

**NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE DE ALHO VERNALIZADO LIVRE DE VÍRUS E QUALIDADE
DO ALHO MINIMAMENTE PROCESSADO**

FÁBIO YOMEI TANAMATI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Maio-2016

**NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE DE ALHO VERNALIZADO LIVRE DE VÍRUS E QUALIDADE
DO ALHO MINIMAMENTE PROCESSADO**

MSc. FÁBIO YOMEI TANAMTI

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Horticultura)

**BOTUCATU – SP
Maio-2016**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO- BOTUCATU (SP)

T161n Tanamati, Fábio Yomei, 1987-
Nitrogênio e potássio em cobertura na nutrição e produtividade de alho vernalizado livre de vírus e qualidade do alho minimamente processado / Fábio Yomei Tanamati. - Botucatu : [s.n.], 2016
v, 50 f.: ils.,color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Inclui bibliografia

1. Alho - Cultivo. 2. Ureia como fertilizante. 3. Nitrogênio na agricultura. 4. Potássio na agricultura. 5. Minerais na nutrição de plantas. I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. III. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE DE ALHO VERNALIZADO LIVRE DE VÍRUS E QUALIDADE
DO ALHO MINIMAMENTE PROCESSADO

AUTOR: FÁBIO YOMEI TANAMATI

ORIENTADOR: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP
Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS
Dep Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP
Prof. Dr. MARCELO AGENOR PAVAN
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP
Profa. Dra. ROSEMARY MARQUES DE ALMEIDA BERTANI
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / APTA - Regional Bauru
Profa. Dra. CLARICE BACKES
São Luís de Montes Belos -GO / Universidade Estadual de Goiás

Botucatu, 02 de junho de 2016

A meus pais Mário e Helena, meus irmãos Márcio e Karen,
a meus avós paternos Dissaburo (*in memorian*) e Catarina
e a meus avós maternos Horishi (*in memorian*) e Shizue (*in memorian*).

À Priscila, amiga e companheira pela agradável convivência, paciência e amor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, sempre e acima de tudo;

A meus pais e irmãos pelo amor carinho e apoio;

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu por proporcionar a realização do Mestrado;

Ao meu Orientador Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pela dedicada orientação, confiança em meu trabalho e acima de tudo pela amizade;

À Izabel e Luis Figueiredo;

Aos funcionários do Departamento de Solos - Recursos Ambientais.

Aos meus amigos que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho: Priscila Figueiredo, Jader Nantes, Mauricio Oliveira, Camila Jacon, Gleize Levinski, Fernando Guidorizzi, Murilo de Souza, José Carlos e Charles Watanabe.

À Universidade da Califórnia – Davis e a pesquisadora e orientadora no exterior, PhD. Marita Cantwell

SUMÁRIO

1	Resumo	1
2	Summary.....	3
3	Introdução geral	5
4	Capítulo I. Fontes de nitrogênio e potássio em cobertura na produtividade e nutrição mineral do alho vernalizado livre de vírus	8
5	Capítulo II. Produtividade e nutrição mineral do alho sob diferentes doses de nitrogênio e fontes de potássio aplicado em cobertura	22
6	Capítulo III. Efeito de diferentes temperaturas e atmosfera modificada nas características qualitativas do alho minimamente processado	37
7	Conclusões gerais	48
8	Referências	49

RESUMO

O alho é uma hortaliça utilizada como condimento e como planta medicinal. O Brasil é um importante produtor/consumidor desta hortaliça, entretanto a produção nacional é insuficiente e portanto importa de quase 60% do alho consumido. Práticas precisas de manejo na produção e pós-colheita precisas podem resultar em economia na produção, aumento da produtividade e qualidade. Entre as práticas de manejo destaca-se a fertilização destaca-se pela influência direta na produção do alho e constituir um dos principais itens do custo de produção. Após a colheita a deterioração do alho minimamente processado (produto com maior valor agregado) pode ser diminuída através do armazenamento em temperatura controlada e atmosfera modificada. Com o objetivo de avaliar e documentar as melhores fontes e doses de nitrogênio e fontes potássio, bem como o melhor método para o armazenamento do alho minimamente processado foram conduzidos três ensaios que serão apresentados em três capítulos, sendo o primeiro intitulado “Fontes de nitrogênio e potássio sob a produtividade e nutrição mineral do alho”, o segundo capítulo intitulado “Produtividade e nutrição mineral do alho sob diferentes doses de nitrogênio e fontes de potássio”, e o terceiro capítulo intitulado “Efeito de diferentes temperaturas e atmosfera modificada sob as características qualitativas do alho minimamente processado”. Concluiu-se a) Diferentes fontes de N e K podem ser combinadas para a obtenção de máxima produção de alho comercial, b) o teor de nutrientes do alho não é influenciado pelas fontes de N e K ao ponto de constituir um fator crítico à produtividade do alho, c) Recomenda-se a dose 80 kg ha⁻¹ de N como forma de obtenção de máxima eficiência do fertilizante e produtiva do alho vernalizado livre de vírus cv. Caçador, d) Não houve diferenças significativas na produção do alho acima da dose 80 kg ha⁻¹ de N, a partir desta dose, o acúmulo de nutrientes no bulbo, de forma geral, foi inferior nos tratamentos K₂SO₄, e) baixa temperatura e atmosfera modificada contribuem significativamente para a manutenção da qualidade do alho minimamente processado, f) embalagem a vácuo mantém uma atmosfera consistentes em uma maior gama de temperaturas, g) as atmosferas modificadas com alto teor de CO₂ podem influenciar a diminuição do valor de L* durante o armazenamento, h) a pungência do alho é mais bem conservada em embalagens a vácuo.

Palavras-chave: *Allium sativum*, ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio, nitrato de cálcio, cloreto de potássio, sulfato de potássio.

YIELD AND MINERAL NUTRITION OF GARLIC IN RESPONSE TO SOURCE AND DOSES OF NITRIGEN AND SOURCES OF POTASH AND QUALITY CHANGES IN FRESH-PEELED GARLIC. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FÁBIO YOMEI TANAMATI

Advisor: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

2 SUMMARY

Garlic is used as a spice and as a medicinal plant, Brazil is an important producer/consumer of this herb, however small domestic production stimulates import of about 60% the garlic consumed in this country. Management practices in the production and accurate post-harvest can result in savings in production and increasing in yield and quality. Among the management practices, fertilization is distinguished by its direct influence on the production of garlic and constitute one of the main cost items of production and post-harvest deterioration of minimally processed garlic (product with higher added value) can be reduced by storing in controlled and modified atmosphere temperature. In order to assess and document the best sources and doses of nitrogen and potassium sources, as well as the more suitable storage method for fresh-peeled garlic we carried out three tests that will be presented in three chapters, the first entitled "Yield and mineral nutrition of vernalized virus free garlic in response to nitrogen and potassium sources topdressing" the second chapter entitled "Yield and mineral nutrition of garlic in response to nitrogen doses and potassium sources topdressing", "Quality changes in fresh-peeled garlic cloves in relation to storage temperatures and modified atmospheres". From these assays we concluded that a) Different sources of N and K may be combined to obtain maximum production of commercial garlic, b) the garlic mineral content is not influenced by the sources of N and K to be considered a critical factor to garlic productivity, c) 80 kg ha⁻¹ of N is the best way to obtain both maximum fertilizer efficiency and productive of virus free vernalized garlic cultivar Caçador, d) from the dose 80 kg ha⁻¹, the lowest accumulation of nutrients in the bulb in SKO treatments suggests that potassium sulfate, alleviates possible effects of toxicity caused by excess NH₄⁺ and reduces minerals export for bulb and thereby the ground, e) both low temperature and modified atmosphere significantly contribute to the maintenance of the quality of fresh-peeled garlic, f) vacuum packaging

maintains an atmosphere consistent across a wider range of temperatures, g) modified atmospheres with high CO₂ content can influence the decrease in L* value during storage, h) garlic pungency is better preserved in vacuum packaging.

Keywords: *Allium sativum*, urea, ammonium sulfate, ammonium nitrate, calcium nitrate, potassium chloride, potassium sulfate.

INTRODUÇÃO GERAL

O alho (*Allium sativum* L.) é uma hortaliça originária da Ásia central (BREWSTER, 2008), atualmente cultivado em grandes latitudes, tem grande importância econômica justificada pelo seu consumo universal como condimento e como planta medicinal. Em 2013 a área mundial cultivada com alho foi de 1,5 milhões de hectares, com uma produção média de aproximadamente 24 milhões de toneladas. De acordo com os dados estatísticos de 2013 da FAO, a China é o principal produtor mundial de alho (19 milhões de toneladas), sendo o Brasil o 15º maior produtor com 102 mil toneladas. A produtividade do alho no Brasil é mais expressiva nos estados de Goiás, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Minas Gerais, e apesar da expressiva produção nacional, 60% da demanda interna do alho no Brasil foi importado principalmente da China e Argentina em 2013 (CONAB, 2013; FAO, 2016).

Entre os fatores que estimulam a importação do alho, destaca-se a diferença de preço. O preço do alho nacional é muitas vezes superior devido ao alto custo de produção, baixa produtividade obtida e perdas na pós-colheita. A baixa produtividade do alho e as perdas pós-colheita são explicadas pelo baixo ou limitado uso de tecnologias, bem como a utilização de práticas empíricas que já não atendem às necessidades fisiológicas dos materiais vegetais modernos, adaptados à diferentes condições edafoclimáticas e que podem atingir altas produtividades.

Por ser uma hortaliça originária de regiões de clima temperado, a utilização de cultivares vernalizadas (armazenamento dos bulbilhos/sementes a 3 a 4°C por aproximadamente 60 dias) permitiu a expansão da produção do alho na parte central do Brasil (ICEPA/SC, 1995). Junto à vernalização o cultivo de alho-semente livre de vírus (sementes de plantas produzidas a partir da cultura de tecidos), possibilitou a produção do alho com maior produtividade e qualidade, uma vez que os patógenos presentes nos bulbilhos afetam a fotossíntese e o carregamento de assimilados para o bulbo e demandam maiores teores de fertilizantes (LUCINI, 2008).

Grande parte do que se tem documentado atualmente sobre o cultivo do alho foi conduzido com cultivares não vernalizadas ou com sementes vegetativas provenientes de multiplicação vegetativa (JUNQUEIRA & IZIOKA, 1988; NAKAGAWA et al., 1990, BÜLL et al. 2002; BACKES et al., 2008). A prática destes manejos pode significar que a oferta de

insumos sejam aplicadas além ou abaixo das necessidades das novas cultivares, encarecendo a produção e não possibilitando a máxima expressão de cada cultivar.

A nutrição mineral é um dos principais itens que compõe o custo de produção e está diretamente relacionado com a eficiência produtiva no campo (ICEPA/SC, 1995). O nitrogênio é o macronutriente absorvido em maiores quantidades pelo alho (BÜLL et al., 2002), seguido pelo potássio Fernandes (2010). O nitrogênio é o componente principal das proteínas, enquanto o potássio é um importante ativador enzimático (ZHANG et al., 2010). A deficiência de K, reduz o metabolismo da planta, a síntese de proteínas, a fotossíntese e a osmorregulação resultando em acúmulo de carboidratos solúveis nas partes vegetativas da planta e decréscimo da produção (RÖMHELD & KIRKBY, 2010, BAR-TAL, 2011).

O N:K apresentam uma interrelação não apenas no corpo vegetal, após a absorção. Para que haja uma absorção balanceada destes minerais, todo um planejamento referente às doses e fontes de N:K e época de aplicação deve ser feito criteriosamente. O nitrogênio é absorvido pelas plantas nas formas nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+). A forma amoniacal pode apresentar um efeito antagônico ao K^+ , devido a sua valência, que provoca a competição destes cátions pelas partículas do solo (ocorrendo a imobilização) e pelo sítios de absorção do raiz (BAR-TAL, 2011). Além disso, as formas como o nitrogênio é absorvido pela planta, contribui com a mudança de pH do solo, o que pode afetar a absorção dos diferentes macro e micronutrientes do solo (MATTSON, 2009).

O teor de nitrato ou amônio no solo é em grande parte determinado pelo fertilizante nitrogenado, devido à razão nitrato/amônio (MATTSON et al., 2009; BAR-TAL et al. 2001; BAR-TAL, 2011). Pesquisas recentes sobre fertilizantes nitrogenados e potássicos têm focado, basicamente nas doses de N e K como forma de atingir a máxima produção do alho (SILVA et al., 2000, BÜLL et al., 2002; ASSIS 2010), entretanto, interações entre as fontes de N e K podem influenciar a produtividade e a nutrição mineral do alho, como foi observado em culturas como milho, trigo e beterraba (POLEVOY et al., 2015). Além disso, Römheld e Kirkby, (2010) afirmaram que as interações N:K apresentam especificidade inter e intraespecífica entre diferentes espécies. Diante disso, percebe-se que existem lacunas que devem ser analisadas com a finalidade de embasar cientificamente a recomendação de fertilizantes para este cultivo.

Como citado anteriormente o consumo do alho como condimento é universal, e dependendo da região. Existem diferentes demandas, quanto à comercialização deste produto. O consumo do alho minimamente processado (descascado, higienizado e embalado)

tem crescido em países desenvolvidos e em desenvolvimento como os Estados Unidos e Brasil, entretanto existe um desafio de assegurar e ampliar o tempo de prateleira deste produto.

Durante o processo de descascamento e higienização, os danos físicos sofridos pelos dentes de alho, faz com que a taxa respiratória dos bulbilhos aumente, acelerando processos de deterioração que são perceptíveis, principalmente, através da mudança de coloração e textura (CANTWELL & SUSLOW, 2002). Para reduzir o efeito destes fatores o armazenamento do alho em ambientes com atmosferas modificadas com teores de CO₂, podem contribuir com o aumento de vida útil do alho minimamente processado (RAMIREZ- MORENO et al., 2000).

Com o objetivo de documentar as melhores fontes e doses de nitrogênio e fontes potássio, bem como o melhor método para o armazenamento do alho minimamente processado foram conduzidos três experimentos que serão apresentados em três capítulos, sendo o primeiro intitulado “Fontes de nitrogênio e potássio em cobertura na produtividade e nutrição mineral do alho vernalizado livre de vírus”, o segundo capítulo intitulado “Produtividade e nutrição mineral do alho sob diferentes doses de nitrogênio e fontes de potássio aplicado em cobertura”, e o terceiro capítulo intitulado “Efeito de diferentes temperaturas e atmosfera modificada nas características qualitativas do alho minimamente processado”.

FONTES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NA PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO MINERAL DO ALHO VERNALIZADO LIVRE DE VÍRUS

RESUMO – A otimização da produtividade em resposta à adubação nitrogenada só é possível através da aplicação adequada de potássio. Este trabalho teve por objetivo investigar o efeito de fontes de nitrogênio (ureia, nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e potássio (cloreto de potássio e sulfato de potássios), aplicado em cobertura na produtividade e nutrição mineral do alho vernalizado livre de vírus. A dose de foi 160 e 160 kg ha⁻¹ de N e K₂O respectivamente e foram aplicados de forma parcelada antes e após a diferenciação. De acordo com os resultados obtidos o maior número de folha na fase de diferenciação não se correlaciona com peso médio de bulbo, produtividade e classificação comercial. Entre os fatores de variação considerados neste estudo (fontes de N e K), o efeito das fontes de K influenciou significativamente maior número de nutrientes do que o N. Conclui-se a partir dos resultados que diferentes fontes de N e K podem ser combinadas para a obtenção de máxima produção de alho comercial e que o teor de nutrientes do alho não é influenciado pelas fontes de N e K ao ponto de constituir um fator crítico à produtividade do alho.

Palavras-chave: *Allium sativum*, alho vernalizado livre de vírus, cloreto de potássio, sulfato de potássio.

Yield and mineral nutrition of vernalized virus free garlic in response to nitrogen and potassium sources topdressing

The optimization of productivity in response to nitrogen fertilization may be achieved through the proper application of potassium. This study aimed to investigate and document the effect of nitrogen (urea, ammonium nitrate, ammonium sulphate and calcium nitrate) and potassium (potassium chloride and potash sulphate) sources in the productivity and mineral nutrition of vernalized virus free garlic. 160 and 160 Kg ha⁻¹ of N and K respectively were applied at planting and differentiation. We observed that the largest number of leaf at differentiation stage did not correlate with bulb weight, productivity and commercial classification. Between the variation factors considered in this study (N and K sources), the effect of K sources was outstanding, due to the fact that this mineral influenced significantly more nutrients than the nitrogen. We concluded that different

sources of N and K may be combined to obtain maximum production of commercial garlic and the garlic nutrient content is not influenced by the sources of N and K to be considered critical to garlic productivity.

Key-words: *Allium sativum*, vernalized virus free garlic, potassium sulphate, potassium chloride

INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma hortaliça de consumo universal, utilizada como condimento e planta medicinal. O Brasil ocupa a 15^a posição entre países produtores de alho e apesar de ter uma produção significativa, em 2013 o Brasil importou, principalmente da China e da Argentina, cerca de 180 mil toneladas de alho, o que representa aproximadamente 60% da demanda interna da hortaliça (FAO, 2016).

Para suprir a demanda interna do alho, é necessária a redução do custo de produção bem como o aumento da produtividade. Ambos os fatores podem ser atingidos através da adoção de práticas de manejo adequados ao longo da cadeia produtiva. A elevada produtividade do alho está relacionado à dose balanceada de nitrogênio e potássio (Büll et al., 2002; Lujia et al., 2004; Trani et al., 2008), isso porque o nitrogênio é o componente principal das proteínas, enquanto o potássio é um importante ativador enzimático (Zhang et al., 2010). A deficiência de K, portanto, reduz o metabolismo da planta, a síntese de proteínas, a fotossíntese e a osmorregulação resultando em acúmulo de carboidratos solúveis nas partes vegetativas da planta e decréscimo da produção (Römheld e Kirkby, 2010, Bar-Tal, 2011).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas nas formas nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+). A forma amoniacal pode apresentar um efeito antagônico com o K^+ , devido a sua valencia que provoca a competição destes cátions pelas partículas do solo (ocorrendo a imobilização) e pelo sítios de absorção do raiz (Bar-Tal, 2011). O teor de nitrato ou amônio no solo é em grande parte determinado pelo fertilizante nitrogenado, devido à razão nitrato/amônio (Bar-Tal et al. 2001; Mattson et al., 2009; Bar-Tal, 2011).

O efeito da interação N:K já foi comprovado em diversos cultivos como milho, trigo e beterraba (Polevoy et al., 2015), entretanto Römheld e Kirkby, (2010) afirmaram que existe especificidade inter e intraespecífica entre diferentes espécies. No cultivo do alho pesquisas recentes sobre este tema focaram as doses de N e K como forma de atingir a

máxima produção do alho (Silva et al., 2000, Büll et al., 2002; Assis, 2010), mostrando que existem lacunas que devem ser analisadas com a finalidade de embasar cientificamente a recomendação de fertilizantes para o cultivo do alho.

Este trabalho teve por objetivo investigar o efeito de fontes de nitrogênio (ureia, nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e potássio (cloreto de potássio e sulfato de potássios) na produtividade e teor de nutrientes do alho vernalizado livre de vírus.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização edafoclimática da área experimental

O experimento foi conduzido em área de produção do grupo Genove Agronegócios, na região de Santa Juliana – MG (19°18'S, 47°31'W), altitude média de 950 metros. O clima da região é do tipo Aw (classificação de Koppen), caracterizado como tropical com estação seca no inverno.

O solo da área experimental é sesquioxídico e apresenta as seguintes características químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo nas faixas de profundidades de 0- 20 cm antes do plantio.

pH	MO	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----						
5,8	29	64	19	1,3	45	14	60	78	76
B	Cu	Fe	Mn	Zn					
-----mg dm ⁻³ -----									
0,55	1,1	34	1,6	4,8					

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 (fontes de N) x 2 (fontes de K), totalizando oito tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por diferentes combinações de fontes nitrogênio e potássio, cujas especificações dos fertilizantes estão demonstradas na Tabela 2.

As parcelas foram constituídas por 1,8 metros de largura e 2 metros de comprimento. O plantio foi realizado em 3 fileiras duplas, adotou-se o espaçamento de 0,20 m entre fileiras e 0,10 m entre plantas, com população de 350 mil plantas ha⁻¹.

Tabela 2. Características químicas das fontes de nitrogênio e potássio utilizados nos tratamentos.

Fontes de N e K	N	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	K ₂ O
	------(%)-----			
Sulfato de amônio	21	0	100	-
Nitrato de amônio	33–34	51	49	-
Nitrato de cálcio	16	100	0	-
Ureia	46	0	100	-
Cloreto de Potássio (KCl)	-	-	-	60
Sulfato de potássio (K ₂ SO ₄)	-	-	-	50

Adaptado de Mattson et al., 2009

Instalação e condução do experimento

A correção do solo foi feita através da aplicação de calcário 25 dias antes do plantio, em área total, afim de elevar a saturação de base para 80%. A adubação de plantio foi realizada seguindo as recomendações do produtor (5 t ha⁻¹ de composto orgânico, 1 t ha⁻¹ de termofosfato, 1,2 t ha⁻¹ de super fosfato simples, 80 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O). O N e o K utilizados na cobertura foram aqueles designados em cada tratamento (Tabela 2).

O plantio foi realizado no dia 26/04/2013, os tratamentos com N e K foram adicionados e divididos em 4 adubações de cobertura, sendo 2 antes e 2 após a diferenciação, as coberturas foram realizadas aos 20, 34, 61 e 73 dias após o plantio, após cada cobertura a área era irrigada via pivô central, fornecendo um total de 160 e 160 kg N e K₂O por hectare. A colheita foi realizada no dia 21/08/2013, foram colhidas 10 plantas por parcela para as avaliações. As plantas colhidas foram levadas para um local coberto e arejado para serem curadas por 40 dias.

Material de propagação utilizado

Utilizou-se bulbilhos de alho vernalizado (5°C por 40 dias) livre de vírus, da variedade Roxo Pérola de Caçador, adaptadas às condições edafoclimáticas do estado de

Minas Gerais. Esta variedade de acordo com a classificação do MAPA (Luengo et al., 1999) é do grupo roxo (cor da película do bulbilho), subgrupo nobre (apresenta 5 a 12 bulbilhos por bulbo).

Avaliações

Foram avaliados a altura de planta, número de folhas, produtividade e classificação dos bulbos após a cura. E análise mineral (teor) da folha, na época da diferenciação e dos bulbos após a cura.

Altura de planta, Número de folhas no estágio de diferenciação do bulbo

Para avaliação da altura média das plantas, foram realizadas medições em dez plantas. Considerou-se altura, o comprimento entre a região da superfície do solo e a extremidade das folhas mais alta, o qual foi mensurado com o auxílio de uma régua graduada em centímetros.

O número médio de folhas por planta foi determinado pela contagem, onde foram consideradas apenas as folhas que apresentavam ao menos 70% da superfície do limbo foliar verde. A altura de planta e a diferenciação foram mensuradas na fase de diferenciação do bulbo.

Peso médio e produtividade de bulbo após a cura

Após a colheita foram realizados o toalete das plantas, que consiste na retirada das folhas e raízes. Após este processo, foram preparadas amostras compostas por 10 plantas, essas foram alocadas em ambiente coberto e arejado para realização do processo de cura por 40 dias. Após o período de cura as amostras foram pesadas para a determinação do peso após a cura. O peso médio de bulbos foi calculado dividindo-se o peso total pelo número de bulbos amostrado e a produtividade foi calculada pela relação entre o peso obtido e a população de plantas ($350000 \text{ plantas ha}^{-1}$).

Análise química

Para a análise química a folha diagnose foi amostrada na fase da diferenciação, e os bulbos foram amostrados após a cura. As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, pesadas, moídas e analisadas quimicamente quanto ao teor de macro e micronutrientes no Departamento de Solos e Recursos Ambientais - FCA – UNESP, em Botucatu, seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Classificação Comercial

Para a classificação determinou-se o diâmetro transversal de dez cabeças de alho por tratamento, com o auxílio de um paquímetro digital, em seguida foram atribuídas uma nota de 3 a 7, de acordo com a portaria nº 242 do Ministério da Agricultura de 17 de setembro de 1992 (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação de bulbos de alho segundo o maior diâmetro transversal.

Classes	Diâmetro (mm)
3	> 32 até 37
4	> 37 até 42
5	> 42 até 47
6	> 47 até 56
7	> 56

Adaptado de Luengo et al., (1999)

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativo a 5% ($p < 0,05$), utilizou-se o teste de Tukey para comparar as médias dos fatores de variação (fontes de N e K).

RESULTADOS

As variáveis analisadas neste estudo não foram influenciadas pela interação dos fatores N e K (Tabelas 4 e 5, Figuras 1 e 2). A altura de plantas determinada na fase de diferenciação não foi influenciada pelas fontes de N e K. Neste estágio de desenvolvimento as plantas apresentaram cerca de 76,5 cm de altura (Tabela 4). O número de folhas, na fase de diferenciação. Foi influenciado pelas fontes de nitrogênio quando combinado com o sulfato de potássio (SK), onde o maior número de folhas foi observado nas plantas

fertilizadas com nitrato de cálcio (Tabela 4). As fontes de K foram significativamente diferentes apenas quando combinada com o sulfato de amônio, onde identificou-se que o maior número ocorreu no tratamento sulfato de amônio + cloreto de potássio (SK)

Tabela 4. Altura de planta e número de folhas verdes de plantas de alho fertilizadas com diferentes fontes de nitrogênio e potássio na cobertura e amostradas na época da diferenciação.

Fontes de N	Altura de planta (cm)		Número de folhas	
	KCl	KSO	KCl	KSO
SA	78,1	76,0	7,7 a	6,9 Bb
NA	76,4	74,5	7,3	7,3 AB
NCa	77,8	78,1	7,6	7,8 A
U	77,6	77,5	7,8	7,4 AB
Média	77,5	76,5	7,6	7,3
C.V. (%)	3,3		5,5	

SA, sulfato de amônio; NA, nitrato de amônio; NCa, nitrato de cálcio; U, ureia, KCl, cloreto de potássio; KSO, sulfato de potássio. Diferentes letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha indicam diferenças significativas entre fontes de nitrogênio e potássio, respectivamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O peso médio de bulbo foi influenciado pelas fontes de N quando este foi combinado com KCl, maiores e menores pesos de bulbo foram observados nos tratamentos ureia e nitrato de cálcio, respectivamente. A produtividade e a classificação comercial do alho não foram afetadas pelos fatores de variação N e K. Embora não tenha sido significativamente influenciado, observou-se que foram produzidas cabeças de alho com a máxima classificação comercial (7) quando as fontes de N foram combinadas com KCl (Tabela 5).

Tabela 5. Peso médio de bulbo e produtividade do alho fertilizado com diferentes fontes de nitrogênio e potássio.

Fontes de N	Peso médio de Bulbo (g)		Produtividade (Kg ha ⁻¹)		Classificação comercial do bulbo	
	KCl	KSO	KCl	KSO	KCl	KSO
AS	39,2 AB	40,4	13 713	14 134	7,0	6,5
NA	39,3 AB	36,4	13 746	12 753	7,0	6,5
Nca	38,1 B	39,8	13 327	13 937	7,0	6,5
U	48,4 A	41,8	14 683	14 640	7,0	7,0
Média	41	40	13 867	13 866	7,0	6,6
C.V. (%)	12,5		13,4		5,0	

SA, sulfato de amônio; NA, nitrato de amônio; NCa, nitrato de cálcio; U, ureia, KCl, cloreto de potássio; SK, sulfato de potássio. Diferentes letras maiúsculas na coluna indica diferença significativa entre fontes de nitrogênio pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Entre os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) apenas o P foi influenciado pelas fontes de N (Figura 1A, 1B, 1C). O maior teor de P na folha diagnose foi obtido através do sulfato de amônio combinado com ambas as fontes de K (Figura 1 B). Os macronutrientes P, Ca e S, foram influenciados pelas fontes de K. O teor destes macronutrientes foram significativamente diferentes apenas quando o K foi combinado com o nitrato de cálcio (Figura 1B, 1C).

Entre os micronutrientes o Fe e Mn foram os únicos significativamente influenciados pelas fontes de N (Figura 1 E, 1F). O teor de Fe e Mn foi significativamente diferente quando o N foi combinado com o KCl e KCl e SK respectivamente. Nestes dois casos o maior teor de Fe e Mn foram observados quando a fonte de N foi o nitrato de amônio. A fonte de K influenciou o teor de B, Fe e Mn, onde o maior teor destes micronutrientes foi observado quando se utilizou o KCl. O perfil mineral da folha diagnose foi N>K>Ca>S>P>Mg para os macronutrientes e Fe>B>Zn>Mn>Cu para os micronutrientes.

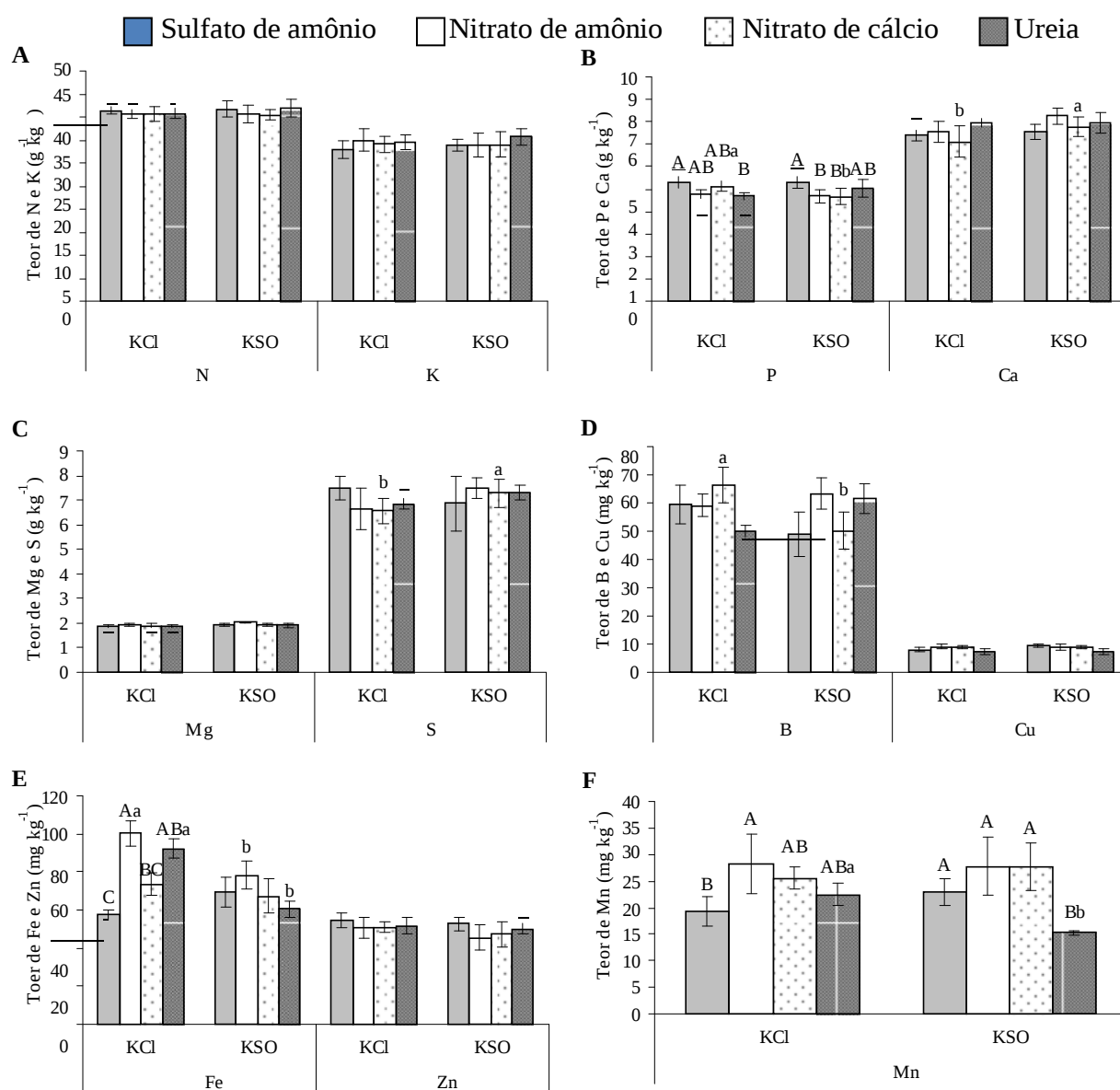


Figura 1. Teor de A. nitrogênio e potássio, B. fósforo e cálcio, C. magnésio e enxofre, D. boro e cobre, E. ferro e zinco e F. manganês com base no peso seco da folha diagnose, amostradas no estágio de diferenciação, de plantas de alho fertilizadas com diferentes fontes de nitrogênio e potássio. Letras maiúsculas e minúsculas indicam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey entre fontes de nitrogênio e potássio, respectivamente. Barras verticais indicam desvio padrão da média. KCl, cloreto de potássio; KSO, sulfato de potássio.

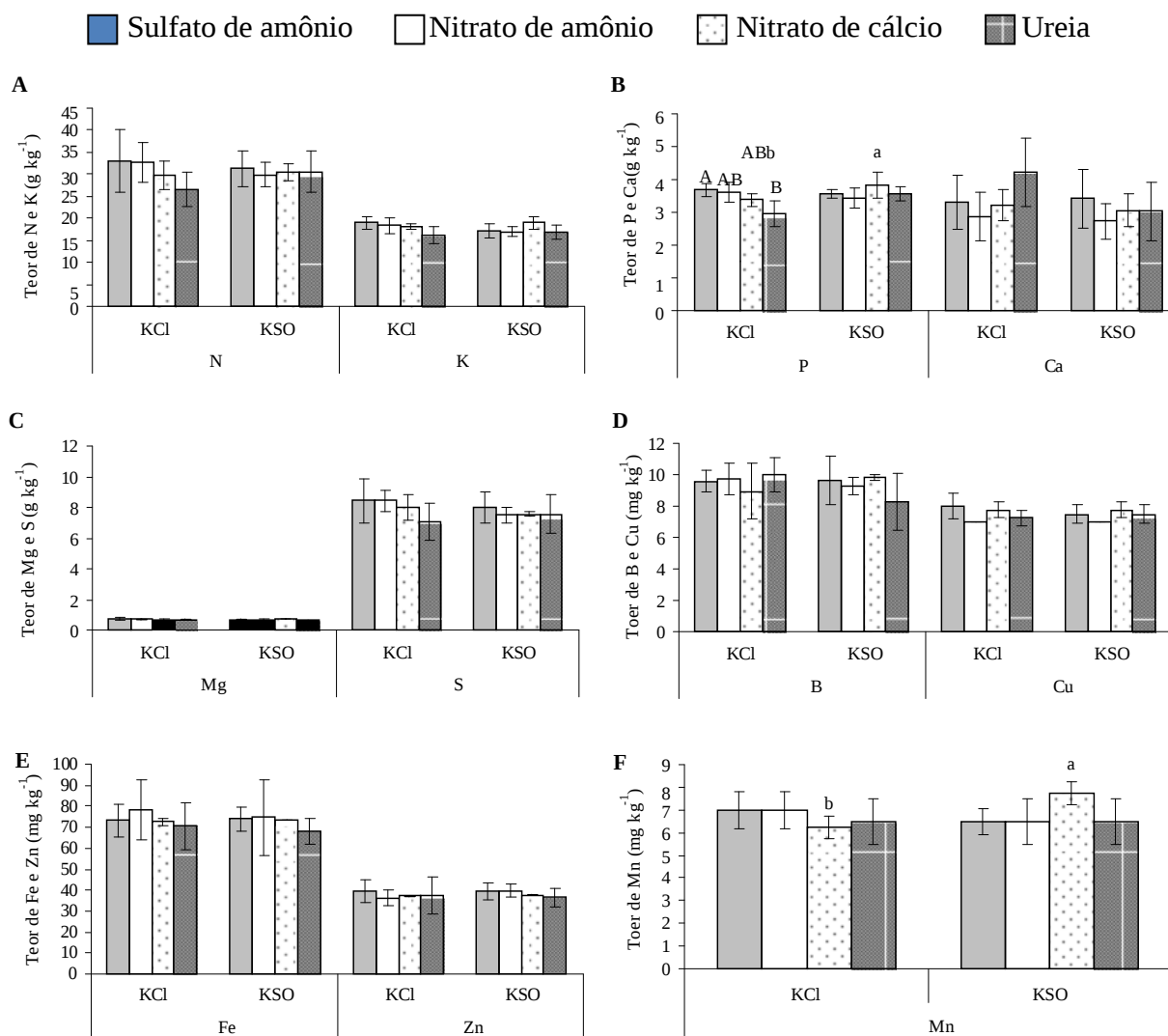


Figura 2. Teor de A. nitrogênio e potássio, B. fósforo e cálcio, C. magnésio e enxofre, D. boro e cobre, E. ferro e zinco e F. manganês com base no peso seco de bulbos de alho, amostrado após a cura, de plantas de alho fertilizadas com diferentes fontes de nitrogênio e potássio. Letras maiúsculas e minúsculas indicam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey entre fontes de nitrogênio e potássio, respectivamente. Barras verticais indicam desvio padrão da média. KCl, cloreto de potássio; KSO, sulfato de potássio.

Nos bulbos, o efeito das fontes de N foi observado apenas no teor de P, quando combinado com o KCl, o maior teor deste mineral foi observado nas plantas fertilizadas com sulfato de amônio. Apenas o teor de P e Mn foram influenciados pelas fontes de K, o maior teor de ambos os minerais foi observado no tratamento nitrato de cálcio combinado com sulfato de potássio. O perfil mineral do bulbo foi $\text{N} > \text{K} > \text{S} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Mg}$ para os macronutrientes e $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu} > \text{Mn}$ para os micronutrientes. Os tratamentos considerados

neste estudo não influenciaram a ordem crescente do teor de macro e micronutrientes na folha diagnose e no bulbo.

DISCUSSÃO

Durante o ciclo de desenvolvimento do alho os componentes agronômicos altura de planta e número de folhas são utilizados como indicadores dos diferentes estádios de desenvolvimento da planta. Garcia et al. (1994) e Resende et al. (2001) relataram que o máximo número de folhas indica que a planta passa da fase vegetativa para a reprodutiva ou crescimento dos bulbilhos, de acordo com os resultados obtidos o maior número de folha na fase de diferenciação não se correlaciona com peso médio de bulbo, produtividade e classificação comercial.

A produtividade do alho é obtida pelo somatório do peso de bulbos do total de plantas por hectare (Resende et al., 2001). Os resultados indicam que a diferença significativa no peso médio do bulbo é eliminada quando se obtém a média das plantas por área (Tabela 5), atestando que todas as fontes de N e K avaliadas, possibilitam a produtividade máxima do alho bem como a classificação comercial, que varia de 3 a 7. Estas notas classificam o alho de acordo com o diâmetro transversal da cabeça, ou seja, quanto maior a nota maior o diâmetro da cabeça (Luengo, 1999) e maior seu valor comercial. Estes resultados constituem um fator relevante para redução dos custos de produção e segurança alimentar no atual cenário de crescente aumento populacional e demanda por alimentos.

Não foram observados correlações entre os teores de nutrientes da folha diagnose e do bulbo (dados não apresentados). As fontes de nitrogênio influenciaram apenas três nutrientes na folha diagnose e no bulbo, respectivamente; enquanto as fontes de K influenciaram o teor de seis e dois nutrientes na folha diagnose e no bulbo respectivamente. A influencia do fator N sob o teor dos nutrientes pode ser explicada pela razão $N-NH_4^+ : N-NO_3^-$ do fertilizante nitrogenado (Tabela 1), Bar-Tal et al. (2001) e Bar-Tal (2011) demonstraram que em função da forma com o N é absorvido, maior será a absorção de outros ânions ou cátions para a obtenção do balanço iônico da planta. Já a influência do fator fontes de K pode ser estar associada a dois fatores, (i) o íon acompanhante do K (Cl ou SO) e (ii) pelo fato de o K, assim como o Mg, ser responsável pelo transporte de micronutrientes via xilema e floema. Em função da hidratação do íon acompanhante do K (Cl>SO), o K é prontamente disponível no solo e absorvido pela

planta, promovendo a absorção de outros cátions com a finalidade de manter o balanço iônico da planta (IPI, 1981). Kirkby e Römheld (2004) demonstraram que durante a fase reprodutiva, de enchimento de grãos e crescimento de frutos e tubérculos, as folhas atuam não só como fonte de fotoassimilados, mas também de K, Mg, N, S, Zn, B e Cu, e que o transporte destes açúcares e minerais estão associados ao K.

De forma geral, a diferença na composição mineral das folhas e bulbos do alho, não constituíram fatores críticos à produtividade final, isso ocorreu porque os teores de todos os nutrientes estiveram dentro da faixa considerado aceitável para a planta de alho (Malavolta et al., 1997), entretanto as diferenças promovidas pelos tratamentos podem estar associadas ou não com diferenças significativas na composição química do alho, como foi observado por Yang et al. (2006) e Lošák et al. (2009) nos teores de alicina e morfina no alho e papoula (*Papaver somniferum*) respectivamente, neste sentido investigações adicionais devem ser executadas com o objetivo de fundamentar fisiológica e quimicamente a adubação nitrogenada e potássica na cultura do alho.

CONCLUSÃO

Diferentes fontes de N e K podem ser combinadas para a obtenção de máxima produção de alho comercial.

O teor de nutrientes do alho não é influenciado pelas fontes de N e K ao ponto de constituir um fator crítico à produtividade do alho.

REFERÊNCIAS

- Assis RP. Produtividade e análise econômica do cultivo de alho vernalizado em função de doses de NPK. 2010, 46p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- Bar-Tal A. The Effects of nitrogen form on interactions with potassium. 29: 3-11, 2011.
- Bar-Tal A, Aloni B, Karni L, Oserovitz J, Hazan A, Itach M, Avidan A, Posalski I, Rosenberg, R. Nitrogen Nutrition of Greenhouse Pepper: II. Effects of Nitrogen Concentration and NO₃:NH₄⁺ Ratio on Growth, Transpiration, and Nutrient Uptake. HortScience, 36:1252-1259, 2001.
- Büll LT; Bertani RMA; Villas Bôas RL; Fernandes DM. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. Bragantia, 61: 247-255, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

Garcia DC, Dettmann LA, Barni V, Lopes SJ. Efeito de níveis de nitrogênio no rendimento de alho. *Ciência Rural*, 24: 299-302, 1994.

IPI Research Topics. Potassium sulfate and potassium chloride: Their influence on the yield and quality of cultivated plants. International Potash Institute (IPI), Bern, Switzerland. N.9, 1981.

Kirkby EA, Römheld V. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. *Proc 543, Intern Fert Soc York UK*. 2004.

Kirkby EA, Mengel K. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, or ammonium nutrition. *Plant Physiology*, 42:6-14, 1967.

Lošák T, Hlušek J, Popp T. II Potassium sulphate and potassium chloride in the nutrition of poppy (*Papaver somniferum* L.) in relation to nitrogen supply. *e-ifc* 19: 10-13, 2009.

Luengo RFA, Calbo AG, Lana MM, Moretti CL, Henz GP. Classificação de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1999, 61p.

Lujui BL, Xisheng G, Qingsong Z, Hongmin X, Lin Z. Balanced fertilization increases garlic yield in Anhui. *Better Crops*. 88:30-35, 2004.

Malavolta E; Vitti GC; Oliveira SA. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, 1997, 359 p.

Mattson N, Leatherwood R, Peters C, (2009). Nitrogen: all forms are not equal, Cornell University, http://www.greenhouse.cornell.edu/crops/factsheets/nitrogen_form.pdf>. Acesso em: 14 fev.2014.

Polevoy VM, Lukashchuk LY, PeKSOvski G. Efficiency of potassium application in relation to nitrogen fertilization level in winter wheat, grain maize, and sugar beet cultivated in western ukraine. *e-ifc*, 43: 3-13. 2015.

Resende GM; Souza RJ. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho CV. “Quitéria”. *Horticultura Brasileira*, 19: 188 - 191, 2001.

Riley D; Barber SA. Effect of ammonium and nitrate fertilization on phosphorus uptake as related to root-induced pH changes at the root-soil interface. *Soil Science Society of America Journal*, 35: 301-306, 1971.

Römheld V; Kirkby EA. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant and Soil*. 335:155-180, 2010.

Silva EC, Machado AS, Souza RJ, Calderón JFT. Efeito de doses de potássio (cloreto de potássio) e nitrogênio (sulfato de amônio) em alho proveniente de cultura de tecidos. *Ciência e Agrotecnologia*, 24: 917-923, 2000.

Trani PE; Camargo MS; Foltran DE; Hiroce R; Arruda FB; Sawazaki HE. Produtividade e pseudoperfilhamento do alho influenciados pelo nitrogênio, potássio e cobertura morta. *Horticultura Brasileira*, 26: 330-334. 2008.

Zhang F, Niu J, Zhang W, Chen X, Li C, Yuan L, Xie J. Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. *Plant and Soil*, 335:21-34, 2010.

Yang FJ; Liu SG, Wang XF, Pu GB, Zang JB. Effects of mineral nutrition and organic matter on garlic bulb fresh weight and allicin content in bulb. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, v. 3, 2006.

PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO MINERAL DO ALHO SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E FONTES DE POTÁSSIO APLICADO EM COBERTURA

Resumo – A dose de nitrogênio utilizada na produção agrícola afeta a disponibilidade do K na solução do solo bem como a absorção do N e do K pelas plantas. O entendimento sobre a interação N:K é fundamental para a obtenção de melhores produtividades através do uso eficiente dos fertilizantes. O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito da combinação de diferentes doses de N (0; 80; 160; 320 kg ha⁻¹) com diferentes fontes de K (KCl e K₂SO₄) aplicados em cobertura na produtividade e nutrição mineral do alho vernalizado livre de vírus Cv. Caçador. Não houve diferenças significativas na produtividade e acúmulo de massa seca do alho acima da dose 80 kg ha⁻¹ de N. O KCl potencializou a absorção de N do solo, enquanto o K₂SO₄ induziu ao menor acúmulo de macro e micronutrientes no bulbo. Não houve diferenças significativas na produção do alho acima da dose 80 kg ha⁻¹ de N, a partir desta dose, o acúmulo de nutrientes no bulbo, de forma geral, foi inferior nos tratamentos KSO.

Palavras-chave – *Allium sativum*, alho vernalizado livre de vírus, ureia, sulfato de potássio, cloreto de potássio

Yield and mineral nutrition of garlic in response to nitrogen doses and potassium sources topdressing

The nitrogen dose used in agricultural production affects the availability of K in the soil solution and N and K uptake by the plants. The understanding of the interaction K:N is fundamental to achieving better productivity through the efficient use of fertilizers. The objective of this study was to evaluate the effect of the combination of different doses of N (0; 80; 160; 320 kg ha⁻¹) with different sources of K (KCl and K₂SO₄) in topdressing on the mineral nutrition and productivity of the vernalized virus free garlic Cv. Caçador. There were no significant differences in yield and dry matter accumulation of garlic above the dose 80 kg ha⁻¹ of N. The KCl enhanced N uptake from the soil, while the K₂SO₄ led to lower accumulation of macro and micronutrients in the bulb. There was not differences in garlic yield above the doses of 80 kg ha⁻¹ de N, from this dose the mineral nutrition of the cloves, were lower, in the treatments which used KSO as a K source.

Key words – *Allium sativum*, vernalized garlic free of virus, urea, potassium sulphate, potassium chloride

INTRODUÇÃO

Por ser uma hortaliça de crescimento rápido e com um sistema radicular superficial (Filgueira, 2008) o alho é exigente em fertilização prontamente disponível e balanceada (Resende et al., 2001). O nitrogênio juntamente com o potássio merecem atenção especial, devido às interações destes dois nutrientes no solo e na planta. A interação N:K na planta pode ocorrer com a competição pelo sítio ativo de absorção de cátions com a finalidade de manter o balanço iônico da planta (Bar-Tal, 2011; Heinrichs et al., 2012).

De acordo com Souza et al. (2011) um stand de 200.000 plantas ha⁻¹ de alho absorve 179,3 e 103,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio, respectivamente, o que representa o maior acúmulo de macronutrientes neste cultivo. Agronomicamente, o efeito do N sob a produtividade do alho é explicado pelo aumento da área foliar, que garante alta eficiência fotossintética, promovendo a síntese de proteínas e açúcares solúveis (Bertoni et al., 1992); já o potássio atua como regulador osmótico, ativador enzimático e transportador de solutos orgânicos e inorgânicos, o que de fato, converte a eficiência fotossintética em eficiência produtiva ou econômica, através da conversão de açúcares simples (fonte) em complexos (dreno) e transporte de solutos orgânicos ao órgão de armazenamento (Bar-Tal, 2011).

As interações N:K podem estimular ou inibir a absorção dos diferentes minerais necessários ao desenvolvimento da planta, esse processo ocorre devido à mudança do pH e salinização do solo, promovidos pelo N e K respectivamente (IPI, 1981; Marschner, 1995; Marschner e Römheld, 1996). Este fenômeno pode ser entendido através da absorção de luxo de determinados minerais em detrimento de outros. A dose de N (NH₄⁺) pode influenciar a absorção de K, que por sua vez pode afetar a absorção de outros cátions como Ca e Mg (Marschener, 1995). Um dos efeitos negativos da absorção excessiva do N, no cultivo do alho, é o aumento da produção seguido de maior proporção de alho não comercial devido ao crescimento excessivo das partes vegetativas, índice de acamamento das plantas, e aumento na incidência de distúrbios fisiológicos como o superbrotamento do alho (Bull et al., 2002).

Apesar dos efeitos e da relação N:K ser bem documentado na literatura (Silva et al., 2000; Bull et al., 2002; Trani et al. 2008; Ashraf et al., 2008; Bhuvaneswari et al., 2013), existe a necessidade de validar estes resultados em diferentes espécies e cultivares,

principalmente em alho livre de vírus, como forma de reduzir o custo de produção através da potencialização máxima dos fertilizantes e cultivares conforme citado por Lošák et al. (2009).

Diante deste cenário, supõe-se que menores doses de nitrogênio podem ser potencializadas, em termos produtivo e econômico, por diferentes fontes de potássio. O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito da combinação de diferentes doses de N com diferentes fontes de K (K_2SO_4 e KCl) na produtividade e nutrição mineral do alho vernalizado livre de vírus Cv. Caçador.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização edafoclimática da área experimental

O experimento foi conduzido em área de produção do grupo Genove Agronegócios, na região de Santa Juliana – MG ($19^{\circ}18'S$, $47^{\circ}31'W$), altitude média de 950 metros. O clima da região é do tipo Aw (classificação de koppen), caracterizado como tropical com estação seca no inverno.

O solo da área experimental é sesquioxídico e apresentam as seguintes características químicas (Tabela 1).

Tabela 2. Atributos químicos do solo nas faixas de profundidades de 0- 20 cm antes do plantio.

planta.										
pH	MO	P	Al	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----							
5,7	36	118	33	1,0	38	9	48	81	59	39
B	Cu		Fe		Mn		Zn			
-----mg dm ⁻³ -----										
0,44	2,7		2,8		5,4		2,4			

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4 (doses de N - 0, 80, 160 e 320 kg ha⁻¹) x 2 (fontes de K - cloreto de potássio e sulfato de potássio) e 4 repetições.

As parcelas foram constituídas por 2 metros de largura e 4 metros de comprimento. O plantio foi realizado em 3 fileiras duplas, adotou-se o espaçamento de 0,20 m entre fileiras e 0,10 m entre plantas, com população de 350 mil plantas ha⁻¹.

Instalação e condução do experimento

Foi adicionado calcário em área total a fim de elevar a saturação de bases para 80%. A adubação de plantio foi realizada seguindo as recomendações do produtor (5 t ha⁻¹ de matéria orgânica, 2 t ha⁻¹ de termofosfato, 2,1 t ha⁻¹ de super fosfato simples, 130 kg de K₂O e 80 kg de N ha⁻¹).

O plantio foi realizado no dia 15/05/2014. Os tratamentos com N e K (0, 80, 160 e 320 kg de N ha⁻¹) e (fontes de K, cloreto de potássio e sulfato de potássio – 160 kg ha⁻¹ de K₂O), foram adicionados e divididos em 4 adubações de cobertura, sendo 2 antes e 2 após a diferenciação. As coberturas foram realizadas aos 21, 30, 71 e 88 dias após o plantio. A colheita foi realizada no dia 18/09/2014 e foram colhidas 20 plantas por parcela para as avaliações. As plantas colhidas foram curadas por 40 dias para perda de água, afim de manter o teor de água para o armazenamento

Material de propagação utilizado

Utilizou-se bulbilhos de alho vernalizado (5°C por 40 dias) livre de vírus, da variedade Roxo Pérola de Caçador, adaptadas às condições edafoclimáticas do estado de Minas Gerais. Esta variedade de acordo com a classificação do MAPA (Luengo et al., 1999) é do grupo roxo (cor da película do bulbilho), subgrupo nobre (apresenta 5 a 20 bulbilhos por bulbo).

Avaliações

Foram avaliados a altura de planta, número de folhas, produtividade e classificação dos bulbos após a cura e análise química (teor de nutrientes) da folha, na época da diferenciação e dos bulbos após a cura.

Altura de planta, Número de folhas no estágio de diferenciação do bulbo

Para avaliação da altura média das plantas, foram realizadas medições em dez plantas. Considerou-se altura, o comprimento entre a região da superfície do solo e a extremidade das folhas mais alta, o qual foi mensurado com o auxílio de uma régua graduada em centímetros.

O número médio de folhas por planta foi determinado pela contagem, onde foram consideradas apenas as folhas que apresentavam ao menos 70% da superfície do limbo foliar verde. A altura de planta e a diferenciação foram mensuradas na fase de diferenciação do bulbo.

Peso médio e produtividade de bulbo antes e após a cura

Após a colheita foram preparadas duas amostras compostas por dez plantas. Em seguida as amostras foram alocadas em um local seco, coberto e arejado para ser curado por 40 dias.

Após o período de cura as amostras foram novamente pesadas para a determinação do peso após a cura. O peso médio de bulbos foi calculado dividindo-se o peso total pelo número de bulbos amostrado e a produtividade foi calculada pela relação entre o peso anotado e a população de plantas (350000 plantas ha⁻¹).

Análise química

Para a análise química a folha diagnose foi amostrada na fase da diferenciação, e os bulbos foram amostrados após a cura. As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, pesadas, moídas e analisadas quimicamente quanto ao teor de macro e micronutrientes no Departamento de Solos e Recursos Ambientais - FCA – UNESP, em Botucatu, seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Classificação Comercial

Para a classificação foi determinado-se o diâmetro transversal de dez cabeças de alho por tratamento, com o auxílio de um paquímetro digital, em seguida foram atribuídas uma nota de 3 a 7, de acordo com a portaria nº 242 do Ministério da Agricultura de 17 de setembro de 1992 (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação de bulbos de alho segundo o maior diâmetro transversal.

Classes *	Diâmetro (mm)
3	> 32 até 37
4	> 37 até 42
5	> 42 até 47
6	> 47 até 56
7	> 56

Adaptado de Luengo et al., (1999)

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativo a 5% ($p < 0,05$), utilizou-se o teste de t de Student para comparar as fontes de potássio e regressão para comparar as doses de N.

RESULTADOS

As variáveis altura de planta, número de folhas, peso médio de bulbos, produtividade e massa seca dos bulbos não foram influenciadas pela interação dos fatores de variação doses de N e fontes de potássio (N:K) (Figura 1). A altura de planta e número de folhas não foram significativamente influenciada por nenhuma das fontes de variação consideradas neste estudo, entretanto observou-se que a altura de plantas e número de folhas foram levemente aumentada e diminuída, respectivamente, pelo aumento das doses de N (Figura 1A, 1B). O peso médio de bulbo e a produtividade do alho foram significativamente diferentes apenas na dose 0 kg ha⁻¹ de N, já o maior valor destas variáveis foi verificado no tratamento 80 kg ha⁻¹ N:KCl (Figuras 1C, 1D). Em função do aumento da dose de N, tanto o maior peso do bulbo como produtividade, independentemente da fonte de K, foram atingidos aproximadamente na dose de 80 kg ha⁻¹. Não foram observados efeitos dos fatores de variação sob o acúmulo de massa seca dos bulbos, entretanto, em função do aumento das doses de N, o valor desta variável foi levemente decrescente (Figura 1 E). A classificação comercial das cabeças do alho

diferenciou-se apenas entre a dose 0 kg ha⁻¹ N e as demais doses, a classificação na dose 0 foi de 5 enquanto as demais foram classificadas como 7, não foi observado o efeito das fontes de K sob esta variável (Figura 1F).

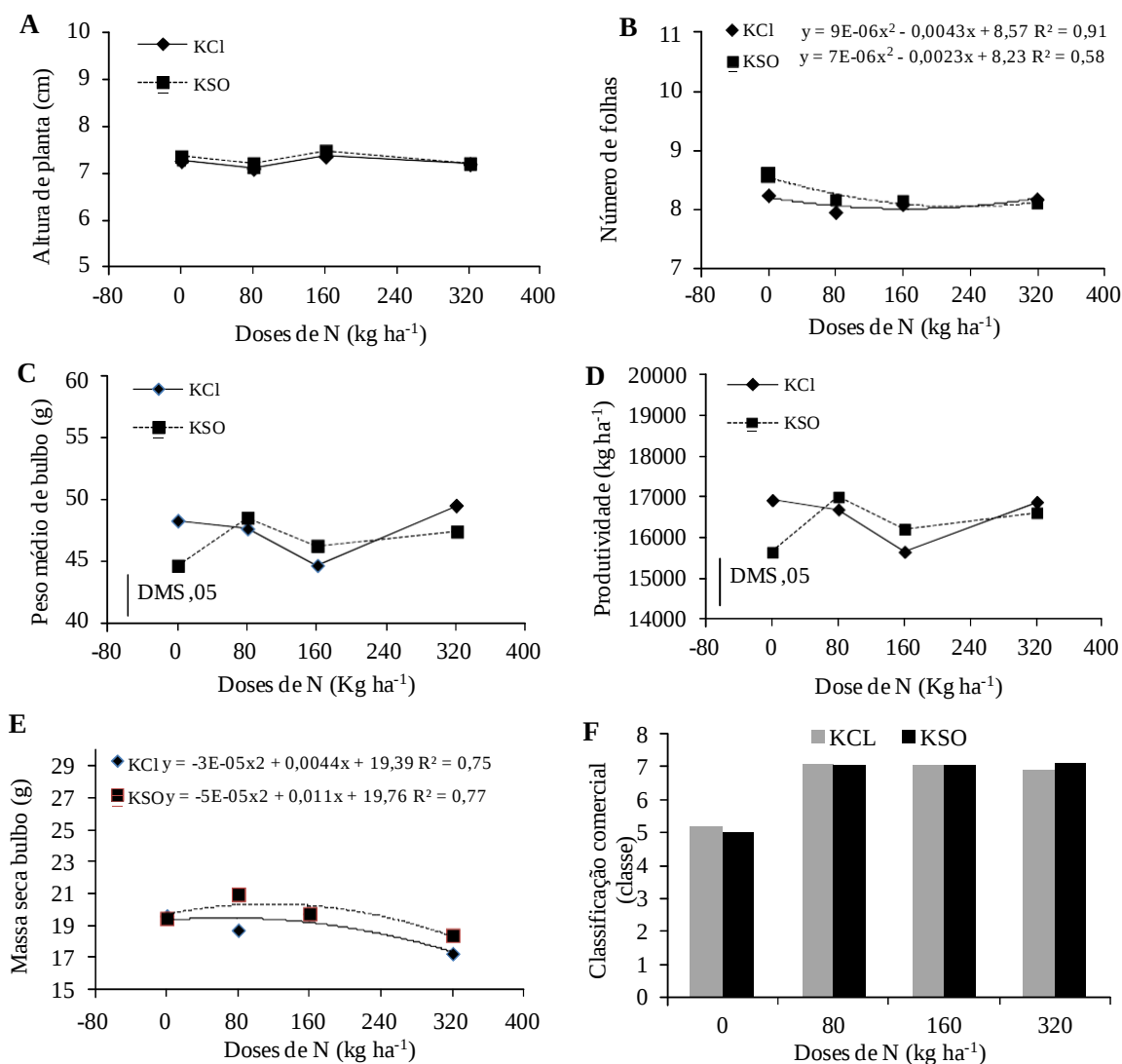


Figura 1. A. Altura de planta, B. número de folhas, C. peso médio de bulbo, D. produtividade e E. acúmulo de massa seca do bulbo do alho vernalizado livre de vírus Cv. Caçador submetidos à diferentes doses de nitrogênio e fontes de potássio. Média de quatro repetições. Barra vertical (DMS) indica diferença mínima significativa pelo teste de t de Student a 0,05%. KCl, Cloreto de potássio; KSO, Sulfato de potássio.

O teor de macronutrientes da folha diagnose das plantas de alho ajustaram-se ao modelo linear [N (KCl), K e Ca] e quadrático [N (SK), P, K, S] (Figura 2). O teor de N foi a única variável influenciada pela interação entre os fatores N:K (Figura 2A), enquanto o P, K, e Mg foram influenciados apenas pelo fator K (Figura 2B-2D), onde o maior teor destes macronutrientes foi sempre superior nos tratamentos N:KSO. O teor de N foi

crecente até a dose 320 kg ha⁻¹ quando combinado com KCl, no entanto um decréscimo foi observado a partir da dose de 160 kg ha⁻¹ quando combinado com KSO. O teor de P, independentemente da fonte de K foi crescente até a dose de 160 kg ha⁻¹, enquanto os teores de K e Ca foram crescentes até a dose máxima de N. O máximo teor de Mg foi obtido a 160 e 320 kg ha⁻¹ de N combinado com KCl e KSO, respectivamente, sendo o máximo teor de S observado na dose 160 kg ha⁻¹ (Figuras 2E, 2F).

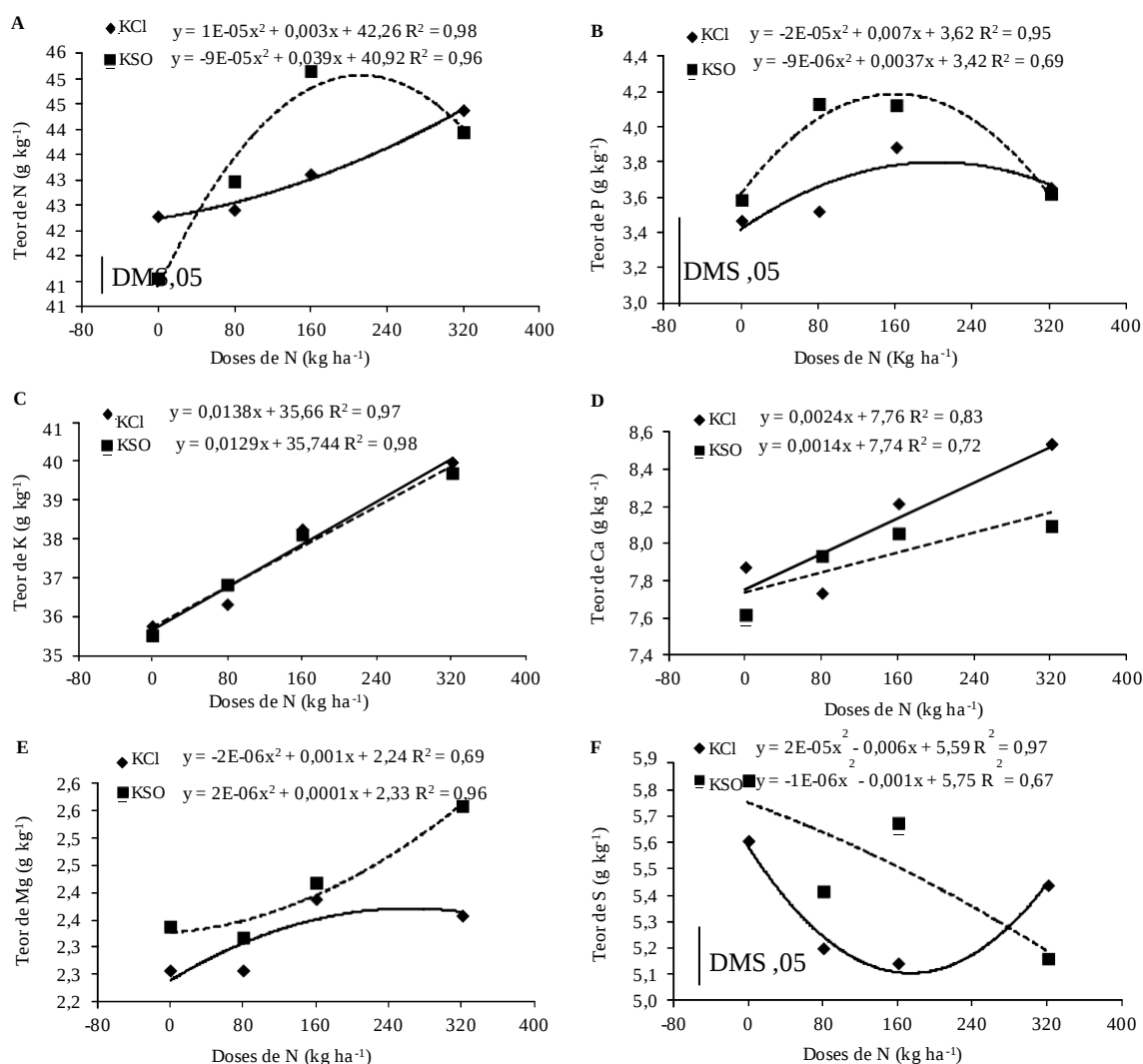


Figura 2. Teor de A. nitrogênio, B. fósforo, C. potássio, D. cálcio, E. Magnésio e F. enxofre na folha diagnose amostrada na fase de diferenciação de plantas de alho vernalizado livre de vírus Cv. Caçador submetidas a diferentes doses de nitrogênio e fontes de potássio. Média de quatro repetições. Barra vertical (DMS) indica diferença mínima significativa pelo teste t de Student a 0,05%. *KCl, Cloreto de potássio; KSO, Sulfato de potássio.

O teor de Cu e Fe (N:KCl) da folha diagnose ajustaram-se ao modelo quadrático, enquanto o teor de Mn e Zn ajustaram-se ao modelo linear (Figura 3). Embora não diferentes estatisticamente, o teor de B foi maior em todas as doses de N combinadas com KCl (Figura 3A), quando combinada com ambas as fontes de K. O teor de boro foi levemente crescente em função do aumento da concentração de N no solo. O teor de Cu também foi superior em todas as doses de N combinadas com KCl, neste caso foi crescente até a máxima concentração de N, enquanto que, quando combinado com o KSO o teor deste micronutriente foi reduzido a partir da dose de 160 kg ha⁻¹ de N (Figura 3B). O teor de Fe foi significativamente superior nos tratamentos 0, 80, 160 kg ha⁻¹ de N:KCl, independente das fontes de K, e foi crescente em função do aumento da concentração de N do solo (Figura 3C). O teor de Mn na folha diagnose não diferiu entre as fontes de K, sendo crescente em função do aumento das doses de N (Figura 3D). O teor de Zn não diferiu estatisticamente entre as fontes de K, sendo o teor quase que similar nas diferentes doses de N (Figura 3E).

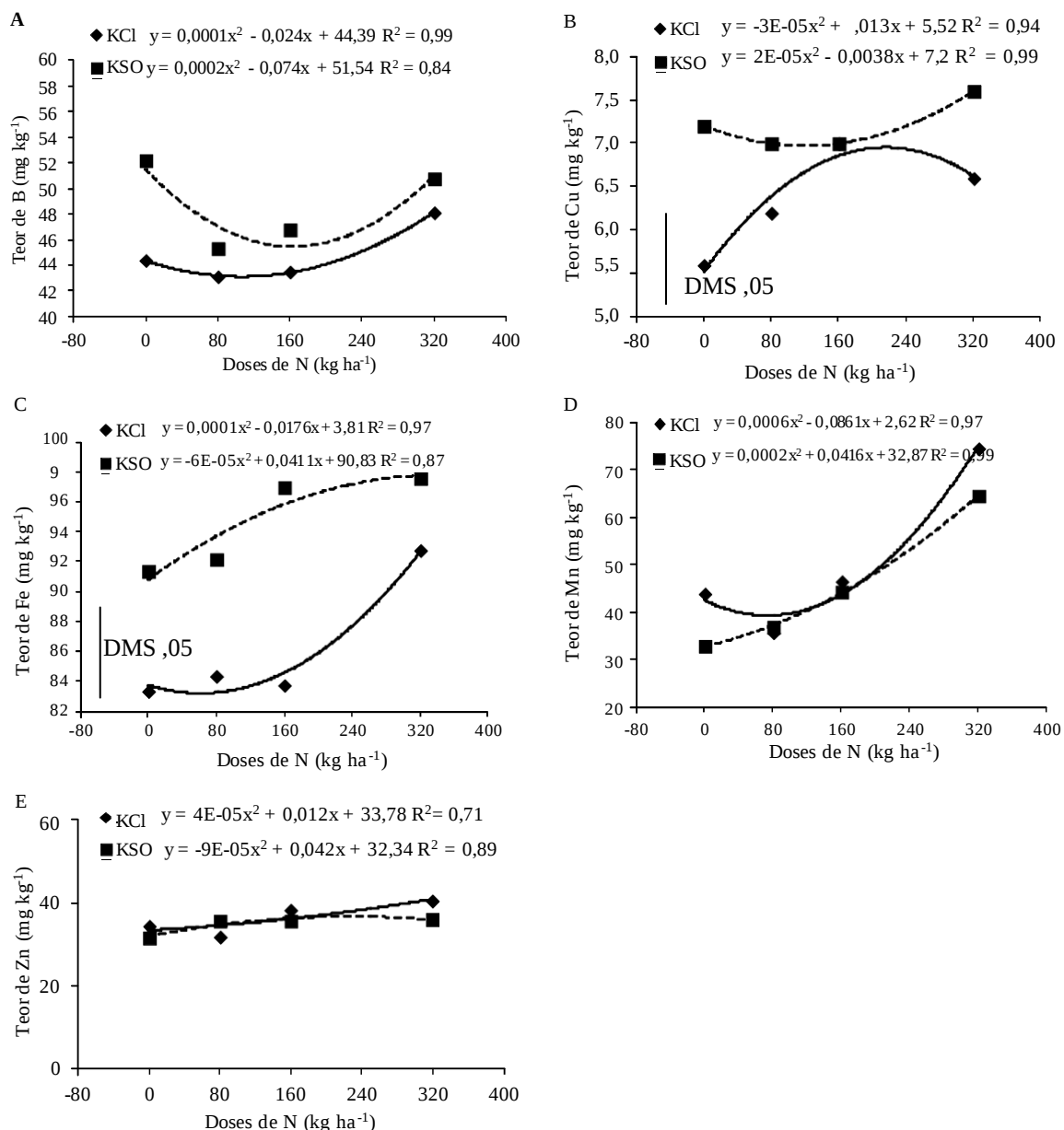


Figura 3. Teor de A. boro, B. cobre, C. ferro, D. manganês, e E. zinco na folha diagnose amostrada na fase de diferenciação de plantas de alho vernalizado livre de vírus cv. Caçador submetidos à diferentes doses de nitrogênio e fontes de potássio. Barra vertical (DMS) indica diferença mínima significativa pelo teste t de Student a 0,05%. *KCl, Cloreto de potássio; KSO, Sulfato de potássio.

Os acúmulos de N, P, K, Ca e Mg do bulbo ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 4). Entre os macronutrientes, apenas o S foi influenciado pela interação N:K nas doses 0 e 80 kg ha⁻¹, os acúmulos de N, Ca, Mg e S foram levemente superiores nos tratamentos N:KCl comparativamente aos N:KSO (Figuras 4A, 4C, 4E e 4F). Máximos acúmulos de N e Ca foram observados entre as doses 160 e 320 kg ha⁻¹ de N, enquanto acúmulos de P e K aumentaram até a máxima dose de N (Figuras 4B, 4C), o

acúmulo de Mg não diferiu ao longo em função do aumento das doses de N (Figura 4E), sendo o máximo acúmulo de S observado na dose 80 kg ha⁻¹ de N (Figura 4F).

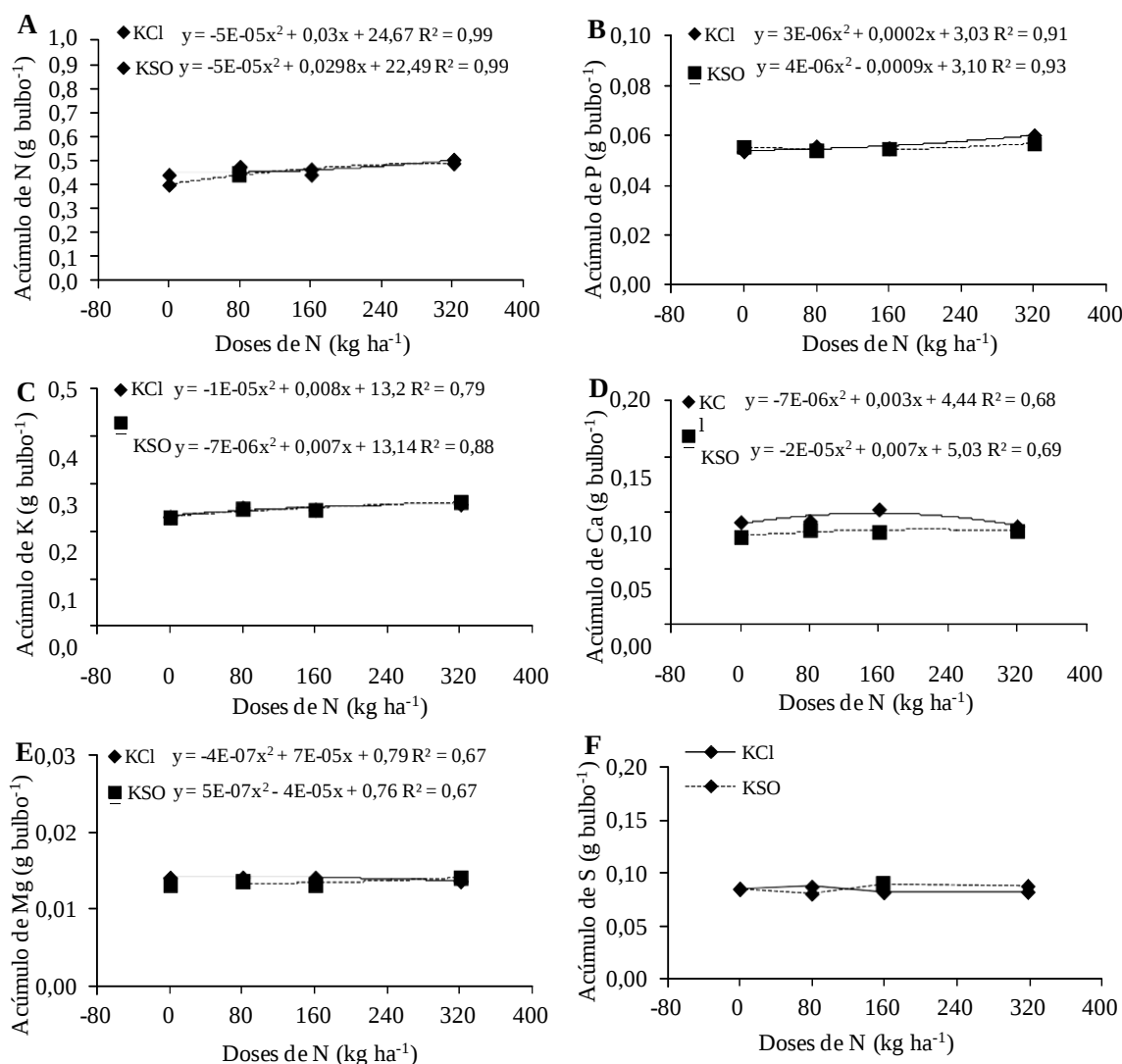


Figura 4. Acúmulo de A. nitrogênio, B. fósforo, C. potássio, D. cálcio, E. magnésio e F. enxofre de bulbos de alho vernalizado livre de vírus cv. Caçador submetidos à diferentes doses de nitrogênio e fontes de potássio. Média de quatro repetições.

Os acúmulos de B e de Fe (N:KSO) não ajustaram-se a nenhum modelo de regressão, os teores de Fe (N:KCl) e Cu ajustaram ao modelo quadrático, enquanto os acúmulos de Mn e Zn ajustaram-se ao modelo linear (Figuras 5). Observou-se diferenças significativas entre as fontes de K apenas nos acúmulos de Mn (0, 80, 160 kg ha⁻¹ de N) e Zn (0 kg ha⁻¹ de N). O acúmulo de Cu foi crescente até a máxima dose de N no tratamento N:KSO enquanto no tratamento N:KCl o acúmulo de Cu diminuiu a partir da dose 160 kg ha⁻¹ de N.

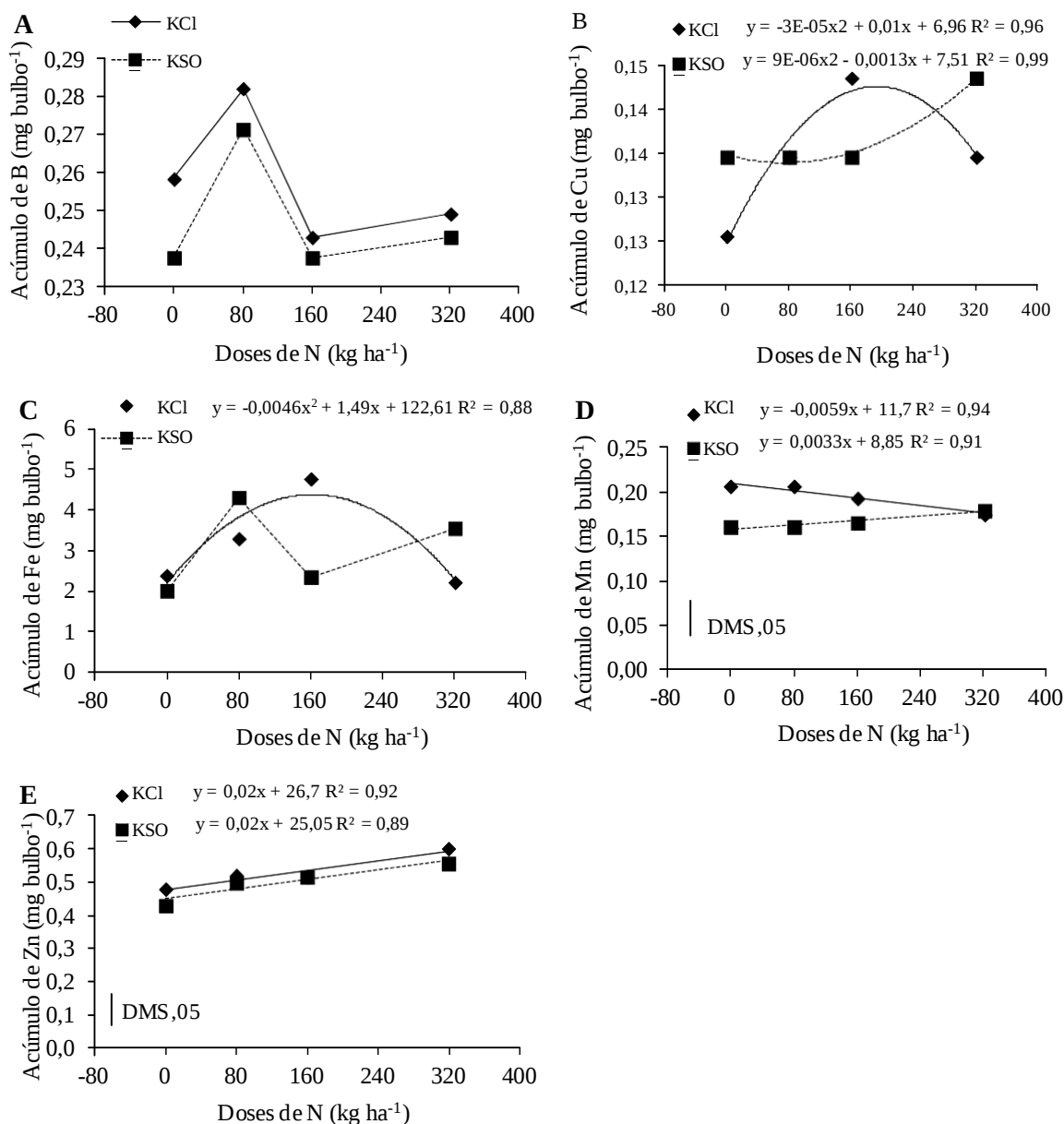


Figura 5. Acúmulo de A. boro, B. cobre, C. ferro, D. manganês, e E. zinco de bulbos de alho vernalizado livre de vírus cv. Caçador submetidos à diferentes dose de nitrogênio e fontes de potássio. Média de quatro repetições. Barra vertical (DMS) indica diferença mínima significativa pelo teste t de Student a 0,05%.

DISCUSSÃO

O discreto incremento na altura das plantas de alho em função do aumento das doses de N, pode estar associado ao aumento da divisão e expansão celular e balanço hídrico, esse resultado é coerente com a interação dos fatores de variação N:K sob o teor de N e o crescente teor de K na folha diagnose (Figuras 2A, 2C). Römheld e Kirkby, (2010) relataram que o N é o principal nutriente responsável pelo crescimento e expansão

das folhas, que ocorre devido à divisão e expansão celular, estes mesmos autores citaram que estes processos são dependentes do turgor das células, o qual é mantido através da concentração de solutos no vacúolo, especialmente o K. Diante do aumento de divisão e expansão celular, o aumento do teor de Ca seria esperado, por participar da estrutura da lamela média e do balanço químico, embora, neste ultimo caso, em menor proporção que o K e o Mg, devido à sua baixa mobilidade no floema (Epstein e Bloom, 2005).

Os resultados de peso médio e produtividade do bulbo no tratamento 0 N:KCl corroboram os dados de (Lošák et al., 2009), mostrando que sob condições de deficiência de N o K potencializa a absorção de N presente na solução do solo. Embora a produtividade média dos tratamentos tenha sido acima da média nacional, 10 t ha⁻¹ (FAO, 2016), não se pode considerar o resultado da dose 0 de N como referencia, por duas razões principais, (i) a chance de quebra em qualquer condição adversa, como veranicos, é alta, principalmente em cultivos onde se emprega alta tecnologia, (ii) a classificação comercial deste alho foi inferior aos demais tratamentos. Neste sentido, recomenda-se a dose 80 kg ha⁻¹ em cobertura, e ambas as fontes de K, como forma de obter as máximas eficiências fotossintética e agrônômica do material vegetal bem como dos recursos utilizados.

O decréscimo do teor de N na folha diagnose a partir da 160 kg ha⁻¹ N no tratamento N:KSO associado à leve redução do acúmulo de massa seca (Figuras 2A), sugere um efeito tóxico do N às plantas, aparentemente amenizada pela maior absorção de K e S (Figuras 2C, 2F) conforme demonstrado por McGrath e Zhao (2009) em plantas de *Brassica napus*. Recentemente Zhang et al. (2010) relataram que, na membrana da raiz, existem dois tipos de transportadores de K, o primeiro é mais ativo sob baixas concentrações de K⁺ e é inibido pelo NH₄⁺, e o segundo é mais ativo sob altas concentrações externas de K⁺ e pouco sensível ao NH₄⁺. Considerando-se que o fornecimento de K não diferiu em termos quantitativos, pode-se levantar a hipótese de que o primeiro transportador foi inativado por algum mecanismo de defesa da planta, e que este mecanismo tenha sido estimulado pelo K e S.

A semelhança entre as curva de teor de N:P no tratamento N:KSO é coerente devido a interação existente entre o NPK; estes três nutrientes, segundo Marschner (1995) e Epstein e Bloom (2005) estão associados ao metabolismo energético como a fotossíntese e respiração, ou seja, ainda que em diferentes teores, a proporcionalidade de absorção, de N,P,K e todos os demais macro e micronutrientes deve ocorrer em função das diferentes demandas fisiológicas da planta, conforme demonstrado por Kirkby e Römheld (2004).

Estes autores relataram que durante a transição dos estádios vegetativo e reprodutivo de diferente espécies, os teores de K e Mg da fonte são responsáveis pelo transporte de solutos orgânicos e inorgânicos (K, Mg, N, S, P, Zn, B e Cu) ao dreno. Neste sentido o manejo da adubação N:K deve ser planejado de forma a não afetar a disponibilidade e absorção de toda gama de minerais, através da acidificação ou salinização do solo peculiares ao N e K (IPI, 1981; Marschner and Römheld, 1996), que pode ter ocorrido, por exemplo, pelo decréscimo dos teores e acúmulo de N, P, Mg e S (N:KSO), Cu e Fe (N:KCl) - (Figuras 2A, 2B, 2E, 2F, 3B, 5B, 5C) principalmente nas doses acima de 80 kg ha⁻¹ de N.

CONCLUSÃO

Não houve diferenças significativas na produção do alho acima da dose 80 kg ha⁻¹ de N, a partir desta dose, o acúmulo de nutrientes no bulbo, de forma geral, foi inferior nos tratamentos KSO.

REFERENCIAS

Ashraf MY, Hussain F, Akhter J, Gul A, Ross M, Ebert G. Effect of different sources and rates of nitrogen and supra optimal level of potassium fertilization on growth, yield and nutrient uptake by sugarcane grown under saline conditions. Pakistan Journal of Botany, 40: 1521-1531, 2008.

Bar-Tal, A. The effects of nitrogen form on interactions with potassium, 29: 3-11, 2011.

Bertoni, G, Morard, F, Soubieille, C, Llorens, JM. Growth and nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum* L.) during bulb development. 50: 187-195, 1992.

Büll LT, Bertani, RMA, Villas Bôas RL, Fernandes DM. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. Bragantia, 61: 247-255, 2002.

Bhuvaneswari, G, Sivaranjani R, Reeth S, Ramakrishnan, K. Application of Nitrogen and Potassium efficiency on the growth and yield of chilli *Capsicum annuum* L. International Journal of current microbiology and applied science, 2:329-337, 2013.

Epstein E, Bloom AJ. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives, 2^a ed. Sinauer Associates, Inc publishers, Sunderland, 400p., 2005.

Filgueira F. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 421 p., 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

Heinrichs R, Soares Filho CV, Crociolli CA, Figueiredo PAM, Fruchi VM, Kodel, FJ, Rodrigues TA. Doses and sources of nitrogen fertilizer and their effects on soil chemical properties and forage yield of *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. Semina: Ciências Agrárias, v. 33: 1745-1754, 2012.

Lošák T, Hlušek J, Popp T. II Potassium Sulphate and Potassium Chloride in the Nutrition of Poppy (*Papaver somniferum* L.) in Relation to Nitrogen Supply. e-ific 19: 10-13, 2009.

Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. New York: Academic Press. 889 p, 1995.

Marschner H, Romheld V. Root-induced changes in the availability of micronutrients in the rhizosphere. In: Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U. (Eds.). Plant roots: the hidden half. 2nd ed. New York: Marcel Dekker. pp. 557-579, 1996.

Kirkby EA, Römheld V. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. Proc 543, Intern Fert Soc York UK. 2004.

IPI Research Topics. Potassium sulfate and potassium chloride: Their influence on the yield and quality of cultivated plants. International Potash Institute (IPI), Bern, Switzerland. N.9 (1981).

Resende GM, Souza RJ. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho cv. Quitéria. Horticultura Brasileira, 19: 188-191, 2001.

Römheld, V, Kirkby EA. Research on Potassium in Agriculture: Needs and Prospects. Plant and Soil, 335:155-180, 2010.

Silva EC, Machado AS, Souza RJ, Calderón JFT. Efeitos de doses de potássio (cloreto de potássio) e nitrogênio (sulfato de amônio) em alho proveniente de cultura de tecidos. Ciência e Agrotecnologia, 24: 917-923, 2000.

Souza RJ, Macêdo FS, Carvalho JG, Santos BR, Leite LVR. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. Horticultura Brasileira, 29: 498-503, 2011.

Trani PE, Camargo MS, Foltran DE, Hiroce R, Arruda FB, Sawazaki HE. Produtividade e pseudoperfilhamento do alho influenciados pelo nitrogênio, potássio e cobertura morta. Horticultura Brasileira, 26: 330-334. 2008

EFEITO DE DIFERENTES TEMPERATURAS E ATMOSFERA MODIFICADA NAS CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DO ALHO MINIMAMENTE PROCESSADO

Resumo - Alho minimamente processado é um produto em crescente demanda para restaurantes e supermercados. Dois ensaios foram realizados com o alho (cv. California tardio), no ensaio os dentes de alho foram descascados e embalados em embalagens do tipo *flowpack* com atmosfera modificada (MAP - 454g) com concentrações de O₂ a 15, 10 e 5%

armazenados a 0, 5 e 10°C respectivamente correspondendo a uma concentração de CO₂ de 8, 15 e 23% e no ensaio 2 foram usadas embalagens a vácuo de 30g com atmosferas composta por 1,5-3% O₂ e 20-30% CO₂ estas foram reembaladas em uma embalagem mestre de 170g cuja atmosfera foi de 20-21% de O₂ e 0,5-0,8% de CO₂, estas amostras foram submetidos às temperatura 0, 2,5, 5 e 7,5 °C. Em ambos os ensaios a descoloração foi associada ao baixo valor de L* e aumento do Chroma. No ensaio 1 a deterioração foi o principal fator de perda de qualidade, uma excelente qualidade visual foi mantida durante 21 e 16 dias a 0 e 5 °C, respectivamente, e uma qualidade aceitável foi mantida durante cerca de 10 dias a 10 °C. No ensaio 2, qualidade visual classificada como boa foi mantida até 28 dias a 0 e 2,5 °C, e uma qualidade aceitável foi mantida por 21 dias a 5 e 7,5 °C. Não ocorreram alterações importantes na textura devido à temperatura ou tempo de armazenamento. A pungência (concentrações thiosulfinate e piruvato) diminuiu com o tempo e foi agravada por temperaturas de armazenamento mais altas. Um período de armazenamento razoável de alho minimamente processado com atmosfera modificada é de 3-4 semanas a 0 ° C, 2-3 semanas a 5 ° C e 1-2 semanas a 10°C.

Palavras chave: aparência, cor, pungência, peso seco, tempo de armazenamento.

Quality changes in fresh-peeled garlic cloves in relation to storage temperatures and modified atmospheres

Abstract - Fresh-peeled garlic is an increasingly important product for foodservice and retail markets. Two storage tests were conducted using garlic cloves (cv. California Late) that were peeled and packaged commercially. In Test#1 (MAP bags of 454g), O₂ concentrations averaged 15, 10 and 5% at 0, 5 and 10C, respectively; corresponding CO₂ concentrations averaged 8, 15 and 23%. In Test#2 with small vacuum packed bags (30g) inside larger master packages (170g), atmospheres in the former averaged 1.5-3% O₂ and

20-30% CO₂ at all storage temperatures (0, 2.5, 5 and 7.5C), while the master bags averaged 20-21% O₂ and 0.5-0.8%CO₂. In both tests, discoloration occurred in areas damaged during mechanical peeling, and was associated with lower L* and increased chroma values. In Test#1, decay was a significant contributor to loss of quality. In Test#1 excellent visual quality was maintained during 21 and 16 days at 0 and 5C, respectively, and acceptable quality was maintained for about 10 days at 10°C. In Test 2, very good visual quality was maintained up to 28 days at 0 and 2.5C, and acceptable quality was maintained for 21 days at 5 and 7.5C. No important changes in texture were observed due to temperature or storage time. Pungency (thiosulfinate and pyruvate concentrations) decreased with time and decreased more at higher storage temperatures. A reasonable expected storage-life of commercially peeled and modified atmosphere packaged garlic is 3-4 weeks at 0C, 2-3 weeks at 5C and 1-2 weeks at 10C.

Keywords: visual appearance, color, pungency, dry weight, storage-life

INTRODUÇÃO

O alho minimamente processado (descascado e embalado) é um produto com alta aceitação nos mercados de varejo e *foodservice* (Cantwell e Suslow, 2002; Kang e Lee, 1999). Enquanto alho intacto tem uma taxa de respiração muito baixa e pode ser armazenado por longos períodos, o dano físico efetuado durante o processo de descascamento contribui para o aumento das taxa de respiração e perecibilidade do produto minimamente processado (Ramirez-Moreno et al., 2001). Os principais problemas do alho minimamente processado e embalado sob atmosferas modificadas são a descoloração e deterioração, o que geralmente está associado aos danos físicos durante o processo de descascamento (Cantwell et al., 2003). Segundo Kang e Lee, (1999) e Ramirez-Moreno et al., 2001). Estes problemas podem ser amenizados através do inclusão do dióxido de carbono, na composição do gás da atmosfera modificada e com a temperatura de armazenamento.

Outras causas importantes associadas à perda de qualidade são o brotamento e enraizamento, o que ocorre por causa da alta umidade nas embalagens de plástico sem atmosferas modificadas, o que é agravado pelo armazenamento em temperaturas mais elevadas (Cantwell e Suslow, 2002). A utilização de atmosfera modificada com alta

concentração de CO₂ reduz as taxas de brotação, mas é pouco eficaz no controle de enraizamento adventício sob condições de umidade elevadas (Kang e Lee, 1999), o que pode ser controlado por técnicas como banhos quentes pré ou pós-descascamento (Cantwell et al., 2003b). Adicionalmente à estas técnicas, protocolos de desinfecção (Veríssimo et al, 2010;. Park e Kim, 2015) e revestimentos comestíveis (Geraldine et al, 2008; Sothornvit e Tangworakit, 2015), tem sido investigado como forma de estender a qualidade e o tempo de prateleira de produtos minimamente processados.

Objetivou-se com este trabalho documentar o efeito das temperaturas de armazenamento sob as características qualitativas de alho minimamente processado e embalado sob atmosfera modificada. As temperaturas usadas neste estudo cobrem a gama de temperaturas atualmente utilizada a nível comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios de armazenamento foram conduzidos utilizando dentes de alho (cv. California tardia) que foram descascados e embalados comercialmente para a venda a granel. A preparação das amostras foi composta pela separação dos bulbos em bulbilhos ou dentes, descascamento por pressão de ar, lavagem com cloro e secagem a frio em um túnel de ar. No ensaio 1, 454g de alho foram embalados e armazenados a 0, 5 e 10°C, enquanto no ensaio 2, o alho foi embalado em pequenas embalagens a vácuo de 30g e reembalados em uma embalagem mestre de 170 g e armazenados a 0, 2.5 , 5 e 7.5°C (Figura 1). O alho avaliado neste estudo foi fornecido por atacadistas local dentro de 2-3 dias após o processamento. Antes das avaliações semanais, as concentrações de gás foram determinadas nas embalagens do ensaio 1 e nas embalagens a vácuo e mestre no ensaio 2. As concentrações dos gases na embalagem mestre do ensaio 2, não diferiu consideravelmente de uma atmosfera ambiente (20-21% de O₂ e 0,5-0,8% de CO₂).



Figura 1. Alho descascado em embalagem de 454g do ensaio 1 (à esquerda) e 1 de 6 saches a vácuo contidos na embalagem mestre de 170g do ensaio 2 (direita).

Amostras de gás de 0,5 ml foram tomadas por embalagem no ensaio 1 e em duas embalagens a vácuo por embalagem mestre no ensaio 2. As concentrações de CO_2 foram medida num analisador de infravermelho (Horiba PIR-2000, Japão) e de O_2 foram determinada com um analisador de oxigênio (S-3A, Applied Electrochemistry Inc. EUA). Para avaliação visual, as embalagens foram abertas e os dentes foram colocados em bandejas brancas, para serem fotografados e ilustrar as variações de qualidade. Para avaliação global da qualidade visual, 3 repetições de cerca de 100g cada (ensaio 1) e seis embalagens a vácuo por repetição (ensaio 2) foram avaliados usando uma escala de 9-1, onde 9 = excelente; 7 = bom; 5 = moderado; 3 = deteriorado; e 1 = inutilizável. Uma pontuação de 6 foi considerada como o limite para comercialização. Defeitos (deterioração, danos mecânicos, descoloração) foram avaliados usando uma escala de 1-5, onde 1 = nenhum, 2 = levemente 3 = moderado, 4 = moderadamente grave e 5 = grave.

As medidas de cores foram determinadas através dos coeficientes L^* , a^* e por um medidor de cor (Minolta CR-300, Japão). A medição foi feita no terço médio dos dentes sobre a superfície convexa. A textura foi medida no lado convexo do dente com um analisador TA-XT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY) com sonda cilíndrica de 3 mm a 1 mmseg^{-1} a uma profundidade de 5 mm.

A caracterização química incluiu o peso seco e a pungência que foi medida por dois métodos (piruvato produzido pela enzima alinase e conteúdo de tiosulfato). Cerca de 50 g de alho foi fatiado, pesado, liofilizado, e pesado novamente para calcular a % de peso seco. Para a determinação da pungência os dentes foram cortados longitudinalmente; parte foi para o microondas (para a medição do conteúdo de piruvato) e, em seguida, ambas as amostras foram congeladas a -20°C e liofilizadas.

Uma versão modificada da determinação de ácido piruvato padrão (Anthon e Barrett, 2005) foi utilizada para a medição de piruvato (Schwimmer e Weston, 1961). Uma amostra de 0,5 g de alho em pó foi homogeneizado por 1 min em 20 mL de água; após 10 min em temperatura ambiente a amostra foi centrifugada por 10 min a 14000 rpm a 4 °C.

Uma alíquota de 0,5 ml do sobrenadante foi adicionado a 2 mL de água, 25 µL de amostra diluída + 1 ml de água destilada + 1 ml de DNPH – extrato, (25 µl de água destilada em vez da amostra diluída foi usada para branco). A amostra foi agitada em vortex e mantida por 10 minutos em banho maria a 37 °C. Após a adição de 1 ml de NaOH, a amostra foi agitada em vortex, e deixada por 10 minutos à temperatura ambiente, em seguida efetuou-se a leitura da absorbância a 515 nm. Uma curva padrão de 0 a 0,75 µmole mL⁻¹ de piruvato de sódio foi utilizado para a calibração. O mesmo procedimento foi utilizado para medir o piruvato residual (fundo) nas amostras testadas, liofilizadas, que foi subtraída dos valores totais pungência para determinar piruvato gerado por enzima.

Para a medição do conteúdo de tiosulfatos, foi utilizada a mesmo extrato utilizado na avaliação de piruvato. Uma alíquota de 1 mL do extrato foi centrifugado a 5 ° C, 14000 rpm durante 20 min e o sobrenadante foi diluído 10 vezes com água. O volume final de 375 µL foi acrescido de 625 µL de cisteína a 0,8 mM e deixado por 10 minutos à temperatura ambiente. Uma alíquota de 200 µL desta solução foi adicionada a tubos de ensaio contendo 0,8 ml de 200 uM DTNB (ácido 5,5'- Dithiobis-(ácido 2-nitrobenzóico) em tampão HEPES 50 mM, pH 7,5. Para o branco, 200 mL de água destilada foi adicionada ao tubo de DTNB. Após agitação, os tubos foram mantidos a 10 min à temperatura ambiente para a reação de cor. A absorbância foi medida a 412 nm (Shimadzu UV-1700 PharmaSpec Espectrofotômetro, Quioto, Japão) e o teor de tiosulfatos foram calculadas de acordo com Han et al. (1995) e expressa por base do peso seco.

As análise foram realizadas em triplicata com 3 repetições por tratamento por avaliação sendo cada réplica composta por 20 dentes no ensaio 1 e 10 dentes, escolhidos aleatoriamente de 6 pacotes a vácuo, no ensaio 2. Os dados foram analisados por ANOVA com a separação média pelo teste t (least significant difference LSD) a 5% (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura de armazenamento afetou significativamente a composição do gás nas embalagens do ensaio 1, enquanto pouca variação nas concentrações de O₂ e CO₂ foram observadas nas embalagens a vácuo do ensaio 2 (Fig. 2).

No ensaio 1 as concentrações de O₂ variaram em média 15, 10 e 5% a 0, 5 e 10°C, respectivamente, já as concentrações de CO₂ foram em média de 8, 15 e 23% nestas mesmas temperaturas (Fig. 2). No ensaio 2, as concentrações de O₂ nas embalagens a vácuo variaram em média de 1,5-3%, independentemente da temperatura de armazenamento, e as respectivas concentrações de CO₂ diminuíram de 35% a 22% em 28 dias. Nas embalagens mestres, o teor de O₂ e CO₂ foram de 20-21% e 0,5-0,8% respectivamente ao longo de 28 dias (dados não apresentados).

Devido ao alto nível de danos mecânicos (> 50% dos dentes), a qualidade inicial das amostras foi pontuada como sendo muito bom no ensaio 1. Ambos, deterioração e descoloração foram os principais contribuintes para a perda de qualidade das amostras armazenadas a 5 e 10 °C (Fig. 3 B, C). Estas características foram efetivamente controladas pela temperatura 0 °C ao longo dos 28 dias, sendo a qualidade visual geral, neste último caso, pontuada como sendo muito boa durante todo o ensaio. A classificação “muito bom” foi mantida por até 14 dias a 5 °C e uma qualidade “bom” foi mantida por 10 dias a 10 °C, estes resultados foram confirmados pela alteração no valor de L* (Fig 3D). A textura do alho variou entre 17,5-18,5 N ao longo do teste, neste caso a temperatura e o tempo não foram significativos (dados não mostrados).

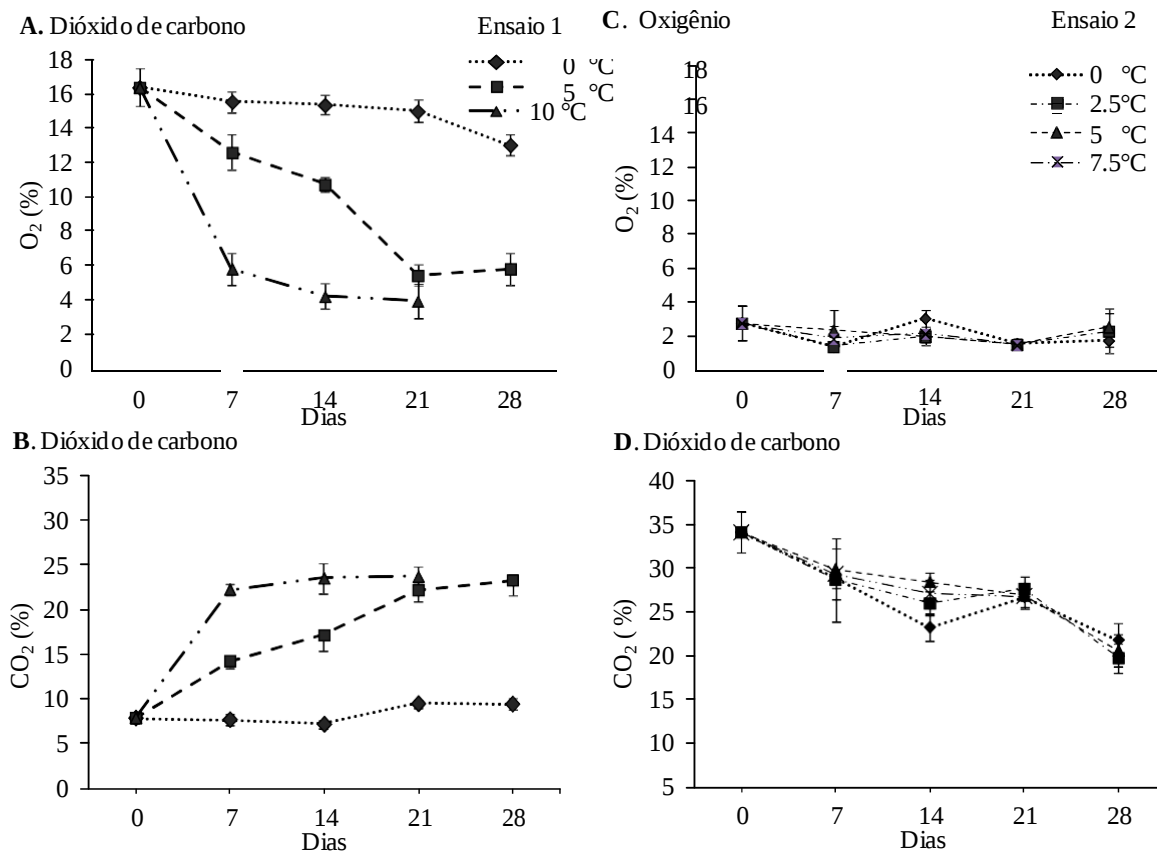


Figura 2. Composição do gás da atmosfera modificada do alho minimamente processado armazenada a 0, 5 ou 10°C do ensaio 1 (454g saco; A, B) e 0, 2,5, 5 ou 7,5°C no ensaio 2 (blocos de vácuo no saco mestre; C,D). Os dados são médias de 3 repetições $\pm$ desvio padrão.

A qualidade inicial de alho do ensaio 2 (Fig 3. E, F, G, H) foi considerada próximo a excelente (pontuação de 9), com menos danos mecânicos (15-20% dos dentes) do que no ensaio 1. Consequentemente, os efeitos de deterioração e descoloração foram menores comparativamente ao ensaio 1. Mudanças de qualidade devido à temperatura foram menos perceptíveis do que no ensaio 1, embora as perdas de qualidade tenham ocorrido mais rapidamente na temperatura de 7,5°C. Houve uma diminuição contínua nos valores de L^* em todas as temperaturas, induzidas, possivelmente, pelas lesões e às altas concentrações de CO_2 . Cantwell et al. (2003) relataram aumento no amarelecimento e descoloração em dentes de alho armazenados em atmosferas igual ou maior que 15% de CO_2 , enquanto Ramirez-Moreno et al. (2000) não observaram este fenômeno em atmosferas contendo 10% de CO_2 . No Ensaio 2, a qualidade visual “muito bom” foi mantida até 28 dias a 0 e 2,5 °C, e uma qualidade aceitável foi mantida por 21 dias a 5 e 7,5 °C. No ensaio 2,

embalagens a vácuo falharam, rompendo a condição de atmosfera modificada, as amostras contidos nestes pacotes apresentaram brotação e enraizamento (dados não apresentados). Conforme mostrado anteriormente por Cantwell et al. (2003), tanto a temperatura como o CO₂ em embalagens com atmosferas modificada são essenciais.

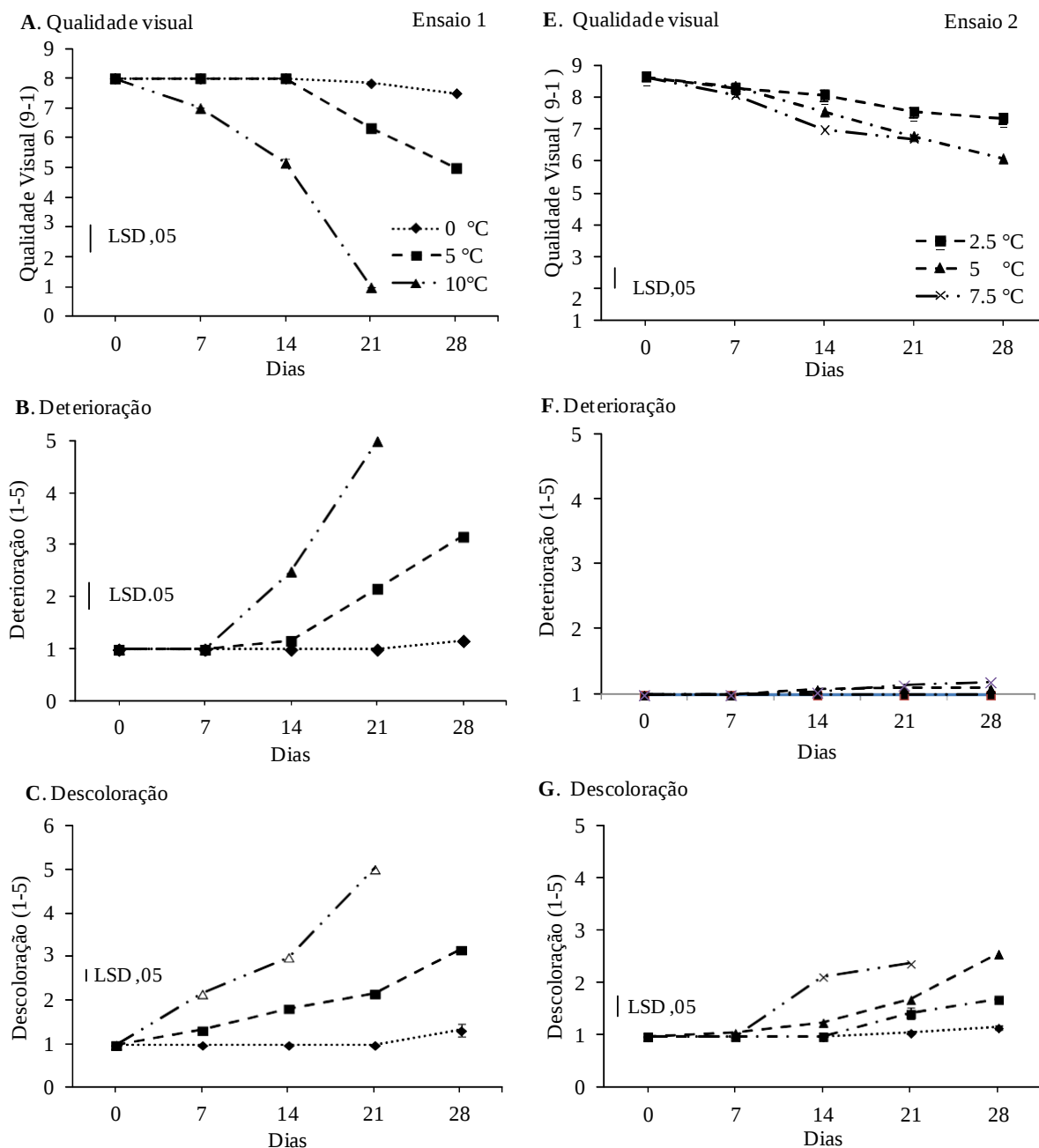


Figura 3. Mudanças na qualidade visual (9 = excelente, 1 = inutilizável), deterioração e descoloração (1 = nenhum, 5 = grave) e índice de cor (valores de L*) de alho minimamente processado em atmosferas modificadas sob diferentes temperaturas - 0, 5 e 10 °C no ensaio 1 (A, B, C, D) e, a 0, 2,5, 5, e 7,5 °C no ensaio 2 (E, F, G, H). Os dados representam a média de 3 repetições. Barras verticais indicam diferenças pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro (P<0,05).

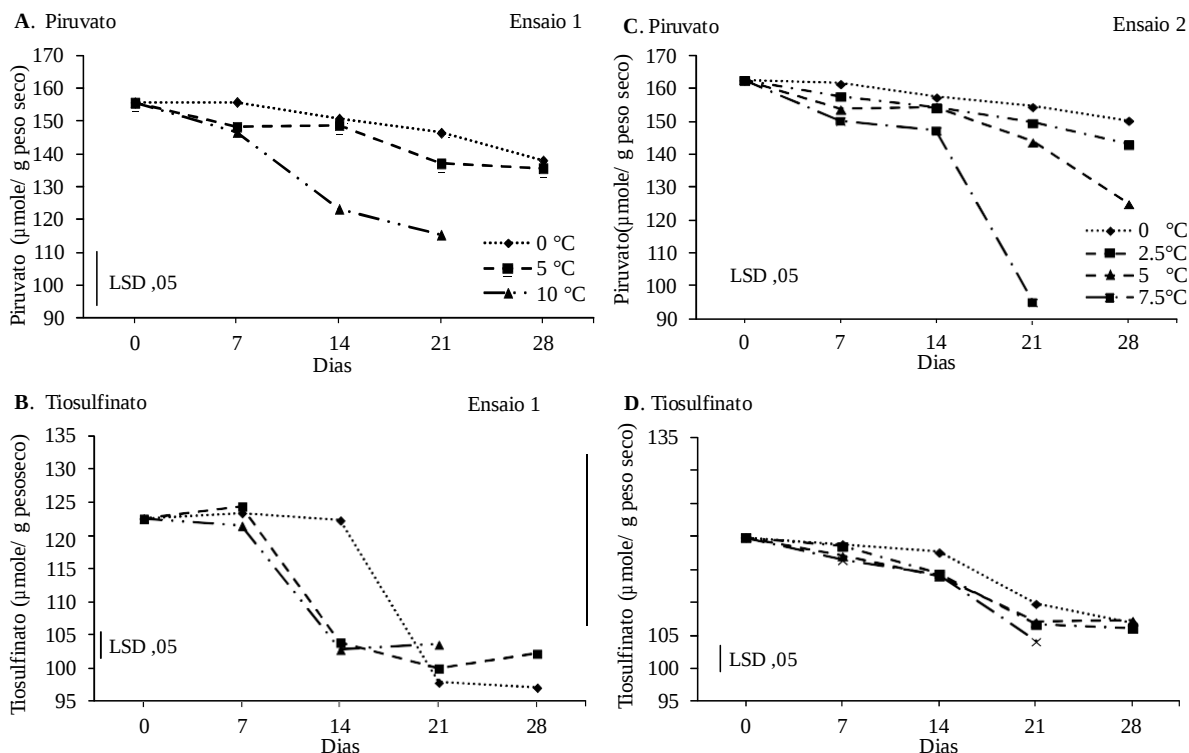


Figura 4. Pungência determinada pelo teor de piruvato e pelo teor de tiosulfato em alho minimamente processado embaladosob atmosfera modificada e armazenado a 0, 5 e 10 °C no ensaio 1 (A, B) e a 0, 2,5, 5, e 7,5 °C no ensaio 2 (C, D). Os dados representam a média de 3 repetições. Barras verticais indicam diferenças pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade de erro ($P < 0,05$).

O principal composto responsável pela pungência do alho é a alicina, que é um composto de enxofre volátil e compreende mais de 70% do total de tiosulfatos. Tiosulfatos incluindo alicina são produzidos através da ação da enzima alinase sobre precursores contendo enxofre, sendo o piruvato gerado como subproduto desta reação (Block et al, 2001; Corzo-Martinez et al. 2007). A pungência do alho pode ser medida diretamente pela liberação de tiosulfato ou indiretamente por meio de análise de piruvato. Neste estudo, a pungência, medida como tiosulfatos ou piruvato, decresceu com o tempo (Fig. 4). As concentrações de piruvato diminuíram em temperaturas de armazenamento mais elevadas como 7,5 ou 10 °C. As concentrações totais de tiosulfato foram mantidas melhor no ensaio 2, entretanto, o efeito de diferentes atmosferas modificadas não podem ser comparadas devido às diferenças na qualidade inicial das amostras dos dois ensaios. De acordo com Cantwell et al. (2003^a), o fermento causado durante o descascamento contribui com a redução da pungência em um menor intervalo de tempo, além disso

alterações na pungência também pode estar associada com a quebra de dormência com subsequente enraizamento e brotação dos dentes (Gonzalez et al., 2013).

CONCLUSÕES

Ambos baixa temperatura e atmosfera modificada contribuem significativamente para a manutenção da qualidade do alho minimamente processado (descascado e embalado). Embalagem a vácuo mantém uma atmosfera consistente em uma maior gama de temperaturas. As atmosferas modificadas com alto teor de CO₂ pode influenciar a diminuição do valor de L* (mudança de cor) durante o armazenamento. A pungência do alho é mais bem conservada em embalagens à vácuo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Governo Brasileiro através da bolsa de estudos à nível de doutorado ao primeiro autor.

Referência

- Anthon, E. G., Barrett, D.M. (2003). Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazine in the assessment of onion pungency. J. Sci. Food Agric. 83, 1210-1213. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.1525>.
- Block, E., Birringer, M., Jiang, W., Nakahodo, T., Thompson, H.J., Toscano, P.J., Uzar, H., Zhang, X., Zhu, Z. 2001. *Allium* chemistry: Synthesis, natural occurrence, biological activity, and chemistry of *se*-alk(en)ylselenocysteines and their γ -glutamyl derivatives and oxidation products. J. Agric. Food Chem. 49, 458-470. DOI: 10.1021/jf001097b.
- Cantwell, M.I., Suslow, T.V. 2002. Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables. Ch36. In Kader, A.A. (ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California Publication 3311.
- Cantwell, M.I., Hong, G., Kang, J., Nie, X. (2003a). Controlled atmospheres retard sprout growth, affect compositional changes, and maintain visual quality attributes of garlic. Acta Hortic. 600, 791-794. <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2003.600.122>
- Cantwell, M.I., Kang, J., Hong, G. (2003b). Heat treatments control sprouting and rooting of garlic cloves. Postharvest Biol. Technol. 30, 57-65. DOI: 10.1016/S0925-5214(03)00060-7

- Corzo-Martínez, M., Corzo, N., Villamiel, M. (2007). Biological properties of onions and garlic. *Trends Food Sci. Technol.* 18, 609-625. doi:10.1016/j.tifs.2007.07.011
- Geraldine, R.M., Soares, N.F.F., Botrel, D.A., Gonçalves, L.A. (2008). Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. *Carbohydrate Polymers* 72, 403-409. doi:10.1016/j.carbpol.2007.09.012.
- Gonzalez, R.E., Burba, J.L., Camargo, A.B. (2013). A physiological indicator to estimate allicin content in garlic during storage. *J. Food Biochem.* 37, 449-455. DOI: 10.1111/j.1745-4514.2011.00647.x.
- Han, J., Lawson, L., Han, G., Han, P. (1995). A spectrophotometric method for determination of allicin and total garlic thiosulfinates. *Anal. Biochem.* 225,157-160. doi: 0.1006/abio.1995.1124
- Kang, J.S. Lee, D.S. (1999). Modified atmosphere packaging of peeled garlic cloves. *Food Sci. Biotechnol.* 8, 68-71.
- Park, M.-H. Kim, J.-G. (2015). Low-dose UV-C irradiation reduces the microbial population and preserves antioxidant levels in peeled garlic (*Allium sativum* L.) during storage. *Postharvest Biol. Technol.* 100, 109-11. doi:10.1016/j.postharvbio.2014.09.013.
- Ramirez-Moreno, E., Cantwell, M.I., Mercado-Silva, E. (2000). Physiology and quality of fresh-peeled garlic cloves stored in air and CA. *Proc. Alliums 2000. 3rd Intl. Symp. Edible Alliaceae*, Athens, Georgia Oct 29-Nov 3, 2000. <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-235.pdf>.
- Schwimmer, S., Weston, W.J. (1961). Enzymatic development of pyruvate acid in onion as a measure of pungency. *J. Agric. Food Chem.* 9, 301-304. DOI: 10.1021/jf60116a018.
- Sothornvit, R., Tangworakit, P. (2015). Effect of edible coating on the quality of fresh-cut garlic in modified atmosphere packaging (MAP). *Acta Hortic.* 1071, 413-419. doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1071.53.
- Veríssimo, T., Gil, L., Cunha, L.M. (2010). Impact of different disinfection treatments on the quality retention of minimally processed garlic. *Acta Hortic.* 877, 627-633. doi: 10.17660/ActaHortic.2010.877.82.

7 CONCLUSÕES GERAIS

Diferentes fontes de N e K podem ser combinadas para a obtenção de máxima produção de alho comercial, e o teor de nutrientes do alho não é influenciado pelas fontes de N e K ao ponto de constituir um fator crítico à produtividade do alho.

Não houve diferenças significativas na produção do alho acima da dose 80 kg ha^{-1} de N, a partir desta dose, o acúmulo de nutrientes no bulbo, de forma geral, foi inferior nos tratamentos K_2SO_4 .

Ambos baixa temperatura e atmosfera modificada contribuem significativamente para a manutenção da qualidade do alho minimamente processado (descascado e embalado). Embalagem a vácuo mantém uma atmosfera consistentes em uma maior gama de temperaturas. As atmosferas modificadas com alto teor de CO_2 pode influenciar a diminuição do valor de L^* (mudança de cor) durante o armazenamento. A pungência do alho é mais bem conservada em embalagens a vácuo.

8 REFERÊNCIAS

Assis, R. P. Produtividade e análise econômica do cultivo de alho vernalizado em função de doses de NPK. 2010, 46p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

BACKES, C.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; IMAIZUMI, I. Coloração verde nas folhas na cultura do alho vernalizado em resposta a adubação nitrogenada. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 491-498, 2008.

Bar-Tal, A. The Effects of Nitrogen Form on Interactions with Potassium. 3-11, v.29, 2011.

Bar-Tal, A., B. Aloni, L. Karni, J. Oserovitz, A. Hazan, M. Itach, A. Avidan, I. Posalski, and R. Rosenberg, R. Nitrogen Nutrition of Greenhouse Pepper: II. Effects of Nitrogen Concentration and $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ Ratio on Growth, Transpiration, and Nutrient Uptake. **HortScience** v. 36, p.1252-1259, 2001.

Brewster J. L. **Onions and Other Vegetable Alliums** (Crop Production Science in Horticulture). 2 ed. 448p.

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**, v. 61, p. 247-255, 2002.

Cantwell, M.I. and Suslow, T.V. 2002. Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables. Ch36. In Kader, A.A. (ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California Publication 3311.

Companhia nacional de abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_02_11_15_45_24_alho_dezembro_2013.pdf> Acesso em: 29 de jan. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Disponível em:<<http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

Fernandes J. C. F.; BÜLL L. T.; CORRÊA J. C.; PAVAN M. A.; IMAIZUMI, I. Resposta de plantas de alho livres de vírus ao nitrogênio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 97-101, 2010.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. Alho. Florianópolis, 1995. 114p. (Estudo de economia e mercado de produtos agrícolas, v. 3).

LUCINI, M.A. O alho no Brasil um pouco da história dos números do nobre roxo, 2008. Disponível em:

http://www.anapa.com.br/principal/images/stories/documentos/cultura_do_alho_no_brasil_final.pdf. Acesso em 04 fev. 2016.

JUNQUEIRA, R. M. D.; IZIOKA, H. Efeito de diferentes níveis e épocas de cobertura nitrogenada em alho (*Allium sativum* L.) na região de Botucatu – SP. **Ensaios e Pesquisas: batata, cebola e alho**, v. 2, p. 304-308, 1988.

NAKAGAWA, J.; KATO, A.H.; IZIOKA, H.; PIERI, J. C. Efeitos de doses e de épocas de aplicação de potássio no superbrotamento do alho. **Horticultura Brasileira**, v.8, p.55, 1990.

MATTSON, N., LEATHERWOOD, R., PETERS, C., (2009). Nitrogen: all forms are not equal, Cornell University, http://www.greenhouse.cornell.edu/crops/factsheets/nitrogen_form.pdf>. Acesso em: 14 fev.2014.

POLEVOY, V.M., LUKASHCHUK, LY, PEKSOVSKI G. Efficiency of Potassium Application in Relation to Nitrogen Fertilization Level in Winter Wheat, Grain Maize, and Sugar Beet Cultivated in Western Ukraine. **e-ific**, v. 43, p. 3-13, 2015.

RAMIREZ-MORENO, E., CANTWELL, M.I., MERCADO-SILVA, E. Physiology and quality of fresh-peeled garlic cloves stored in air and CA. Proc. Alliums 2000. 3rd Intl. Symp. Edible Alliaceae, Athens, Georgia Oct 29-Nov 3, 2000.

RÖMHELD, V., KIRKBY, E.A. Research on Potassium in Agriculture: Needs and Prospects. **Plant and Soil**, v. 335, p. 155-180, 2010.

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**, v. 24, p. 917-923, 2000.

ZHANG, F., J. NIU, W. ZHANG, X. CHEN, C. LI, L. YUAN, Xie, J.. Potassium Nutrition of Crops under Varied Regimes of Nitrogen Supply. **Plant and Soil**, v. 335, p. 21-34, 2010.