

MÔNICA LIMA ALVES PÔRTO

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E DIAGNÓSTICO DO ESTADO  
DE NITROGÊNIO NAS CULTURAS DE ABOBRINHA,  
ABÓBORA TIPO “TETSUKABUTO” E PEPINO**

Tese apresentada à Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Fitotecnia, para obtenção do título de  
*Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2011

MÔNICA LIMA ALVES PÔRTO

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E DIAGNÓSTICO DO ESTADO  
DE NITROGÊNIO NAS CULTURAS DE ABOBRINHA,  
ABÓBORA TIPO “TETSUKABUTO” E PEPINO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 08 de Dezembro de 2011.

---

Prof. Paulo Cezar Rezende Fontes  
(Co-Orientador)

---

Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Co-Orientador)

---

Prof. Júlio César Lima Neves

---

D. Sc. Sanzio Mollica Vidigal

---

Prof. Mário Puiatti  
(Orientador)

## DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus amores eternos.*

Ao meu esposo, Jailson, pela ajuda, participação, carinho e paciência, por está sempre presente em todos os momentos importantes da minha vida.

Aos meus filhos Mayara Késsia e Jailson Júnior, por serem minhas maiores fonte de inspiração e determinação além de serem crianças tão maravilhosas e abençoadas.

Amor incondicional.

## *Ofereço*

Aos meus queridos pais Melquesedeque Porto Santos e Maria do Céu Lima Santos, e as minhas amáveis irmãs Magna Cristina Lima Santos e Marina Lima Porto.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por sua infinita bondade e por está presente em todos os momentos difíceis e importantes da minha vida, me dando confiança e tranquilidade para superar os obstáculos.

A minha família pelo incentivo confiança e carinho.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização desse curso de Doutorado.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.

Ao meu orientador, professor Mário Puiatti, pela orientação, ensinamento, confiança, paciência e compreensão que serviram de estímulo para minha formação profissional. Não há palavras para expressar a minha gratidão, meu respeito e reconhecimento por todas as oportunidades concedidas durante a realização do meu curso de Doutorado.

Aos professores Co-Orientadores, Paulo Cezar Rezende Fontes e Paulo Roberto Cecon, pela orientação, sugestão e ajuda durante a condução desse trabalho.

Ao professor Fernando Luiz Finger e ao pesquisador doutor Sanzio Mollica Vidigal pelas sugestões realizadas durante a correção desse trabalho.

Aos colegas de disciplinas Ana Paula Sato, Andréa Cristina Thomas, Armindo Leão, Carmen Rosa Curvelo, Fabrício Silva Coelho; Jailson do Carmo Alves, Jandeilson Alves Arruda, Lorena Dias, Mirian Nogueira, Nelson Licínio, Paula Acácia, Patrícia Souza, Paula Sano e Tânia Pires, pelo companheirismo.

A Ana Paula Sato, Ariana Mota, Jailson do Carmo Alves, Jandeilson Alves Arruda, Paula Sano, Sara Michelli, Tânia Alves e Verônica Aparecida, pela ajuda e paciência durante a condução dos experimentos e realização das análises laboratoriais e pelos momentos de amizade e alegria.

Aos funcionários do setor de Olericultura, pela disponibilidade em ajudar durante a execução de todos os trabalhos e pela atenção.

A secretária do Programa de Pós-Graduação, Tatiane Gouvea, pelo convívio e atenção.

A todos os funcionários que compõe os laboratórios do Departamento da Fitotecnia, pela colaboração, ajuda e atenção.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão desse trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Mônica Lima Alves Pôrto, filha de Melquisedeque Porto Santos e Maria do Céu Lima Santos, nasceu dia 18 de Abril de 1978, em Esperança-PB.

Em 24 de abril de 2004 graduou-se em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - CCA/UFPB, em Areia-PB.

Em março de 2004 iniciou o curso de mestrado em Agronomia pelo CCA/UFPB, em Areia-PB, concluindo em junho de 2006.

No período de fevereiro de 2006 até junho de 2007 atuou como Agente de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba (EMATER-PB), como Engenheira Agrônoma.

Em 20 de agosto de 2007 iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa - UFV, em Viçosa-MG, concluindo em dezembro de 2011.

Em julho de 2011 iniciou a carreira de Docente no Magistério do Ensino Superior na Universidade Estadual de Alagoas - UNEAL, Campus II - Santana do Ipanema-AL, como professora substituta nos cursos de Graduação em Zootecnia e Ciências Biológicas.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Referências .....	4
<b>ARTIGO 1. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada .....</b>	<b>06</b>
Resumo .....	07
Abstract .....	08
Introdução.....	08
Material e métodos.....	10
Resultados e discussão .....	13
Conclusões.....	17
Agradecimentos .....	18
Referências .....	18
<b>ARTIGO 2. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha.....</b>	<b>24</b>
Resumo .....	25
Abstract .....	26
Introdução.....	26
Material e métodos.....	28
Resultados e discussão .....	30
Conclusões.....	32
Agradecimentos .....	32
Referências .....	32
<b>ARTIGO 3. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abóbora híbrida tipo 'Tetsukabuto' em função da adubação nitrogenada.....</b>	<b>37</b>
Resumo .....	38
Abstract .....	39
Introdução.....	40
Material e métodos.....	41

Resultados e discussão .....	44
Conclusões .....	48
Agradecimentos .....	48
Referências .....	48
<b>ARTIGO 4. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abóbora híbrida tipo 'Tetsukabuto' .....</b>	<b>53</b>
Resumo .....	54
Abstract .....	55
Introdução .....	55
Material e métodos .....	57
Resultados e discussão .....	59
Conclusões .....	62
Agradecimentos .....	62
Referências .....	62
<b>ARTIGO 5. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de pepino japonês em ambiente protegido em função de fontes e doses de nitrogênio .....</b>	<b>67</b>
Resumo .....	68
Abstract .....	69
Introdução .....	69
Material e métodos .....	71
Resultados e discussão .....	74
Conclusões .....	76
Agradecimentos .....	77
Referências .....	77
<b>ARTIGO 6. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês em ambiente protegido .....</b>	<b>82</b>
Resumo .....	83
Abstract .....	84
Introdução .....	84
Material e métodos .....	86
Resultados e discussão .....	88
Conclusões .....	91
Agradecimentos .....	91
Referências .....	91

CONCLUSÕES GERAIS .....	96
ANEXO .....	97

## RESUMO

PÔRTO, Mônica Lima Alves, D. Sc. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2011. **Adubação nitrogenada e diagnóstico do estado de nitrogênio nas culturas de abobrinha, abóbora tipo “tetsukabuto” e pepino.** Orientador: Mário Puiatti. Co-Orientadores: Paulo Cezar Rezende Fontes e Paulo Roberto Cecon.

Apesar da relativa importância das culturas da abobrinha, abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” e pepino japonês em termos comerciais e alimentícios, poucos estudos têm sido conduzidos em relação à adubação e nutrição dessas culturas, sobretudo a nitrogenada. Assim, faz-se necessário determinar as necessidades de N dessas culturas, como também indicar métodos de diagnóstico para avaliar o estado de nitrogênio das mesmas, de forma a contribuir para racionalizar o potencial produtivo e exploração dessas importantes cucurbitáceas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo e estado de nitrogênio das culturas da abobrinha, abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” e pepino japonês em função da adubação nitrogenada. Nos anos de 2009 e 2010, foram realizados três experimentos em área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. O primeiro experimento foi realizado em 2009 com a cultura da abobrinha ‘Caserta’, sendo conduzido no campo no delineamento de blocos casualizados, com cinco doses de N (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. O segundo experimento foi realizado em 2010, com a cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”, sendo conduzido em campo no delineamento blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, constituído de duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio) e cinco doses (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) de N, com quatro repetições. O terceiro experimento foi realizado em 2010, com a cultura do pepino japonês (híbrido ‘Taisho’) em ambiente protegido, sendo conduzido no delineamento blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, constituído de duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio) e cinco doses (0; 75; 150; 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) de N, com quatro repetições. No início do florescimento, determinaram-se o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, das plantas. Posteriormente, foram avaliados: número de frutos/planta, massa média de frutos, produtividade das culturas e acúmulo de nitrato

nos frutos. Não foram verificados efeitos significativos de fontes e da interação entre fontes e doses de N sobre nenhuma característica avaliada para a abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ e pepino japonês. Para as três espécies estudadas, todas as características produtivas aumentaram de forma quadrática com aumento das doses de N, sendo observado elevada resposta positiva em termos econômicos à aplicação de N. Não foi verificado aumento do teor de nitrato nos frutos de pepino japonês em função do emprego das doses de N para as duas fontes estudadas. Os máximos teores de nitrato observado nos frutos de abobrinha e abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ não representam risco à saúde humana. Nas três culturas estudadas, o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N aumentaram de forma quadrática em função das doses de N. Houve correlação linear e positiva entre as características avaliadas. Os resultados deste trabalho indicam que o índice SPAD, determinado no início da fase reprodutiva, pode ser usado no diagnóstico do estado de nitrogênio da cultura abobrinha, abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ e pepino japonês.

## ABSTRACT

PÔRTO, Mônica Lima Alves, D. Sc. Universidade Federal de Viçosa, December, 2011. **Nitrogen fertilization and nitrogen status diagnosis on plants of zucchini, hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) and cucumber.** Advisor: Mário Puiatti. Co-Advisors: Paulo Cezar Rezende Fontes and Paulo Roberto Cecon.

Despite zucchini, hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) and japanese cucumber nutritional and commercial importance, few studies have been led with the nitrogen fertilization and nutrition these crops. Thus, it is necessary to determine the N requirement of these cultures, as well as indicate methods for nitrogen status diagnosis, contributing to rationalize the productive potential and exploration of these important cucurbits. This study’s objective was to evaluate the productive performance and nitrogen status diagnosis on plants of zucchini, hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) and japanese cucumber as a function of the nitrogen fertilization. In 2009 and 2010, three experiments were carried out in the experimental area of Department of Crop Science, Federal University of Viçosa, at Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. The first experiment was conducted in 2009 with zucchini plants (‘Caserta’ cv.), being carried out in field conditions in a randomized block design with five N doses (0; 50; 100; 200 and 400 kg ha<sup>-1</sup>), with four replications. The second experiment was conducted in 2010 with hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) plants, being carried out in field conditions in a randomized block design, arranged in a 2 x 5 factorial design, with two nitrogen sources (ammonium sulphate and ammonium nitrate) and five nitrogen doses (0; 50; 100; 200 and 400 kg ha<sup>-1</sup>), with four replicates. The third experiment was conducted in 2010 with japanese cucumber (‘Taisho’ hybrid) plants under protected cultivation, being carried out in a randomized block design, arranged in a 2 x 5 factorial design, with two nitrogen sources (ammonium sulphate and ammonium nitrate) and five nitrogen doses (0; 75; 150; 300 and 600 kg ha<sup>-1</sup>), with four replicates. At the early flowering stage, total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration in fourth leaf fully expanded from the apex of plants. After, the number of fruits/plant, average fruit mass and yield of the japanese cucumber were evaluated. There were no significant effects of nitrogen sources and of the interaction between nitrogen sources and nitrogen doses under the evaluated characteristics of

hybrid winter squash ('Tetsukabuto' type) and japanese cucumber. For the three species evaluated, all the productive characteristics increased following a quadratic model as a function of the N doses, being observed high economic response to N application. Nitrate accumulation in japanese cucumber ('Taisho' hybrid) fruits as a function of the N doses for two nitrogen sources evaluated was not verified. The maximum nitrate content observed in fruits of zucchini and hybrid winter squash ('Tetsukabuto' type) doesn't represent risk for human health. For the three species evaluated, the total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration in leaves increased following a quadratic model as a function of the N doses. Significant linear and positive correlation between the evaluated characteristics was observed. The results indicate that the SPAD index can be used for N status diagnosis on plants of zucchini, hybrid winter squash ('Tetsukabuto' type) and japanese cucumber.

## INTRODUÇÃO GERAL

A família das cucurbitáceas, com cerca de 120 gêneros e mais de 800 espécies, constitui-se em uma das mais importantes famílias de plantas cultivadas pelo homem (Silva et al., 1999). Seus produtos apresentam ampla aceitação popular, ocupando um lugar de destaque entre as oleráceas tropicais (Filgueira, 2008). Além do valor econômico e alimentar, o cultivo dessas espécies também apresenta grande importância social, contribuindo para geração de empregos diretos e indiretos, pois demanda grande quantidade de mão-de-obra, desde o cultivo até a comercialização (Cardoso & Silva, 2003).

No Brasil, a melancia e o melão são as cucurbitáceas de maior importância econômica. Entretanto, outras cucurbitáceas como pepino, abobrinha e abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ (um híbrido interespecífico de *Cucurbita maxima* Duch x *C. moschata* Duch) também ocupam uma parcela significativa do agronegócio brasileiro, apresentando crescente importância social e econômica (Ferreira & Diniz, 2007).

Em termos de Brasil, a produção das culturas do pepino, abobrinha e abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ é tradicionalmente efetuada em nível de campo, muito embora culturas como pepino e abobrinha também sejam cultivadas em ambiente protegido, com excelentes resultados (maior produtividade e produto de melhor qualidade), principalmente em estações climáticas menos favoráveis ao cultivo a campo. A produtividade média dessas culturas no Brasil, em cultivo de campo, é em torno de 8-10 t ha<sup>-1</sup> para a abobrinha e 8-15 t ha<sup>-1</sup> para a abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ (Filgueira, 2008) e de 45 a 55 t ha<sup>-1</sup> para o pepino (Fontes & Puiatti, 2005). Em ambiente protegido, a cultura do pepino, dependendo do período do ano, da variedade e do sistema de condução, pode apresentar produtividade que pode chegar a ser quatro vezes maior do que a obtida no campo (Fontes & Puiatti, 2005). Todavia a produtividade dessas culturas é muito variável em função da tecnologia aplicada e das características peculiares de cada cultivar (Puiatti & Silva, 2005).

Um dos grandes entraves para a exploração das culturas do pepino, abobrinha e abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ no Brasil é falta de informações consistente com relação à nutrição e adubação dessas culturas, sendo informações dessa natureza bastante escassas na literatura (Silva et al., 1999; Pôrto et al., 2009). A maioria das informações referentes a recomendações de adubação para essas culturas são informações muito gerais, geralmente encontradas em livros-texto (Fontes & Puiatti, 2005; Puiatti & Silva, 2005; Filgueira, 2008).

A adubação é uma prática extremamente importante para a exploração racional das culturas agrícolas, sendo fundamental para a obtenção de bons rendimentos (Pôrto et al., 2012). A adubação adequada e bem equilibrada, trás ao produtor não só ganhos em produtividade, mas também a melhoria da qualidade da produção, estado fitossanitário das plantas, entre outros benefícios (Tavares et al., 1995). Para aplicação de fertilizantes, deve-se considerar a dinâmica de absorção do nutriente pela planta, evitando-se a carência ou a disponibilidade excessiva no solo, o que geralmente causa desequilíbrio na absorção de outros elementos (Natale, 2003). Todavia, de acordo com a produtividade que se deseja alcançar e o estado nutricional da cultura, podem-se fazer ajustes nos valores recomendados para a fertilização da cultura. Dessa forma alguns fatores devem ser levados em consideração, como cultivar, técnicas de manejo, fonte de nutriente e condições climáticas (Pôrto et al., 2012).

O nitrogênio é o nutriente que influencia processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando as relações fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (Queiroga et al., 2007). Nas culturas do melão (Queiroga et al., 2007), melancia (Andrade Junior et al., 2006) e maxixe (Oliveira et al., 2008), têm sido verificado aumento no número e na massa média de fruto e, conseqüentemente, da produtividade, com a elevação das doses de N. Para o melão cantaloupe, Coelho (2001) verificou que a dose de N responsável pela máxima produção comercial de frutos foi 312 e 344 kg.ha<sup>-1</sup> para o cultivo em ambiente protegido e a campo, respectivamente. Ainda para o melão cantaloupe, em ambiente protegido, Queiroga et al. (2007) verificaram que a dose de 309,7 kg ha<sup>-1</sup> foi a responsável pela máxima produção comercial de frutos.

Apesar da relativa importância econômica e nutricional das culturas da abobrinha, pepino e abóboras, poucos estudos têm sido conduzidos em relação à fertilização dessas culturas, sobretudo a nitrogenada, sendo que, na literatura, a maioria dos trabalhos relativos à fertilização em cucurbitáceas aborda outras espécies de maior valor econômico, tais como melão e melancia. Assim, faz-se necessário determinar as necessidades de N das culturas da abobrinha, pepino e abóboras, como também indicar métodos de diagnóstico para avaliar o estado nitrogenado das mesmas, de forma a contribuir para racionalizar o potencial produtivo e exploração dessas importantes cucurbitáceas.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e a nutrição nitrogenada das cucurbitáceas abobrinha (*Cucurbita pepo* L.), abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” (*Cucurbita maxima* Duch x *C. moschata* Duch) e pepino (*Cucumis sativus* L.), em função da adubação nitrogenada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JUNIOR, A.S.; DIAS, N.S.; FIGUEIREDO JUNIOR, L.G.M.; RIBEIRO, V.Q.; SAMPAIO, D.B. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Rev. Bras. Eng. Agríc. e Ambient.**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 836-841, 2006.

CARDOSO, A.I.I.; SILVA, N. Avaliação de híbridos de pepino tipo japonês sob ambiente protegido em duas épocas de cultivo. **Hort. Bras.**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 170-175.

COELHO, E.L. **Produtividade e qualidade de frutos de melão produzidos na estufa e no campo influenciadas por doses de nitrogênio aplicadas por gotejamento**. 2001. 79 f., il. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

FERREIRA, M.A.; DINIZ, F. Rede de pesquisa vai incrementar a produção de cucurbitáceas em áreas de agricultura familiar e assentamentos. 2007. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_3/curcubitaceas/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/curcubitaceas/index.htm)>. Acesso em: 4/11/2009.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008. 402 p.

FONTES, P.C.R.; PUIATTI, M. Cultura do pepino. In: FONTES, P.C.R. (Ed.). **Olericultura**: teoria e prática. Viçosa: DFT - Setor de Olericultura/UFV, 2005. p. 439-455.

NATALE, W. Calagem, adubação e nutrição da goiabeira. In: ROZANE, D.E.; COUTO, F.A.A.; E.J.A. (Eds.). **Cultura da goiabeira: tecnologia e mercado**. Viçosa: UFV/EJA, 2003. p. 303-331.

OLIVEIRA, A.P.; OLIVEIRA, A.N.P.; ALVES, A.U.; ALVES, E.U.; SILVA, D.F.; SANTOS, R.R.; LEONARDO, F.A.P. Rendimento de maxixeiro adubado com doses de nitrogênio. **Hort. Bras.**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 533-536, 2008.

PÔRTO, M.L.A.; PUIATTI, M.; ALVES, J.C.A.; FONTES, P.C.R.; ARRUDA, J.A. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. x, p. xx-xx (No prelo)

PUIATTI, M.; SILVA, D.J.H. Abóboras e morangas. In: FONTES, P.C.R. (Ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: DFT - Setor de Olericultura/UFV, 2005. p. 279-297.

QUEIROGA, R.C.F.; PUIATTI, M.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; FINGER, F.L. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. **Hort. Bras.**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 550-556, 2007.

SILVA, N.F.; FONTES, P.C.R.; FERREIRA, F.A.; CARDOSO, A.M. Produção da abóbora híbrida em função de doses de fertilizante fórmula 4-14-81. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 454-461, 1999.

TAVARES, S.W.; DUTRA, L.F.; SARTORETTO, L.C. Efeito do fósforo no desenvolvimento inicial de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Rev. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 2, p.103-106, 1995.

## ARTIGO 1

### PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NITRATO NOS FRUTOS DE ABOBRINHA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

**Mônica Lima Alves Pôrto<sup>1\*</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar Rezende Fontes<sup>1</sup>; Paulo Roberto Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Hofls, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Hofls, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. \*Bolsista do CNPq. E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br.

Preparado de acordo com as normas da Revista *Bragantia*  
(Artigo aceito para publicação na Revista *Bragantia*, v. 71, 2012)

## PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NITRATO NOS FRUTOS DE ABOBRINHA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

**Mônica Lima Alves Pôrto<sup>1</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar Rezende Fontes<sup>1</sup>; Paulo Roberto Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Holfs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Holfs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq. E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

### RESUMO

Apesar da importância da abobrinha em termos comerciais e alimentícios, poucos estudos têm sido conduzidos em relação à adubação nitrogenada da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e o acúmulo de nitrato nos frutos da abobrinha 'Caserta' em função da adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com cinco doses de N (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. Foram avaliados: número de frutos por planta, massa média de frutos, produtividade da cultura e acúmulo de nitrato nos frutos. Todas as características avaliadas foram influenciadas (p<0,01) pelas doses de N. Os valores máximos do número de frutos por planta (7,7 unidades), massa média de frutos (240 g fruto<sup>-1</sup>) e produtividade de frutos (29.878 kg ha<sup>-1</sup>) foram obtidos com 323, 265 e 331 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. A dose de máxima eficiência econômica de N para a cultura da abobrinha foi de 322 kg ha<sup>-1</sup>, resultando em uma produtividade de frutos de 29.857 kg ha<sup>-1</sup>. O teor de nitrato na matéria seca dos frutos apresentou incremento linear em função das doses de N, verificando-se, com a maior dose, o teor de 162 mg de nitrato kg<sup>-1</sup>, valor que não representa risco para saúde humana.

**Palavras-chave:** *Cucurbita pepo*, nitrogênio, qualidade, rendimento, eficiência econômica.

# ZUCCHINI YIELD AND NITRATE ACCUMULATION IN FRUITS AS A FUNCTION OF THE NITROGEN FERTILIZATION

## ABSTRACT

Despite zucchini nutritional and commercial importance, few studies have been led with the nitrogen fertilization of the culture. This study's objective was to evaluate the zucchini yield 'Caserta' and nitrate accumulation in the fruits as a function of the nitrogen fertilization at Viçosa, Minas Gerais State, Brazil conditions. The experiment was set in a randomized block design with five rates of mineral N (0; 50; 100; 200 and 400 kg ha<sup>-1</sup>), with four replications. The number of fruits per plant, average fruit mass, fruit yield and nitrate accumulation in the fruits were evaluated. All the evaluated characteristics were significantly affected ( $p < 0.01$ ) by N rate. The maximum number of fruits per plant (7.7 units), mean fruit weight (240 g fruit<sup>-1</sup>) and fruit yield (29.81 t ha<sup>-1</sup>) were obtained with 323, 265 and 331 kg ha<sup>-1</sup> of N, respectively. The maximum economical efficiency rate of N for the culture of the zucchini was 322 kg ha<sup>-1</sup>, resulting in a fruit yield of 29,857 kg ha<sup>-1</sup>. The nitrate content in the zucchini fruits presented linear increment as a function of N rates. At the highest N rate, the nitrate content in the fruit fresh matter was 162 mg kg<sup>-1</sup>. However, this nitrate contents value doesn't represent risk for human health.

**Key words:** *Cucurbita pepo*, nitrogen, quality, yield, economical efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

A abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) é uma planta da família das cucurbitáceas que tem a região central do México e sul dos Estados Unidos da América como

centro de diversidade. No Brasil, também é conhecida como abóbora de moita, abobrinha italiana, caserta, abobrinha de tronco (FILGUEIRA, 2008).

A abobrinha situa-se entre as dez hortaliças de maior valor econômico apresentado uma importância econômica elevada principalmente no centro e sul do Brasil (CARPES et al., 2008). A produtividade média no Brasil oscila em torno de 8-10 t ha<sup>-1</sup> (FILGUEIRA, 2008), todavia essa é muito variável em função do nível de tecnologias aplicadas e das características peculiares de cada cultivar (PUIATTI e SILVA, 2005).

A adubação nitrogenada é fundamental para a obtenção de adequada produtividade. A dose adequada de nitrogênio é variável de acordo com vários fatores entre os quais a produtividade almejada, cultivar, técnicas de manejo, fonte e condições edafoclimáticas. Apesar da relativa importância econômica e nutricional da abobrinha, poucos estudos têm sido conduzidos em relação à fertilização da cultura, sobretudo a nitrogenada. Na literatura, a maioria dos trabalhos relativos à fertilização aborda outras espécies de cucurbitáceas, de maior valor econômico, tais como melão e melancia.

O nitrogênio é um nutriente que influencia os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando a relação fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (QUEIROGA et al., 2007).

Resultados de trabalhos com as culturas do melão (QUEIROGA et al., 2007), melancia (ANDRADE JUNIOR et al., 2006) e maxixe (OLIVEIRA et al., 2008) têm demonstrado aumentos no número e na massa média de fruto e, conseqüentemente, da produtividade, com a elevação das doses de N. Entretanto, a adubação nitrogenada

se constitui atualmente em assunto polêmico, pois quando aplicada em excesso pode resultar na redução da qualidade e segurança nutricional devido ao acúmulo de nitrato. O nitrato, quando ingerido em grandes quantidades, pode causar graves consequências à saúde, como formação de nitrosaminas, substância potencialmente carcinogênica, além da metahemoglobinemia ou sangue azul que reduz o transporte de oxigênio no sangue (BOINK e SPEIJERS, 2001; ADDISCOTT e BENJAMIN, 2004).

Algumas estimativas apontam que as hortaliças correspondem ao grupo de alimentos que mais contribui para a ingestão de nitrato pelo homem, sendo responsáveis por cerca 72 e 94 % da ingestão diária (TURAZI et al., 2006). De forma geral, as folhosas como alface, espinafre, repolho, entre outras, apresentam tendência para acumular altos teores de nitrato em suas folhas (BENINNI et al., 2002; MANTOVANI et al., 2005), havendo grande interesse em monitorar o teor de nitrato nestas plantas (BENINNI et al., 2002). Já hortaliças de flores e frutos, a exemplo da couve-flor e tomate, geralmente mostram tendência de menor acúmulo de nitrato (FYTIANOS e ZAROGIANNIS, 1999). Na literatura, não foram encontrados dados referentes ao acúmulo de nitrato em frutos de abobrinha, bem como a influência da adubação nitrogenada sobre esse acúmulo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos da abobrinha em função da adubação nitrogenada.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, textura Franco Argilo-Arenosa, com as seguintes características químicas (camada de 0-20 cm): pH em H<sub>2</sub>O = 6,8; K = 148,0 mg dm<sup>-3</sup>; P = 153,4 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 4,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S = 19,8 mg dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 1,49 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e matéria orgânica = 1,5 dag kg<sup>-1</sup>.

As mudas de abobrinha 'Caserta' foram produzidas em ambiente protegido, em bandejas de isopor de 128 células, utilizando-se substrato comercial. A semeadura foi realizada em 23/09/2008, e as mudas transplantadas para o local de cultivo em 09/10/2008, quando apresentaram duas folhas definitivas. O experimento foi constituído de cinco doses de N (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>), no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Utilizou-se o espaçamento de 1,0 m x 0,60 m, contendo uma planta por cova. A parcela experimental foi constituída de 20 plantas, dispostas em 4 fileiras com 5 plantas cada. A área útil da parcela correspondeu àquela ocupada pelas seis plantas centrais das fileiras centrais.

A adubação mineral (P, K e micronutrientes) foi determinada mediante análise química do solo e recomendações para a cultura no estado de Minas Gerais (CARRIJO et al., 1999). Foram aplicados: 225 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples; 100 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio; 15 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco; 10 kg ha<sup>-1</sup> de bórax; 10 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de cobre e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de molibdato de amônio. As doses de N foram aplicadas na forma de sulfato de amônio em razão de essa ser a principal fonte de adubo nitrogenado empregada na cultura. Além disso, o solo da área empregada apresentava disponibilidade alta de S (ALVAREZ V. et al., 1999), além de ter sido veiculado, aproximadamente, 25 kg ha<sup>-1</sup> desse nutriente como elemento acompanhante do superfosfato simples, sulfato de zinco e sulfato de cobre. Portanto, essas condições são suficientes para eliminar possíveis interferências do S adicionado mediante a aplicação das doses crescentes de N na forma de sulfato de amônio.

Aos 10 dias antes do transplante das mudas, foram aplicadas as totalidades de P e de micronutrientes, além de 40 % do K e de 30 % da dose de N avaliada. O restante do N e do K foi aplicado em duas coberturas, ao redor das plantas, seguido de irrigação. A primeira cobertura foi realizada aos 15 dias após o transplante e a segunda 25 dias após a primeira (PUIATTI e SILVA, 2005).

O preparo do solo constou de aração, gradagem e abertura de sulcos distanciados de 1,0 m e a profundidade de 0,25 cm. Os adubos de plantio foram distribuídos nos sulcos, incorporados e cobertos. Durante a condução da cultura foram realizadas capinas manuais, com auxílio de enxada, e irrigações periódicas por aspersão convencional, de acordo com as necessidades da cultura. Assim, as plantas de abobrinha não sofreram competição por plantas daninhas nem estresse hídrico durante o desenvolvimento.

Os frutos foram colhidos a cada dois dias, de forma manual, no estágio imaturo, quando apresentavam características comerciais da cultivar, ou seja, 15 a 20 cm de comprimento, 4 a 6 cm de diâmetro e com peso médio de 200 a 250 g (com exceção dos tratamentos onde foram aplicadas as menores doses de N, onde os frutos não alcançaram tais características). O número de frutos por planta foi obtido pela contagem de todos os frutos colhidos divididos pelo número de plantas, em cada tratamento. A massa média de fruto correspondeu à razão entre produção total de frutos e número de frutos colhidos, em cada tratamento. Também foi estimada a produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Para determinação do teor de nitrato nos frutos, foram empregadas amostras de frutos colhidos no pico produtivo da cultura. Os frutos com tamanho comercial foram coletados, lavados em água de torneira e, posteriormente, em água deionizada. Em seguida os frutos foram seccionados em cubos, pesados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a  $75^{\circ}\text{C}$ , até atingirem peso constante. Após a pesagem foi calculado o teor de matéria seca. Posteriormente, amostras secas de fruto foram trituradas em moinho tipo Wiley e tamisadas em peneira de 20 mesh. Na matéria seca dos frutos, após a extração com água em banho-maria a  $45^{\circ}\text{C}$ , durante uma hora, determinaram-se as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  por colorimetria, em

espectrofotômetro a 410 nm (CATALDO et al., 1975). Com base nos teores de matéria seca e fresca dos frutos, os teores de nitrato na matéria seca foram convertidos para teores na matéria fresca.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise variância, com desdobramento do efeito das doses de N em regressão, considerando-se até  $p < 0,05$ . A escolha do modelo, além da significância do ajuste do ( $R^2$ ), levou em consideração a explicação biológica do fenômeno em estudo. As análises estatísticas foram realizadas no software SAEG, versão 9.1 (SAEG, 2007).

A dose de máxima eficiência econômica de N foi calculada igualando-se a derivada primeira da equação de regressão referente a produtividade de frutos de abobrinha em função das doses de N à relação entre preços do insumo (R\$  $\text{kg}^{-1}$  de N) e do produto (R\$  $\text{kg}^{-1}$  de frutos de abobrinha) (RAIJ, 1991). Foram considerados no cálculo os preços médios de comercialização do insumo e do produto empregados no estado de Minas Gerais, no ano de condução do experimento (2008), que foram de R\$ 3,50 por kg de N (empregando como fonte o sulfato de amônio) (CONAB, 2011) e R\$ 0,80 por kg de frutos de abobrinha (preço médio de frutos de abobrinha, considerando o valor médio de comercialização nas seis unidades da CEASA-MG), (CEASA-MG, 2011).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A cultura da abobrinha respondeu positivamente à adubação nitrogenada, uma vez que todas as características avaliadas foram influenciadas ( $p < 0,01$ ) pelas doses de N (Figuras 1 a 4).

Os valores das características número de frutos por planta, massa média de frutos e produtividade de frutos, em função do incremento das doses de N, se ajustaram ao modelo quadrático (Figuras 1; 2 e 3). O número máximo de frutos por planta foi

7,7 unidades, obtido com a dose estimada de 323 kg ha<sup>-1</sup> de N; esse resultado corresponde a um incremento de 4,3 vezes em relação à testemunha.

Quanto à massa média de frutos (Figura 2), a dose estimada de 265 kg ha<sup>-1</sup> de N foi responsável pela máxima massa média de frutos (240 g fruto<sup>-1</sup>). Esse resultado corresponde a incremento de 0,54 vezes em relação à testemunha.

A máxima produtividade de frutos de abobrinha (29.878 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a dose estimada de 331 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3). Esse resultado corresponde a um incremento de 7,4 vezes, em relação à testemunha.

O N influencia processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando a relação fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (QUEIROGA et al., 2007). Os resultados encontrados nesse trabalho indicam que o efeito da adubação nitrogenada sobre a produção da abobrinha ocorreu em função do aumento do número e da massa média de frutos sendo, portanto estas características determinantes na produtividade da cultura. Resultados semelhantes foram obtidos com outras cucurbitáceas, como da melancia (ANDRADE JUNIOR et al., 2006), melão (QUEIROGA et al., 2007) e maxixe (OLIVEIRA et al., 2008), que apresentaram aumento de produtividade como resultado do aumento do número de frutos por planta e da massa média de fruto, obtidos com a elevação das doses de N.

Para o melão cantaloupe, COELHO (2001) verificou que a dose de N responsável pela máxima produção comercial de frutos foi 312 e 344 kg ha<sup>-1</sup> para o cultivo em ambiente protegido e a campo, respectivamente. Ainda para o melão cantaloupe em ambiente protegido, QUEIROGA et al. (2007) verificaram que a doses

309,7 kg ha<sup>-1</sup> foi a responsável pela máxima produção comercial de frutos. Tais doses de N são semelhantes à observada neste trabalho como a responsável pela máxima produtividade de frutos de abobrinha, que foi de 331 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Para o cultivo da abobrinha no Estado de Minas Gerais, é recomendado o emprego de dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para uma produtividade de frutos esperada de 15 a 18 t ha<sup>-1</sup> (CARRIJO et al., 1999). Com essa dose recomendada em MG a produtividade estimada seria de 19,2 t ha<sup>-1</sup>. Esse valor é apenas 65% da máxima produtividade obtida no presente estudo. Portanto, nas condições em que esse trabalho foi realizado, os resultados obtidos sugerem que é possível alcançar maior produtividade da abobrinha com a aplicação de maior dose de N do que a recomendada para Minas Gerais, permitindo melhor exploração do potencial produtivo da cultura. É importante mencionar que a época de plantio e condução do experimento (Primavera) pode ter contribuído para a alta produtividade obtida, uma vez que nessa época a população de afídeos (vetores de viroses) costuma ser menor. Com isso, teve-se baixa incidência de viroses, fator limitante a produção da abobrinha em diversas regiões no Brasil, o que deve ter contribuído para o elevado desempenho produtivo da cultura.

Atualmente, a sustentabilidade é o grande desafio da produção agrícola, sendo que a otimização dos fatores de produção é de fundamental importância para alcançar a produção sustentável, principalmente no que se refere ao uso de fertilizantes. Diante desse aspecto é interessante mensurar a dose de máxima eficiência econômica dos fertilizantes.

No presente trabalho, a fórmula obtida para a determinação da dose de máxima eficiência econômica de N foi:

$$\text{Dose de N} = \frac{(158,72 - Y)}{2 \cdot (0,2394)}$$

Onde: Y é a relação entre os preços do insumo e do produto.

Dessa forma, a dose de máxima eficiência econômica de N para a produtividade da cultura da abobrinha foi de 322 kg ha<sup>-1</sup>, para Y = 4,375, com produtividade de frutos de aproximadamente 29.857 kg ha<sup>-1</sup>, o que representa incremento de 7,4 vezes em relação à testemunha. A dose de máxima eficiência econômica de N foi próxima daquela responsável pela máxima produtividade de frutos de abobrinha (97% da mesma), indicando que a cultura da abobrinha apresenta elevada resposta em termos econômicos ao emprego de N.

O teor de nitrato nos frutos de abobrinha apresentou incremento linear em função das doses crescentes de N, verificando-se na dose máxima aplicada o teor de 162 mg kg<sup>-1</sup> de nitrato na matéria fresca (Figura 4). Esse resultado corresponde ao incremento de três vezes, em relação à testemunha. Com a dose de máxima eficiência econômica de N (322 kg ha<sup>-1</sup>) para produtividade de frutos de abobrinha, o teor de nitrato na matéria fresca dos frutos seria 138 mg kg<sup>-1</sup>. O acúmulo de nitrato pelas plantas ocorre quando há excesso de absorção de nitrogênio em relação à capacidade de assimilação deste nutriente, uma vez que havendo N disponível no sistema para absorção a planta tende a absorvê-lo além de sua demanda e estocá-lo nos vacúolos na forma de nitrato (MARSCHNER, 1995).

Os resultados nesse trabalho demonstram que a elevação na disponibilidade de N é um fator determinante no acúmulo de nitrato pelas plantas, reforçando o proposto na literatura por diversos autores. Incremento no teor de nitrato em função de doses de N tem sido preconizado na literatura para diferentes hortaliças, como repolho, espinafre (CHEN et al., 2004), alface (PÔRTO et al., 2008), tomate (FERREIRA et al., 2006), dentre outras.

Apesar do acúmulo de nitrato observado, o máximo teor de nitrato em frutos de abobrinha obtido nesse trabalho é bastante inferior aos preconizados na literatura para outras hortaliças, principalmente folhosas como alface, repolho e espinafre, dentre

outras. Diversos trabalhos têm demonstrado que hortaliças folhosas apresentam tendência para acumular altos teores de nitratos em suas folhas (FYTIANOS e ZAROGIANNIS, 1999; BENINNI et al., 2002; CHEN et al., 2004; MANTOVANI et al., 2005), enquanto que hortaliças de flores e frutos, geralmente, mostram tendência de menor acúmulo de nitrato (FYTIANOS e ZAROGIANNIS, 1999). As razões estariam ligados ao fato do N, ao ascender no caule via corrente xilemática é dirigido, preferencialmente, às parte da planta com maior taxa transpiratória que são, normalmente, as folhas, justificando o fato de que as hortaliças folhosas tendem a apresentar maior risco de acumular elevados teores de nitrato (KROHN et al., 2003).

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceram o limite de ingestão diária aceitável de nitrato pelo homem de  $3,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa corporal (WHO, 1995). Considerando esse limite, e partindo do maior teor de nitrato encontrado nos frutos de abobrinha, de forma a desprezar a contribuição das demais fontes de nitrato para o homem, verifica-se que uma pessoa com 70 kg de massa corporal poderia consumir, diariamente, até 1,6 kg de frutos de abobrinha. Portanto, essa quantidade está bastante acima das estimativas de consumo de uma pessoa normal com essa condição corporal, demonstrando que o valor obtido na maior dose de N utilizada não forneceria risco à saúde humana.

#### **4. CONCLUSÕES**

1. É possível alcançar maior produtividade de frutos na cultura da abobrinha com a aplicação de maior dose de N do que a recomendada para Minas Gerais, permitindo melhor exploração do potencial produtivo da cultura.

2. A dose de máxima eficiência econômica de N para a produtividade da cultura da abobrinha foi de 322 kg ha<sup>-1</sup>, para Y = 4,375, com produtividade de frutos de aproximadamente 29.857 kg ha<sup>-1</sup>.
3. Mesmo diante do emprego de doses elevadas de N, o acúmulo de nitrato em frutos de abobrinha alcançou nível pouco provável de ser considerado indesejável ao consumo humano.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos de DS ao primeiro autor e de produtividade em pesquisa para o segundo, terceiro e quarto autores. A FAPEMIG, pelo apoio para realização da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

ADDISCOTT, T.M.; BENJAMIN, N. Nitrate and human health. **Soil and Use Manage**, v.20, p.98-104, 2004.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARES, H.; ALVAREZ V., V.H. (Eds). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.25-32.

ANDRADE JUNIOR, A.S.; DIAS, N.S.; FIGUEIREDO JUNIOR, L.G.M.; RIBEIRO, V.Q.; SAMPAIO, D.B. Produção e qualidade de frutos de melancia à

aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.836-841, 2006.

BOINK, A.; SPEIJERS, G. Health effect of nitrates and nitrites, a review. **Acta Horticulturae**, n.563, p.29-36, 2001.

BENINNI, E.R.Y.; TAKAHASHI, H.W.; NEVES, C.S.V.J.; FONSECA, I.C.B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.183-186, 2002.

CEASA-MG. Central de Abastecimento do Estado de Minas Gerais. **Preços e ofertas de produtos**. 2011. Disponível em: < <http://www.ceasaminas.com.br/>>. Consultado em: 04/04/2011.

CONAB. Companhia Nacional do Abastecimento. **Preço dos insumos agropecuários**. 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Consultado em: 04/04/2011.

CARPES, R.H.; LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; LOPES, S.J.; ZANARDO, B.; PALUDO, A.L. Ausência de frutos colhidos e suas interferências na variabilidade da fitomassa de frutos de abobrinha italiana cultivada em diferentes sistemas de irrigação. **Revista Ceres**, v.55, p.590-595, 2008.

CARRIJO, I.V.; CORREIA, L.G.; TRANI, P.E. Abóbora italiana. In: RIBEIRO, A.C; GUIMARES, H.; ALVAREZ V., V.H. (Eds). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.175.

CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communication Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.71-80, 1975.

CHEN, B.M.; WANG, Z.H.; LI, S.X.; WANG, G.X.; SONG, H.X.; WANG, X.N. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate

concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. **Plant Science**, v.167, p.635-643, 2004.

COELHO, E.L. **Produtividade e qualidade de frutos de melão produzidos na estufa e no campo influenciadas por doses de nitrogênio aplicadas por gotejamento**. 2001. 79f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa:

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R.; DANTAS, J.P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.141-145, 2006.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**. 3. ed., Viçosa: Editora UFV, 2008. 421p.

FYTIANOS, K.; ZAROGIANNIS, P. Nitrate and nitrite accumulation in fresh vegetables from Greece. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 62, p.187-192. 1999.

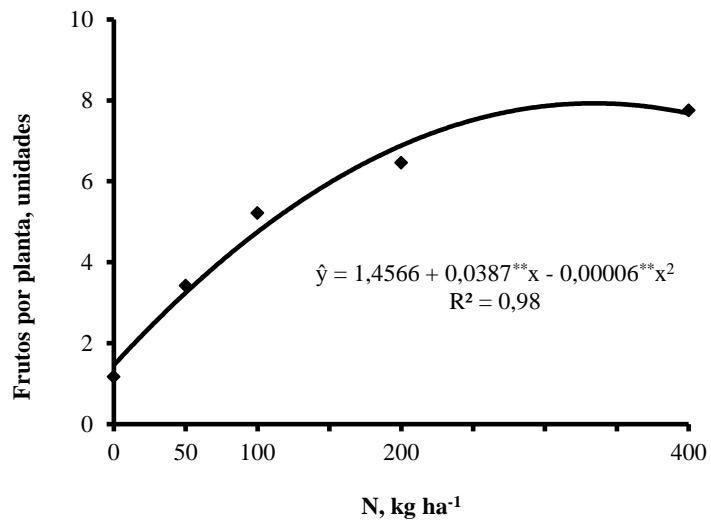
KROHN, N.G.; MISSIO, R.F.; ORTOLAN, M.L.; BURIN, A.; STEINMACHER, D.A.; LOPES, M.C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.216-219, 2003.

MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Produção de alface acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.758-762, 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**, 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.

OLIVEIRA, A.P.; OLIVEIRA, A.N.P.; ALVES, A.U.; ALVES, E.U.; SILVA, D.F.; SANTOS, R.R.; LEONARDO, F.A.P. Rendimento do maxixeiro adubado com doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p.533-536. 2008.

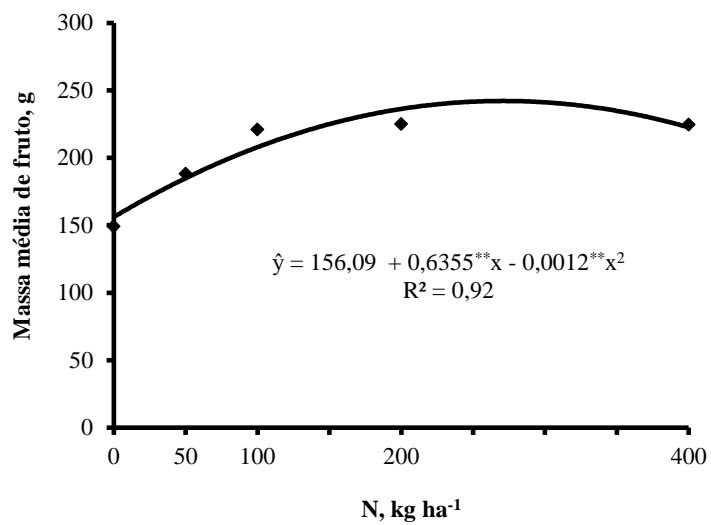
- PÔRTO, M.L.; ALVES, J.C.; SOUZA, A.P.; ARAUJO, R.C.; ARRUDA, J.A. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitrogen supply and organic fertilization. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.227-230, 2008.
- PUIATTI, M.; SILVA, D.J.H. Abóboras e morangas. In: FONTES, P.C.R. (Ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: DFT - Setor de Olericultura/UFV, 2005. p. 279-297.
- QUEIROGA, R.C.F.; PUIATTI, M.; FONTES, P.C.R.; CECOM, P.R.; FINGER, F.L. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.550-556, 2007.
- RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.
- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas. Versão 9.1. Viçosa: Fund. Arthur Bernardes. 2007.
- TURAZI, C.M.V.; JUNQUEIRA, A.M.R.; OLIVEIRA, S.A.; BORGIO, L.A. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, 24, p.65-70, 2006.
- WHO. World Health Organization. **Evaluation of certain food additives and contaminants. (Forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)**. Geneva: FAO/WHO, 1995. 54p. (WHO Technical Report Series, 859)



**Figura 1.** Número de frutos por planta de abobrinha em função de doses de N.

\*\* :

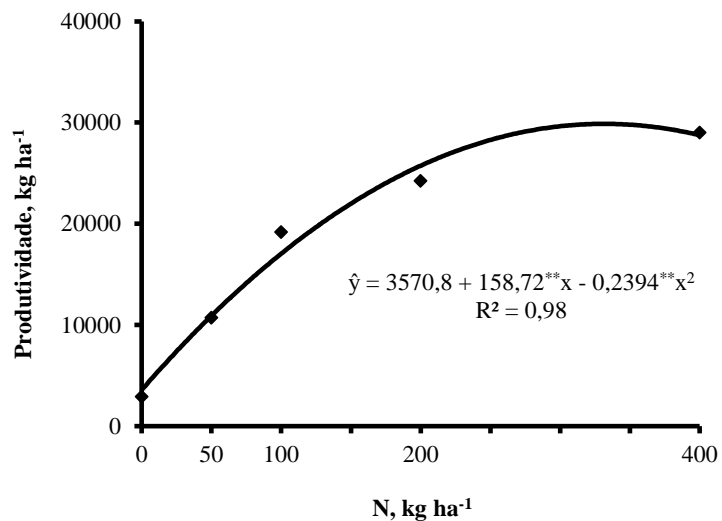
Significativo a  $p < 0,01$ , pelo teste t.



**Figura 2.** Massa média de fruto de abobrinha em função de doses de N.

\*\* : Significativo

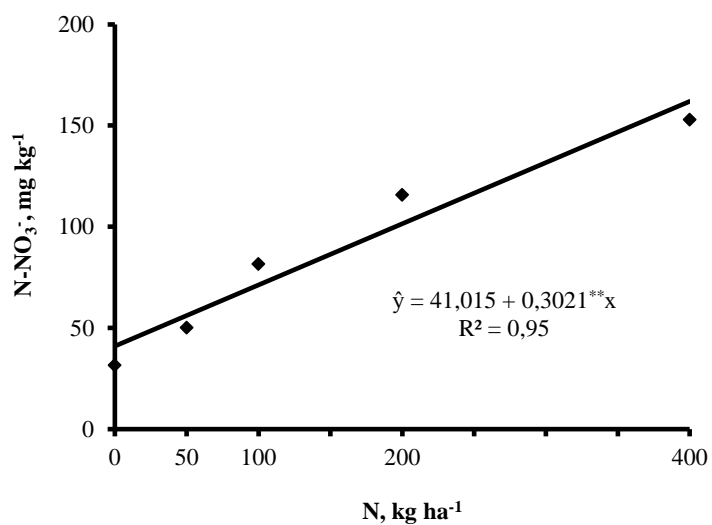
a  $p < 0,01$ , pelo teste t.



**Figura 3.** Produtividade de frutos de abobrinha em função de doses de N.

\*\* : Significativo

a  $p < 0,01$ , pelo teste t.



**Figura 4.** Teor de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) na matéria fresca de frutos de abobrinha em função de doses de N.

\*\* : Significativo a  $p < 0,01$ , pelo teste t.

## ARTIGO 2

### ÍNDICE SPAD PARA O DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DA ABOBRINHA

**Mônica L Pôrto<sup>1</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Holfes, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Holfes, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq.  
E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

Preparado de acordo com as normas da Horticultura Brasileira  
(Artigo publicado em *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 3, p. 311-315, 2011)

PÔRTO ML; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR; ALVES JC; ARRUDA JA. 2011. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. *Horticultura Brasileira* 29: 311-315.

## **Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha**

**Mônica L Pôrto<sup>1</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Hofls, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Hofls, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq.  
E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

### **RESUMO**

O índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio das culturas tem sido bastante pesquisado nos últimos anos. Entretanto, não existem trabalhos conclusivos acerca do seu emprego para a cultura da abobrinha. O objetivo do trabalho foi avaliar o emprego do índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha (cv. Caserta). O experimento, com cinco doses de N (0, 50, 100, 200 e 400 kg/ha) foi conduzido a campo, no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. No início do florescimento, determinaram-se o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, das plantas. O teor de clorofila total, o índice SPAD e teor de N total nas folhas aumentaram de forma quadrática com aumento das doses de N. Os níveis críticos foliares estimados de teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N responsáveis pela máxima produtividade da cultura da abobrinha foram de 5,12 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca, 55,62 unidades SPAD e 3,97 dag/kg de matéria seca, respectivamente. Houve correlação linear e positiva das características avaliadas entre si. Os resultados deste trabalho indicam que o índice SPAD, determinado no início da fase reprodutiva, pode ser usado no diagnóstico do estado de nitrogênio da cultura da abobrinha.

**Palavras-chave:** *Cucurbita pepo*, clorofila, nutrição mineral.

## **ABSTRACT**

### **SPAD index for nitrogen status diagnosis of zucchini plants**

The employment of SPAD index for N status diagnosis of crops has been largely studied in recent years. However, conclusive studies about its usefulness in zucchini plants were not found in literature. The objective of this study was to evaluate the employment of SPAD index for N status diagnosis of zucchini plants (Caserta cv.). The experiment was carried out in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil, in a randomized block design with five rates of mineral N (0, 50, 100, 200 and 400 kg/ha), with four replications. At the early flowering stage, total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration in the fourth fully expanded leaf from the apex of zucchini plants were evaluated. The total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration in zucchini leaves increased following a quadratic model as a function of the N rates. The estimated critical levels of total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration on zucchini leaves responsible for maximum fruit yield were 5.12 mg/g of fresh matter, 55.62 units and 3.97 dag/kg of dry matter, respectively. Significant linear and positive correlation between the evaluated characteristics was observed. The results indicate that the SPAD index can be used for N status diagnosis of zucchini plants.

**Key words:** *Cucurbita pepo*, chlorophyll, mineral nutrition.

**(Recebido para publicação em 18 de agosto de 2010; aceito em 9 de agosto de 2011)**

***(Received on August 18, 2010; accepted on August 9, 2011)***

O emprego de medidas indiretas para determinar o estado nutricional das plantas tem sido objeto de pesquisas para várias culturas. Trabalhos de pesquisa têm demonstrado que, para algumas culturas, a concentração de clorofila ou o enverdecimento das folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de N. Isso ocorre pelo fato de que 70% do N contido nas folhas estão nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (Marenco & Lopes, 2005). Por essa razão, o teor de clorofila no início da fase reprodutiva tem sido relacionado com o estado nutricional de N de diversas culturas (Argenta *et al.*, 2001).

Não obstante, o método de extração e de determinação da clorofila em laboratório (Arnon, 1949), ainda que fácil, apresenta algumas desvantagens, como grande consumo de tempo, coleta destrutiva do material vegetal, extração via maceração com acetona 80% e leitura em espectrofotômetro (Ferreira *et al.*, 2006). Por outro lado, a determinação da cor verde da folha é possível de ser realizada de maneira rápida por meio de clorofilômetro. O SPAD-502 é um clorofilômetro portátil que proporciona leitura instantânea, de maneira não destrutiva, sendo uma alternativa para avaliar o estado de N da planta em tempo real, pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha (Gil *et al.*, 2002; Fontes & Araújo, 2007).

O medidor portátil SPAD-502 avalia, quantitativamente, a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e a 940 nm, onde não ocorre absorção (Gil *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2006). Com estes dois valores, o equipamento calcula um número ou índice SPAD que, normalmente, é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha e pode identificar deficiência de N, além de ter potencial de identificar situações onde a aplicação adicional de N não seja necessária (Gil *et al.*, 2002).

Índices SPAD obtidos em folhas de diversas espécies apresentaram correlação positiva com a suficiência de N, podendo este ser considerado um índice apropriado para avaliar o estado de N das culturas (Blackmer & Schepers, 1995; Gil *et al.*, 2002; Fontes & Araújo, 2007). O medidor portátil SPAD-502 tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado de N em algodão (Neves *et al.*, 2005), arroz (Carreres *et al.*, 2000), batata (Gil *et al.*, 2002), feijoeiro comum (Silveira *et al.*, 2003), milho (Argenta *et al.*, 2001), pimentão (Madeira *et al.*, 2003), pepino (Güler & Büyük, 2007), tomate (Guimarães *et al.*, 1999; Sandoval-Villa *et al.*, 2000; Güler & Büyük, 2007), entre outras culturas. Entretanto, em se tratando de cucurbitáceas, trabalhos dessa natureza ainda são incipientes na literatura.

Em razão do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do índice SPAD para o diagnóstico do estado de N na cultura da abobrinha (*Cucurbita pepo* cv. Caserta).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental da Horta de Pesquisas do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, textura Franco Argilo-Arenosa, com as seguintes características químicas (camada de 0-20 cm): pH em H<sub>2</sub>O = 6,8; K = 148,0 mg/dm<sup>3</sup>; P = 153,4 mg/dm<sup>3</sup>; Ca = 4,1 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg = 0,7 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; S = 19,8 mg/dm<sup>3</sup>; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; H + Al = 1,49 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e matéria orgânica = 1,5 dag/kg.

As mudas de abobrinha (*Cucurbita pepo* L. cv. Caserta) foram produzidas em ambiente protegido, em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, utilizando-se substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>. A semeadura, uma semente por célula, foi realizada em 23/09/2008, e as mudas, transplantadas para o local de cultivo em 09/10/2008, quando apresentaram duas folhas definitivas.

O experimento foi constituído de cinco doses de N (0, 50, 100, 200 e 400 kg/ha), no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Utilizou-se o espaçamento de 1,0 m x 0,60 m, contendo uma planta por cova. A parcela experimental foi constituída de 20 plantas, dispostas em quatro fileiras com 5 plantas cada uma. A área útil da parcela correspondeu àquela ocupada pelas seis plantas centrais das fileiras centrais.

A adubação mineral (P, K e micronutrientes) foi determinada mediante análise química do solo e recomendações para a cultura da abobrinha no estado de Minas Gerais (Carrizo *et al.*, 1999). Foi aplicado o equivalente a: 15 t/ha de esterco bovino curtido, 225 kg/ha de superfosfato simples, 100 kg/ha de cloreto de potássio, 15 kg/ha de sulfato de zinco, 10 kg/ha de bórax, 10 kg/ha de sulfato de cobre e 0,5 kg/ha de molibdato de amônio. As doses de N foram aplicadas na forma de sulfato de amônio em razão de essa ser a principal fonte de adubo nitrogenado empregada na cultura na região. Além disso, o solo da área empregada apresentava disponibilidade alta de S (Alvarez V. *et al.*, 1999), além de terem sido veiculados, aproximadamente, 50 kg/ha de S como elemento acompanhante do superfosfato simples, sulfato de zinco e sulfato de cobre. Portanto, essas condições são suficientes para eliminar possíveis interferências do S adicionado mediante a aplicação das doses crescentes de N na forma de sulfato de amônio.

Dez dias antes do transplante das mudas, foram aplicadas as totalidades do esterco bovino, de P e de micronutrientes, além de 40% do K e de 30% das doses de N. O restante do N e do K foi aplicado em duas coberturas: a primeira cobertura foi realizada 15 dias após o transplante e a segunda 25 dias após a primeira (Puiatti & Silva, 2005). A aplicação foi ao redor das plantas, seguida de irrigação por aspersão.

O preparo do solo constou de aração, gradagem e abertura de sulcos distanciados de 1,0 m e à profundidade de 0,25 m. Os adubos de plantio foram distribuídos nos sulcos, incorporados e cobertos. Durante a condução da cultura, foram realizadas capinas manuais, com auxílio de enxada, mantendo as plantas sem competição com plantas invasoras. As irrigações foram periódicas, por aspersão convencional, de acordo com as necessidades da cultura. Assim, as plantas de abobrinha não sofreram competição por plantas daninhas nem estresse hídrico durante o desenvolvimento.

No início do florescimento, 28 dias após o transplante das mudas, determinou-se o índice SPAD na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice. As medições foram realizadas entre as 7 e 9 h, utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta Camera Co. Ltd.). Foram realizadas cinco medições do índice SPAD por folha, na região central do limbo foliar de cada planta da parcela útil, totalizando 30 medições por parcela, em cada tratamento, sendo utilizada a média para representar os tratamentos.

Imediatamente após o término das leituras, as folhas foram destacadas de cada planta, acondicionadas em sacos de plástico escuro e levadas ao laboratório, onde foram mantidas sob refrigeração. Em seguida, tomou-se uma amostra composta de 0,1 g de massa de matéria fresca das folhas que haviam sido usadas para a leitura do índice SPAD; essas amostras foram maceradas em acetona a 80 %, na presença de  $\text{CaCO}_3$ . Os extratos obtidos foram filtrados através de papel-filtro rápido, sendo os eluatos coletados em balões volumétricos, completando-se o volume ao final da filtração para 50 ml. A densidade ótica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro a 645 e 663 nm, utilizando cubetas de quartzo. A partir dessas leituras, determinou-se a concentração de clorofila nas soluções de leitura, de acordo com o proposto por Arnon (1949). Os valores das concentrações de clorofila total no limbo foliar foram expressos em base de massa (mg/g de matéria fresca).

Posteriormente, o restante das folhas foi acondicionado em sacos de papel, secos em estufa de circulação forçada de ar a 75°C, até atingirem peso constante. Depois de pesados, foram passados em moinho tipo Wiley com peneira de 20 mesh e armazenados.

Nas amostras de matérias secas das folhas, após a extração com água em banho-maria a 45°C, durante uma hora, determinaram-se as concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por colorimetria, em espectrofotômetro a 410 nm (Cataldo *et al.*, 1975). Determinaram-se, ainda, após digestão sulfúrica, os teores de N-orgânico na matéria seca das folhas por meio do reagente de Nessler (Jackson, 1982). Posteriormente, calcularam-se os valores de N-total a partir da soma dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e de N-orgânico.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, com desdobramento do efeito das doses de N em regressão, considerando-se até 5% de probabilidade. A escolha do modelo, além da significância do ajuste do (R<sup>2</sup>), levou em consideração a explicação biológica do fenômeno em estudo. Também foi realizada análise de correlação de Pearson entre as características analisadas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAEG, versão 9.1 (SAEG, 2007).

A partir da dose de 331 kg/ha de N, dose responsável pela máxima produtividade de frutos de abobrinha (29,81 t/ha) (Pôrto *et al.*, 2009), foram calculados os valores dos níveis críticos do teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N nas folhas de abobrinha, seguindo método descrito em Fontes (2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de clorofila total, o índice SPAD e o teor de N total nas folhas de abobrinha foram significativamente afetados ( $p < 0,01$ ) pelas doses de N (Figuras 1 a 3). O teor de clorofila total e índice SPAD apresentaram comportamento bastante similar, com resposta quadrática em função da elevação das doses de N (Figura 1 e 2). Esses resultados corroboram os obtidos por outros autores para as culturas da abóbora (Swiader & Moore, 2002), algodão (Neves *et al.*, 2005), batata (Gil *et al.*, 2002), feijoeiro comum (Silveira *et al.*, 2003), melão (Azia & Stewart, 2001), tomate (Ferreira *et al.*, 2006) dentre outras culturas, nos quais foram constatados aumentos nos teores de clorofila total e, ou, valores de índice SPAD nas folhas das plantas com incremento na dose de N aplicada. O N é um nutriente que participa da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila, de modo que o aumento do suprimento de N às plantas, até determinado limite, proporciona incremento no teor de clorofila e intensidade de cor verde nas folhas da planta (Fontes & Araújo, 2007).

Com o emprego da dose de 331 kg/ha de N, dose responsável pela máxima produtividade de frutos de abobrinha (Pôrto *et al.*, 2009), os valores dos níveis

críticos estimados do teor de clorofila total e índice SPAD foram 5,12 mg/g de massa de matéria fresca e de 55,62 unidades SPAD, respectivamente. O nível crítico de índice SPAD obtido no presente trabalho para a cultura da abobrinha se encontra próximo à faixa de valores de níveis críticos de índice SPAD (associados com a máxima produtividade) relatados por Swiader & Moore (2002) para cultura da abóbora. Esses autores encontraram valores de 56,7 e de 59,0 unidades determinados em folhas novas recentemente expandidas, durante a fase de antese, em cultivos de sequeiro e sob irrigação, em experimentos realizados em Urbana, Illinois, nos Estados Unidos.

O teor de N total na matéria seca das folhas de abobrinha também apresentou resposta quadrática em função do incremento das doses de N (Figura 3). Com o emprego da dose responsável pela máxima produtividade de frutos de abobrinha (331 kg/ha de N) (Pôrto *et al.*, 2009), o nível crítico estimado do teor de N foliar foi 3,97 dag/kg na matéria seca. Esse teor de N encontra-se muito próximo da faixa considerada suficiente por Jones Jr *et al.* (1991) para a cultura da abobrinha, que seria de 4,0 a 6,0 dag/kg na matéria seca, diante da elevada produtividade obtida de 29,81 t/ha de frutos (Pôrto *et al.*, 2009). Essa produtividade é bastante acima da média nacional, que é de 8-10 t/ha (Filgueira, 2008); portanto, pode-se inferir que, nessas condições, as plantas apresentavam-se adequadamente nutridas quanto a esse nutriente.

Foram verificadas elevadas correlações entre as características estudadas, com correlações de  $r = 0,96$  ( $p < 0,001$ ) entre índice SPAD e teor de clorofila total,  $r = 0,93$  ( $p < 0,001$ ) entre índice SPAD e teor de N total, e  $r = 0,96$  ( $p < 0,001$ ) entre teor de clorofila total e teor de N total. Esses resultados indicam a possibilidade de utilização do medidor portátil SPAD-502 na avaliação indireta do teor de clorofila total e na caracterização do estado de N na cultura da abobrinha. Para tal fim, foram ajustadas as seguintes equações:

$$\text{Teor de clorofila total (mg/g de matéria fresca)} = - 1,3807 + 0,1162^{**} \text{ SPAD}$$

$$\text{Teor de N total (dag/kg de matéria seca)} = - 2,6417 + 0,1175^{**} \text{ SPAD}$$

Vários trabalhos têm demonstrado que o conteúdo de clorofila, estimado com medidor portátil SPAD-502, correlaciona-se com a concentração de N na planta e também com o rendimento de diversas culturas, podendo ser usado como ferramenta auxiliar para caracterizar de forma indireta a necessidade de adubação nitrogenada (Blackmer & Schepers, 1995; Gil *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2006; Fontes & Araújo, 2007). Em hortaliças, o medidor portátil SPAD-502 tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar

o estado de N em batata (Gil *et al.*, 2002), pimentão (Madeira *et al.*, 2003), tomate (Guimarães *et al.*, 1999; Sandoval-Villa *et al.*, 2000; Güler & Büyük, 2007), dentre outras.

Em cucurbitáceas, em experimentos realizados nos Estados Unidos (Urbana, Illinois) com três cultivares/híbridos de abóbora (cultivar Libby-Select e híbridos '698 e '401') submetidos a cinco doses de N (0, 84, 168, 252 e 336 kg/ha), em cultivos sob regimes de sequeiro e irrigado, Swiader & Moore (2002) verificaram alta correlação linear positiva e significativa entre os valores do índice SPAD e os teores de N total, determinados em folhas novas recentemente expandidas, em diferentes fases de desenvolvimento da cultura (antese, início da frutificação e meio da frutificação). Os autores concluíram que o índice SPAD pode ser empregado na caracterização do estado de N das plantas e como ferramenta auxiliar para o manejo da adubação nitrogenada na cultura da abóbora. Em pepino, Güler & Büyük (2007) constataram correlação de  $r = 0,786$  ( $p < 0,001$ ) entre índice SPAD e teor de N nas folhas das plantas, indicando a possibilidade de utilização do índice SPAD na caracterização do estado de N dessa cultura.

Todavia, como o equipamento (SPAD-502) fornece leitura em unidades arbitrárias (leitura SPAD de conteúdo de clorofila, na faixa de 0,0 a 99,9), recomenda-se que ele seja calibrado com as extrações de clorofilas da cultura de interesse (Amarante *et al.*, 2008), como realizado no presente estudo.

Os resultados deste trabalho indicam que o índice SPAD, determinado no início da fase reprodutiva, pode ser usado com eficiência no diagnóstico do estado de N da cultura da abobrinha, a exemplo do que vem sendo observado para outras culturas.

## **AGRADECIMENTOS**

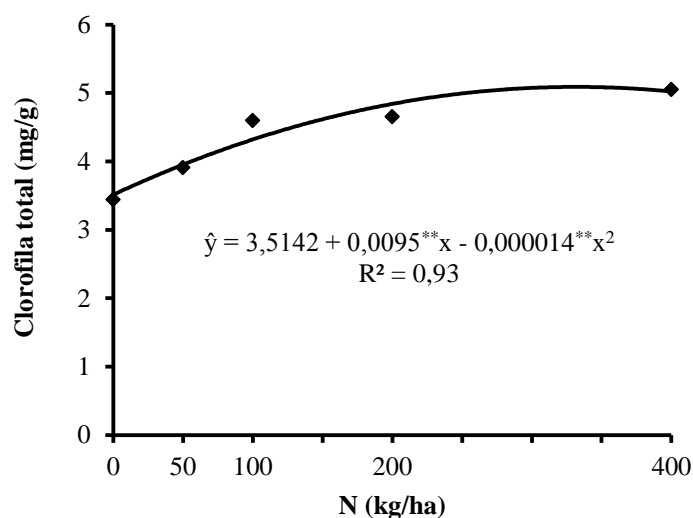
Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos de DS ao primeiro autor e de produtividade em pesquisa para o segundo, terceiro e quarto autores. A FAPEMIG, pelo apoio para realização do trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

ALVAREZ V. VH; NOVAIS RF; BARROS NF; CANTARUTTI RB; LOPES AS. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. (Eds). *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 25-32.

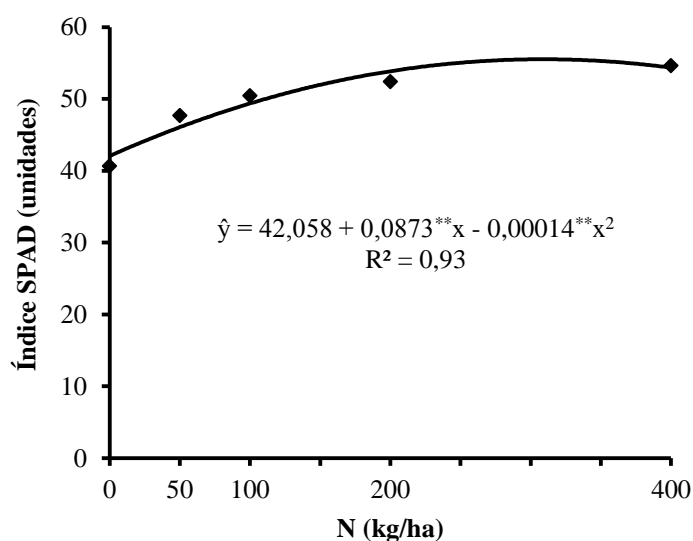
- AMARANTE CVT; BISOGNIN DA; STEFFENS CA; ZANARDI OZ; ALVES EO. 2008. Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. *Horticultura Brasileira* 26: 471-475.
- ARGENTA G; SILVA PRF; BARTOLINI CG. 2001. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. *Ciência Rural* 31: 715-722.
- ARNON DI. 1949. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxydase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24: 1-15.
- AZIA F; STEWART KA. 2001. Relationship between extractable chlorophyll and SPAD values in muskmelon leaves. *Journal of Plant Nutrition* 24: 961-966.
- BLACKMER TM; SCHEPERS J.S. 1995. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *Journal Production Agriculture* 8: 56-60.
- CARRERES R; SENDRA J; BALLESTEROS R. 2000. Effects of pre-flood nitrogen rate and midseason nitrogen timing on flooded rice. *Journal of Agricultural Science* 134: 379-390.
- CARRIJO IV; CORREIA LG; TRANI PE. 1999. Abóbora italiana. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. (Eds). *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 175.
- CATALDO DA; HAROON M; SCHRADER LE; YOUNES VL. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 6: 71-80.
- FERREIRA MMM; FERREIRA GB; FONTES PCR; DANTAS JP. 2006. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres* 53: 83-92.
- FILGUEIRA FAR. 2008. *Novo manual de olericultura*. 3. ed. Viçosa: UFV. 421p.
- FONTES PCR. 2011. *Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose*. Viçosa: O autor. 296p.
- FONTES PCR; ARAÚJO C. 2007. *Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro*. Viçosa: UFV. 148p.
- GIL PT; FONTES PCR; CECON PR; FERREIRA FA. 2002. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. *Horticultura Brasileira* 20: 611-615.
- GUIMARÃES TG; FONTES PCR; PEREIRA PRG; ALVAREZ V. VH; MONNERAT PH. 1999. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. *Bragantia* 58: 209-216.

- GÜLER S; BÜYÜK G. 2007. Relationships among chlorophyll-meter reading value, leaf N and yield of cucumber and tomatoes. *Acta Horticulturae* 729: 307-311
- JACKSON ML. 1982. *Análisis químico de suelos*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A. 662p.
- JONES JR JB; WOLF B; MILLS HA. 1991. *Plant analysis handbook*. Athens: Micro - Macro Publishing. 213p.
- MADEIRA AC; FERREIRA A; VARENNES A; VIEIRA MI. 2003. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 2461-2470.
- MARENCO RA; LOPES NF. 2005. *Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. 2. ed. Viçosa: UFV. 439p.
- NEVES OSC; CARVALHO JG; MARTINS FAD; PÁDUA TRP; PINHO PJ. 2005. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 517-521.
- PÔRTO ML; PUIATTI M; ALVES JCA; FONTES PCR; ARRUDA JA. 2009. Produtividade da abobrinha em função da adubação nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 49. *Resumos...* Águas de Lindóia: ABH. (CD ROM)
- PUIATTI M; SILVA DJH. 2005. Abóboras e morangas. In: FONTES PCR (Ed.). *Olericultura: teoria e prática*. Viçosa: DFT - Setor de Olericultura/UFV. p. 279-297.
- SAEG. 2007. *Sistema para análises estatísticas*. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes.
- SANDOVAL-VILLA M; GUERTAL EA; WOOD CW. 2000. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. *Journal of Plant Nutrition* 23: 649-661.
- SILVEIRA PM; BRAZ AJBP; DIDONET AD. 2003. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 1083-1087.
- SWIADER JM; MOORE A. 2002. SPADchlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. *Journal of Plant Nutrition* 25: 1089-1100.



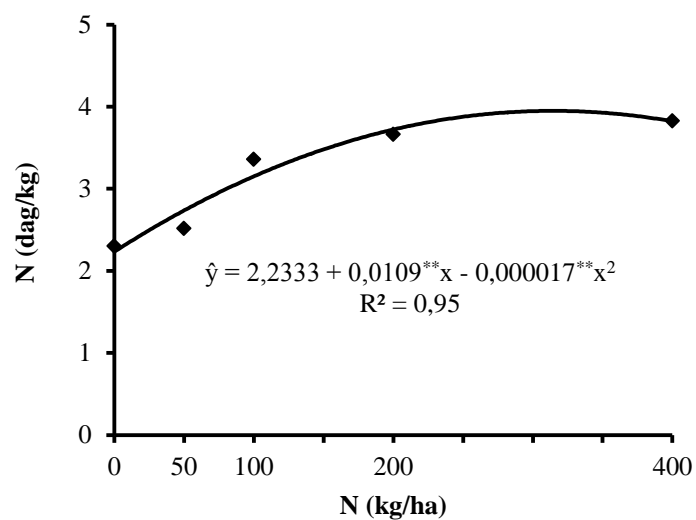
**Figura 1.** Teor de clorofila total na matéria fresca da quarta folha completamente expandida, a partir do ápice da abobrinha, em função de doses de N (Total chlorophyll concentration in fresh matter of fourth leaf fully expanded from the apex of zucchini plants as a function of the N rates). Viçosa-MG, UFV, 2009.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t (significant at 1% of probability, t test).



**Figura 2.** Índice SPAD na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice da abobrinha, em função de doses de N (SPAD index in fourth leaf fully expanded from the apex of zucchini plants as a function of the N rates.) Viçosa-MG, UFV, 2009.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t (significant at 1% of probability, t test).



**Figura 3.** Teor de N total na matéria seca da quarta folha completamente expandida, a partir do ápice da abobrinha, em função de doses de N (Total N concentration in dry matter of fourth leaf fully expanded from the apex of zucchini plants as a function of the N rates). Viçosa-MG, UFV, 2009.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t (significant at 1% of probability, t test).

### **ARTIGO 3**

## **PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NITRATO NOS FRUTOS DA ABÓBORA HÍBRIDA TIPO “TETSUKABUTO” EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA**

**Mônica L Alves Pôrto<sup>1\*</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Hoffs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Hoffs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq.  
E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

Preparado de acordo com as normas da Horticultura Brasileira

PÔRTO ML; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR. 201x. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira* x: xxx-xxx.

## **Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” em função da adubação nitrogenada**

**Mônica L Alves Pôrto<sup>1</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Hoffs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Hoffs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq. E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

### **RESUMO**

A abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” apresenta crescente importância no Brasil, sobretudo no estado de Minas Gerais. Entretanto, poucos estudos têm sido conduzidos em relação à adubação da cultura. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e o acúmulo de nitrato da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” (cv. Suprema) submetida à adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido no delineamento blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, constituído de duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio), cinco doses (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) de N e quatro repetições. Foram avaliados: número de frutos/planta, massa média de frutos, produtividade da cultura e acúmulo de nitrato nos frutos. Não foram verificados efeitos significativos de fontes e da interação entre fontes e doses de N sobre as características produtivas da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”. Entretanto, todas as características produtivas aumentaram de forma quadrática com aumento das doses de N. Os valores de máximo número de frutos/planta (6,9 unidades), máxima massa média de frutos (1.756 g/fruto) e máxima produtividade de frutos (17.165 kg ha<sup>-1</sup>) foram obtidos nas doses 339, 217 e 260 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. As doses de máxima eficiência econômica de N foram de 251 e 238 kg ha<sup>-1</sup>, resultando em produtividades de frutos de 17.150 e 17.067 kg ha<sup>-1</sup>, para o sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente. Não foi verificado aumento do teor de nitrato nos frutos com o emprego das doses de N na forma de sulfato de amônio. Entretanto, o teor de nitrato nos frutos apresentou incremento linear em função das doses de N na forma de nitrato de amônio, verificando-se, com a dose

máxima, teor de nitrato na matéria fresca de fruto de 406 mg kg<sup>-1</sup>, valor que não representa risco para saúde humana.

**Palavras-chave:** *Curcubita maxima* x *C. moschata*, nitrogênio, rendimento, eficiência econômica.

## **ABSTRACT**

### **Yield and nitrate accumulation in fruit of hybrid winter squash ("Tetsukabuto" type) in function of nitrogen fertilization**

The importance of hybrid winter squash ('Tetsukabuto' type) is rising in Brazil, especially in Minas Gerais State. However, few studies have been led in relation to the fertilization of the culture. This study's objective was to evaluate the yield and nitrate accumulation in fruit of hybrid winter squash ('Tetsukabuto' type) as a function of the nitrogen fertilization at Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. The randomized block experimental was used, arranged in a 2 x 5 factorial design, with two nitrogen sources (ammonium sulphate and ammonium nitrate) and five nitrogen doses (0; 50; 100; 200 and 400 kg ha<sup>-1</sup>), and four replicates. The number of fruits per plant, average fruit mass, fruit yield and nitrate accumulation in the fruits were evaluated. There were no significant effects of nitrogen sources and of the interaction between nitrogen sources and nitrogen doses under the productive characteristics of the hybrid winter squash ('Tetsukabuto' type). However, all the productive characteristics increased following a quadratic model as a function of the N doses. The maximum number of fruits/plant (6.9 units), maximum average fruit mass (1,756 g/fruto) and maximum fruits yield (17,165 kg ha<sup>-1</sup>) they were obtained in the doses 339, 217 and 260 kg ha<sup>-1</sup> of N, respectively. The maximum economical efficiency rates of N were 251 and 238 kg ha<sup>-1</sup>, resulting in fruit yields of 17,150 e 17,067 kg ha<sup>-1</sup>, for the ammonium sulphate and ammonium nitrate, respectively. Nitrate accumulation in fruits employing N doses in the form of ammonium sulfate was not verified. However, the nitrate content in the fruits presented lineal increment as a function of the N doses in the form of ammonium nitrate. At the highest N rate, the nitrate content in the fruit fresh matter was 406 mg kg<sup>-1</sup>. However, this nitrate contents value doesn't represent risk for human health.

**Keywords:** *Curcubita maxima* x *C. moschata*, nitrogen, yield, economical efficiency.

A abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” é um híbrido interespecífico, macho estéril, resultante do cruzamento entre moranga (*Cucurbita maxima* Duch.), como progenitor feminino, com a abóbora (*C. moschata* Duch.), como progenitor masculino (Puiatti & Silva, 2005). São plantas anuais, em que ocorre o desenvolvimento simultâneo da parte vegetativa, floração e frutificação. Apresentam caule herbáceo, rastejante, provido de gavinhas e de raízes adventícias, nos pontos de contato com o solo, que auxiliam na fixação da planta. Apresenta hábito de crescimento indeterminado, podendo as ramas atingir até 6 m de comprimento (Filgueira, 2008). No Brasil, a produtividade média da cultura é em torno de 8-15 t ha<sup>-1</sup> (Filgueira, 2008), todavia essa é muito variável em função da tecnologia aplicada e das características peculiares de cada cultivar (Puiatti & Silva, 2005).

A cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” possui elevada importância socioeconômica em diferentes regiões do país. Características como rusticidade, precocidade, elevado potencial produtivo, estabilidade de produção, uniformidade no tamanho e coloração do fruto, excelentes qualidades organolépticas (incluindo textura, sabor e reduzido tempo de cozimento) e boa conservação pós-colheita (o que facilita o transporte, a comercialização e a resistência ao armazenamento) justificam a grande aceitação do produto, principalmente, naqueles mercados mais exigentes, onde somente os frutos de alta qualidade têm maior preferência (Sediyama *et al.*, 2009).

Minas Gerais, principalmente a região Norte do estado, devido às condições edafoclimáticas favoráveis, apresenta grande potencial para a produção da cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” (Vidigal *et al.*, 2007), sendo o maior produtor brasileiro dessa cultura com, aproximadamente, 36 mil toneladas/ano e produtividade média de 15 t ha<sup>-1</sup> (Sediyama *et al.*, 2009).

A adubação nitrogenada é fundamental para a obtenção de adequada produtividade. A dose adequada de nitrogênio é variável de acordo com vários fatores entre os quais a produtividade almejada, cultivar, técnicas de manejo, fonte e condições edafoclimáticas (Pôrto *et al.*, 2012). Apesar da relativa importância econômica e nutricional da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”, poucos estudos têm sido conduzidos em relação à fertilização da cultura, sobretudo a nitrogenada. Na literatura, a maioria dos trabalhos relativos à fertilização aborda outras espécies de cucurbitáceas, de maior valor econômico, tais como melão e melancia.

O nitrogênio é um nutriente que influencia os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando a relação fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de

assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (Queiroga *et al.*, 2007). Entretanto, a adubação nitrogenada se constitui atualmente em assunto polêmico, pois quando aplicada em excesso pode resultar na redução da qualidade e segurança nutricional devido ao acúmulo de nitrato. O nitrato, quando ingerido em grandes quantidades, pode causar graves conseqüências à saúde, como formação de nitrosaminas, substância potencialmente carcinogênica, além da metahemoglobinemia ou sangue azul que reduz o transporte de oxigênio no sangue (Addiscott & Benjamin, 2004).

Algumas estimativas apontam que as hortaliças correspondem ao grupo de alimentos que mais contribui para a ingestão de nitrato pelo homem, sendo responsáveis por cerca 72 e 94 % da ingestão diária (Turazi *et al.*, 2006). De forma geral, as folhosas como alface, espinafre, repolho, rúcula, entre outras, apresentam tendência para acumular altos teores de nitrato em suas folhas (Beninni *et al.*, 2002; Mantovani *et al.*, 2005; Pôrto *et al.*, 2008), havendo grande interesse em monitorar o teor de nitrato nestas plantas (Beninni *et al.*, 2002). Já hortaliças de flores e frutos, a exemplo da couve-flor e tomate, geralmente mostram tendência de menor acúmulo de nitrato (Santamaria, 2006). Com relação a abóbora híbrida tipo “Tetsukabutô”, não foram encontrados dados referentes ao acúmulo de nitrato nos frutos dessa cultura, bem como a influência da adubação nitrogenada sobre esse acúmulo.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos da abóbora híbrida tipo “Tetsukabutô” em função da adubação nitrogenada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. O solo da área experimental foi classificado como Argisolo Vermelho-Amarelo Câmbico, textura Argila, com as seguintes características químicas (camada de 0-20 cm): pH em H<sub>2</sub>O = 5,8; P = 28,1 mg dm<sup>-3</sup>; K = 108,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 3,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S = 17,0 mg dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 5,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e matéria orgânica = 3,5 dag kg<sup>-1</sup>.

As mudas de abóbora híbrida tipo “Tetsukabutô” (cv. Suprema), foram produzidas em bandejas de isopor (72 células), utilizando-se substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>. A

semeadura foi realizada em 08/03/2010, e as mudas transplantadas para o local de cultivo em 23/03/2010, quando apresentaram duas 2 folhas definitivas.

O experimento foi constituído de 10 tratamentos, distribuídos em um fatorial 2 x 5, correspondentes a duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio) e cinco doses (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) de N. Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. A parcela experimental constou de 15 plantas, dispostas em três fileiras com cinco plantas cada, no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m. Dessas, 11 plantas foram de abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabutó’ e quatro plantas foram de abóbora ‘Menina brasileira’ (*C. moschata* Duch.) (plantas polinizadoras). A área útil da parcela foi constituída das três plantas centrais da fileira central.

A adubação com P, K e micronutrientes foi determinada mediante análise química do solo e recomendações para a cultura no estado de Minas Gerais (Casali, 1999). Foram aplicados os equivalentes a 400 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, 50 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 15 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco, 10 kg ha<sup>-1</sup> de bórax, 10 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de cobre e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de molibdato de amônio. O sulfato de amônio foi empregado como uma das fontes de N em razão de essa ser a principal fonte de adubo nitrogenado empregada na cultura. Além disso, o solo da área empregada apresentava disponibilidade alta de S (Alvarez V. *et al.*, 1999), além de ter sido veiculado, aproximadamente, 50 kg ha<sup>-1</sup> desse nutriente como elemento acompanhante do superfosfato simples, sulfato de zinco e sulfato de cobre. Portanto, essas condições são suficientes para eliminar possíveis interferências do S adicionado mediante a aplicação das doses crescentes de N na forma de sulfato de amônio.

Aos 10 dias antes do transplante das mudas foram aplicados o total recomendado de micronutrientes e do P, 30 % do N e 40 % do K. O restante do N e do K foi aplicado em duas cobertura, sendo a primeira aos 15 dias após o transplante e a segunda 25 dias após a primeira (Puiatti & Silva, 2005).

Foi utilizado o sistema de plantio direto, com abertura apenas de covas com dimensões de 0,40 x 0,40 x 0,25 m para colocação e incorporação do adubo de plantio. Durante a condução da cultura foram realizadas capinas manuais com auxílio de enxada, para manter a cultura livre da competição de plantas daninhas, irrigações por aspersão procurando manter o solo com teor de umidade suficiente para o desenvolvimento das plantas de abóbora e pulverizações para controle fitossanitário com defensivos registrados para a cultura.

A colheita dos frutos foi realizada no dia 25/06/2010, quando os frutos se apresentavam completamente maduros. O número de frutos/planta foi obtido pela contagem de todos os frutos colhidos divididos pelo número de plantas, em cada tratamento. A massa média de fruto correspondeu à produção total de frutos dividido pelo número de frutos colhidos, em cada tratamento. Também foi determinada a produção de frutos por parcela, em cada tratamento, sendo estimada a produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Para determinação do teor de nitrato nos frutos, foram empregadas amostras de frutos colhidos no pico produtivo da cultura. Os frutos com tamanho comercial foram coletados, lavados em água de torneira e, posteriormente, em água deionizada. Em seguida os frutos foram seccionados em cubos, pesados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a  $75^{\circ}\text{C}$ , até atingirem peso constante. Após a pesagem foi calculado o teor de matéria seca. Posteriormente, amostras secas de fruto foram trituradas em moinho tipo Wiley e tamisadas em peneira de 20 mesh. Na matéria seca dos frutos, após a extração com água em banho-maria a  $45^{\circ}\text{C}$ , durante uma hora, determinaram-se as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  por colorimetria, em espectrofotômetro a 410 nm (Cataldo *et al.*, 1975). Com base nos teores de matéria seca e fresca dos frutos, os teores de nitrato na matéria seca foram convertidos para teores na matéria fresca.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise variância, com desdobramento do efeito quantitativo das doses de N em regressão, considerando-se até 5% de probabilidade, utilizando o software SAEG, v. 9.1 (SAEG, 2007). A escolha do modelo, além da significância do ajuste do ( $R^2$ ), levou em consideração a explicação biológica do fenômeno em estudo.

As doses de máxima eficiência econômica de N, para cada fonte de N (sulfato de amônio e nitrato de amônio), foram calculadas igualando-se a derivada primeira da equação de regressão referente a produtividade de frutos de abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” em função das doses de N à relação entre preços do insumo (R\$/kg de N) e do produto (R\$/kg de frutos de abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”) (Raij, 2011). Foram considerados no cálculo os preços médios de comercialização do insumo e do produto empregados no estado de Minas Gerais, no ano de condução do experimento (2010), que foram de R\$ 3,00/kg de N e R\$ 7,80/kg de N, para o sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente (CONAB, 2011), e R\$ 0,85/kg de frutos (preço médio de frutos de abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”, considerando o valor médio de comercialização nas seis unidades da CEASA-MG), (CEASA-MG, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificados efeitos significativos de fontes e da interação entre fontes e doses de N sobre as características produtivas da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”. Este fato demonstra que ambas as fontes de N empregadas (sulfato de

amônio e nitrato de amônio) apresentam eficiência agrônômica similar para a produção dessa cultura. Assim, o elevado custo do nitrato de amônio (maior custo/kg de N), bem como a dificuldade de aquisição desse produto, torna sua utilização pouco viável do ponto de vista prático como fonte de N para a produção da cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”, em relação ao sulfato de amônio.

Entretanto, foi verificada influência significativa ( $p < 0,01$ ) das doses de N sobre todas as características produtivas avaliadas (Figuras 1; 2 e 3), demonstrando que essa cultura é bastante responsiva a adubação nitrogenada.

Os valores das características número de frutos/planta, massa média de frutos e produtividade de frutos, em função do incremento das doses de N, ajustaram-se ao modelo quadrático (Figuras 1; 2 e 3). O número máximo de frutos/planta foi 6,9 unidades, obtido com a dose estimada de 339 kg ha<sup>-1</sup> de N; esse resultado corresponde a um incremento de 2,4 vezes em relação à testemunha.

Quanto à massa média de frutos (Figura 2), a dose estimada de 217 kg ha<sup>-1</sup> de N foi responsável pela máxima massa média de frutos (1.756 g/fruto). Esse resultado corresponde a incremento de 1,55 vezes em relação à testemunha.

A máxima produtividade de frutos de abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” (17.165 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a dose estimada de 260 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3). Esse resultado corresponde a um incremento de 5,2 vezes, em relação à testemunha. O N influencia processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando as relações fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (Queiroga *et al.*, 2007).

Os resultados deste trabalho indicam que o efeito da adubação nitrogenada na produção da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” é resultado do aumento do número e da massa de fruto, que são características determinantes na produtividade da cultura. Em outras cucurbitáceas, como o melão (Queiroga *et al.*, 2007), melancia (Andrade Junior *et al.*, 2006), maxixe (Oliveira *et al.*, 2008) e abobrinha (Pôrto *et al.*, 2012) também têm sido verificado aumento no número e na massa média de fruto e, conseqüentemente, da produtividade, com a elevação das doses de N.

A máxima produtividade obtida nesse trabalho supera a produtividade média nacional da cultura, que é de 8-15 t ha<sup>-1</sup> (Filgueira, 2008), bem como a produtividade

média da cultura no estado de Minas Gerais, que é de 15 t ha<sup>-1</sup> (Sediyama *et al.*, 2009). Em cultivo da abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ na região Norte de Minas Gerais, Vidigal *et al.* (2003) obtiveram produtividade média de frutos de 15,74 t ha<sup>-1</sup>, produtividade esta um pouco inferior a obtida no presente trabalho. Avaliando o efeito de doses crescente de N (0 a 150 kg ha<sup>-1</sup>) sobre a produtividade da abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ no Sudoeste da Bahia, Santos *et al.* (2010) também constataram efeito positivo das doses de N sobre a produtividade da cultura. Os referidos autores verificaram efeito linear das doses estudadas sobre a produtividade da cultura, indicando resposta da abóbora híbrida a doses superiores a 150 kg ha<sup>-1</sup>, como verificado neste trabalho.

Para o cultivo da abóbora híbrida no estado de Minas Gerais, é recomendado o emprego de dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N para uma produtividade de frutos esperada de 12.000 kg ha<sup>-1</sup> (Casali, 1999). No presente trabalho, com a dose de N recomendada em MG a produtividade estimada seria de apenas 8.670 kg ha<sup>-1</sup>. Esse valor é 50,5 % da máxima produtividade obtida no presente estudo. Portanto, nas condições em que esse trabalho foi realizado, os resultados obtidos sugerem que é possível alcançar maior produtividade da abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ com a aplicação de maior dose de N do que a recomendada para Minas Gerais, permitindo melhor exploração do potencial produtivo da cultura.

Atualmente, a sustentabilidade é o grande desafio da produção agrícola, sendo que a otimização dos fatores de produção é de fundamental importância para alcançar a produção sustentável, principalmente no que se refere ao uso de fertilizantes. Diante desse aspecto é interessante mensurar a dose de máxima eficiência econômica dos fertilizantes.

No presente trabalho, a fórmula obtida para a determinação das doses de máxima eficiência econômica de N, para as duas fontes do nutriente empregadas, foi:

$$\text{Dose de N} = \frac{(110,92 - Y)}{2 \cdot (0,2139)}$$

Onde: Y é a relação entre os preços do insumo e do produto.

Dessa forma, as doses de máxima eficiência econômica de N para a produtividade da cultura da abóbora híbrida, empregando como fonte o sulfato de amônio, foi 251 kg ha<sup>-1</sup>, para Y = 3,0, com produtividade de frutos de 17.150 kg ha<sup>-1</sup> (incremento de 5,16 vezes em relação à testemunha), e empregando como fonte o nitrato de amônio, foi 238 kg ha<sup>-1</sup>, para Y = 9,2, com produtividade de frutos de

17.067 kg ha<sup>-1</sup> (incremento de 5,13 vezes em relação à testemunha). As doses de máxima eficiência econômica de N, empregando as duas fontes de N, foram próximas daquela responsável pela máxima produtividade de frutos de abobrinha (97 e 92% da mesma, empregando como fonte o sulfato de amônio e o nitrato de amônio, respectivamente), indicando que a cultura da abóbora híbrida apresenta elevada resposta em termos econômicos ao emprego de N.

Não foi verificado aumento do teor de nitrato nos frutos de abóbora híbrida com o emprego das doses de N na forma de sulfato de amônio. Todavia foi verificado acúmulo de nitrato nos tratamentos em que foi empregado como fonte de N o nitrato de amônio. O menor acúmulo de nitrato decorrentes da aplicação de N na forma amoniacal decorre do fato do amônio se constituir em uma forma rapidamente incorporada em estruturas orgânicas pelas plantas (aminoácidos), enquanto o nitrato deve primeiramente ser reduzido a amônio para posteriormente ser assimilado (Turan & Sevimli, 2005).

O teor de nitrato nos frutos de abóbora híbrida apresentou incremento linear em função das doses crescentes de N na forma de nitrato de amônio, verificando-se na dose máxima aplicada teor de 406 mg kg<sup>-1</sup> de nitrato na matéria fresca (Figura 4). Esse resultado corresponde, em relação à testemunha, em incremento de, aproximadamente, duas vezes. Considerando a dose de N recomendada para o cultivo da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” no Estado de Minas Gerais (60 kg ha<sup>-1</sup> de N) (Casali, 1999), essa dose seria responsável por um teor de 205 mg kg<sup>-1</sup> de nitrato na matéria fresca dos frutos de abóbora híbrida. Esses resultados corroboram com o preconizado por Santamaria (2006), que afirma que a abóbora é uma cultura com baixa tendência para acumular nitrato, apresentando teores médio de nitrato na matéria fresca dos frutos variando de 200 a 500 mg kg<sup>-1</sup>.

Incremento no teor de nitrato em função da aplicação de doses de N tem sido preconizado na literatura para diferentes hortaliças, como repolho, espinafre (Chen *et al.*, 2004), alface (Pôrto *et al.*, 2008), tomate (Ferreira *et al.*, 2006), abobrinha (Pôrto *et al.*, 2012), dentre outras. O acúmulo de nitrato pelas plantas ocorre quando há excesso de absorção de nitrogênio em relação à capacidade de assimilação deste nutriente, uma vez que havendo N disponível no sistema para absorção a planta tende a absorvê-lo além de sua demanda e estocá-lo nos vacúolos na forma de nitrato (Marschner, 1995).

Os resultados obtidos nesse trabalho demonstram que a fonte de N empregada exerce influência marcante sobre o acúmulo de nitrato nos frutos de abóbora híbrida

tipo “Tetsukabuto”, de tal forma que o emprego de N na forma nítrica, mesmo que parcial, tende a induzir maior acúmulo de nitrato. Todavia, apesar do acúmulo de nitrato observado, o máximo teor de nitrato em frutos de abóbora híbrida obtido nesse trabalho é bastante inferior aos preconizados na literatura para outras hortaliças, principalmente folhosas como alface, repolho, espinafre, rúcula, chicória, dentre outras.

Diversos trabalhos têm mostrado que hortaliças folhosas apresentam tendência para acumular altos teores de nitratos em suas folhas (Beninni *et al.*, 2002; Chen *et al.*, 2004; Mantovani *et al.*, 2005; Santamaria, 2006; Pôrto *et al.*, 2008), enquanto que hortaliças de flores e frutos geralmente mostram uma tendência de menor acúmulo de nitrato (Santamaria, 2006). As razões estariam ligadas ao fato do N, ao ascender no caule via corrente xilemática, é dirigido, preferencialmente, à parte da planta com maior taxa transpiratória que são as folhas, justificando o fato de que as hortaliças folhosas tendem a apresentar maior risco de acumular elevados teores de nitrato (Krohn *et al.*, 2003).

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceram o limite de ingestão diária aceitável de nitrato pelo homem de  $3,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa corporal (WHO, 1995). Considerando esse limite, e partindo do maior teor de nitrato obtido nos frutos, de forma a desprezar a contribuição das demais fontes de nitrato para o homem, verifica-se que uma pessoa com 70 kg de massa corporal poderia consumir, diariamente, até 630 g de frutos de abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”. Portanto, essa quantidade está bastante acima das estimativas de consumo de uma pessoa normal com essa condição corporal, demonstrando que o valor obtido na maior dose de N utilizada não forneceria risco a saúde humana.

Os resultados obtidos sugerem que é possível alcançar maior produtividade de frutos na cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” com a aplicação de maior dose de N do que a recomendada para Minas Gerais, permitindo melhor exploração do potencial produtivo da cultura. A dose de máxima eficiência econômica de N para a produtividade da cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”, empregando como fonte o sulfato de amônio, foi  $251 \text{ kg ha}^{-1}$ , para  $Y = 3,0$ , com produtividade de frutos de  $17.150 \text{ kg ha}^{-1}$ ; e, empregando como fonte o nitrato de amônio, foi  $238 \text{ kg ha}^{-1}$ , para  $Y = 9,2$ , com produtividade de frutos de  $17.067 \text{ kg ha}^{-1}$ . Mesmo diante do emprego de doses elevadas de N, o acúmulo de nitrato em frutos de abóbora híbrida

tipo “Tetsukabuto” alcançou nível pouco provável de ser considerado indesejável ao consumo humano.

## AGRADECIMENTOS

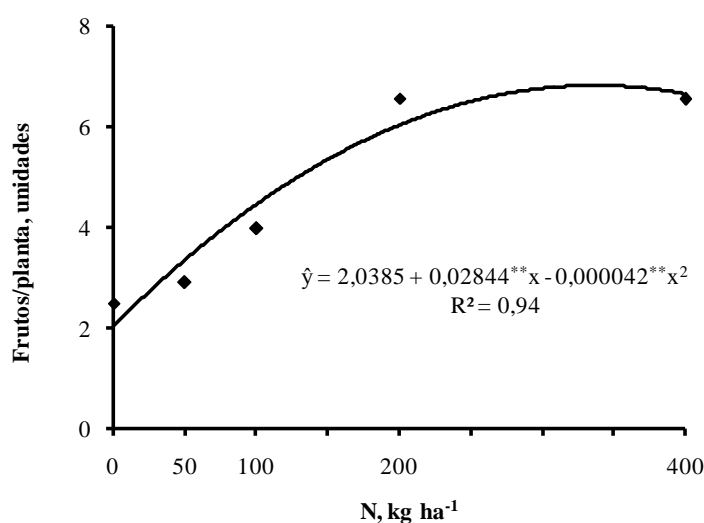
Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos de DS ao primeiro autor e de produtividade em pesquisa para o segundo, terceiro e quarto autores. A FAPEMIG, pelo apoio para realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ADDISCOTT TM; BENJAMIN N. 2004. Nitrate and human health. *Soil and Use Manage* 20: 98-104.
- ALVAREZ V. VH; NOVAIS RF; BARROS NF; CANTARUTTI RB; LOPES AS. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 25-32.
- ANDRADE JUNIOR AS; DIAS NS; FIGUEIREDO JUNIOR LGM; RIBEIRO VQ; SAMPAIO DB. 2006. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10: 836-841.
- BENINNI ERY; TAKAHASHI HW; NEVES CSVJ; FONSECA ICB. 2002. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. *Horticultura Brasileira* 20: 183-186.
- CASALI VWD. Moranga híbrida. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 197.
- CATALDO DA; HAROON, M; SCHRADER, LE; YOUNGS, VL. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communication Soil Science and Plant Analysis* 6: 71-80.
- CEASA-MG - Central de Abastecimento do Estado de Minas Gerais. 2011, 10 de fevereiro. *Preços e ofertas de produtos*. Disponível em <http://www.ceasaminas.com.br>
- CHEN BM; WANG ZH; LI SX; WANG GX; SONG HX; WANG XN. 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate

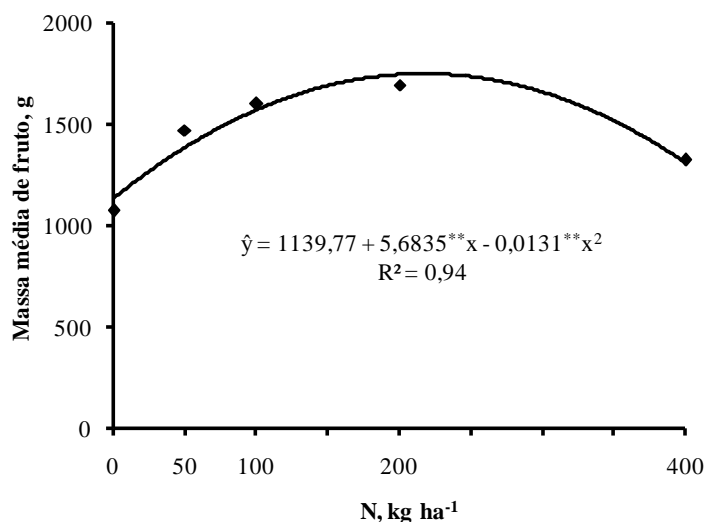
- concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Science* 167: 635-643.
- CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento. 2011, 10 de fevereiro. *Preço dos insumos agropecuários*. Disponível em <http://www.conab.gov.br>
- FERREIRA MMM; FERREIRA GB; FONTES PCR; DANTAS JP. 2006. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. *Horticultura Brasileira* 24: 141-145.
- FILGUEIRA FAR. 2008. *Novo manual de olericultura*. 3. ed., Viçosa: UFV. 421p.
- KROHN NG; MISSIO RF; ORTOLAN ML; BURIN A; STEINMACHER DA; LOPES MC. 2003. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. *Horticultura Brasileira* 21: 216-219.
- MANTOVANI JR; FERREIRA ME; CRUZ MCP. 2005. Produção de alface acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira* 23: 758-762.
- MARSCHNER H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. New York: Academic Press. 889p.
- OLIVEIRA AP; OLIVEIRA ANP; ALVES AU; ALVES EU; SILVA DF; SANTOS RR; LEONARDO FAP. 2008. Rendimento de maxixeiro adubado com doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira* 26: 533-536.
- PÔRTO ML; ALVES JC; SOUZA AP; ARAUJO RC; ARRUDA JA. 2008. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitrogen supply and organic fertilization. *Horticultura Brasileira* 26: 227-230.
- PÔRTO MLA; PUIATTI M; ALVES JCA; FONTES PCR; ARRUDA JA. 2012. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. *Bragantia* 71: xx-xx (No prelo)
- PUIATTI M; SILVA DJH. 2005. Abóboras e morangas. In: FONTES PCR. *Olericultura: teoria e prática*. Viçosa: DFT - Setor de Olericultura/UFV. p. 279-297.
- QUEIROGA RCF; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR; FINGER FL. 2007. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 25: 550-556.
- RAIJ BV. 2011. *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: IPNI. 420p.
- SAEG. 2007. *Sistema para Análises Estatísticas*. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes.
- SANTAMARIA P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 10-17.

- SANTOS WO; REBOUÇAS TNH; SANTOS LC; BENJAMIN CS; SANTOS TJ; PRADO NB; REBOUÇAS, KJ; NETO I. 2010. Nitrogênio no cultivo da abóbora híbrida Tetsukabuto no Sudoeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. *Anais...* Guarapari: ABH. (CD ROM)
- SEDIYAMA MAN; VIDIGAL SM; SANTOS MR; MASCARENHAS MHT. 2009. *Cultura da moranga híbrida ou abóbora Tetsukabuto*. Belo Horizonte: EPAMIG. 58p. (EPAMIG. Boletim técnico, 92).
- TURAN M; SEVIMLI F. 2005. Influence of different nitrogen sources and levels on ion content of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 33: 241-249.
- TURAZI CMV; JUNQUEIRA AMR; OLIVEIRA SA; BORGIO LA. 2006. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. *Horticultura Brasileira* 24: 65-70.
- VIDIGAL SM; FACION CE; ARAÚJO JS. 2003. Avaliação de abóbora híbrida na região Norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43. *Anais...* Recife: ABH. (CD ROM)
- VIDIGAL SM; PACHECO DD; FACION CE. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora híbrida tipo Tetsukabuto. 2007. *Horticultura Brasileira* 25: 375-380.
- WHO - World Health Organization. *Evaluation of certain food additives and contaminants. (Forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)*. Geneva: FAO/WHO, 1995. 54p. (WHO Technical Report Series, 859)



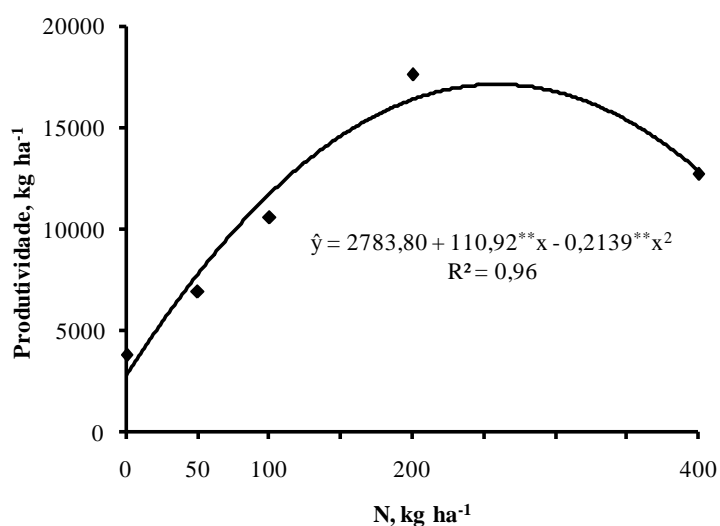
**Figura 1.** Número de frutos/planta de abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ em função da adubação nitrogenada (Number of fruit/plant of hybrid squash (‘Tetsukabuto’ type) as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\* : Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t (Significant at 1 % of probability, t test).



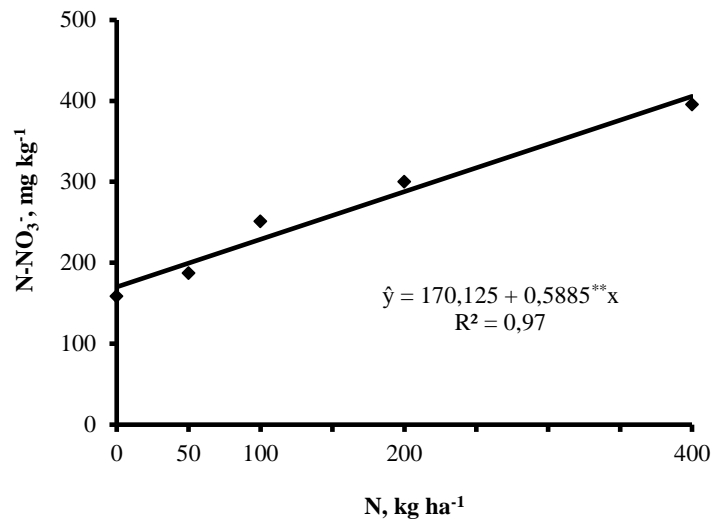
**Figura 2.** Massa média de fruto de abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ em função da adubação nitrogenada (Average fruit mass of hybrid squash (‘Tetsukabuto’ type) as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\* : Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t (Significant at 1 % of probability, t test).



**Figura 3.** Produtividade de frutos de abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ em função da adubação nitrogenada (Yield of hybrid squash (‘Tetsukabuto’ type) fruits as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\* : Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t (Significant at 1 % of probability, t test).



**Figura 4.** Teor de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) na matéria fresca de frutos de abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ em função de doses de N na forma de nitrato de amônio (Nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) content in hybrid winter squash (‘Tetsukabuto’ type) fruits fresh matter as a function of the N rates in the form of ammonium nitrate). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\* : Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t (Significant at 1 % of probability, t test).

## Artigo 4

### **ÍNDICE SPAD PARA O DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DA ABÓBORA HÍBRIDA TIPO “TETSUKABUTO”**

**Mônica L Alves Pôrto<sup>1</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Holfes, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Holfes, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq.  
E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

Preparado de acordo com as normas da Horticultura Brasileira

PÔRTO ML; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR. 201x. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”. *Horticultura Brasileira* x: xxx-xxx.

## **Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”**

**Mônica L Alves Pôrto<sup>1</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Hofhs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Hofhs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq. E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

### **RESUMO**

O índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio das culturas tem sido pesquisado nos últimos anos. Entretanto, não existem trabalhos conclusivos acerca do seu emprego para a cultura abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”. O objetivo do trabalho foi avaliar o índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”. O experimento foi conduzido no delineamento blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, constituído de duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio) e cinco doses (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) de N, com quatro repetições. No início do florescimento, determinaram-se o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, das plantas. Não foram verificados efeitos significativos de fontes e da interação entre fontes e doses de N sobre as características avaliadas. Entretanto, o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N aumentaram de forma quadrática com aumento das doses de N. Os níveis críticos foliares estimados de teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N responsáveis pela máxima produtividade da cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” foram de 7,55 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca, 54,56 unidades SPAD e 6,18 dag kg<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente. Houve correlação linear e positiva das características avaliadas entre si. Os resultados deste trabalho indicam que o índice SPAD, determinado no início da fase reprodutiva, pode ser usado no diagnóstico do estado de nitrogênio da cultura abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”.

**Palavras-chave:** *Curcubita maxima* x *C. moschata*, clorofila, nutrição mineral.

## ABSTRACT

### SPAD index for nitrogen status diagnosis in plants of hybrid winter squash “Tetsukabuto” type

The employment of SPAD index for N status diagnosis of crops has been largely studied in recent years. However, conclusive studies about its usefulness in hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) plants were not found in literature. This study’s objective was to evaluate the employment of SPAD index for N status diagnosis of hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) plants. The randomized block design was used, arranged in a 2 x 5 factorial design, with two nitrogen sources (ammonium sulphate and ammonium nitrate) and five nitrogen doses (0; 50; 100; 200 and 400 kg ha<sup>-1</sup>), with four replicates. At the early flowering stage, total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration in fourth leaf fully expanded from the apex of hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) plants were evaluated. There were no significant effects of nitrogen sources and of the interaction between nitrogen sources and nitrogen doses under the evaluated characteristics. However, the total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration in hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) leaves increased following a quadratic model as a function of the N doses. The estimated critical levels of total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration on hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) leaves responsible for maximum fruit yield were 7.55 mg g<sup>-1</sup> of fresh matter, 54.56 units and 6.18 dag kg<sup>-1</sup> of dry matter, respectively. Significant linear and positive correlation between the evaluated characteristics was observed. The results indicate that the SPAD index can be used for N status diagnosis of hybrid winter squash (“Tetsukabuto” type) plants.

**Keywords:** *Curcubita maxima* x *C. moschata*, chlorophyll, mineral nutrition.

A cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” (*Cucurbita maxima* Duch. x *C. moschata* Duch.) possui elevada importância socioeconômica em diferentes regiões do país, com expressiva área plantada, ocupando, atualmente, o sétimo lugar entre as hortaliças, em volume comercializado no Brasil (Sediyama *et al.*, 2009). Minas Gerais, principalmente a região Norte do estado, devido às condições edafoclimáticas favoráveis, apresenta grande potencial para a produção da cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” (Vidigal *et al.*, 2007), sendo o maior produtor brasileiro dessa cultura

com, aproximadamente, 36 mil toneladas/ano e produtividade média de 15 t ha<sup>-1</sup>, acima da média nacional (Sediyama *et al.*, 2009).

Um dos grandes entraves para a exploração da cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” no Brasil, e em particular no estado de Minas Gerais, é escassez de informações consistente sobre a nutrição e adubação dessa cultura, sobretudo com relação ao nitrogênio. O nitrogênio é um nutriente que influencia os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando a relação fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (Queiroga *et al.*, 2007). Assim, faz-se necessário determinar as necessidades de N da cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”, como também indicar métodos de diagnóstico para avaliar o estado nitrogenado da mesma, de forma a contribuir para racionalizar o potencial produtivo e exploração dessa cultura.

O emprego do índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio das culturas tem sido bastante estudado nos últimos anos. A determinação da cor verde da folha, possível de ser determinada por meio do medidor portátil SPAD-502, que proporciona leitura instantânea e de maneira não destrutiva, destaca-se recentemente como alternativa para avaliar o estado de nitrogênio da planta em tempo real pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade da cor verde com o teor de clorofila e com a concentração de N na folha (Guimarães *et al.*, 1999; Gil *et al.*, 2002; Fontes & Araújo, 2007; Pôrto *et al.*, 2011a).

O medidor portátil SPAD-502 avalia, quantitativamente, a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e a 940 nm, onde não ocorre absorção (Gil *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2006). Com estes dois valores, o equipamento calcula um número ou índice SPAD que, normalmente, é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha e pode identificar deficiência de N, além de ter potencial de identificar situações onde a aplicação adicional de N não seja necessária (Gil *et al.*, 2002).

Índices SPAD obtidos em folhas de diversas espécies apresentaram correlação positiva com a suficiência de N, podendo este ser considerado um índice apropriado para avaliar o estado de N das culturas (Gil *et al.*, 2002; Fontes & Araújo, 2007; Pôrto *et al.*, 2011a). O medidor portátil SPAD-502 tem sido utilizado com

sucesso para diagnosticar o estado de N em algodão (Neves *et al.*, 2005), arroz (Carreres *et al.*, 2000), batata (Gil *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2009; Coelho *et al.*, 2010), feijoeiro comum (Silveira *et al.*, 2003), pimentão (Madeira *et al.*, 2003), tomate (Guimarães *et al.*, 1999; Güler & Büyük, 2007), entre outras culturas. Entretanto, com relação a abóbora híbrida tipo “Tetsukabutô”, não existem trabalhos conclusivos acerca do emprego do índice SPAD para diagnóstico do estado de N para essa cultura.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do índice SPAD para o diagnóstico do estado de N na cultura da abóbora híbrida tipo “Tetsukabutô”.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. O solo da área experimental foi classificado como Argisolo Vermelho-Amarelo Câmbico, textura Argila, com as seguintes características químicas (camada de 0-20 cm): pH em H<sub>2</sub>O = 5,8; P = 28,1 mg dm<sup>-3</sup>; K = 108,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 3,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S = 17,0 mg dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 5,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e matéria orgânica = 3,5 dag kg<sup>-1</sup>.

As mudas de abóbora híbrida tipo “Tetsukabutô” cv. Suprema, foram produzidas em bandejas de isopor (72 células), utilizando-se substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>. A semeadura foi realizada em 08/03/2010, e as mudas transplantadas para o local de cultivo em 23/03/2010, quando apresentaram duas 2 folhas definitivas.

O experimento foi constituído de 10 tratamentos, distribuídos em um esquema fatorial 2 x 5, correspondente a duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio) e cinco doses (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) de N. Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições. A parcela experimental constou de 15 plantas, dispostas em três fileiras com cinco plantas cada, no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m. Dessas, 11 plantas foram de abóbora híbrida tipo “Tetsukabutô” e quatro plantas foram de abóbora ‘Menina brasileira’ (*C. moschata* Duch.) (plantas polinizadoras). A área útil da parcela foi constituída das três plantas centrais da fileira central.

A adubação com P, K e micronutrientes foi determinada mediante análise química do solo e recomendações para a cultura no estado de Minas Gerais (Casali,

1999). Foram aplicados os equivalentes a 400 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, 50 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 15 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco, 10 kg ha<sup>-1</sup> de bórax, 10 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de cobre e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de molibdato de amônio. Aos 10 dias antes do transplante das mudas foram aplicados o total recomendado de micronutrientes e do P, 30 % do N e 40 % do K. O restante do N e do K foi aplicado em duas coberturas, sendo a primeira aos 15 dias após o transplante e a segunda 25 dias após a primeira (Puiatti & Silva, 2005).

Foi utilizado o sistema de plantio direto, com abertura apenas de covas com dimensões de 0,40 x 0,40 x 0,25 m para colocação e incorporação do adubo de plantio. Durante a condução da cultura foram realizadas capinas manuais com auxílio de enxada, para manter a cultura livre da competição de plantas daninhas, irrigações por aspersão procurando manter o solo com teor de umidade suficiente para o desenvolvimento das plantas de abóbora e pulverizações para controle da broca com inseticidas registrados para a cultura.

No início do florescimento, 29 dias após o transplante das mudas, determinou-se o índice SPAD na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, da planta. As medições foram realizadas entre as 7 e 9 h, utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta Camera Co. Ltd.). Foram realizadas cinco medições do índice SPAD por folha, na região central do limbo foliar de cada planta da parcela útil, totalizando 15 medições por parcela, em cada tratamento, sendo utilizada a média para representar os tratamentos.

Imediatamente após o término das leituras, as folhas foram destacadas de cada planta, acondicionadas em sacos de plástico escuro e levadas ao laboratório, onde foram mantidas sob refrigeração. Em seguida, tomou-se uma amostra composta de 0,1 g de massa de matéria fresca das folhas que haviam sido usadas para a leitura do índice SPAD; essas amostras foram maceradas em acetona a 80 %, na presença de CaCO<sub>3</sub>. Os extratos obtidos foram filtrados através de papel-filtro rápido, sendo os eluatos coletados em balões volumétricos, completando-se o volume ao final da filtragem para 50 ml. A densidade ótica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro a 645 e 663 nm, utilizando cubetas de quartzo. A partir dessas leituras, determinou-se a concentração de clorofila nas soluções de leitura, de acordo com o proposto por Arnon (1949). Os valores das concentrações de clorofila total no limbo foliar foram expressos em base de massa (mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca).

Posteriormente, o restante das folhas foi acondicionado em sacos de papel, secos em estufa de circulação forçada de ar a 75 °C, até atingirem peso constante. Depois de

pesados, foram passados em moinho tipo Wiley com peneira de 20 mesh e armazenados. Nas amostras de matérias secas das folhas, após a extração com água em banho-maria a 45 °C, durante uma hora, determinaram-se as concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por colorimetria, em espectrofotômetro a 410 nm (Cataldo *et al.*, 1975). Determinaram-se, ainda, após digestão sulfúrica, os teores de N-orgânico na matéria seca das folhas por meio do reagente de Nessler (Jackson, 1982). Posteriormente, calcularam-se os valores de N-total a partir da soma dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e de N-orgânico.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, com desdobramento do efeito das doses de N em regressão, considerando-se até 5% de probabilidade. A escolha do modelo, além da significância do ajuste do (R<sup>2</sup>), levou em consideração a explicação biológica do fenômeno em estudo. Também foi realizada análise de correlação de Pearson entre as características analisadas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAEG, v. 9.1 (SAEG, 2007).

A partir da dose de 260 kg ha<sup>-1</sup> de N, dose responsável pela máxima produtividade de frutos de abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” (17.165 kg ha<sup>-1</sup>) (Pôrto *et al.*, 2011b), foram calculados os valores dos níveis críticos do teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N nas folhas das plantas, seguindo método descrito em Fontes (2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificados efeitos significativos de fontes e da interação entre fontes e doses de N sobre as características avaliadas. Este fato demonstra que ambas as fontes de N empregadas (sulfato de amônio e nitrato de amônio) apresentaram influência similar sobre o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N total nas folhas abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”.

Entretanto, o teor de clorofila total, o índice SPAD e o teor de N total nas folhas abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto” foram significativamente afetados (p<0,01) pelas doses de N (Figuras 1; 2 e 3).

O teor de clorofila total e índice SPAD apresentaram comportamento bastante similar, com resposta quadrática em função da elevação das doses de N (Figuras 1 e 2). Para essas características foram obtidos máximos valores estimados de 7,63 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca e de 54,64 unidades SPAD, respectivamente, nas doses 256 e 287 kg ha<sup>-1</sup> de N. Esses resultados corroboram os obtidos por outros autores para as culturas da abóbora (Swiader & Moore, 2002), abobrinha (Pôrto *et al.*, 2011a), algodão (Neves *et*

*al.*, 2005), batata (Gil *et al.*, 2002), feijoeiro comum (Silveira *et al.*, 2003), melão (Azia & Stewart, 2001), tomate (Ferreira *et al.*, 2006; Güler & Büyük, 2007) dentre outras culturas, onde também foram constatados aumentos nos teores de clorofila total e, ou, valores de índice SPAD nas folhas das plantas com incremento na dose de N aplicada. O N é um nutriente que participa da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila, de modo que o aumento do suprimento de N às plantas, até determinado limite, proporciona incremento no teor de clorofila e intensidade de cor verde nas folhas da planta (Guimarães *et al.*, 1999; Fontes & Araújo, 2007).

Com o emprego da dose de 260 kg ha<sup>-1</sup> de N, dose responsável pela máxima produtividade de frutos de abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabutô’ (Pôrto *et al.*, 2011b), os valores dos níveis críticos estimados do teor de clorofila total e índice SPAD foram 7,55 mg g<sup>-1</sup> de massa de matéria fresca e de 54,56 unidades SPAD, respectivamente. O nível crítico de índice SPAD obtido no presente trabalho se encontra próximo à faixa de valores de níveis críticos de índice SPAD (associados com a máxima produtividade) relatados por Swiader & Moore (2002) para cultura da abóbora. Esses autores encontraram valores de 56,7 e de 59,0 unidades determinados em folhas novas recentemente expandidas, durante a fase de antese, em cultivos de sequeiro e sob irrigação, em experimentos realizados em Urbana, Illinois, nos Estados Unidos.

O teor de N total na matéria seca das folhas abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabutô’ também apresentou resposta quadrática em função do incremento das doses de N (Figura 3), onde o máximo teor de N total estimado nas folhas abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabutô’ (6,19 dag kg<sup>-1</sup> de matéria seca) foi obtido na dose 250 kg ha<sup>-1</sup> de N. Com o emprego da dose responsável pela máxima produtividade de frutos de abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabutô’ (260 kg ha<sup>-1</sup> de N) (Pôrto *et al.*, 2011b), o nível crítico estimado do teor de N foliar foi 6,18 dag kg<sup>-1</sup> na matéria seca. Esse teor de N encontra-se um pouco acima do considerado suficiente para a cultura abóbora, que seria de 4,02 dag kg<sup>-1</sup> na matéria seca do limbo foliar (Martinez *et al.*, 1999), indicando que as plantas apresentavam-se adequadamente nutridas quanto a esse nutriente.

Foram verificadas elevadas correlações entre as características estudadas, ou seja:  $r = 0,93$  ( $p < 0,001$ ) entre índice SPAD e teor de clorofila total;  $r = 0,93$  ( $p < 0,001$ ) entre índice SPAD e teor de N total, e  $r = 0,91$  ( $p < 0,001$ ) entre teor de clorofila total e teor de N total. Esses resultados indicam a possibilidade de utilização do medidor portátil SPAD-502 na avaliação indireta do teor de clorofila total e na caracterização do estado de N na cultura da abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabutô’,

apresentando inúmeras vantagens. Dentre as vantagens estão a rapidez, simplicidade e, principalmente, a possibilidade de avaliação não destrutiva do tecido foliar, podendo ser realizada diretamente a campo (Amarante, 2008). Para tal fim, foram ajustadas as seguintes equações:

$$\text{Teor de clorofila total (mg g}^{-1}\text{ de matéria fresca)} = - 7,4832 + 0,2763^{**} \text{ SPAD}$$

$$\text{Teor de N total (dag kg}^{-1}\text{ de matéria seca)} = - 6,8608 + 0,2361^{**} \text{ SPAD}$$

O conteúdo de clorofila, estimado com o medidor portátil SPAD-502, correlaciona-se com a concentração de N na planta e com o rendimento de diversas espécies (Guimarães *et al.*, 1999; Gil *et al.*, 2002; Fontes & Araújo, 2007), podendo ser usado como ferramenta auxiliar para caracterizar de forma indireta a necessidade de adubação nitrogenada. Em hortaliças, o índice SPAD tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado nitrogenado em batata (Gil *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2009; Coelho *et al.*, 2010) tomate (Guimarães *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 2006) e pimentão (Madeira *et al.*, 2003), dentre outras.

Os resultados deste trabalho corroboram com os obtidos por Swiader & Moore (2002), onde em experimentos realizados nos Estados Unidos (Urbana, Illinois) com três cultivares/híbridos de abóbora (*C. moschata* Duch., cv. Libby-Select e híbridos '698 e '401') submetidos a cinco doses de N (0, 84, 168, 252 e 336 kg/ha), em cultivos sob regimes de sequeiro e irrigado, os referidos autores também verificaram alta correlação linear positiva e significativa entre os valores do índice SPAD e os teores de N total, determinados em folhas novas recentemente expandidas, em diferentes fases de desenvolvimento da cultura (antese, início da frutificação e meio da frutificação). Esses autores concluíram que o índice SPAD pode ser empregado na caracterização do estado de N das plantas e como ferramenta auxiliar para o manejo da adubação nitrogenada na cultura da abóbora. Resultados relevantes também foram obtidos para outras cucurbitáceas, como abobrinha (Pôrto *et al.*, 2011a) e pepino (Güler & Büyüç, 2007), onde também foram constatadas elevadas correlações entre índice SPAD e teor de N nas folhas das plantas. Todavia, como o equipamento fornece uma leitura em unidades arbitrárias (leitura SPAD de conteúdo de clorofila, na faixa de 0 a 99,9), recomenda-se que o mesmo seja calibrado com as extrações de clorofilas da cultura de interesse (Guimarães *et al.*, 1999; Amarante, 2008), como realizado no presente estudo.

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que ambas as fontes de N empregadas (sulfato de amônio e nitrato de amônio) apresentaram influência similar

sobre o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N total nas folhas abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”. O índice SPAD, determinado no início da fase reprodutiva, pode ser usado com eficiência no diagnóstico do estado de N da cultura abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”, a exemplo do que vem sendo observado para outras culturas.

## AGRADECIMENTOS

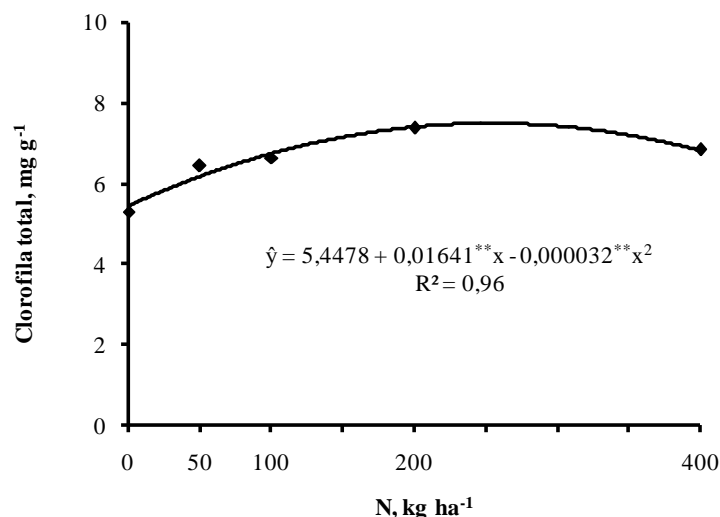
Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos de DS ao primeiro autor e de produtividade em pesquisa para o segundo, terceiro e quarto autores. A FAPEMIG, pelo apoio para a realização do trabalho.

## REFERENCIAS

- ALVAREZ V. VH; NOVAIS RF; BARROS NF; CANTARUTTI RB; LOPES AS. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 25-32.
- AMARANTE CVT; BISOGNIN DA; STEFFENS CA; ZANARDI OZ; ALVES EO. 2008. Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. *Horticultura Brasileira* 26: 471-475.
- ARNON DI. 1949. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxydase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24: 1-15.
- AZIA F; STEWART KA. 2001. Relationship between extractable chlorophyll and SPAD values in muskmelon leaves. *Journal of Plant Nutrition* 24: 961-966.
- CARRERES R; SENDRA J; BALLESTEROS R; CUADRA JG. 2000. Effects of pre-flood nitrogen rate and midseason nitrogen timing on flooded rice. *Journal of Agricultural Science* 134: 379-390.
- CASALI VWD. Moranga híbrida. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p.197.
- CATALDO DA; HAROON M; SCHRADER LE; YOUNES VL. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 6: 71-80.

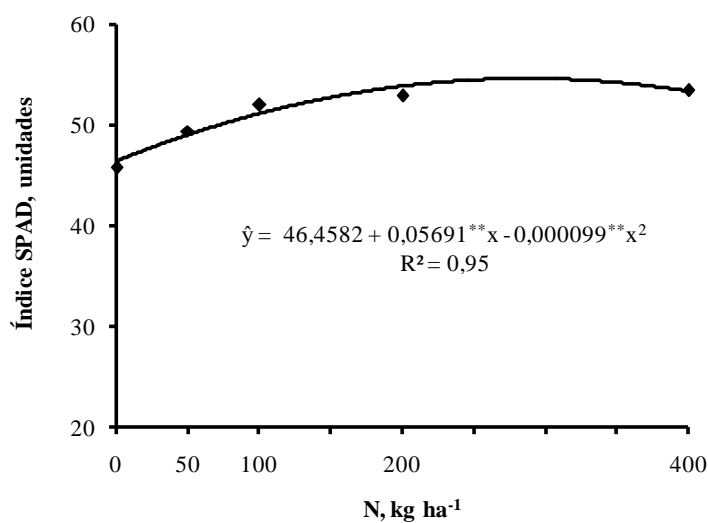
- COELHO FS; FONTES PCR; PUIATTI M; NEVES JCL; SILVA MCC. 2010. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. *Revista Brasileira Ciência do Solo* 34: 1175-1183.
- FERREIRA MMM; FERREIRA GB; FONTES PCR; DANTAS JP. 2006. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres* 53: 83-92.
- FONTES PCR. 2011. *Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose*. Viçosa: O autor. 296p.
- FONTES PCR; ARAÚJO C. 2007. *Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro*. Viçosa: UFV. 148p.
- GIL PT; FONTES PCR; CECOM PR; FERREIRA FA. 2002. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. *Horticultura Brasileira* 20: 611-615.
- GUIMARÃES TG; FONTES PCR; PEREIRA PRG; ALVAREZ V VH; MONNERAT PH. 1999. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. *Bragantia* 58: 209-216.
- GÜLER S; BÜYÜK G. 2007. Relationships among chlorophyll-meter reading value, leaf N and yield of cucumber and tomatoes. *Acta Horticulturae* 729: 307-311.
- JACKSON ML. 1982. *Análisis químico de suelos*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A. 662p.
- MADEIRA AC; FERREIRA A; VARENNES A; VIEIRA MI. 2003. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 2461-2470.
- MARTINEZ HEP; CARVALHO JG; SOUZA RB. Diagnose foliar. In: RIBEIRO AC; GUIMARÃES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p.143-168.
- NEVES OSC; CARVALHO JG; MARTINS FAD; PÁDUA TRP; PINHO PJ. 2005. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 517-521.
- PÔRTO ML; PUIATTI M; FONTES PCR; CECOM PR; ALVES JC; ARRUDA JA. 2011a. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. *Horticultura Brasileira*. 29: 311-315.

- PÔRTO MLA; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR; ALVES JCA; FAUSTINO VA. 2011b. Produtividade da abóbora híbrida tipo 'Tetsukabuto' em função da adubação nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. *Anais...* Viçosa: ABH. (CD ROM)
- QUEIROGA RCF; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR; FINGER FL. 2007. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 25: 550-556.
- SAEG. 2007. *Sistema para Análises Estatísticas*. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes.
- SEDIYAMA MAN; VIDIGAL SM; SANTOS MR; MASCARENHAS MHT. 2009. *Cultura da moranga híbrida ou abóbora Tetsukabuto*. Belo Horizonte: EPAMIG. 58p. (EPAMIG. Boletim técnico, 92).
- SILVA MCC; FONTES PCR; MIRANDA GV. 2009. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*. 27: 17-22.
- SILVEIRA PM; BRAZ AJBP; DIDONET AD. 2003. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 1083-1087.
- SWIADER JM; MOORE A. 2002. SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. *Journal of Plant Nutrition* 25: 1089-1100.
- VIDIGAL SM; PACHECO DD; FACION CE. 2007. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora híbrida tipo Tetsukabuto. *Horticultura Brasileira* 25: 375-380.



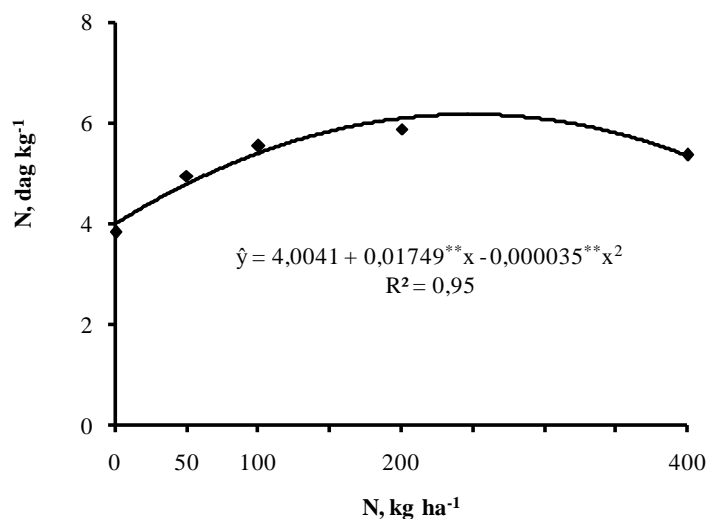
**Figura 1.** Teor de clorofila total na matéria fresca da quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, da abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ em função da adubação nitrogenada (Total chlorophyll concentration in fresh matter of fourth leaf fully expanded from the apex of hybrid squash (‘Tetsukabuto’ type) as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t (significant at 1% of probability, t test).



**Figura 2.** Índice SPAD na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, da abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ em função da adubação nitrogenada (SPAD index in fourth leaf fully expanded from the apex of hybrid squash (‘Tetsukabuto’ type) as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t (significant at 1% of probability, t test).



**Figura 3.** Teor de N total na matéria seca da quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, da abóbora híbrida tipo “Tetsukabutō” em função da adubação nitrogenada (Total N concentration in dry matter of fourth leaf fully expanded from the apex of hybrid squash (“Tetsukabutō” type) as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t (significant at 1% of probability, t test).

## **ARTIGO 5**

### **PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NITRATO NOS FRUTOS DO PEPINO JAPONÊS EM AMBIENTE PROTEGIDO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA**

**Mônica L Alves Pôrto<sup>1</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Hofhs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Hofhs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq.  
E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

Preparado de acordo com as normas da Horticultura Brasileira

PÔRTO ML; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR. 201x. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos do pepino japonês em ambiente protegido em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira* x: xxx-xxx.

## **Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos do pepino japonês em ambiente protegido em função da adubação nitrogenada**

**Mônica L Alves Pôrto<sup>1\*</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Holfs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Holfs, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq. E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

### **RESUMO**

A cultura de pepino japonês tem crescido em importância dentre as hortaliças, sendo muito apreciado e consumido no Brasil. Apesar da importância da cultura em termos comerciais e alimentícios, poucos estudos têm sido conduzidos em relação à adubação nitrogenada. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e o acúmulo de nitrato nos frutos do pepino japonês (híbrido 'Taisho') em ambiente protegido em função da adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido no delineamento blocos casualizados, em esquema fatorial, constituído de duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio) e cinco doses (0; 75; 150; 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) de N, com quatro repetições. Foram avaliados número de frutos/planta, massa média de fruto, produtividade de frutos e teor de nitrato. Não foram verificados efeitos significativos de fontes e da interação entre fontes e doses de N sobre as características produtivas do pepino japonês. Entretanto as características produtivas avaliadas aumentaram de forma quadrática com aumento das doses de N. Os valores de máximo número de frutos/planta (20,4 unidades), máxima massa média de frutos (118,5 g/fruto) e máxima produtividade de frutos (76.400 kg ha<sup>-1</sup>) foram obtidas nas doses 457, 357 e 406 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. As doses de máxima eficiência econômica de N para pepino japonês (híbrido 'Taisho') foram 398 e 386 kg ha<sup>-1</sup>, resultando em produtividades de frutos de 76.385 e 76.295 kg ha<sup>-1</sup>, para o sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente. Não foi verificado aumento do teor de nitrato nos frutos em função das doses de N para as duas fontes estudadas.

**Palavras-chave:** *Cucumis sativus*, nitrogênio, rendimento, eficiência econômica.

### **ABSTRACT**

## **Yield and nitrate accumulation in fruit of japanese cucumber in protected environment in function of nitrogen fertilization**

The production of japanese cucumber has been growing in importance among the vegetables, being very appreciated and consumed in Brazil. Although the nutritional and commercial importance of the japanese cucumber, few studies have been led in relation to the nitrogen fertilization of the crop, especially under protected cultivation. This study's objective was to evaluate the yield and nitrate accumulation in fruit of japanese cucumber ('Taisho' hybrid) under protected cultivation as a function of the nitrogen fertilization at Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. The randomized block experimental design was used, arranged in a 2 x 5 factorial design, with two nitrogen sources (ammonium sulphate and ammonium nitrate) and five nitrogen doses (0; 75; 150; 300 and 600 kg ha<sup>-1</sup>), with four replicates. The number of fruits/plant, average fruit mass and yield of the japanese cucumber were evaluated. There were no significant effects of nitrogen sources and of the interaction between nitrogen sources and nitrogen doses for the productive characteristics of the japanese cucumber. However, all the productive characteristics of the japanese cucumber increased following a quadratic model as a function of the N doses. The maximum number of fruits/plant (20.4 units), maximum average fruit mass (118.5 g/fruto) and maximum fruits yield (76,400 kg ha<sup>-1</sup>) they were obtained in the doses 457, 357 and 406 kg ha<sup>-1</sup> of N, respectively. The maximum economical efficiency rates of N for the winter squash ('Tetsukabuto' type) were 398 and 386 kg ha<sup>-1</sup>, resulting in fruit yields of 76,385 e 76,295 kg ha<sup>-1</sup>, for the ammonium sulphate and ammonium nitrate, respectively. Nitrate accumulation in japanese cucumber ('Taisho' hybrid) fruits as a function of the N doses for two nitrogen sources evaluated was not verified.

**Keywords:** *Curcubita maxima* x *C. moschata*, nitrogen, economical efficiency.

A cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.) tem crescido em importância no Brasil, situando-se entre as dez hortaliças de maior interesse comercial (Galvani *et al.*, 2000). É muito apreciado e consumido em todo o território nacional, na forma de fruto imaturo em saladas, curtido em salmoura ou vinagre e raramente maduro e cozido.

Além do valor econômico e alimentar, o cultivo dessa hortaliça também tem grande importância social, na geração de empregos diretos e indiretos, pois demanda

grande quantidade de mão-de-obra, desde o cultivo até a comercialização (Cardoso & Silva, 2003).

O pepino é uma planta que apresenta resposta intermediária entre as condições tropical e temperada (Fontes & Puiatti, 2005). É uma espécie não adaptada ao cultivo sob baixas temperaturas, sendo o seu desenvolvimento favorecido por temperaturas superiores a 20 °C. Este é um dos motivos pelo qual o produtor brasileiro passou a cultivar pepino em ambiente protegido a partir da década de 80, sendo a cucurbitácea mais cultivada nessa tecnologia em todo o mundo (Cardoso & Silva, 2003).

No Brasil o pepino, principalmente do tipo japonês, é cultivado intensamente em ambiente protegido. Com a utilização desses ambientes surgiram grandes benefícios, principalmente para os pequenos e médios produtores, pelo cultivo intensivo e alta produtividade (Canizares *et al.*, 2004), podendo-se obter frutos de excelente qualidade comercial, com aumento significativo na lucratividade, em comparação com o cultivo em campo (Blanco & Folegatti, 2002).

Atualmente, tem crescido a demanda por informações sobre a utilização de corretivos e fertilizantes em hortaliças produzidas em ambiente protegido, principalmente com relação a definição de doses e formas de aplicação desses insumos. Pouca informação existe com relação à absorção de nutrientes e adubação do pepino em ambiente protegido. Sendo assim, deve-se levar em conta que a perda de nutrientes por lixiviação e/ou por volatilização é menor se comparada ao cultivo em campo aberto, além das cultivares utilizadas serem mais produtivas, respondendo a maiores quantidades de nutrientes (Blanco, 2006).

A adubação nitrogenada é fundamental para a obtenção de adequada produtividade. A dose adequada de nitrogênio é variável de acordo com vários fatores entre os quais a produtividade almejada, cultivar, técnicas de manejo, fonte e condições edafoclimáticas (Pôrto *et al.*, 2012). O nitrogênio é um nutriente que influencia os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando a relação fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (Queiroga *et al.*, 2007). Assim, faz-se necessário determinar as necessidades de N da cultura do pepino japonês em ambiente protegido, de forma a contribuir para melhor exploração do potencial produtivo da cultura nesse sistema de cultivo.

Apesar da grande importância da adubação nitrogenada para a produção de hortaliças, a mesma se constitui atualmente em assunto polêmico, pois quando aplicada em excesso pode resultar na redução da qualidade e segurança nutricional devido ao acúmulo de nitrato. Esse composto, quando ingerido em grandes quantidades, pode causar graves consequências à saúde, como formação de nitrosaminas, substância potencialmente carcinogênica, além da metahemoglobinemia ou sangue azul que reduz o transporte de oxigênio no sangue (Addiscott & Benjamin, 2004).

Algumas estimativas apontam que as hortaliças correspondem ao grupo de alimentos que mais contribui para a ingestão de nitrato pelo homem, sendo responsáveis por cerca 72 e 94 % da ingestão diária (Turazi *et al.*, 2006). De forma geral, as folhosas como alface, espinafre, repolho, rúcula, entre outras, apresentam tendência para acumular altos teores de nitrato em suas folhas (Beninni *et al.*, 2002; Mantovani *et al.*, 2005; Pôrto *et al.*, 2008), havendo grande interesse em monitorar o teor de nitrato nestas plantas (Beninni *et al.*, 2002). Já hortaliças de flores e frutos, a exemplo da couve-flor e tomate, geralmente mostram tendência de menor acúmulo de nitrato (Santamaria, 2006). Com relação a cultura do pepino, poucas são as informações disponíveis na literatura sobre o acúmulo de nitrato nos frutos dessa cultura, bem como a influência da adubação nitrogenada sobre esse acúmulo, principalmente em condição de cultivo em ambiente protegido.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade do pepino japonês em função em função da adubação nitrogenada em ambiente protegido.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. No preenchimento dos canteiros de cultivo foi empregado solo coletado do Horizonte B de um Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, o qual apresentava textura muito argilosa e as seguintes características químicas: pH em H<sub>2</sub>O = 5,5; P = 2,6 mg dm<sup>-3</sup>; K = 24,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S = 49,4 mg dm<sup>-3</sup>; Al = 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 3,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e matéria orgânica = 0,7 dag kg<sup>-1</sup>.

As mudas de pepino japonês híbrido 'Taisho' (ginóico partenocárpico) foram produzidas em bandejas de isopor (128 células), utilizando-se substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>. A semeadura foi realizada em 03/09/2010, e as mudas transplantadas para o local de cultivo em 21/09/2010, quando apresentaram duas 2 folhas definitivas.

O experimento foi constituído de 10 tratamentos, distribuídos em um fatorial 2 x 5, correspondentes a duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio) e cinco doses (0; 75; 150; 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) de N. Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições.

A calagem e adubação com P, K e micronutrientes foram determinadas mediante análise química do solo e sugestões de recomendação para a cultura no estado de Minas Gerais (Filgueira *et al.*, 1999). A calagem constou da aplicação de 4,8 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, realizada 60 dias antes do transplante das mudas. Referente a adubação, foram aplicados os equivalentes a 1.500 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, 200 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 15 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco, 10 kg ha<sup>-1</sup> de bórax, 10 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de cobre e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de molibdato de amônio. O sulfato de amônio foi empregado como uma das fontes de N em razão de essa ser a principal fonte de adubo nitrogenado empregada na cultura. Além disso, o solo da área empregada apresentava disponibilidade alta de S (Alvarez V. *et al.*, 1999), além de ter sido veiculado, aproximadamente, 150 kg ha<sup>-1</sup> desse nutriente como elemento acompanhante do superfosfato simples, sulfato de zinco e sulfato de cobre. Portanto, essas condições são suficientes para eliminar possíveis interferências do S adicionado mediante a aplicação das doses crescentes de N na forma de sulfato de amônio.

Cerca de 10 dias antes do transplante das mudas foram aplicados o total recomendado de micronutrientes e do P, 30 % do N e 40 % do K. O restante do N e do K foi aplicado em duas coberturas, sendo a primeira aos 15 dias após o transplante e a segunda 25 dias após a primeira (Fontes & Puiatti, 2005).

O plantio foi realizado no interior de estufa plástica, em canteiros com dimensões de 1,0 de largura, 10,0 m de comprimento e 0,25 m de profundidade. Em cada canteiro, foram desprezados 0,5 m de cada extremidade (bordadura), sendo constituídas cinco parcelas experimentais com 1,8 m de comprimento cada. Em cada parcela, foram cultivadas 12 plantas, dispostas em duas fileiras com seis plantas cada, no espaçamento de 1,0 x 0,30 m. A área útil da parcela foi constituída de oito plantas (quatro plantas centrais de cada fileira).

As plantas foram mantidas verticalmente, com uso de fitilhos, e em haste única. Foi realizada a desbrota das ramas laterais durante o ciclo e retirada do meristema apical da planta ao atingir a altura de aproximadamente 1,8 m do solo. Durante a condução da cultura foram realizadas irrigações por gotejamento procurando manter o solo com teor de umidade suficiente para o desenvolvimento

das plantas. As pulverizações, para controle de pragas e doenças, foram realizadas com produtos registrados para a cultura.

A colheita teve início no dia 04/11/2010 e estendeu-se até 04/12/2010. O curto período de colheita se deveu a elevada incidência da doença mancha zonada (*Leandria momordicae*) durante desenvolvimento da cultura, principalmente no período de frutificação, pois embora tenham sido realizadas pulverizações frequentes com defensivos registrados para a cultura, os mesmos apresentaram baixa eficiência de controle, tendo a referida doença contribuído substancialmente para a redução do ciclo da cultura (antecipação da senescência das plantas).

Os frutos foram colhidos diariamente, de forma manual, no estágio imaturo, quando apresentavam características comerciais da cultivar. O número de frutos/planta foi obtido pela contagem de todos os frutos colhidos divididos pelo número de plantas, em cada tratamento. A massa média de fruto correspondeu à produção total de frutos dividido pelo número de frutos colhidos, em cada tratamento. Também foi determinada a produção de frutos/parcela, em cada tratamento, sendo estimada a produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os dados obtidos foram submetidos à análise variância, com desdobramento do efeito quantitativo das doses de N em regressão, considerando-se até 5% de probabilidade, utilizando o software SAEG, v. 9.1 (SAEG, 2007). A escolha do modelo, além da significância do ajuste do ( $R^2$ ), levou em consideração a explicação biológica do fenômeno em estudo.

As doses de máxima eficiência econômica de N, para cada fonte de N (sulfato de amônio e nitrato de amônio), foram calculadas igualando-se a derivada primeira da equação de regressão referente a produtividade de frutos de pepino japonês em função das doses de N à relação entre preços do insumo (R\$/kg de N) e do produto (R\$/kg de frutos de pepino japonês), (Raij, 2011). Foram considerados no cálculo os preços médios de comercialização do insumo e do produto empregados no estado de Minas Gerais, no ano de condução do experimento (2010), que foram de R\$ 3,00/kg de N e R\$ 7,80/kg de N, para o sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente (CONAB, 2011), e R\$ 0,75/kg de frutos (preço médio de frutos de pepino, considerando o valor médio de comercialização nas seis unidades da CEASA-MG), (CEASA-MG, 2011).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Não foram verificados efeitos significativos de fontes e da interação entre fontes e doses de N sobre as características produtivas do pepino japonês. Este fato demonstra que ambas as fontes de N empregadas (sulfato de amônio e nitrato de amônio) apresentam

eficiência agronômica similar para a produção dessa cultura. Assim, o elevado custo do nitrato de amônio (maior custo/kg de N), bem como a dificuldade de aquisição desse produto, torna sua utilização pouco viável do ponto de vista prático como fonte de N para a produção da cultura do pepino japonês, em relação ao sulfato de amônio.

Entretanto, foi verificada influência significativa ( $p < 0,01$ ) das doses de N sobre todas as características produtivas pepino (Figuras 1, 2 e 3), demonstrando que essa cultura é bastante responsiva a adubação nitrogenada.

Os valores das características número de frutos/planta, massa média de frutos e produtividade de frutos, em função do incremento das doses de N, ajustaram-se ao modelo quadrático (Figuras 1, 2 e 3). O número máximo de frutos/planta foi 20,4 unidades, obtido com a dose estimada  $457 \text{ kg ha}^{-1}$  de N; esse resultado corresponde a um incremento de 0,79 vezes em relação à testemunha.

Quanto à massa média de frutos (Figura 2), a dose estimada  $357 \text{ kg ha}^{-1}$  de N foi responsável pela máxima massa média de frutos ( $118,5 \text{ g/fruto}$ ). Esse resultado corresponde a incremento de 0,4 vezes em relação à testemunha.

A máxima produtividade de frutos de pepino ( $76.400 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi obtida com a dose estimada de  $406 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Figura 3). Esse resultado corresponde a um incremento de 1,35 vezes, em relação à testemunha.

O N influencia processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando as relações fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produção de frutos (Queiroga *et al.*, 2007).

Os resultados deste trabalho indicam que o efeito da adubação nitrogenada na produção do pepino é resultado do aumento do número e da massa de fruto, que são características determinantes na produtividade da cultura. Em outras cucurbitáceas, como o melão (Queiroga *et al.*, 2007), melancia (Andrade Junior *et al.*, 2006), maxixe (Oliveira *et al.*, 2008) e abobrinha (Pôrto *et al.*, 2012) também têm sido verificado aumento no número e na massa média de fruto e, conseqüentemente, da produtividade, com a elevação das doses de N.

A máxima produtividade de frutos obtida nesse trabalho supera a produtividade esperada para a cultura do pepino em ambiente protegido com o manejo da adubação recomendado para o estado de Minas Gerais, que é de  $60 \text{ t ha}^{-1}$  (Gomes *et al.*, 1999). A

máxima produtividade obtida encontra-se ainda dentro da faixa verificada por Cardoso & Silva (2003) para diferentes híbridos de pepino japonês (Hokuho, Hokushin, Hyuma, KH-705, Natsusuzumi, Nikkey, Rensei, Summer Green, Top Green, Tsuyataro, Yoshinari, BU-92, AF-1327, AF-1328 e AF-1329) cultivados em sistema ambiente protegido, em São Manuel-SP, em duas épocas de cultivo (cultivo de verão e cultivo de outono-inverno), que variaram de 48.020 a 111.760 t ha<sup>-1</sup>.

Na literatura, têm sido frequentemente mencionadas produtividades da cultura do pepino japonês em ambiente protegido superiores a 100 t ha<sup>-1</sup> (Galvani *et al.*, 2000; Blanco & Folegatti, 2002; Fontes & Puiatti, 2005; Filgueira, 2008), as quais são superiores a obtida no presente trabalho. A elevada incidência da doença mancha zonada (*Leandria momordicae*) durante o desenvolvimento da cultura, principalmente no período de frutificação (em decorrência da baixa eficiência de controle dos defensivos empregados), contribuiu para a redução do ciclo da cultura e de sua produtividade, pois a produtividade da cultura do pepino tem sido proporcional a duração do ciclo da cultura (Fontes & Puiatti, 2005).

Atualmente, a sustentabilidade é o grande desafio da produção agrícola, sendo que a otimização dos fatores de produção é de fundamental importância para alcançar a produção sustentável, principalmente no que se refere ao uso de fertilizantes. Diante desse aspecto é interessante mensurar a dose de máxima eficiência econômica dos fertilizantes.

No presente trabalho, a fórmula obtida para a determinação da dose de máxima eficiência econômica de N foi:

$$\text{Dose de N} = \frac{(216,78 - Y)}{2 \cdot (0,2670)}$$

Onde: Y é a relação entre os preços do insumo e do produto.

Dessa forma, as doses de máxima eficiência econômica de N para a produtividade da cultura do pepino japonês, empregando como fonte o sulfato de amônio, foi 398 kg ha<sup>-1</sup>, para Y = 4,0, com produtividade de frutos de 76.385 kg ha<sup>-1</sup> (incremento de 1,36 vezes em relação à testemunha), e empregando como fonte o nitrato de amônio, foi 386 kg ha<sup>-1</sup>, para Y = 10,4, com produtividade de frutos de 76.295 kg ha<sup>-1</sup> (incremento de 1,35 vezes em relação à testemunha). As doses de máxima eficiência econômica de N, empregando as duas fontes de N, foram próximas daquela responsável pela máxima produtividade de frutos de abobrinha (98 e 95% da mesma, empregando como fonte o sulfato de amônio e o nitrato de amônio,

respectivamente), indicando que a cultura do pepino japonês apresenta elevada resposta em termos econômicos ao emprego de N.

Não foi verificado aumento do teor de nitrato nos frutos de pepino japonês em função do emprego das doses de N, para as duas fontes estudadas, sugerindo que essa espécie (ou cultivar empregada) apresenta baixa tendência para acumular nitrato nos frutos, mesmo diante do emprego de elevadas doses de N. Embora seja preconizado na literatura que o incremento na disponibilidade de N é um fator determinante no acúmulo de nitrato pelas plantas (Chen *et al.*, 2004; Mantovani *et al.*, 2005; Pôrto *et al.*, 2008; Pôrto *et al.*, 2012), outros fatores também exercem influência sobre esse acúmulo. Krohn *et al.* (2003) ressaltam que a capacidade de acúmulo de nitrato pelas plantas é de caráter genético, sendo verificadas diferenças no acúmulo de nitrato entre as diferentes espécies vegetais, entre cultivares de uma mesma espécie e até mesmo entre os diferentes órgãos da planta (Santamaria, 2006).

Diversos trabalhos têm mostrado que hortaliças folhosas apresentam tendência para acumular altos teores de nitratos em suas folhas (Beninni *et al.*, 2002; Chen *et al.*, 2004; Mantovani *et al.*, 2005; Santamaria, 2006; Pôrto *et al.*, 2008), enquanto que hortaliças de flores e frutos geralmente mostram uma tendência de menor acúmulo de nitrato (Santamaria, 2006). De acordo com Santamaria (2006), o pepino é uma hortaliça com baixa capacidade de acúmulo de nitrato.

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que ambas as fontes de N empregadas (sulfato de amônio e nitrato de amônio) apresentam eficiência agrônômica similar sobre a produção da cultura do pepino japonês em ambiente protegido. A cultura do pepino japonês (híbrido ‘Taisho’) em ambiente protegido apresentou elevada resposta em termos econômicos ao emprego de N. A dose de máxima eficiência econômica de N para a produtividade da cultura, empregando como fonte o sulfato de amônio, foi de 398 kg ha<sup>-1</sup>, para Y = 4,0, com produtividade de frutos de 76.385 kg ha<sup>-1</sup>; e, empregando como fonte o nitrato de amônio, foi de 386 kg ha<sup>-1</sup>, para Y = 10,4, com produtividade de frutos de 76.295 kg ha<sup>-1</sup>. Mesmo diante do emprego de doses elevadas de N, a cultura do pepino japonês (híbrido ‘Taisho’) apresentou baixa tendência para acumular nitrato nos frutos.

## **AGRADECIMENTOS**

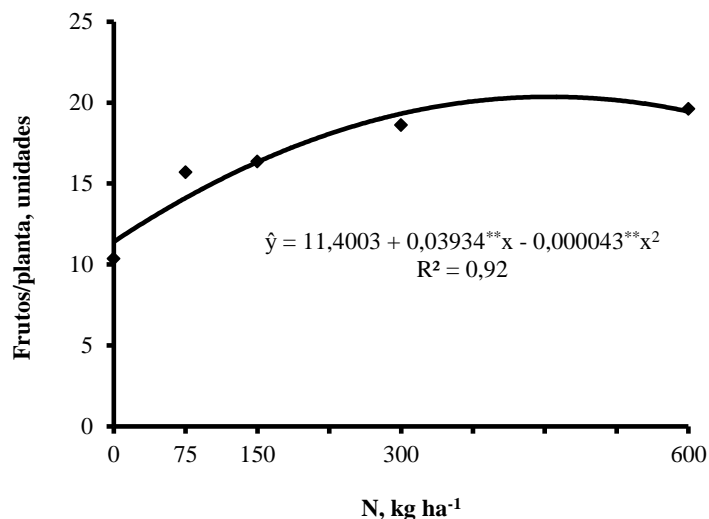
Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos de DS ao primeiro autor e de produtividade em pesquisa para o segundo, terceiro e quarto autores. A FAPEMIG, pelo apoio para a realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ADDISCOTT TM; BENJAMIN N. 2004. Nitrate and human health. *Soil and Use Manage* 20: 98-104.
- ALVAREZ V. VH; NOVAIS RF; BARROS NF; CANTARUTTI RB; LOPES AS. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 25-32.
- ANDRADE JUNIOR AS; DIAS NS; FIGUEIREDO JUNIOR LGM; RIBEIRO VQ; SAMPAIO DB. 2006. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10: 836-841.
- BENINNI ERY; TAKAHASHI HW; NEVES CSVJ; FONSECA ICB. 2002. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. *Horticultura Brasileira* 20: 183-186.
- BLANCO FF. 2006. Fertirrigação na cultura do pepino. In: BOARETTO AE; VILLAS BÔAS RL; SOUSA VF; PARRA IRV. *Fertirrigação: teoria e prática*. Piracicaba: Os autores. p. 305-303.
- BLANCO FF; FOLEGATTI MV. 2002. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 6: 251-255.
- CANIZARES KAL; RODRIGUES JD; GOTO R. 2004. Crescimento e índices de troca gasosa em plantas de pepino irrigadas com água enriquecida com CO<sub>2</sub>. *Horticultura Brasileira* 22: 706-711.
- CARDOSO AII; SILVA N. 2003. Avaliação de híbridos de pepino tipo japonês sob ambiente protegido em duas épocas de cultivo. *Horticultura Brasileira* 21: 170-175.
- CEASA-MG - Central de Abastecimento do Estado de Minas Gerais. 2011, 10 de fevereiro. *Preços e ofertas de produtos*. Disponível em <http://www.ceasaminas.com.br>

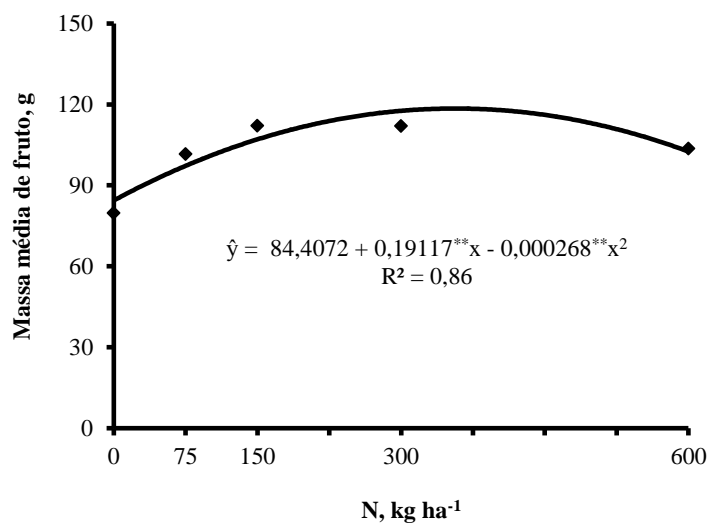
- CHEN BM; WANG ZH; LI SX; WANG GX; SONG HX; WANG XN. 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Science* 167: 635-643.
- CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento. 2011, 10 de fevereiro. *Preço dos insumos agropecuários*. Disponível em <http://www.conab.gov.br>
- FILGUEIRA FAR. 2008. *Novo manual de olericultura*. 3. ed., Viçosa: UFV. 421p.
- FILGUEIRA FAR; AVELAR FILHO JA; CARRIJO IV. Pepino. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 200.
- FONTES PCR; PUIATTI M. 2005. Cultura do pepino. In: FONTES PCR. *Olericultura: teoria e prática*. Viçosa: DFT - Setor de Olericultura/UFV. p. 439-455.
- GALVANI E; ESCOBEDO JF; CUNHA AR; KLOSOWSKI ES. 2000. Estimativa do índice de área foliar e da produtividade de pepino em meio protegido - cultivos de inverno e de verão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 4: 8-13.
- GOMES LAA; SILVA EC; FAQUIN V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 99-110.
- KROHN NG; MISSIO RF; ORTOLAN ML; BURIN A; STEINMACHER DA; LOPES MC. 2003. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. *Horticultura Brasileira* 21: 216-219.
- MANTOVANI JR; FERREIRA ME; CRUZ MCP. 2005. Produção de alface acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira* 23: 758-762.
- OLIVEIRA AP; OLIVEIRA ANP; ALVES AU; ALVES EU; SILVA DF; SANTOS RR; LEONARDO FAP. 2008. Rendimento de maxixeiro adubado com doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira* 26: 533-536.
- PÔRTO ML; ALVES JC; SOUZA AP; ARAUJO RC; ARRUDA JA. 2008. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitrogen supply and organic fertilization. *Horticultura Brasileira* 26: 227-230.
- PÔRTO MLA; PUIATTI M; ALVES JCA; FONTES PCR; ARRUDA JA. 2012. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. *Bragantia* 71: xx-xx (No prelo)

- PÔRTO MLA; PUIATTI M; ALVES JCA; FONTES PCR; ARRUDA JA. 2012. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. *Bragantia* 71: xx-xx (No prelo)
- QUEIROGA RCF; PUIATTI M; FONTES PCR; CECOM PR; FINGER FL. 2007. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 25: 550-556.
- RAIJ BV. 2011. *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: IPNI. 420p.
- SAEG. 2007. *Sistema para Análises Estatísticas*. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes.
- SANTAMARIA P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 10-17.
- TURAZI CMV; JUNQUEIRA AMR; OLIVEIRA SA; BORGIO LA. 2006. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. *Horticultura Brasileira* 24: 65-70.



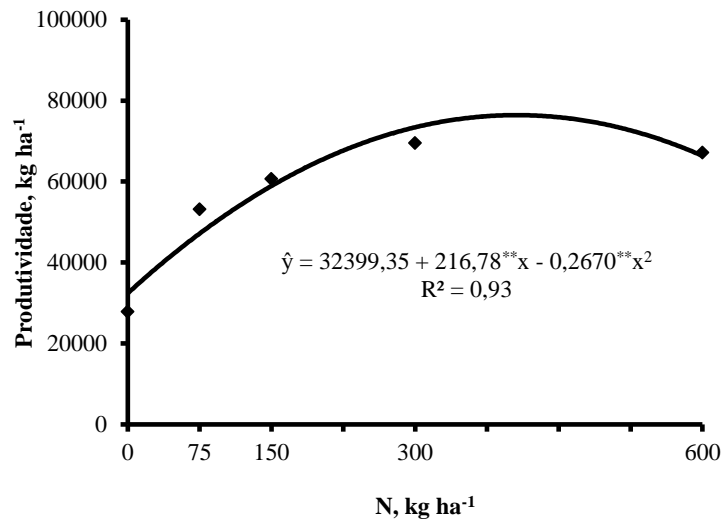
**Figura 1.** Número de frutos/planta de pepino japônes em ambiente protegido em função da adubação nitrogenada (Number of fruit/plant of the japanese cucumber under protected cultivation as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\* : Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t (significant at 1 % of probability, t test).



**Figura 2.** Massa média de fruto de pepino japonês em ambiente protegido em função da adubação nitrogenada. (Average fruit mass of japanese cucumber under protected cultivation as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\* : Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t (significant at 1 % of probability, t test).



**Figura 3.** Produtividade de frutos de pepino em ambiente protegido em função da adubação nitrogenada (Yield of japanese cucumber fruits under protected cultivation as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\* : Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t (significant at 1 % of probability, t test).

## ARTIGO 6

### ÍNDICE SPAD PARA O DIAGNÓSTICO DO ESTADO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO PEPINO JAPONÊS EM AMBIENTE PROTEGIDO

**Mônica L Alves Pôrto<sup>1</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Hofls, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Hofls, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq.  
E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

Preparado de acordo com as normas da Horticultura Brasileira

PÔRTO ML; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR. 201x. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* x: xxx-xxx.

# **Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês em ambiente protegido**

**Mônica L Alves Pôrto<sup>1\*</sup>; Mário Puiatti<sup>1</sup>; Paulo Cezar R Fontes<sup>1</sup>; Paulo R Cecon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UFV, Depto. Fitotecnia, Av. P.H. Hofls, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq; <sup>2</sup>UFV, Depto. Estatística, Av. P.H. Hofls, s/n, 36.570-000, Viçosa-MG. Bolsista do CNPq.  
E-mail: monicalporto@yahoo.com.br; mpuiatti@ufv.br; pacerefo@ufv.br; cecon@dpi.ufv.br

## **RESUMO**

O índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio das culturas tem sido muito estudado nos últimos anos. Entretanto, não existem trabalhos conclusivos acerca do seu emprego para a cultura do pepino japonês. O objetivo do trabalho foi avaliar o emprego do índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês (híbrido 'Taisho') em ambiente protegido. O experimento foi conduzido no delineamento blocos casualizados, em um esquema fatorial 2 x 5, constituído de duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio) e cinco doses (0; 75; 150; 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) de N, com quatro repetições. No início do florescimento, o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N foram determinados na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, das plantas. Não foram verificados efeitos significativos de fontes e da interação entre fontes e doses de N sobre as características avaliadas. Entretanto, o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N aumentaram de forma quadrática em função das doses de N. Os níveis críticos foliares estimados de teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N responsáveis pela máxima produtividade da cultura do pepino japonês foram de 6,01 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca, 52,33 unidades SPAD e 4,78 dag kg<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente. Houve correlação linear e positiva das características avaliadas entre si. Os resultados deste trabalho indicam que o índice SPAD, determinado no início da fase reprodutiva, pode ser usado no diagnóstico do estado de nitrogênio da cultura do pepino japonês.

**Palavras-chave:** *Cucumis sativus*, clorofila, nutrição mineral.

## **ABSTRACT**

**SPAD index for diagnosis of nitrogen status in the japanese cucumber cultivation under protected environment**

The employment of SPAD index for N status diagnosis of crops has been largely studied in recent years. However, conclusive studies about its usefulness in japanese cucumber plants under protected cultivation were not found in literature. This study's objective was to evaluate the employment of SPAD index for N status diagnosis of japanese cucumber plants ('Taisho' hybrid) under protected cultivation. The randomized block design was used, arranged in a 2 x 5 factorial design, with two nitrogen sources (ammonium sulphate and ammonium nitrate) and five nitrogen doses (0; 75; 150; 300 and 600 kg ha<sup>-1</sup>), with four replicates. At the early flowering stage, total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration in fourth leaf fully expanded from the apex of japanese cucumber plants were evaluated. There were no significant effects of nitrogen sources and of the interaction between nitrogen sources and nitrogen doses under the evaluated characteristics. However, total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration in japanese cucumber leaves increased following a quadratic model as a function of the N doses. The estimated critical levels of total chlorophyll concentration, SPAD index and total N concentration on japanese cucumber plants ('Taisho' hybrid) leaves responsible for maximum fruit yield were 6.01 mg g<sup>-1</sup> of fresh matter, 52.33 units and 4.78 dag kg<sup>-1</sup> of dry matter, respectively. Significant correlation linear and positive between the evaluated characteristics was observed. The results indicate that the SPAD index can be used for N status diagnosis of japanese cucumber plants.

**Keywords:** *Cucumis sativus*, chlorophyll, mineral nutrition.

No Brasil o pepino, principalmente do tipo japonês, é cultivado intensamente em ambiente protegido. Com a utilização desse sistema de cultivo surgiram grandes benefícios, principalmente para os pequenos e médios produtores, pelo cultivo intensivo e alta produtividade (Canizares *et al.*, 2004). Nesse sistema podem-se obter frutos de excelente qualidade comercial, com aumento significativo na lucratividade, em comparação com o cultivo em campo (Blanco & Folegatti, 2002).

A escassez de informações consistente sobre a nutrição e adubação da cultura do pepino em condições de ambiente protegido, sobretudo a nitrogenada, constitui-se um grande entrave para a exploração dessa cultura nesse sistema de cultivo. O nitrogênio é um nutriente que influencia os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando a relação fonte-dreno e, conseqüentemente, a

distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos (Queiroga *et al.*, 2007). Assim, torna-se imprescindível indicar métodos eficientes de diagnóstico para avaliar o estado nitrogenado na cultura do pepino em ambiente protegido, de forma a contribuir para o manejo adequado deste nutriente nesse sistema de cultivo. Nesse sentido, o emprego do índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio das culturas tem sido bastante estudado nos últimos anos.

A determinação da cor verde da folha, possível de ser determinada por meio do medidor portátil SPAD-502, que proporciona leitura instantânea e de maneira não destrutiva, destaca-se recentemente como alternativa para avaliar o estado de nitrogênio da planta em tempo real pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade da cor verde com o teor de clorofila e com a concentração de N na folha (Guimarães *et al.*, 1999; Gil *et al.*, 2002; Fontes & Araújo, 2007; Pôrto *et al.*, 2011a).

O medidor portátil SPAD-502 avalia, quantitativamente, a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e a 940 nm, onde não ocorre absorção (Gil *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2006). Com estes dois valores, o equipamento calcula um número ou índice SPAD que, normalmente, é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha e pode identificar deficiência de N, além de ter potencial de identificar situações onde a aplicação adicional de N não seja necessária (Gil *et al.*, 2002).

Índices SPAD obtidos em folhas de diversas espécies apresentaram correlação positiva com a suficiência de N, podendo este ser considerado um índice apropriado para avaliar o estado de N das culturas (Gil *et al.*, 2002; Fontes & Araújo, 2007; Pôrto *et al.*, 2011a). O medidor portátil SPAD-502 tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado de N em algodão (Neves *et al.*, 2005), arroz (Carreres *et al.*, 2000), batata (Gil *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2009; Coelho *et al.*, 2010), feijoeiro comum (Silveira *et al.*, 2003), pimentão (Madeira *et al.*, 2003), tomate (Guimarães *et al.*, 1999; Güler & Büyük, 2007), dentre outras culturas. Entretanto, não existem trabalhos conclusivos acerca do emprego do índice SPAD para diagnóstico do estado de N na cultura do pepino japonês em condições de ambiente protegido.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do índice SPAD para o diagnóstico do estado de N na cultura do pepino japonês em ambiente protegido.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. No preenchimento dos canteiros de cultivo foi empregado solo coletado do Horizonte B de um Argissolo Vermelho-Amarelo Câmbico, o qual apresentava textura muito argilosa e as seguintes características químicas: pH em H<sub>2</sub>O = 5,5; P = 2,6 mg dm<sup>-3</sup>; K = 24,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S = 49,4 mg dm<sup>-3</sup>; Al = 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 3,80 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e matéria orgânica = 0,7 dag kg<sup>-1</sup>.

As mudas de pepino japonês híbrido 'Taisho' (ginóico partenocárpico) foram produzidas em bandejas de isopor (128 células), utilizando-se substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>. A semeadura foi realizada em 03/09/2010, e as mudas transplantadas para o local de cultivo em 21/09/2010, quando apresentaram duas folhas definitivas.

O experimento foi constituído de 10 tratamentos, distribuídos em um esquema fatorial 2 x 5, correspondentes a duas fontes (sulfato de amônio e nitrato de amônio) e cinco doses (0; 75; 150; 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) de N. Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados, com quatro repetições.

A calagem e adubação com P, K e micronutrientes foram determinadas mediante análise química do solo e sugestões de recomendação para a cultura no estado de Minas Gerais (Filgueira *et al.*, 1999). A calagem constou da aplicação de 4,8 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, realizada 60 dias antes do transplante das mudas. Referente a adubação, foram aplicados os equivalentes a 1.500 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, 200 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 15 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco, 10 kg ha<sup>-1</sup> de bórax, 10 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de cobre e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de molibdato de amônio.

O sulfato de amônio foi empregado como uma das fontes de N em razão de essa ser a principal fonte de adubo nitrogenado empregada na cultura. Além disso, o solo apresentava disponibilidade alta de S (Alvarez V. *et al.*, 1999), além de ter sido veiculado, aproximadamente, 150 kg ha<sup>-1</sup> desse nutriente como elemento acompanhante do superfosfato simples, sulfato de zinco e sulfato de cobre. Portanto, essas condições são suficientes para eliminar possíveis interferências do S adicionado mediante a aplicação das doses crescentes de N na forma de sulfato de amônio.

Cerca de 10 dias antes do transplante das mudas foram aplicados o total recomendado de micronutrientes e do P, 30% do N e 40% do K. O restante do N e do K foi aplicado em duas coberturas, sendo a primeira aos 15 dias após o transplante e a segunda 25 dias após a primeira (Fontes & Puiatti, 2005).

O plantio foi realizado no interior de estufa plástica, em canteiros com dimensões de 1,0 de largura, 10,0 m de comprimento e 0,25 m de profundidade. Em cada canteiro, foram desprezados 0,5 m de cada extremidade (bordadura), sendo constituídas cinco parcelas experimentais com 1,8 m de comprimento cada. Em cada parcela, foram cultivadas 12 plantas, dispostas em duas fileiras com seis plantas cada, no espaçamento de 1,0 x 0,30 m. A área útil da parcela foi constituída de oito plantas (quatro plantas centrais de cada fileira).

As plantas foram mantidas verticalmente, com uso de fitilhos, e em haste única. Foi realizada a desbrota das ramas laterais ao longo do ciclo e a retirada do meristema apical da planta (capação) ao atingir a altura de aproximadamente 1,8 m do solo. Durante a condução da cultura foram realizadas, irrigações por gotejamento procurando manter o solo com teor de umidade suficiente para o desenvolvimento das plantas. As pulverizações, para controle de pragas e doenças, foram realizadas com produtos registrados para a cultura.

No início do florescimento, 24 dias após o transplante das mudas, determinou-se o índice SPAD na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, entre as 7 e 9 h, utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta Camera Co. Ltd.). Foram realizadas cinco medições do índice SPAD na porção mediana do limbo foliar de cada planta da parcela útil, totalizando 40 medições por parcela, em cada tratamento, sendo utilizada a média para representar os tratamentos.

Imediatamente após o término das leituras, as folhas foram destacadas de cada planta, acondicionadas em sacos plásticos e, no laboratório, mantidas sob refrigeração. Em seguida, tomou-se, uma amostra composta de 0,1 g de matéria fresca das folhas usadas para a leitura com o medidor SPAD-502, a qual foi macerada em acetona a 80%, na presença de  $\text{CaCO}_3$ . Os extratos obtidos foram filtrados através de papel-filtro rápido e coletados em balões volumétricos de 50 mL, completando-se o volume ao final da filtração. A densidade ótica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro a 645 e 663 nm, utilizando cubetas de quartzo. A partir dessas leituras, determinou-se a concentração de clorofila nas soluções de leitura, de acordo com o proposto por Arnon (1946). Os valores das concentrações de clorofila total no limbo foliar foram expressos em base de massa ( $\text{mg g}^{-1}$  de matéria fresca).

Posteriormente, o restante das folhas foi acondicionado em sacos de papel, secos em estufa de circulação forçada de ar a 75°C, até atingirem peso constante, sendo em seguida pesados, passados por moinho tipo Wiley com peneira de 20 mesh

e armazenados. Nas matérias secas das folhas, após a extração com água em banho-maria a 45°C, durante uma hora, determinaram-se as concentrações de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por colorimetria, em espectrofotômetro a 410 nm (Cataldo *et al.*, 1975). Determinaram-se, ainda, após digestão sulfúrica, os teores de N-orgânico na matéria seca das folhas por meio do reagente de Nessler (Jackson, 1982) calculando-se, posteriormente, os valores de N total a partir da soma dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e de N orgânico.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, com desdobramento do efeito das doses de N em regressão, considerando-se até 5% de probabilidade. A escolha do modelo, além da significância do ajuste do (R<sup>2</sup>), levou em consideração a explicação biológica do fenômeno em estudo. Também foi realizada análise de correlação de Pearson entre as características analisadas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAEG, v. 9.1 (SAEG, 2007).

A partir da dose de 406 kg ha<sup>-1</sup> de N, dose responsável pela máxima produtividade de frutos de pepino japonês (76.400 kg ha<sup>-1</sup>) (Pôrto *et al.*, 2011b), foram calculados os valores dos níveis críticos do teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N nas folhas das plantas, seguindo método descrito em Fontes (2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificados efeitos significativos de fontes e da entre interação fontes e doses de N sobre as características avaliadas. Este fato demonstra que ambas as fontes de N empregadas (sulfato de amônio e nitrato de amônio) apresentaram influência similar sobre o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N total nas folhas do pepino japonês.

Entretanto, o teor de clorofila total, o índice SPAD e o teor de N total nas folhas do pepino japonês foram significativamente afetados ( $p < 0,01$ ) pelas doses de N (Figuras 1; 2 e 3).

O teor de clorofila total e índice SPAD apresentaram comportamento bastante similar, com resposta quadrática em função da elevação das doses de N (Figuras 1 e 2). Para essas características foram obtidos máximos valores estimados de 6,02 mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca e de 52,54 unidades SPAD, respectivamente, nas doses 417 e 468 kg ha<sup>-1</sup> de N. Esses resultados corroboram os obtidos por outros autores para as culturas da abóbora (Swiader & Moore, 2002), abobrinha (Pôrto *et al.*, 2011a), algodão (Neves *et al.*, 2005), batata (Gil *et al.*, 2002), feijoeiro comum

(Silveira *et al.*, 2003), melão (Azia & Stewart, 2001), tomate (Ferreira *et al.*, 2006; Güler & Büyük, 2007) dentre outras culturas, onde também foram constatados aumentos nos teores de clorofila total e, ou, valores de índice SPAD nas folhas das plantas com incremento na dose de N aplicada. O N é um nutriente que participa da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila, de modo que o aumento do suprimento de N às plantas, até determinado limite, proporciona incremento no teor de clorofila e intensidade de cor verde nas folhas da planta (Guimarães *et al.*, 1999; Fontes & Araújo, 2007).

Com o emprego da dose de 406 kg ha<sup>-1</sup> de N, dose responsável pela máxima produtividade de frutos de pepino japonês (Pôrto *et al.*, 2011b), os valores dos níveis críticos estimados do teor de clorofila total e índice SPAD foram 6,01 mg g<sup>-1</sup> de massa de matéria fresca e de 52,33 unidades SPAD, respectivamente. O nível crítico de índice SPAD obtido no presente trabalho se encontra acima verificado por Güler & Büyük (2007) para a cultura do pepino, que encontraram valores de nível crítico (associado com a máxima produtividade) de 44,93 unidades SPAD. Entretanto, encontra-se bem próximo dos níveis críticos de índice SPAD (associados com a máxima produtividade) preconizado para outras cucurbitáceas, como abobrinha (55,62 unidades SPAD) (determinado na quarta folha recentemente expandida, a partir do ápice, das plantas, no início do florescimento) (Pôrto *et al.*, 2011) e abóbora (56,7 a 59,0 unidades SPAD) (determinado em folhas novas recentemente expandidas, durante a fase de antese, em cultivos de sequeiro e sob irrigação, respectivamente) (Swiader & Moore, 2002).

O teor de N total na matéria seca das folhas do pepino japonês também apresentou resposta quadrática em função do incremento das doses de N (Figura 3), onde o máximo teor de N total estimado nas folhas de pepino japonês (4,80 dag kg<sup>-1</sup> de matéria seca) foi obtido na dose 456 kg ha<sup>-1</sup> de N. Com o emprego da dose responsável pela máxima produtividade de frutos de pepino japonês (406 kg ha<sup>-1</sup> de N) (Pôrto *et al.*, 2011b), o nível crítico estimado do teor de N foliar foi 4,78 dag kg<sup>-1</sup> na matéria seca. Esse teor de N encontra-se dentro da faixa considerada suficiente para a cultura do pepino que seria de 4,5 a 6,0 dag kg<sup>-1</sup> na matéria seca (Trani & Raij, 1996), indicando que as plantas apresentavam-se adequadamente nutridas quanto a esse nutriente.

Foram verificadas elevadas correlações entre as características estudadas, ou seja: r = 0,94 (p<0,001) entre índice SPAD e teor de clorofila total; r = 0,94 (p<0,001) entre índice SPAD e teor de N total, e r = 0,95 (p<0,001) entre teor de clorofila total e

teor de N total. Esses resultados indicam a possibilidade de utilização do medidor portátil SPAD-502 na avaliação indireta do teor de clorofila total e na caracterização do estado de N na cultura do pepino japonês, apresentando inúmeras vantagens. Dentre as vantagens estão a rapidez, simplicidade e, principalmente, a possibilidade de avaliação não destrutiva do tecido foliar, podendo ser realizada diretamente a campo (Amarante, 2008). Para tal fim, foram ajustadas as seguintes equações:

Teor de clorofila total ( $\text{mg g}^{-1}$  de matéria fresca) =  $- 2,2167 + 0,1574^{**}$  SPAD

Teor de N total ( $\text{dag kg}^{-1}$  de matéria seca) =  $- 1,3895 + 0,1174^{**}$  SPAD

O conteúdo de clorofila, estimado com o medidor portátil SPAD-502, correlaciona-se com a concentração de N na planta e também com o rendimento de diversas espécies (Guimarães *et al.*, 1999; Gil *et al.*, 2002; Fontes & Araújo, 2007; Pôrto *et al.*, 2011), podendo ser usado como ferramenta auxiliar para caracterizar de forma indireta a necessidade de adubação nitrogenada. Em hortaliças, o índice SPAD tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado nitrogenado em batata (Gil *et al.*, 2002) tomate (Guimarães *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 2006) e pimentão (Madeira *et al.*, 2003), dentre outras.

Os resultados deste trabalho corroboram com os obtidos por Güler & Büyük (2007), em experimento realizado com a cultura do pepino japonês (cv. Seyhan) em ambiente protegido, em dois anos de cultivo (2000 e 2001), submetido a quatro doses de N (0, 100, 150 e 200  $\text{mg L}^{-1}$ ), aplicado via fertirrigação na frequência de 1 e 2 vezes por semana. Esses autores também verificaram alta correlação linear positiva e significativa entre os valores do índice SPAD e os teores de N total ( $r = 0,786$ ,  $p < 0,001$ ), indicando a possibilidade de utilização do índice SPAD na caracterização do estado de N dessa cultura. Resultados relevantes também foram obtidos para outras cucurbitáceas, como abobrinha (Pôrto *et al.*, 2011a) e abóbora (Swiader & Moore, 2002), onde também foram constatadas elevadas correlações entre índice SPAD e teor de N nas folhas das plantas. Todavia, como o equipamento fornece uma leitura em unidades arbitrárias (leitura SPAD de conteúdo de clorofila, na faixa de 0 a 99,9), recomenda-se que o mesmo seja calibrado com as extrações de clorofilas da cultura de interesse (Guimarães *et al.*, 1999; Amarante, 2008), como realizado no presente estudo.

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que ambas as fontes de N empregadas (sulfato de amônio e nitrato de amônio) apresentaram influência similar sobre o teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N total nas folhas do pepino japonês. O índice SPAD, determinado no início da fase reprodutiva, pode ser usado

com eficiência no diagnóstico do estado de N da cultura do pepino japonês, a exemplo do que vem sendo observado para outras culturas.

## AGRADECIMENTOS

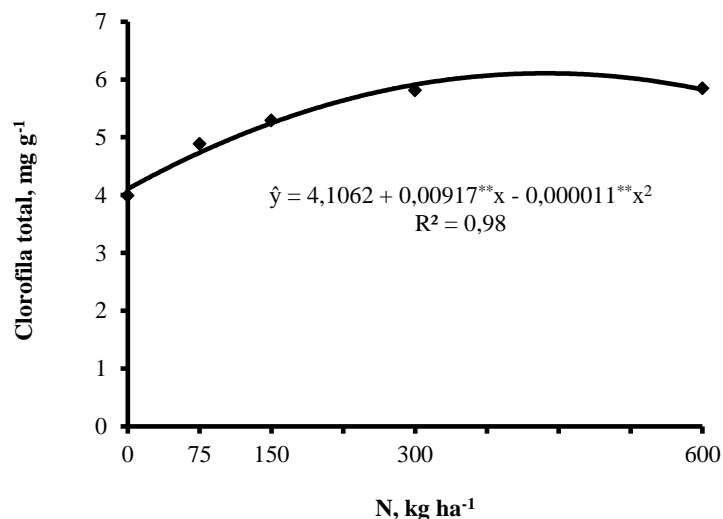
Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos de DS ao primeiro autor e de produtividade em pesquisa para o segundo, terceiro e quarto autores. A FAPEMIG, pelo apoio para realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V. VH; NOVAIS RF; BARROS NF; CANTARUTTI RB; LOPES AS. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 25-32.
- AMARANTE CVT; BISOGNIN DA; STEFFENS CA; ZANARDI OZ; ALVES EO. 2008. Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. *Horticultura Brasileira* 26: 471-475.
- ARNON DI. 1949. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxydase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24: 1-15.
- AZIA F; STEWART KA. 2001. Relationship between extractable chlorophyll and SPAD values in muskmelon leaves. *Journal of Plant Nutrition* 24: 961-966.
- BLANCO FF. 2006. Fertirrigação na cultura do pepino. In: BOARETTO AE; VILLAS BÔAS RL; SOUSA VF; PARRA IRV. *Fertirrigação: teoria e prática*. Piracicaba: Os autores. p. 305-303.
- BLANCO FF; FOLEGATTI MV. 2002. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 6: 251-255.
- CANIZARES KAL; RODRIGUES JD; GOTO R. 2004. Crescimento e índices de troca gasosa em plantas de pepino irrigadas com água enriquecida com CO<sub>2</sub>. *Horticultura Brasileira* 22: 706-711.
- CARRERES R; SENDRA J; BALLESTEROS R; CUADRA JG. 2000. Effects of pre-flood nitrogen rate and midseason nitrogen timing on flooded rice. *Journal of Agricultural Science* 134: 379-390.

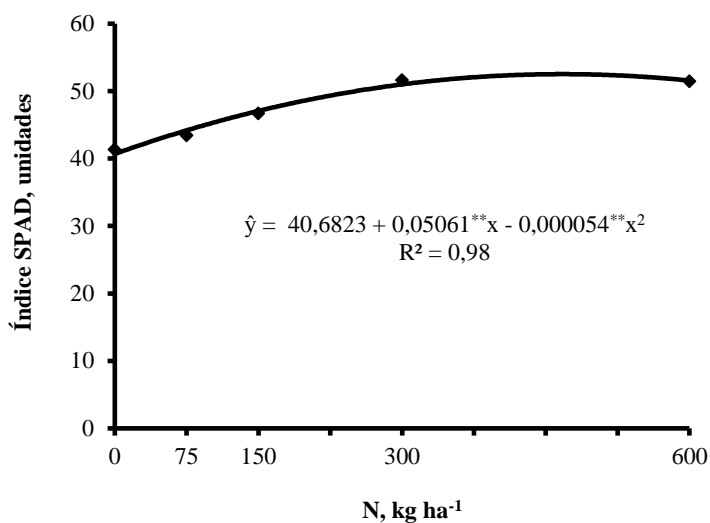
- CATALDO DA; HAROON M; SCHRADER LE; YOUNES VL. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 6: 71-80.
- COELHO FS; FONTES PCR; PUIATTI M; NEVES JCL; SILVA MCC. 2010. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. *Revista Brasileira Ciência do Solo* 34: 1175-1183.
- FERREIRA MMM; FERREIRA GB; FONTES PCR; DANTAS JP. 2006. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres* 53: 83-92.
- FERREIRA MMM; FERREIRA GB; FONTES PCR; DANTAS JP. 2006. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres* 53: 83-92.
- FILGUEIRA FAR; AVELAR FILHO JA; CARRIJO IV. Pepino. In: RIBEIRO AC; GUIMARES H; ALVAREZ V. VH. 1999. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG. p. 200.
- FONTES PCR. 2011. *Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose*. Viçosa: O autor. 296p.
- FONTES PCR; ARAÚJO C. 2007. *Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro*. Viçosa: UFV. 148p.
- FONTES PCR; PUIATTI M. 2005. Cultura do pepino. In: FONTES PCR. *Olericultura: teoria e prática*. Viçosa: DFT - Setor de Olericultura/UFV. p. 439-455.
- GIL PT; FONTES PCR; CECON PR; FERREIRA FA. 2002. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. *Horticultura Brasileira* 20: 611-615.
- GUIMARÃES TG; FONTES PCR; PEREIRA PRG; ALVAREZ V VH; MONNERAT PH. 1999. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. *Bragantia* 58: 209-216.
- GÜLER S; BÜYÜK G. 2007. Relationships among chlorophyll-meter reading value, leaf N and yield of cucumber and tomatoes. *Acta Horticulturae* 729: 307-311
- JACKSON ML. 1982. *Análisis químico de suelos*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A. 662p.

- MADEIRA AC; FERREIRA A; VARENNES A; VIEIRA MI. 2003. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 2461-2470.
- NEVES OSC; CARVALHO JG; MARTINS FAD; PÁDUA TRP; PINHO PJ. 2005. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 517-521.
- PÔRTO ML; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR; ALVES JC; ARRUDA JA. 2011a. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. *Horticultura Brasileira*. 29: 311-315.
- PÔRTO MLA; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR; ALVES JCA; FAUSTINO VA. 2011b. Produtividade do pepino japonês em função da adubação nitrogenada em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. *Anais...* Viçosa: ABH. (CD ROM)
- QUEIROGA RCF; PUIATTI M; FONTES PCR; CECON PR; FINGER FL. 2007. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 25: 550-556.
- SAEG. 2007. *Sistema para Análises Estatísticas*. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes.
- SILVA MCC; FONTES PCR; MIRANDA GV. 2009. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*. 27: 17-22.
- SILVEIRA PM; BRAZ AJBP; DIDONET AD. 2003. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38: 1083-1087.
- SWIADER JM; MOORE A. 2002. SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. *Journal of Plant Nutrition* 25: 1089-1100.
- TRANI PE; RAIJ BV. Hortaliças. In: RAIJ BV; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI AMC. 1996. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: IAC. p. 157-185. (Boletim Técnico, 100)



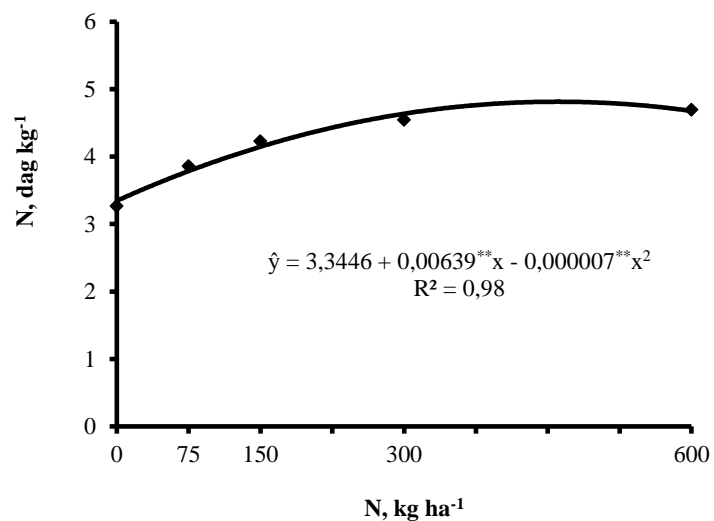
**Figura 1.** Teor de clorofila total na matéria fresca da quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, do pepino japonês em ambiente protegido em função da adubação nitrogenada (Total chlorophyll concentration in fresh matter of fourth leaf fully expanded from the apex of japanese cucumber under protected cultivation as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t (significant at 1% of probability, t test).



**Figura 2.** Índice SPAD na quarta folha completamente expandida, a partir do ápice, do pepino japonês em ambiente protegido em função da adubação nitrogenada (SPAD index in fourth leaf fully expanded from the apex of japanese cucumber under protected cultivation as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t (significant at 1% of probability, t test).



**Figura 3.** Teor de N total na matéria seca da quarta folha completamente expandida, a partir do ápice do pepino japonês, em função da adubação nitrogenada em ambiente protegido (Total N concentration in dry matter of fourth leaf fully expanded from the apex of japanese cucumber under protected cultivation as a function of the nitrogen fertilization). UFV, Viçosa, MG, 2010.

\*\*Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t (significant at 1% of probability, t test).

## CONCLUSÕES GERAIS

Diante dos resultados obtidos nessa pesquisa, pode-se concluir que:

1. Ambas as fontes de N empregadas (sulfato de amônio e nitrato de amônio) apresentam eficiência agronômica similar sobre a produção e característica foliares relacionadas com o estado de nitrogênio nas culturas da abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ e pepino japonês.
2. As três cucurbitáceas (abobrinha, abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ e pepino japonês) estudadas apresentaram elevada resposta positiva em termos econômicos à aplicação de N.
3. Mesmo diante do emprego de doses elevadas de N, a cultura do pepino japonês (híbrido ‘Taisho’) apresentou baixa tendência para acumular nitrato nos frutos. Os máximos teores de nitrato observado nos frutos de abobrinha e abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ na maior dose utilizada não representam risco à saúde humana.
4. O índice SPAD, determinado no início da fase reprodutiva, pode ser usado com eficiência no diagnóstico do estado de N da cultura da abobrinha, abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ e pepino japonês, a exemplo do que vem sendo observado para outras culturas.

## ANEXO

**Tabela 1.** Resumo dos resultados obtidos nos ensaios com as culturas da abobrinha, abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ e pepino japonês.

Cultura	Dose de N p/ MEE <sup>(1)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade ótima econômica <sup>(4)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Nitrato nos frutos <sup>(5)</sup> (mg kg <sup>-1</sup> MS <sup>(6)</sup> )	N total crítico <sup>(4)</sup> (dag kg <sup>-1</sup> MS)	Clorofila total crítico <sup>(4)</sup> (mg g <sup>-1</sup> MF <sup>(7)</sup> )	SPAD crítico <sup>(4)</sup> (unidades)
Abobrinha	322 (SA <sup>(2)</sup> )	29.857	162	3,97	5,12	55,62
Abóbora híbrida	251 (SA)	17.150	-	6,18	7,55	54,56
Pepino japonês	238 (NA <sup>(3)</sup> )	17.067	406	-	-	-
	398 (SA)	76.385	-	4,78	6,01	52,33
	386 (NA)	76.295	-			

<sup>(1)</sup> MEE: máxima eficiência econômica

<sup>(2)</sup> SA: sulfato de amônio

<sup>(3)</sup> NA: nitrato de amônio

<sup>(4)</sup> Associada(o) com a dose de N p/ MEE

<sup>(5)</sup> Associado com a máxima dose de N empregada

<sup>(6)</sup> MS: matéria seca

<sup>(7)</sup> MF: matéria fresca

**Tabela 2.** Teores médios de diferentes formas de nitrogênio na matéria seca de folhas de abobrinha, abóbora híbrida tipo ‘Tetsukabuto’ e pepino japonês.

Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Nitrato (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	N orgânico	N total
	----- dag kg <sup>-1</sup> -----		
Abobrinha			
0	0,10	2,21	2,30
50	0,15	2,37	2,52
100	0,36	3,00	3,36
200	0,57	3,09	3,66
400	0,59	3,24	3,83
Abóbora híbrida <sup>(1)</sup>			
0	0,33	3,50	3,83
50	0,74	4,22	4,96
100	0,85	4,71	5,55
200	0,85	5,05	5,90
400	0,98	4,41	5,39
Pepino japonês <sup>(1)</sup>			
0	0,11	3,06	3,27
75	0,26	3,60	3,86
150	0,53	3,70	4,23
300	0,60	3,94	4,54
600	0,68	4,01	4,69

<sup>(1)</sup> Valores médios das duas fontes empregadas (sulfato de amônio e nitrato de amônio).