

# 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

Magna Maria Macedo Ferreira<sup>1</sup>  
Gilvan Barbosa Ferreira<sup>2</sup>  
Paulo Cezar Rezende Fontes<sup>3</sup>  
José Pires Dantas<sup>4</sup>

## RESUMO

Foram avaliados, em dois experimentos de campo conduzidos em duas épocas, primavera/verão e outono/primavera, o índice SPAD e o teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em resposta a doses de nitrogênio e à adubação orgânica. Os dois experimentos foram instalados na Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa, em solo Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico. Em ambos, as doses de N aplicadas foram 0, 110, 220, 440 e 880 kg/há, e as doses de matéria orgânica na forma de esterco bovino curtido foram 0 e 8 t/ha, em base seca. Os experimentos seguiram o delineamento de blocos ao acaso no arranjo fatorial 5x2, com quatro repetições. Nos dois experimentos, foram feitas leituras com o medidor SPAD-502 nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, e determinados os teores de clorofila pelo método convencional, em laboratório, nas folhas opostas ao cacho 6. Essas avaliações foram realizadas por ocasião da antese das flores de cada cacho. Nos dois experimentos, os valores SPAD, nas três determinações realizadas, e o teor de clorofila obtido com o método-padrão aumentaram em função das doses de N nas duas doses de matéria orgânica. No experimento de primavera/verão, os níveis críticos dos valores SPAD determinados nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 48,4, 52,2 e 51,7 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 49,6, 51,6 e 50,6 unidades SPAD, com adição. No experimento de outono/primavera, os níveis críticos foram, respectivamente, 46,3, 49,1 e 41,3 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica, e 47,0, 48,9 e 41,5 unidades SPAD, com adição. Nos dois experimentos, o valor SPAD e o teor de clorofila na folha apresentaram correlação positiva e significativa com as produções extra e total. Para a estimativa dos teores de N-org na matéria seca do limbo foliar, a partir dos valores SPAD, foram estabelecidas equações lineares altamente significativas e com elevados coeficientes de determinação. O valor SPAD pode ser usado como índice de prognóstico das produções total e extra de tomate.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, tomate, adubação nitrogenada, esterco bovino, medidor portátil de clorofila.

## ABSTRACT

### SPAD INDEX AND CHLOROPHYLL CONTENT IN TOMATO LEAVES AS A FUNCTION OF NITROGEN DOSES AND ORGANIC FERTILIZATION, AT TWO DIFFERENT GROWING SEASONS

The SPAD index and chlorophyll content of tomato leaves were evaluated in response to nitrogen doses and organic fertilization in two field experiments, conducted during the spring/summer and autumn/spring growing seasons. Both experiments were set up at the Horta do Fundão of the Federal University of Viçosa, in a Cambic Red-Yellow Argisol. The N doses applied were 0, 110, 220, 440 and 880 kg/ha, and the organic fertilization, in the form of hardened cattle manure, consisted of 0 and 8 t/ha, in dry base. The experiments had a randomized blocks design arranged in a 5 x 2 factorial with four replications. Readings were carried out with a SPAD-502 measurer in leaves opposite to the

<sup>1</sup> E-mail: magna.m.m.ferreira@bol.com.br

<sup>2</sup> Embrapa Algodão, R. Oswaldo Cruz, 1143, Centenário, C. Postal 174, 58107-720, Campina Grande-PB. E-mail: gilvanbf@cpna.embrapa.br

<sup>3</sup> UFV, Deptº Fitotecnia, 36571-000, Viçosa-MG. E-mail: pacerefo@mail.ufv.br

<sup>4</sup> UEPB/CCT, Campus I, R. Juvêncio Arruda, s/n, Bodocongó, 58100-007, Campina Grande-PB, Email: gpcnpq@terra.com.br

first, third and fifth inflorescences. Chlorophyll content was determined by conventional methods in the laboratory, in the leaf opposite to the sixth inflorescence. All evaluations were carried out by the time of anthesis of the flowers from each inflorescence. In both experiments, the SPAD readings at the three determinations and the chlorophyll content increased as a function of the N doses, for both doses of organic matter. In the spring/summer experiment, the critical levels of the SPAD readings determined in the leaves opposite to the first, third and fifth inflorescences were, respectively, 48,4; 52,2 and 51,7 SPAD units, without addition of organic matter to the soil, and 49,6; 51,6 and 50,6 SPAD units, with addition; in the autumn/spring experiment, the critical levels were, respectively, 46,3; 49,1 and 41,3 SPAD units, without addition of organic matter, and 47,0; 48,9 and 41,5 SPAD units, with addition. In both experiments, the SPAD reading and the chlorophyll content displayed a positive and significant correlation with the total and extra yield. In order to estimate the organic N content in the dry matter of the leaves based on the SPAD readings, linear equations were established with a highly significant determination coefficient. The SPAD value can be used as a prognostic index of the total and extra yield of tomato plants.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, tomato, nitrogen fertilization, cattle manure, portable chlorophyll measurer

## INTRODUÇÃO

A aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo deve ser feita de acordo com a necessidade da planta a ser cultivada. A determinação desta necessidade no solo e na planta é importante no sentido de otimizar o uso do nitrogênio pela cultura, minimizar o custo com fertilizante nitrogenado e evitar a poluição ambiental.

Tem-se demonstrado, com algumas culturas, que a concentração de clorofila ou o enverdecimento das folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de nitrogênio, uma vez que 70% do N contido nas folhas está nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (Wood *et al.*, 1993), e com a produção (Blackmer & Scheppers, 1995; Gil *et al.*, 2002). Entretanto, a metodologia de extração e de determinação da clorofila em laboratório (Arnon, 1940), 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.

Os medidores de clorofila são efetivos em avaliar o verde da planta, ou indiretamente a concentração de clorofila e o “status” de nitrogênio das folhas, oferecendo várias vantagens em relação aos métodos convencionais de análise das concentrações de N na matéria seca das folhas, em laboratório. Entre essas vantagens, estão o fato de os medidores serem portáteis, das avaliações serem rápidas, baratas e feitas “in situ”, e dos tecidos das plantas não serem destruídos (Piekielek & Fox, 1992). Os medidores portáteis de clorofila podem oferecer vantagens em

termos ambientais e econômicos, pois podem permitir aos produtores ajustar, de forma dinâmica, as taxas de adição de nitrogênio ao solo, com base no “status” atual de N das plantas, com risco mínimo de redução na produção. Um destes medidores é o SPAD-502.

O medidor portátil de clorofila SPAD-502, da Minolta, mede a transmissão de luz vermelha a 650 nm, quando ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e de luz infra-vermelha, a 940 nm, sem absorção. Com base nesses valores, o instrumento calcula o valor ou índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), o qual é altamente correlacionado com o teor de clorofila (Wood *et al.*, 1992; Markwell *et al.*, 1995; Silveira *et al.*, 2003).

As leituras do medidor de clorofila SPAD-502 apresentam correlação significativa com os teores de clorofila extraível das plantas (Guimarães, 1998; Argenta *et al.*, 2001; Zotarelli *et al.*, 2003). No entanto, os coeficientes de determinação da regressão linear, obtida entre essas duas variáveis, dependem dos espaços intercelulares nas folhas amostradas, uma vez que o teor de clorofila permanece o mesmo, mas a transmissão de luz varia de acordo com esses espaços. Desta forma, os estádios anatômico e morfológico das folhas e o estágio fenológico das plantas são importantes fatores que irão governar a relação entre os teores de clorofila determinados pelos métodos convencionais de laboratório e os valores do medidor SPAD-502 (Paliwal & Karunaichamy, 1995).

Estudos recentes têm demonstrado que o medidor portátil de clorofila SPAD-502 é excelente estratégia para avaliar a resposta das culturas à aplicação e ao manejo

do nitrogênio (Madakadze *et al.*, 1999). Essa tecnologia tem se mostrado bastante efetiva na determinação do “status” de N em arroz (Kumar *et al.*, 1999; Carreres *et al.*, 2000), milho (Sainz-Rozas & Echeverria, 1998; Shapiro, 1999; Argenta *et al.*, 2001; Zotarelli *et al.*, 2003), feijão comum (Silveira *et al.*, 2003), trigo (Hoel, 1998; Vidal *et al.*, 1999), beterraba (Tugnoli, 1999; Campagna *et al.*, 2000), cevada (Bort *et al.*, 1998; Giordani, 2000), batata (Rodrigues *et al.*, 2000; Gil *et al.*, 2002), algodão (Wu *et al.*, 1998), sorgo (Giordani *et al.*, 1998) e tomate (Guimarães *et al.*, 1999; Sandoval-Villa *et al.*, 1999; 2000) sendo de grande utilidade tanto para pesquisadores como para produtores.

Além de variar de acordo com o “status” de N do solo, os valores do medidor SPAD-502 também podem variar de acordo com a época de plantio das culturas. Um estudo conduzido por Balasubramanian (1999) demonstrou que o nível crítico SPAD foi 35 no arroz transplantado na estação seca e 32 na estação úmida, com tempo nublado e baixa radiação. Assim, quando calibrado para as condições ambientais reinantes, o medidor pode ser usado para monitorar precisamente o “status” de N das culturas e aconselhar os agricultores durante a fertilização do solo com este elemento, concluem os autores.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de doses de nitrogênio, na ausência e na presença da adubação orgânica, sobre os índices SPAD e estabelecer seus níveis críticos em diferentes fases do ciclo do tomateiro, em duas épocas de plantio.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos com o tomateiro (*Lycopersicon esculentum* L.): um na primavera/verão (nov./98 a fev./99) e o outro no outono/primavera (mai./99 a out./99). Esses experimentos foram instalados em áreas localizadas na Horta do Fundão, pertencente à Universidade Federal de Viçosa. Em ambos os experimentos, realizados no campo, as práticas culturais foram as adotadas pelos tomaticultores.

Nos dois experimentos, os tratamentos foram constituídos de cinco doses de nitrogênio, em presença e ausência de adubação orgânica. Os dois níveis de matéria orgânica foram 0 e 8 t/ha de matéria seca de esterco bovino curtido, em base seca. Foram testadas as

doses de N correspondentes a 0, 110, 220, 440 e 880 kg/ha. A fonte desse nutriente foi o nitrocálcico. As doses foram parceladas da seguinte maneira: 10% no momento do transplante, nos sulcos, e 15% aos 21, 35, 49, 63, 77 e 91 dias após o transplante (DAT), em cobertura, ao lado das plantas, em meia-lua. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, perfazendo 40 parcelas.

Foram utilizados o medidor portátil de clorofila SPAD-502 [*Soil-Plant Analysis Development (SPAD) Section, Minolta Camera Co., Ltd, Japan*] e a metodologia-padrão de laboratório (Arnon, 1949) para determinar os teores de clorofila nas folhas dos tomateiros nos dois experimentos. As medições com o medidor SPAD foram realizadas nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, por ocasião da abertura floral, ou seja, aos 34, 54 e 83 dias após o transplantio (DAT), no experimento de primavera/verão, e aos 37, 52 e 81 DAT, no experimento de outono/primavera, respectivamente. Foram realizadas avaliações em cinco plantas por parcela. As medições foram realizadas em cinco folíolos de cada folha, sendo dois de cada lado da folha (laterais), e no folíolo terminal central. Das cinco leituras, calculou-se a média de cada folha amostrada, utilizando-se o próprio medidor SPAD. Dos valores obtidos nas cinco folhas, calculou-se a média da parcela.

Em seguida à determinação do índice SPAD, as folhas foram destacadas da planta e levadas ao laboratório para a determinação do nitrogênio orgânico (N-org). No laboratório, os limbos foliares foram acondicionados em sacos de papel, secos em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até atingir peso constante, e moídos em moinho tipo Wiley com peneira de 20 mesh. Os teores de N-org foram determinados após digestão sulfúrica, utilizando-se o reagente de Nessler (Jackson, 1982).

Na determinação do teor de clorofila pela metodologia-padrão de laboratório, por ocasião da abertura floral, aos 81 e 80 dias após o transplantio (DAT), nos experimentos de primavera/verão e de outono/primavera, respectivamente, as folhas opostas ao cacho 6 foram destacadas das plantas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório. Essa coleta, realizada em cinco plantas por parcela, deu-se entre 7 e 9 horas. No laboratório, foram

tomados discos foliares de 9 mm de diâmetro na base de cada um dos folíolos das cinco folhas coletadas em cada parcela. Os discos foram macerados em acetona-80%, na presença de  $\text{CaCO}_3$ , e os extratos foram filtrados em papel-de-filtro rápido, em balões de 25 mL, completando-se o volume. A densidade ótica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro a 645 e 663 nm, utilizando-se cubetas de quartzo. A partir dessas leituras, foram determinados os teores de clorofila (TC) nas soluções, por meio da fórmula abaixo, recomendada por Arnon (1949):

$$\text{TC}(\text{mg}/\text{cm}^3) = 20,2A_{645\text{ nm}} + 8,02A_{663\text{ nm}}$$

sendo  $A_{645\text{ nm}}$  = leitura, no espectrofotômetro, do comprimento de onda de 645 nm

$A_{663\text{ nm}}$  = leitura, no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 663 nm

Posteriormente, os teores de clorofila foram transformados em  $\text{mg}/\text{cm}^2$  de clorofila no limbo foliar.

Os dados relativos às leituras do clorofilômetro e aos teores de clorofila determinados pela metodologia-padrão de laboratório foram submetidos às análises de variância e de regressão, e relacionando às doses de N aplicadas em cada dose de matéria orgânica. Em seguida, foram calculados os níveis críticos dos valores SPAD e do teor de clorofila determinado pela metodologia-padrão, utilizando-se a respectiva dose de N responsável pela produção extra de frutos AA (PEAA), de máxima eficiência econômica. Essas doses foram, no experimento de primavera/verão, de 355,2 e 310,2 kg/ha de N e, no de outono/primavera, de 525,8 e 523,4 kg/ha de N, para 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente.

Adicionalmente, realizou-se análise de correlação simples (Correlação Linear de Pearson) dos valores SPAD e dos teores de clorofila com as produções extra e total de frutos. Os coeficientes de correlação e de determinação foram testados a 10, 5, 1 e 0,1% de significância. Também, foram ajustadas equações de regressão tomando-se os valores SPAD como a variável independente e a produção total de frutos os teores de N-org no limbo foliar como as variáveis dependentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Experimento de primavera/verão*

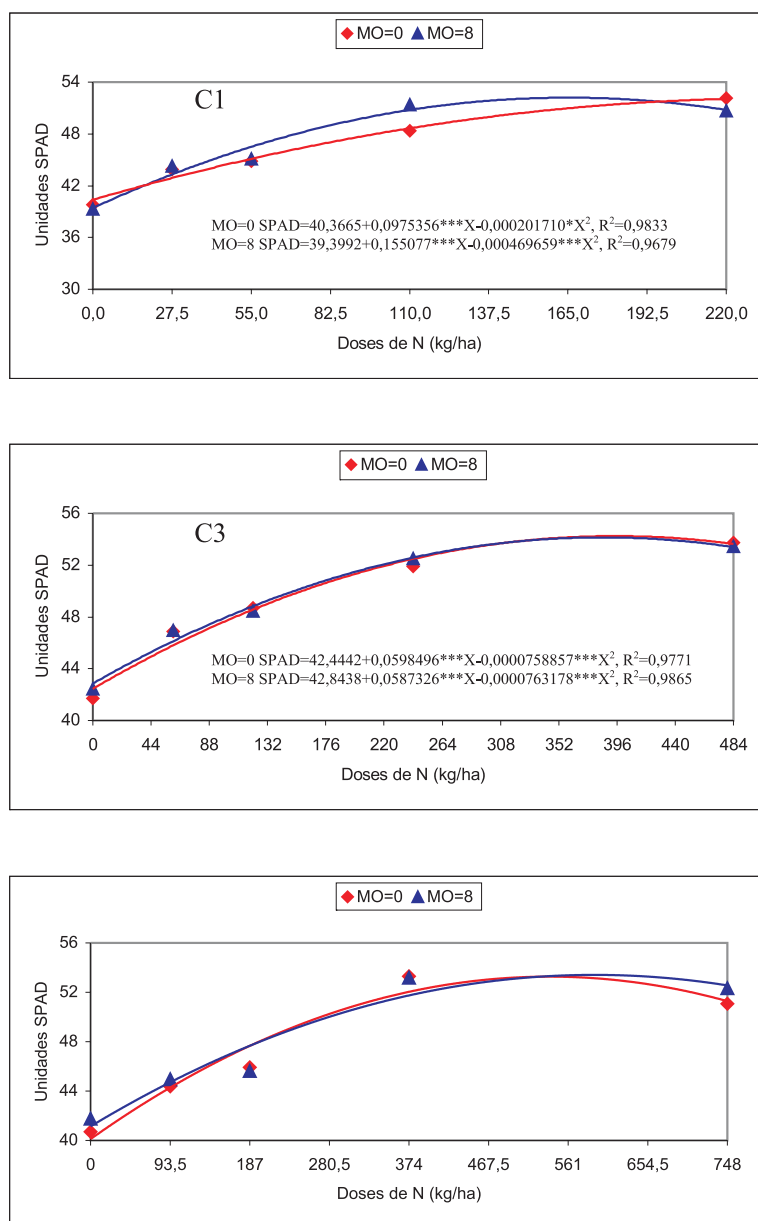
Os valores das leituras feitas no medidor SPAD aumentaram curvilinearmente em função das doses de N, sem ou com adição de matéria orgânica ao solo (Figura 1). Feibo *et al.* (1998), Ntamatungiro *et al.* (1999), Tugnoli (1999), Gil *et al.* (2002) e Silveira *et al.* (2003), trabalhando com algodão, arroz, beterraba, batata e feijão comum, respectivamente, também constataram aumento nos valores SPAD de folhas quando as taxas de fertilização nitrogenada do solo foram aumentadas.

Os teores de clorofila na folha aumentaram linearmente com as doses de N nas duas doses de matéria orgânica (Figura 2). Dimri *et al.* (1997) também verificaram aumento no teor de clorofila determinado pelo método-padrão de laboratório em folhas de tomateiro, em três estádios de desenvolvimento (pré-florescimento, florescimento e amadurecimento dos frutos), com o aumento das doses de nitrogênio no solo. Foi também constatada, pelos autores, correlação positiva dessa variável com o teor foliar de N. Resultados semelhantes foram encontrados por Murakami *et al.* (1998).

Os níveis críticos SPAD nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 48,4, 52,2 e 51,7 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 49,6, 51,6 e 50,6 unidades SPAD, com adição. Guimarães (1998), trabalhando com o tomateiro híbrido Débora-Plus no mesmo local, na mesma época e nas condições semelhantes de deste experimento, sem o uso de adubação orgânica, encontrou valores para níveis críticos SPAD de 47,9; 42,0 e 40,5 nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5, recém-florescidos, ou seja, pouco inferiores aos encontrados neste estudo presente. Os níveis críticos de clorofila determinada pelo método-padrão nas folhas opostas ao cacho 6 foram 33,7 e 32,4  $\text{mg}$  de clorofila/ $\text{cm}^2$  de limbo foliar, para as doses 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente. Esses valores foram inferiores ao encontrado por Guimarães (1998) na mesma folha, 47,4  $\text{mg}$  de clorofila/ $\text{cm}^2$  de limbo foliar.

### *Experimento de outono/primavera*

Os valores obtidos com o medidor SPAD (Figura 3) e os teores de clorofila (Figura 4) aumentaram em função das doses de N, sem ou com adição de matéria orgânica ao solo, concordando com os resultados



\* e \*\*\* Significativos a 5 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

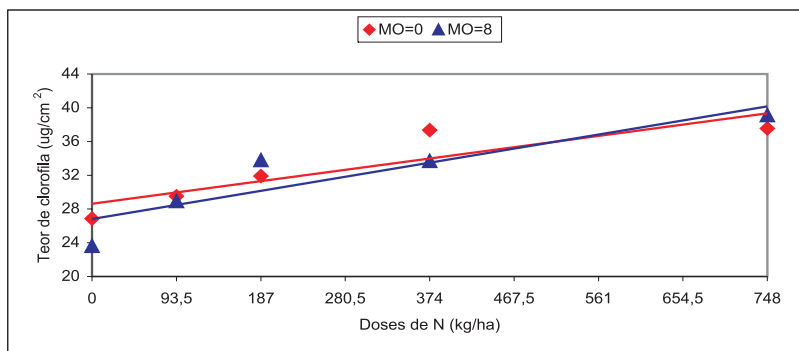
**Figura 1** – Valores do medidor SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha) do experimento de primavera/verão.

obtidos por Dimri *et al.* (1997), Feibo *et al.* (1998), Murakami *et al.* (1998), Ntamatungiro *et al.* (1999), Tugnoli (1999), Gil *et al.* (2002) e Silveira *et al.* (2003).

Comparando-se as faixas dos valores obtidos com o medidor SPAD em cada época de leitura, verifica-se que, de modo geral, houve tendência a decréscimo com o decorrer do ciclo da cultura. Resultados semelhantes foram observados por Xu *et al.* (1997), trabalhando com tomateiro em casa-de-vegetação, isto é, constataram que

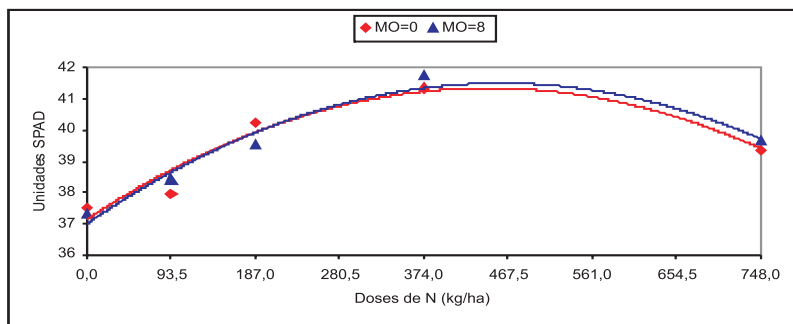
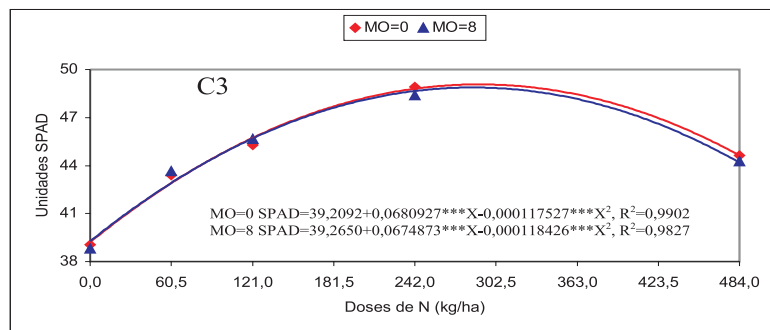
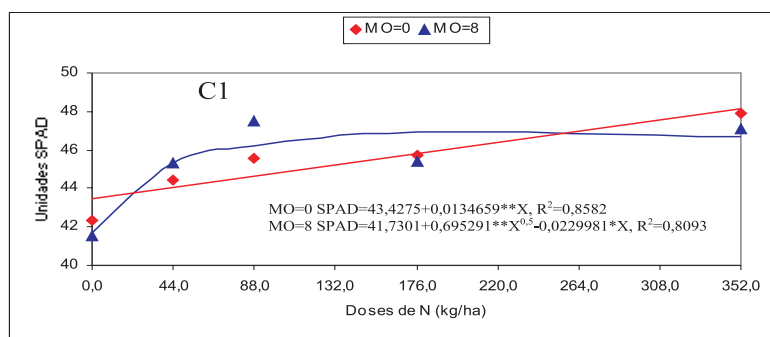
o decréscimo no teor de clorofila ao longo do ciclo cultural foi proporcional ao decréscimo da capacidade fotossintética das plantas, o que se deveu à diminuição no teor da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), a proteína mais amplamente distribuída no reino vegetal, nas folhas, e não à sua atividade específica (atividade por unidade de proteína solúvel).

Os níveis críticos SPAD nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, de 46,3, 49,1 e



\* e \*\*\* Significativos a 5 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

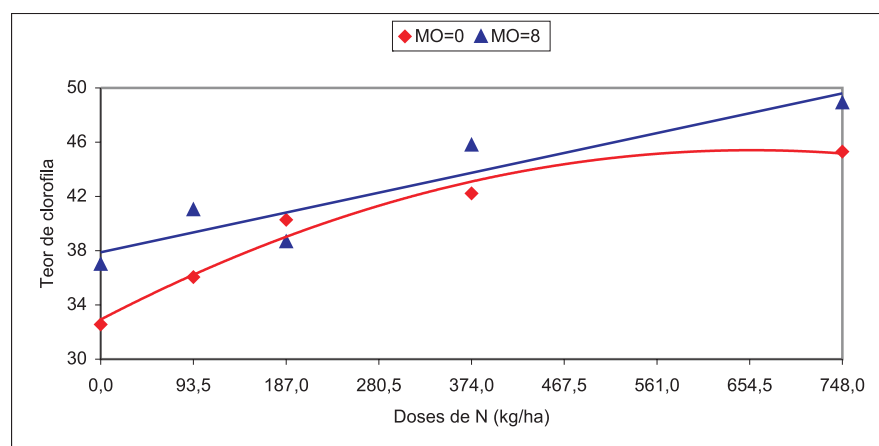
**Figura 2** – Teores de clorofila (TC) no limbo da folha oposta ao cacho 6 (C6) do tomateiro, determinados pelo método-padrão, em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha) do experimento de primavera/verão.



\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

**Figura 3** – Valores do medidor SPAD no limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (C1, C3 e C5, respectivamente) do tomateiro em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha) do experimento de outono/primavera.





\*, \*\* e \*\*\* Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

**Figura 4** – Teores de clorofila (TC) no limbo da folha oposta ao cacho 6 (C6) do tomateiro, determinados pelo método-padrão, em função das doses de nitrogênio (N) e da matéria orgânica (MO, em t/ha) do experimento de outono/primavera.

41,3 unidades SPAD, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 47,0; 48,9 e 41,5 unidades SPAD, com adição. Nos dois níveis de matéria orgânica, os resultados obtidos nas folhas opostas ao cacho 1 estão inferiores e nos cachos 3 e 5, estão superiores aos encontrados por Guimarães (1998), que trabalhou na mesma época deste experimento, porém com o híbrido Débora-Plus. Em algodoeiro, Feibo *et al.* (1998) encontraram níveis críticos SPAD variando de 32,4 a 39,7 ao longo do ciclo. Já na batata, Gil *et al.* (2002) encontraram um nível crítico SPAD no folíolo terminal da quarta folha a partir do ápice de 44,9, três dias antes da adubação de cobertura.

Os níveis crítico de clorofila nas folhas opostas ao cacho 6 foram 44,1 e 44,8 mg de clorofila/cm<sup>2</sup> de limbo foliar, com 0 e 8 t/ha de matéria orgânica, respectivamente. Esses valores são inferiores aos encontrados por Guimarães (1998).

**Correlações dos valores de SPAD e dos teores de clorofila determinados pelo método-padrão com as produções extra e total de frutos**

No experimento de primavera/verão, os valores SPAD e os teores de clorofila determinados pelo método-padrão correlacionaram-se positiva e significativamente com as produções extra e total de frutos, e os valores do coeficiente de correlação linear foram aparentemente maiores com a produção total (Tabela 1), concordando com os resultados obtidos por Guimarães (1998).

**Tabela 1** – Coeficientes de correlação linear simples (r) entre os valores SPAD do limbo das folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 (SPAD1, SPAD3 e SPAD5, respectivamente) e as quantidades de clorofila por área no limbo da folha oposta ao cacho 6 (ARNON6) do tomateiro com as produções extra e total de frutos, dos experimento de primavera/verão e outono/primavera

Características	Produção de Frutos	
	Extra	Total
<b>Experimento de primavera/verão</b>		
SPAD1	0,8164**	0,8818***
SPAD3	0,8841***	0,9392***
SPAD5	0,7702**	0,8554***
ARNON6	0,7953**	0,8217**
<b>Experimento de outono/primavera</b>		
SPAD1	0,6108*	0,6746*
SPAD3	0,8493***	0,8491***
SPAD5	0,8461***	0,8383***
ARNON6	0,8062**	0,8166**

<sup>1</sup>Valores calculados a partir de 10 médias (nas duas doses de matéria orgânica testadas).

\*, \*\* e \*\*\*: Significativos a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Em estudo realizado por Sandoval-Villa *et al.* (1999), foi constatado que os valores SPAD correlacionaram-se melhor com a produção de frutos do tomateiro antes do estágio de frutificação, indicando que este é o melhor período para utilizar o medidor SPAD-502 com os objetivos de estimar o “status” de N nas folhas e prever a produção potencial de tomate. Minotti *et al.* (1994) observaram que os valores SPAD, em função das taxas de fertilização nitrogenada, foram apenas bem

correlacionados com a produção de tubérculos de batata em faixas de N no solo, considerados limitantes do crescimento e da produção desta cultura. Neste experimento, tal faixa (0 a 748 kg/ha) não foi considerada limitante. No entanto, Gil *et al.* (2002) encontraram uma correlação linear e positiva entre os valores SPAD tomados três dias antes da adubação em cobertura no folíolo terminal da quarta folha, a partir do ápice, e os da produção de tubérculos de batata, indicando que o SPAD pode ser usado no prognóstico da produtividade da cultura.

Outros fatores que afetam o crescimento e a produção do tomateiro, como práticas culturais, doenças e deficiências de nutrientes, podem afetar o enverdecimento das folhas e, conseqüentemente, as relações entre valores SPAD e produção.

Os valores SPAD e os teores de clorofila determinados no tomateiro, no experimento de outono/primavera correlacionaram-se positiva e significativamente com as produções extra e total de frutos (Tabela 1).

#### **Estimativa dos teores de N-org no limbo a partir dos valores SPAD**

Nas estimativas dos teores de N-orgânico na matéria seca do limbo foliar, a partir dos valores SPAD, foram obtidas equações lineares significativas e altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) nos dois experimentos. No experimento de outono/primavera, foi obtido maior  $R^2$  (Tabela 2). Guimarães (1998) também encontrou, nessas estimativas, equações lineares altamente significativas, porém com baixos coeficientes de determinação. Por outro lado, Sandoval-Villa *et al.* (2000) encontraram relação quadrática entre as concentrações de N e as leituras SPAD nas folhas de tomateiro durante o estágio vegetativo e de florescimento, indicando que

houve concentração ótima de N nos tecidos foliares para a biossíntese da clorofila, acima da qual este processo é prejudicado. Já Wood *et al.* (1993) e Li *et al.* (1998), trabalhando com milho (*Zea mays* L.) e toranja (*Citrus paradisi* MacFadyen), respectivamente, encontraram relação linear entre essas duas variáveis dependentes, concordando, portanto, com os resultados obtidos neste experimento. Argenta *et al.* (2001), por outro lado, afirmam que o clorofilômetro não é muito preciso para avaliação do nível de N na planta nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho.

### **CONCLUSÕES**

1) Nos dois experimentos, o aumento nas doses de N aumentaram o valor SPAD e o teor de clorofila no limbo da folha, nas duas doses de matéria orgânica.

2) No experimento de primavera/verão, os níveis críticos do valor SPAD determinado nas folhas opostas aos cachos 1, 3 e 5 foram, respectivamente, 48,4, 52,2 e 51,7, sem adição de matéria orgânica ao solo, e 49,6; 51,6 e 50,6 com adição.

3) No experimento de outono/primavera, os correspondentes valores dos níveis críticos foram, respectivamente, 46,3, 49,1 e 41,3 sem adição de matéria orgânica ao solo, e 47,0, 48,9 e 41,5 com adição.

4) O valor SPAD pode ser usado como índice de prognóstico das produções total e extra de tomate.

5) Para a estimativa do teor de N-org na matéria seca do limbo foliar a partir das leituras SPAD, foram estabelecidas equações lineares significativas e com elevados coeficientes de determinação.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem aos funcionários da Horta do Fundão da Universidade Federal de Viçosa que viabilizaram a execução dos experimentos de campo.

**Tabela 2** – Equações de regressão para a estimativa dos teores de N-orgânico na matéria seca do limbo (N-org, dag/kg) a partir das leituras com o medidor SPAD (X, unidades SPAD) nos experimentos de primavera/verão e de outono/primavera

Experimento	Equação	$R^2$	N <sup>1/</sup>
Primavera/verão	$N\text{-org}=0,68+0,06970^{***}X$	0,85	120
Outono/primavera	$N\text{-org}=-0,60+0,1292^{***}X$	0,90	120

<sup>1/</sup>número de observações utilizadas na estimativa, fazendo-se a média destas por doses de N.

\*\*\*: Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t.



## REFERÊNCIAS

- Argenta G, Silva PRF da, Bortolini CG, Forsthofer EL & Strieder ML (2001) Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 13 (2): 158-167.
- Arnon DI (1949) Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24: 1-15.
- Balasubramanian V, Morales AC, Cruz RT, Abdulrachman S, Ladha JK & Denning GL (1999). On-farm adaptation of knowledge-intensive nitrogen management technologies for rice systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 53 (1): 59-69.
- Blackmer TM & Schepers JS (1995) Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *Journal of Production Agriculture* 8 (1): 56-60.
- Bort J, Araus JL, Hazzam H, Grando S & Ceccarelli S (1998). Relationships between early vigour, grain yield, leaf structure and stable isotope composition in field grown barley. *Plant Physiology and Biochemistry* 36 (12): 889-897.
- Campagna G, Zavanella M, & Landi D (2000) La concimazione azotata parte dalla dotazione del terreno. *Informatore Agrario* 56: (3): 35-40.
- Carreres R, Sendra J, Ballesteros R & Cuadra JG de la (2000) Effects of pre-flood nitrogen rate and midseason nitrogen timing on flooded rice. *Journal of Agricultural Science* 134 (4): 379-390.
- Dimri, DC, Gulshan L & Lal G (1997) Effect of nitrogen and spacing on leaf-nitrogen status and chlorophyll content in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Annals of Agricultural Research* 18 (1): 108-110.
- Feibo W, Lianghuan W & Fuhua X (1998) Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Research* 56: 309-314.
- Gil PT de; Fontes PCR, Cecon PR & Ferreira FA (2002) Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. *Horticultura Brasileira* 20 (4): 611-615.
- Giordani G (2000) Lo stato nutrizionale delle colture di orzo. *Informatore Agrario* 56 (7): 69-72.
- Giordani G, Bernati E & Bartolini M (1998) Metodi diagnostici per stabilire lo stato nutrizionale del sorgo. *Informatore Agrario* 54 (21): 41-44.
- Guimarães TG (1998) Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio. Tese de doutorado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 184 p.
- Guimarães TG, Fontes PCR, Pereira PRG, Alvarez VVH & 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 (1): 209-216.
- Hoel BO (1998) Use of a hand-held chlorophyll meter in winter wheat: evaluation of different measuring positions on the leaves. *Acta Agriculturae Scandinavica* 48 (4): 222-228.
- Jackson ML (1982) *Analisis Químico de Suelos*. Barcelona, Ediciones Omega, S.A. 662 p.
- Kumar RM, Padmaja K & Subbaiah SV (1999) Tools for plant-based N management in different rice varieties grown in southern India. *International Rice Research Notes* 24 (3): 23-24.
- Li YC, Alva AK, Calvert DV & Zhang M (1998) A rapid nondestructive technique to predict leaf nitrogen status of grapefruit tree with various nitrogen fertilization practices. *HortTechnology* 8: 81-86.
- Madakadze IC, Stewart KA, Madakadze RM, Peterson PR, Coulman BE & Smith DL (1999) Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switchgrass. *Journal of Plant Nutrition* 22 (6): 1001-1010.
- Markwell J, Osterman JC & Mitchell JL (1995) Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research* 46: 467-472.
- Minotti PL, Halseth DE & Siczka JB (1994) Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. *HortScience* 29: 1497-1500.
- Murakami K, Sung IK, Takemura Y & Munoz-Carpena R (1998) Effects of nutrient concentration under varying red/far-red lighting conditions on the chlorophyll content and growth of tomato. *Acta Horticulturae* 458: 179-183.
- Ntamatungiro S, Norman RJ, Mcnew RW & Wells BR (1999) Comparison of plant measurements for estimating nitrogen accumulation and grain yield by flooded rice. *Agronomy Journal* 91: 676-685.
- Paliwal K & Karunaichamy KSTK (1995) In-situ estimation of leaf chlorophyll by light transmittance in vegetable crops. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 65 (5): 361-362.
- Piekielek, WP & Fox RH (1992) Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agronomy Journal* 84: 59-65.
- Rodrigues F de A, Fontes PCR, Martinez HEP & Pereira PRG (2000) Nível crítico do índice SPAD na folha da batateira, em solução nutritiva. *Horticultura Brasileira* 18: 764-765.
- Sainz-Rozas H & Echeverria HE (1998) Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD-502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata* 103 (1): 37-44.
- 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 (5): 649-661.
- Sandoval-Villa M, Wood CW & Guertal EA (1999) Ammonium concentration in solution affects chlorophyll meter readings in tomato leaves. *Journal of Plant Nutrition* 22 (11): 1717-1729.

- Shapiro CA (1999) Using a chlorophyll meter to manage nitrogen applications to corn with high nitrate irrigation water. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 30 (7-8): 1037-1049.
- Silveira PM da, Braz AJBP & Didonet AD (2003) Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada no feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38 (9): 1083-1087.
- Tugnoli V (1999) Correggere la fertilizzazione in bieticoltura. *Informatore Agrario* 55 (9): 71-76.
- Vidal I, Longeri L & Hetier JM (1999) Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in spring wheat. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55 (1): 1-6.
- Wood CW, Reeves DW & Himelrick DJ (1993) Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. *Proceedings Agronomy Society of New Zealand* 23: 1-9.
- Wood CW, Reeves DW, Duffield RR & Edmisten KL (1992) Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. *Journal of Plant Nutrition* 15: 487-500.
- Wu FB, Wu LH & Xu FH (1998) Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Research* 56 (3): 309-314.
- Xu HL, Gauthier L, Desjardins Y & Gosselin A (1997) Photosynthesis in leaves, fruits, stem and petioles of greenhouse-grown tomato plants. *Photosynthetica* 33 (1): 113-123.
- Zotarelli L, Cardoso EG, Piccinin JL, Urquiaga S, Boddey RM, Torres E & Alves BJR (2003) Calibração do medidor de clorofila SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38 (9): 1117-1122.