crescem através do pseudocaule e emergem nas axilas das folhas, dando à planta o aspecto de uma ramificação abundante. É uma característica que influi negativamente na cultura do alho,

pois, além de reduzir a produtividade, deprecia o produto, fazendo com que o seu valor comercial seja comprometido (Souza & Casali, 1986).

O nitrogênio é um nutriente absorvido em grande quantidade pela cultura do alho, exercendo expressiva influência na produtividade e na qualidade dos bulbos (Seno et al., 1994). Trabalhos realizados em diversas regiões do Brasil relatam respostas do alho à adubação nitrogenada. Ganhos significativos em produtividade comercial foram obtidos com dosagens de nitrogênio de até 66 kg ha⁻¹ (Resende, 1992), 76 kg ha⁻¹ (Carvalho, 1995), 100 kg ha⁻¹ (Menezes Sobrinho, 1974) e 180 kg ha⁻¹ (Souza, 1990). Porém, em alguns estudos, não se obteve resposta à aplicação de doses até 100 kg ha⁻¹ (Santos, 1980), 120 kg ha⁻¹ (Costa, 1992) e 256 kg ha⁻¹ (Seno et al., 1994).

Resende & Souza (2001a e b) verificaram efeito negativo do incremento da doses de nitrogênio na produtividade de bulbos comerciais, principalmente em função do aumento nos índices de superbrotamento.

É mais bem documentada a função do molibdênio nas plantas como parte da enzima nitrato redutase, que reduz íons nitrato, possibilitando a sua incorporação em compostos orgânicos, nas raízes e na parte aérea (Binneck et al., 1999). Portanto, de acordo com Faquin (2001), plantas deficientes em molibdênio acumulam o nitrato e podem apresentar deficiência de N. Com isso, o teor de clorofila é reduzido e o crescimento da planta é menor.

O pH do solo é um dos fatores de maior influência para a disponibilidade do molibdênio. Dessa forma, em solos de região tropical, onde predominam reações ácidas, o Mo é adsorvido pelas partículas do solo, tendo sua disponibilidade às plantas reduzida (May et al., 2007).

Embora as plantas necessitem apenas de pequenas quantidades de molibdênio, alguns solos suprem níveis inadequados. Pequenas adições de molibdênio, nessas condições, podem melhorar bastante o crescimento de algumas culturas a um custo desprezível (Taiz & Zieger, 2004). Na cultura do

alho há poucos estudos relacionados à aplicação deste micronutriente. A aplicação de molibdênio em alho vernalizado, juntamente com a adubação nitrogenada de cobertura, após o estresse hídrico, provavelmente, poderia favorecer o aproveitamento do nitrogênio pela planta e evitaria o excesso do nutriente que, geralmente, resulta em altas taxas de superbrotamento em cultivares sensíveis.

A alta mobilidade do Mo possibilita que o mesmo seja fornecido via foliar e a faixa de suficiência, por não ser estreita, dificulta o aparecimento de toxidez com a aplicação de fertilizante contendo o micronutriente (Pacheco et al., 2007).

Respostas positivas à adubação com molibdênio têm sido relatadas com várias culturas, em diferentes países (Gupta & Lipsett, 1981). Entretanto, observa-se que as doses de molibdênio via foliar que proporcionam respostas significativas são bastante variáveis em função da espécie estudada. Com isso, verificaram-se respostas até a dose de 48 g ha⁻¹, em couve-flor (Novelino & Chaves, 1987); 236 g ha⁻¹, em alface americana (Yuri et al., 2004); 255 g ha⁻¹, em feijão (Leite et al., 2007) e 400 g ha⁻¹, em cebola (Chattopadhyay & Mukhopadhyay, 2004).

Diante disso, este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura e de molibdênio aplicadas via foliar.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido, em condições de campo, no setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras, Sul de Minas Gerais, à altitude média de 910 metros, a 21°14'S e 45°00'W. 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 1.493,2 mm e temperatura média de 19,3°C (Brasil, 1992).

O experimento foi implantado em um solo originalmente denominado Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999). Amostras de solo da camada de 0 a 20 cm foram coletadas para a realização de análises físicas e químicas. A análise química do solo apresentou os seguintes resultados: pH H₂O: 7,2; P disponível (extrator Mehlich 1): 39,6 mg dm⁻³; K disponível: 86 mg dm⁻³; Na⁺: 0,0 mg dm⁻³; Ca⁺²: 7,5 cmol_c dm⁻³; Mg⁺²: 0,7 cmol_c dm⁻³; Al⁺³: 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al⁺³: 1,9 cmol_c dm⁻³; SB: 8,4 cmol_c dm⁻³; t: 8,4 cmol_c dm⁻³; T: 10,3 cmol_c dm⁻³; V: 81,6 %; matéria orgânica: 4,0 dag kg⁻¹; P-rem: 13,6 mg L⁻¹; S: 11,3 mg dm⁻³; Zn: 24,3 mg dm⁻³; Fe: 33,8 mg dm⁻³; Mn: 76,8 mg dm⁻³; Cu: 5,0 mg dm⁻³; B: 0,5 mg dm⁻³ e Si: 20,4 mg dm⁻³. De acordo com a análise física, o solo enquadrou-se na classe textural argilo-limoso. O preparo do solo consistiu de aração seguida da preparação dos canteiros com roto-encanteiradora.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5x4, sendo cinco doses de nitrogênio (60, 90, 120, 150 e 180 kg ha⁻¹) e quatro doses de molibdênio (0, 100, 200, 300 g ha⁻¹). Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, com três repetições, sendo as parcelas constituídas por 6 linhas de plantio de 1,4 m de comprimento. Utilizou-se o arranjo em fileiras duplas, sendo o espaçamento entre as linhas simples de 0,12 m e entre fileiras duplas de 0,38

cm. O espaçamento entre as linhas externas de canteiros adjacentes foi de 0,48 m. O plantio foi realizado na densidade de 10 bulbilhos por metro linear. A área útil foi composta pelas quatro linhas centrais, desconsiderando-se ainda 0,2 m das extremidades de cada linha.

A cultivar empregada foi a 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 retidos na peneira 3 (malha 8 x 17 mm). O plantio ocorreu no dia 17 de abril de 2007, sendo os bulbilhos previamente tratados com solução de Iprodione, visando à prevenção contra patógenos de solo.

A adubação de plantio consistiu da aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 150 kg ha⁻¹ de K₂O, 18 kg ha⁻¹ de Mg, 3 kg ha⁻¹ de B e 3 kg ha⁻¹ de Zn, nas formas de sulfato de amônio, superfosfato simples, cloreto de potássio, sulfato de magnésio, bórax e sulfato de zinco, respectivamente. A aplicação das doses nitrogênio em adubação de cobertura foi realizada em duas parcelas, aos 20 e 90 dias após o plantio, com a distribuição de 20% e 80% da dose, respectivamente e utilizando-se como fonte a uréia.

As doses de molibdênio foram aplicadas via foliar, aos 90 dias após o plantio, na forma de molibdato de sódio. A aplicação foi realizada com pulverizador costal, utilizando-se volume de calda equivalente a 350 L ha⁻¹. Para a realização da pulverização, as parcelas foram isoladas com cercado plástico.

Visando à prevenção e ao controle de doenças, como mancha-púrpura e ferrugem, foram realizadas pulverizações com produtos à base de mancozeb, tebuconazole, tiofanato-metílico e oxiclreto de cobre. O controle de pragas, como tripes e ácaros, foi efetuado por meio de pulverizações com produtos à

base de deltametrina, clorfenapir e carbaril. A infestação por plantas daninhas foi controlada por meio de capinas manuais e com o uso de herbicidas à base de linuron e oxadiazon.

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 (Macêdo et al., 2006), não ocorrendo também chuvas neste período.

A colheita do experimento foi feita aos 130 dias após o plantio, na fase de senescência das plantas, quando estas apresentavam em torno de quatro folhas verdes. Após a colheita, as plantas foram curadas ao sol, por cinco dias. Posteriormente, as plantas foram acondicionadas em galpão, onde foram curadas, à sombra, por 40 dias. Efetuada a cura, foi realizado o toailete dos bulbos, por meio do corte do pseudocaule 1 cm acima do bulbo e a retirada de raízes e de películas sujas, coletando-se, posteriormente, os dados de produção.

Avaliaram-se as seguintes características: produtividade total de bulbos, produtividade de bulbos comerciais, porcentagem de bulbos superbrotados, massa média de bulbo comercial, número médio de bulbilhos por bulbo e massa média de bulbilhos. A produtividade comercial foi composta por bulbos não superbrotados e com diâmetro transversal acima de 32 mm, os quais foram classificados em classes de acordo com a Portaria n° 242 de 17/09/1992 do MAPA: classe 3 (mais de 32 até 37 mm), classe 4 (mais de 37 até 42 mm), classe 5 (mais de 42 até 47 mm), classe 6 (mais de 47 até 56 mm) e classe 7 (>56 mm).

Após a classificação, foi determinada a porcentagem de cada classe na produtividade comercial. A massa média de bulbo foi obtida considerando-se apenas os bulbos classificados nas classes 7, 6 e 5. Para a determinação do número médio de bulbilhos por bulbo e massa média de bulbilhos, utilizou-se

amostra de dez bulbos classificados nas classes 7, 6 e 5, que foram debulhados para contagem e pesagem de bulbilhos. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as comparações entre os tratamentos efetuadas por meio de análises de regressão. Para a realização da análise de variância, os dados de porcentagem de bulbos comerciais por classe e de bulbos superbrotados foram transformados para arco seno $\sqrt{X/100}$ e os dados de número de bulbilhos por bulbos para $\sqrt{x+1}$.

Resultados e Discussão

Não se observou interação entre os fatores estudados para nenhuma das características avaliadas, sendo o desempenho produtivo da cultura influenciado de maneira isolada pelas doses de nitrogênio e de molibdênio aplicadas.

A produtividade total de bulbos aumentou de forma linear com o aumento da dose de nitrogênio (Figura 1). De acordo com Souza & Casali (1986), o nitrogênio exerce enorme influência sobre o número de folhas e de bulbilhos, tamanho de bulbos e produtividade do alho. Diversos trabalhos têm relatado aumento na produtividade de bulbos com a utilização de maiores doses de nitrogênio. Acréscimos significativos foram obtidos para doses de nitrogênio de até 75 kg ha⁻¹ (Ferrari & Churrata Masca, 1975), 120 kg ha⁻¹ (Resende & Souza, 2001a), 140 kg ha⁻¹ (Resende, 1997), 150 kg ha⁻¹ (Yadav, 2003) e 180 kg ha⁻¹ (Souza, 1990). Entretanto, Costa (1992), Santos (1980) e Biasi et al. (1985) não encontraram respostas significativas para a produção de bulbos, ao estudarem doses crescentes desse nutriente. De acordo com Magalhães (1986), a resposta à adubação nitrogenada depende do teor de matéria orgânica no solo, da textura do solo e das condições químicas e climáticas que afetam a dinâmica de transformação do nutriente. Além disso, as diferentes cultivares de alho apresentam diferentes níveis de resposta ao nitrogênio, nas mesmas condições.

A produtividade comercial também aumentou linearmente com o acréscimo nas doses de nitrogênio avaliadas (Figura 1). Da mesma forma, Souza (1990), em trabalho com a cultivar Juréia, obteve aumento linear na produtividade de bulbos comerciais, para doses de até 180 kg ha⁻¹ de N. Da dose zero para a maior dose, o autor observou incremento de 3,8 t ha⁻¹ na produtividade comercial de bulbos. Entretanto, Resende (1992) e Carvalho (1995) verificaram resposta quadrática da produtividade comercial em relação às doses de N, tendo os autores registrado produtividade comercial máxima com as doses de 66 kg ha⁻¹ e 76 kg ha⁻¹, respectivamente, havendo queda no rendimento em maiores dosagens.

Resultado contrário ao obtido no presente trabalho foi relatado por Resende & Souza (2001a) que verificaram redução linear da produtividade comercial de bulbos da cultivar 'Quitéria' para doses entre 40 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, principalmente em função do aumento nos índices de superbrotamento em maiores dosagens.

Considerando-se as classes de bulbos em função do diâmetro transversal, não se verificou influência das doses de nitrogênio e molibdênio, na porcentagem de bulbos das classes 7 e 3. As porcentagens médias obtidas para estas duas classes foram de 3,8% e 20,8%, respectivamente. Observou-se incremento na porcentagem de bulbos pertencentes à classe 6 e redução na porcentagem de bulbos classe 4 com a elevação das doses de nitrogênio (Figura 2).

Este aspecto, possivelmente, contribuiu para a obtenção de maiores produtividades de bulbos com a utilização de doses mais elevadas de nitrogênio em cobertura. Lipinski & Gaviola (1999), em trabalho visando avaliar doses de 0, 150 e 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio, também verificaram aumento na porcentagem de bulbos de maior diâmetro com a elevação das doses de nitrogênio. Os autores observaram redução na porcentagem de bulbos com diâmetro abaixo de 45 mm e

aumento na porcentagem de bulbos com diâmetro acima de 56 mm com a elevação da dose de N.

Utilizando material da cultivar 'Gigante Roxão', proveniente de cultura de tecidos, Resende (1997) verificou aumento linear no diâmetro dos bulbos com a elevação das doses de nitrogênio até 140 kg ha⁻¹. Com o plantio de bulbilhos oriundos de multiplicação convencional, observou-se que a dose que proporcionou o maior diâmetro de bulbos foi 119 kg ha⁻¹. Entretanto, Seno et al. (1994) não constataram variação na porcentagem de bulbos das diferentes classes, com doses de até 256 kg ha⁻¹ de N. Além de alta produtividade comercial, é interessante a obtenção de bulbos de maior diâmetro, já que estes alcançam melhores cotações no mercado.

Em levantamento realizado pela EPAGRI (2007), em Santa Catarina, em agosto de 2007, verificou-se grande diferença de preços recebidos pelos agricultores, considerando-se as diferentes classes de alho. O preço médio recebido pela caixa de 10 kg de alho tipos 6 e 7 foi de R\$ 34,00, enquanto que, para as classes 5, 4 e 3, o valor recebido foi R\$ 30,00, R\$ 22,00 e R\$ 16,00, respectivamente. Com relação à porcentagem de bulbos da classe 5, observou-se redução linear com a elevação das doses de molibdênio (Figura 3).

Devido ao alto pH registrado no solo em que foi conduzido o presente trabalho, possivelmente a disponibilidade deste micronutriente também estava elevada, inibindo a resposta da cultura à aplicação do mesmo. De acordo com Malavolta (1976), a carência deste molibdênio está associada com pH menor que 5,5. Além disso, Magalhães (1986) sugere que, talvez, a quantidade do elemento contido na reserva do bulbilho seja suficiente para suprir as necessidades da planta.

Não foram constatadas diferenças entre os tratamentos com relação à incidência de superbrotamento, sendo verificada uma taxa média de 8,7%, considerada relativamente baixa. O estresse hídrico a que a cultura foi

submetida, entre 65 e 85 dias após o plantio, provavelmente, minimizou os efeitos das maiores doses de N avaliadas no aumento da incidência desta anomalia. Esse resultado, provavelmente, favoreceu o acréscimo linear na produtividade comercial com a elevação da dose de nitrogênio, considerando-se que o rendimento de bulbos comerciais tende a reduzir com maiores índices de superbrotamento.

Carvalho (1995) e Seno et al. (1994) também não verificaram diferenças significativas na ocorrência de superbrotamento para doses de nitrogênio de até 120 e 256 kg ha⁻¹, respectivamente. Porém, diversos trabalhos apontam para o aumento na taxa de ocorrência desta anormalidade com maiores doses de nitrogênio, como nos realizados por Krarup & Trobok (1975), Resende (1992), Resende & Souza (2001a e b), Souza (1990). Entretanto, vale ressaltar que, nestes trabalhos, a irrigação não foi suspensa no início do período de bulbificação.

Além disso, deve-se considerar o grau de sensibilidade das diferentes cultivares avaliadas nestes estudos ao superbrotamento. A incidência dessa anomalia está estreitamente relacionada a aplicações de doses excessivas de nitrogênio, principalmente em cobertura. Porém, as cultivares nobres, por terem adaptação climática forçada pela vernalização para plantio em regiões menos frias que as de origem, sofrem forte influência das variações climáticas, que podem alterar o desenvolvimento da planta e levar a respostas diferentes, de ano para ano (Büll et al., 2002).

Não houve variação na massa média de bulbo, em função das diferentes doses de nitrogênio e molibdênio, sendo o valor médio observado de 35,4 g. Santos (1980), Costa (1992) e Seno et al. (1994) também não verificaram diferenças significativas para esta característica, com doses de até 100, 120 e 256 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Porém, em outros trabalhos, foram verificados ganhos lineares na massa média de bulbos com a elevação das doses

de N até 160 kg ha⁻¹ (Resende, 1992) e 180 kg ha⁻¹ (Souza, 1990). De acordo com Resende & Souza (2001a), a massa média de bulbos é característica de grande importância para a comercialização do alho, já que os bulbos maiores recebem as melhores cotações nos mercados consumidores.

O número médio de bulbilhos por bulbo também não apresentou variação com a aplicação das diferentes doses de nitrogênio, sendo o valor médio observado no experimento de 13,1. Resultado semelhante foi obtido para doses de até 160 kg ha⁻¹ (Resende & Souza, 2001b) e 256 kg ha⁻¹ (Seno et al., 1994). Todavia, Resende & Souza (2001a) observaram aumento linear no número de bulbilhos por bulbo, com o incremento nas doses de nitrogênio até 120 kg ha⁻¹.

O mesmo resultado foi obtido por Resende (1992), para doses de até 160 kg ha⁻¹. Segundo o mesmo autor, a ocorrência de superbrotamento de forma parcial, não afetando a produção comercial, pode ter contribuído para o incremento no número de bulbilhos por bulbo. O número de bulbilhos por bulbo é uma característica importante na cultura do alho. Diversas cultivares nacionais apresentam número excessivo de bulbilhos. Em razão disso, estas cultivares mostram bulbos cuja parte central produz bulbilhos pequenos, denominados de “palitos”. Cultivares com estas características não apresentam boa cotação em mercados mais exigentes. Por outro lado, cultivares com número muito pequeno de bulbilhos por bulbo elevam muito o custo da cultura, quando há necessidade de adquirir o alho planta (Souza, 1990).

Verificou-se resposta quadrática da massa média de bulbilho em relação às doses de nitrogênio estudadas (Figura 4), tendo a dose 119 kg ha⁻¹ sido a que possibilitou a obtenção do máximo valor (2,81 g). Santos (1980) observou que a dose de 50 kg ha⁻¹ proporcionou ligeiro aumento na porcentagem de bulbilhos maiores e baixa taxa de bulbilhos menores. Com a elevação da dose de nitrogênio para 100 kg ha⁻¹, o autor observou a maior porcentagem de bulbilhos

menores. Entretanto, Seno et al. (1994) não verificaram efeito de doses até 256 kg ha⁻¹ na massa média de bulbilhos.

De acordo com Souza (1990), cultivares que produzem cerca de 10 bulbilhos por bulbo apresentam, normalmente, bulbilhos de bom tamanho comercial e, ao mesmo, tempo, não constituem fator limitante para olericultores que necessitam de aquisições freqüentes de alho para plantio. Segundo Lammerink (1988), os produtores devem procurar plantar bulbilhos, no mínimo, da classe 3, ou ao redor de 2,0 g, para as cultivares de alto potencial produtivo. O autor verificou que, para cada grama de aumento na massa dos bulbilhos plantados, a produção de bulbos aumentou até 1,4 t ha⁻¹. Observou-se menor massa média de bulbilho nos tratamentos em que foi realizada a pulverização com molibdênio, tendo a resposta às diferentes doses se ajustado ao modelo quadrático (Figura 5).

De acordo com Marschner (1995), a quantidade de molibdênio requerida pelo metabolismo de plantas é menor que o da maioria dos nutrientes. Porém, este micronutriente apresenta grande intervalo entre a faixa de suficiência e toxidez. Em solos de Patos de Minas (MG), também não foi obtida resposta à aplicação de molibdênio na cultura do alho. Provavelmente, a cultura está entre as espécies menos sensíveis à falta deste micronutriente (Malavolta, 1976).

Conclusões

1. Em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, o aumento na dose de nitrogênio aplicada em adubação de cobertura até 180 kg ha⁻¹ possibilitou ganhos lineares em produtividade.

2. Aplicações foliares de Mo, a partir de 100 g ha⁻¹, prejudicaram o desempenho produtivo de alho vernalizado proveniente de cultura de tecidos.

Referências Bibliográficas

- BIASI, J.; MUELLER, S.; MACHADO, M. O.; VIZZOTTO, V. J. Cultura do alho: doses de nitrogênio e épocas de aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 25., 1985, Blumenau. **Horticultura Brasileira...** Brasília: SOB, 1985. v. 3, n. 1, p. 61.
- BINNECK, E.; BARROS, A.C. S. A.; VAHL, L.C. Peletização e aplicação de molibdênio em sementes de trevo-branco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 2, p. 203-207, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas**. 1961-1990. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.
- BÜLL, L. T.; BERTANI, R. M. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; FERNANDES, D. M. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, p. 247-255, 2002.
- CARVALHO, L. G. de. **Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Gigante Lavínia**. 1995. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CHATTOPADHYAY, S. B., MUKHOPADHYAY, T. P. Response of boron and molybdenum as foliar feeding on onion in tarai soil of West Bengal. **Environment and Ecology**, v. 22, n. 4, p. 784-787, 2004.
- COSTA, T. M. **Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio sobre a cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Juréia**. 1992. 80 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Centro de Socioeconomia e planejamento Agrícola. **Preços médios mensais recebidos pelos agricultores**. Florianópolis, 2007. Disponível em: < <http://cepa.epagri.sc.gov.br/>>. Acesso em: 06 dez. 2007.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA, 2001. 182 p. (UFLA. Textos Acadêmicos).

FERRARI, V. A.; CHURATA MASCA, M. G. C. Efeitos de níveis crescentes de nitrogênio e de bórax na produção de alho (*Allium sativum* L.). **Científica**, Jaboticabal, v. 3, n. 2, p. 254-262, 1975.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2003. 402 p.

GUPTA, U. C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p.73-115, 1981.

KRARUP, C.; TROBOK, S. Efectos de sistemas de plantación sobre rendimiento, calidad del bulbo y aprovechamiento de la fertilización nitrogenada em ajo (*Allium sativum* L.). **Fitotecnia Latinoamericana**, v. 11, p. 39-42, 1975.

LAMMERINK, J. Better garlic yields through selection and seed clove grading. **New Zealand Commercial Grower**, Wellington, v. 43, n. 3, p. 16-17, 1988.

LEITE, U. T.; ARAÚJO, G. A. A.; MIRANDA, G. V.; VIEIRA, R. F.; JOSÉ EUSTÁQUIO DE SOUZA CARNEIRO, J. E. S. C.; PIRES, A. A. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 113-120, 2007.

LIPINSKI, V. M.; GAVIOLA, S. Fuentes y dosis de nitrógeno em fertigación de ajo cv. Fuego-INTA. **Horticultura Argentina**, v. 18, p. 28-32, 1999.

MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; PEREIRA, G. M. Controle de superbrotamento em alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 629-635, abr. 2006.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: nutrição mineral de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MAY, A.; TIVELLI, S. W.; VARGAS, P. F.; SAMRA, A. G. V. S., SACCONI, L. V.V; Pinheiro, M. Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. 36 p. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 200).

MENEZES SOBRINHO, J. A.; NOVAIS, R. F.; SANTOS, H. L.; SANS, L. M. A. Efeito da aplicação de doses de nitrogênio e da cobertura morta sobre a produção de três cultivares de alho. **Revista Ceres**, v. 21, n. 118, p. 458-469, 1974.

NOVELINO, J. O.; CHAVES, J. F. Aplicação de molibdênio e boro em couve-flor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 68, 1987.

PACHECO, D. D.; DIAS, M. S. C.; ANTUNES, P. D.; RIBEIRO, D. P.; SILVA, J. J. C.; PINHO, D. B. Nutrição mineral e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v. 28, n. 236, p. 40-49, jan./fev. 2007.

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

RESENDE, F. V.; DUSI, A. N.; MELO, W. F. de. **Recomendações básicas para a produção de alho em pequenas propriedades**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 2004. 12 p. (EMBRAPA-CNPQ. Comunicado Técnico, 22).

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

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

RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho cv. “Quitéria”. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 188-191, 2001b.

SANTOS, M. L. B. **Efeitos de fontes e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e produção de dois cultivares de alho (*Allium sativum* L.)**. 1980. 74 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SENO, S.; FERNANDES, F. M.; SASAKI, J. L. S. Influência de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Roxo Pérola de Caçador, na região de Ilha Solteira-SP. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 3, n. 1, p. 9-20, 1994.

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

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

YADAV, P. K. Effect of nitrogen and potassium on growth and yield of garlic (*Allium sativum*) in Western Rajasthan. **Haryana Journal of Horticultural Sciences**, v. 32, n. 3/4, p. 290-291, 2003.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; MOTA, J. H.; GONÇALVES, L. D.; SOUZA, R. J. Doses e épocas de aplicação de molibdênio na produção e qualidade de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 589-592, jul./set. 2004.

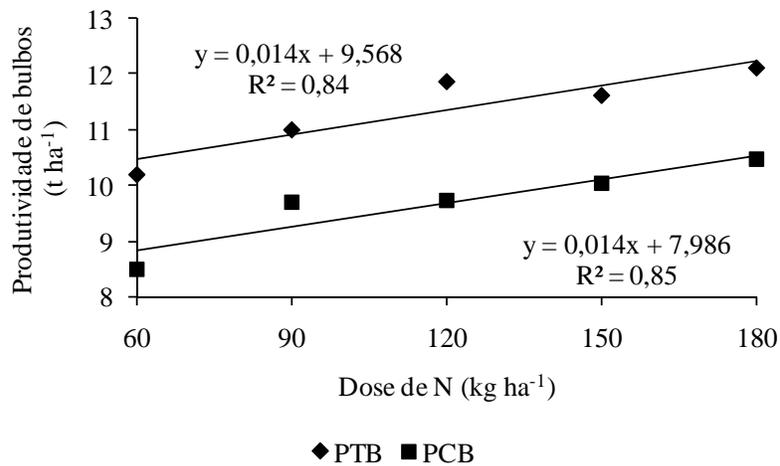


Figura 1. Produtividade total (PTB) e comercial (PCB) de bulbos de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura.

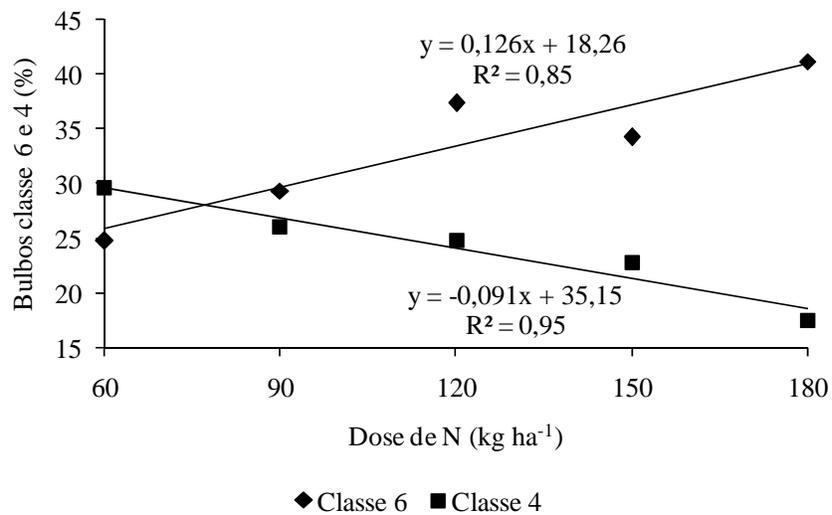


Figura 2. Porcentagem de bulbos das classes 6 e 4 de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de nitrogênio aplicadas em adubação de cobertura.

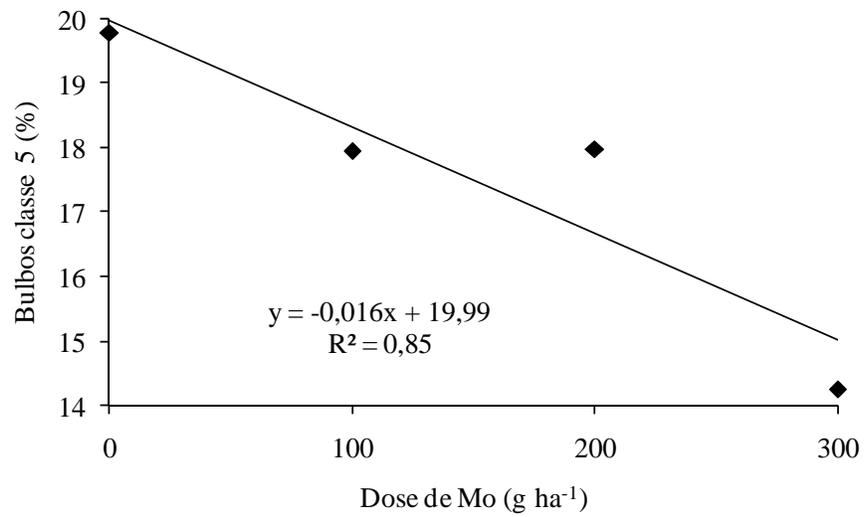


Figura 3. Porcentagem de bulbos da classe 5 de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de molibdênio aplicadas via foliar.

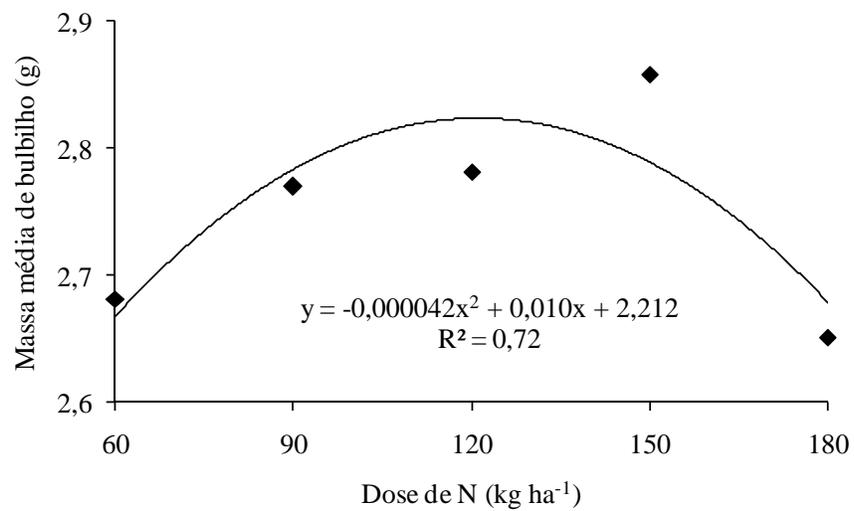


Figura 4. Massa média de bulbilho de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

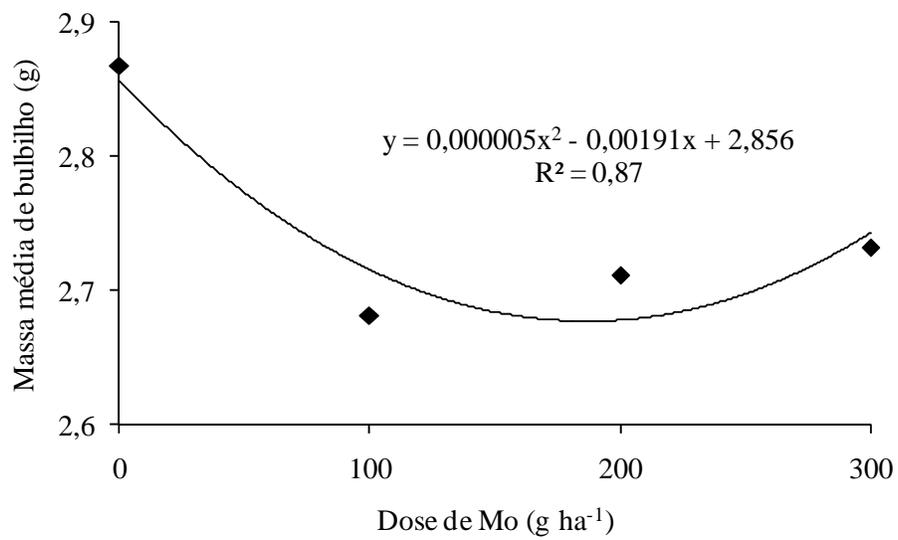


Figura 5. Massa média de bulbilho de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas, em função de doses de molibdênio aplicadas via foliar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Apesar da produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas ter se mostrado variável, em função da dose de nitrogênio aplicada em adubação de cobertura, verificou-se que a extração de macro e de micronutrientes pela cultura ocorreu de forma semelhante para doses entre 60 e 180 kg ha⁻¹.

2. As diferentes respostas, em produtividade e em incidência de superbrotamento nos Artigos 2 e 3, em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, possivelmente estão relacionadas ao alho-semente utilizado para plantio. Enquanto no Artigo 2 utilizaram-se bulbilhos de peneira 2 (malha 10 x 20 mm), no Artigo 3 foram utilizados bulbilhos de peneira 3 (8 x 17 mm). Com isso, durante a condução dos experimentos, observaram-se, notadamente, plantas mais vigorosas no trabalho em que se utilizaram bulbilhos maiores. Entretanto, estas plantas, apesar de, geralmente, serem mais produtivas, apresentam também maior suscetibilidade ao superbrotamento.

3. Considerando-se os resultados descritos no Artigo 3, recomenda-se que trabalhos sejam realizados em alho vernalizado, utilizando-se menores doses de molibdênio e diferentes formas de aplicação, em solos ácidos, visando determinar se há resposta da cultura à aplicação deste micronutriente.