

# UTILIZAÇÃO DA MEDIDA DO CLOROFILÔMETRO NO MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM PLANTAS DE PIMENTÃO<sup>(1)</sup>

L. J. G. GODOY<sup>(2)</sup>, R. L. VILLAS BÔAS<sup>(3)</sup> & L. T. BÜLL<sup>(4)</sup>

## RESUMO

O adequado manejo da adubação nitrogenada ao longo do ciclo da cultura do pimentão é complicado pela falta de um índice do N disponível no solo e por ser a análise química de folhas um método de diagnose demorado. Foi realizado um experimento em vasos, em um túnel de plástico pertencente ao Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP, Botucatu (SP), com o objetivo de avaliar o índice de suficiência de nitrogênio (ISN), calculado com base nas medidas do clorofilômetro, como ferramenta auxiliar no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. O experimento foi composto de doses de N (4,9; 9,8; 14,7; 19,6; e 24,5 g de N 50 kg<sup>-1</sup> de solo - uma planta) aplicadas de modo convencional ou pela fertirrigação e um tratamento em que as plantas não receberam apenas a adubação nitrogenada, com sete repetições. As medidas do clorofilômetro foram realizadas a cada 15 dias em cinco folhas recém-maduras por planta. O ISN foi calculado pela relação entre a média das medidas do clorofilômetro nas plantas dos tratamentos (MCT) e a média das medidas do clorofilômetro nas plantas que receberam a maior dose (MCR), na área de referência (ISN = MCT/MCR x 100). O ISN pode ser um bom indicador do momento de aplicação do adubo nitrogenado e auxiliar no ajuste da dose de N de acordo com a exigência das plantas de pimentão, com a finalidade de aumentar a eficiência de utilização do N aplicado.

**Termos de indexação:** *Capsicum annuum* L., SPAD, clorofila, índice de suficiência de nitrogênio.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em agosto de 2002 e aprovado em agosto de 2003.

<sup>(2)</sup> Doutorando em Agronomia /Agricultura no Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista – FCA/UNESP. Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP). Bolsista da CAPES. E-mail: legodoy@laser.com.br.

<sup>(3)</sup> Professor Assistente do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, FCA/UNESP, E-mail: rlvboas@fca.unesp.br

<sup>(4)</sup> Professor Titular do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, FCA/UNESP. E-mail: bull@fca.unesp.br

**SUMMARY: USE OF CHLOROPHYLL METER READINGS IN THE MANAGEMENT OF NITROGEN FERTILIZATION IN BELL PEPPER PLANTS**

*An adequate nitrogen fertilizing management throughout a crop cycle of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) is problematical for lack of an index of available soil N and because the chemical leaf analysis, on the other hand, is a slow diagnosis method. The experiment was conducted in a plastic tunnel of the Dept. of Natural Resources/Soil Science, of FCA/UNESP, Botucatu, São Paulo State, in pots, with the objective to assess the nitrogen sufficiency index (NSI). Calculations consisted in chlorophyll meter readings as auxiliary tool in the N fertilization management of bell pepper plants. The experiment, in seven replicates, was composed of five N doses (4.9; 9.8; 14.7; 19.6; and 24.5 g of N 50 kg<sup>-1</sup> soil - one plant) applied in conventional manner or through (fertirrigation) and one treatment in which plants were treated with other fertilizers beside N. The chlorophyll meter was read fortnightly in five recently matured leaves per plant. The NSI was calculated by the relationship between the readings average of the chlorophyll meter in the treatments plants (LCT) and the readings average of the chlorophyll meter in the plants that had received the largest dose (LCR), in the reference area ( $NSI = LCT/LCR \times 100$ ). The NSI value can be useful to indicate the moment of N application and to help calibrate N rates according to the bell pepper requirements in order to increase the N-efficiency use.*

*Index terms: Capsicum annuum L., SPAD, chlorophyll, nitrogen sufficiency index.*

## INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das olerícolas mais consumidas no Brasil e a sua produção sob ambiente protegido destaca-se de acordo com a melhor adaptação a esse ambiente (Melo, 1997). A irrigação e a adubação são considerados os mais importantes fatores que influenciam a produtividade, e, quando aplicadas juntas, permitem controlar o desenvolvimento das plantas, a produção e a qualidade dos frutos (Bar-Yosef, 1999), apresentando um efeito sinérgico em comparação ao uso das duas técnicas usadas individualmente.

Uma prática comum entre os produtores de pimentão, e recomendada por Trani et al., (1996), é a aplicação de esterco de curral curtido no plantio, que fornece uma quantia desconhecida de N, dependente das condições climáticas e da microflora do solo, que poderá ou não atender à demanda de N pelas plantas no início da cultura. Para atender à demanda de N pela planta durante todo o ciclo de produção, é recomendada também a aplicação parcelada de uma alta dose de N durante o ciclo da cultura. Visando aumentar a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado, é oportuna a adoção de um indicativo do momento de aplicação do adubo nitrogenado somente quando o N disponível no solo não atende mais à demanda da planta.

Na falta de um índice do N disponível no solo para auxiliar na tomada de decisão da adubação durante o ciclo da cultura, um dos métodos utilizados é a avaliação do comportamento da planta.

Entretanto, a análise química do tecido vegetal, normalmente utilizada para avaliar o estado nutricional da planta, pode ser demorada e de limitada utilização (Godoy, 2002).

O clorofilômetro (Minolta Chlorophyll meter SPAD-502) é um aparelho portátil que mede, de modo não-destrutivo e instantâneo, a transmitância de luz através da folha, no comprimento de onda com pico em 650 nm, região de alta absorbância pelas moléculas de clorofila, e com pico em 940 nm, na qual a absorbância pela folha é baixa, servindo como um fator de correção para o teor de água ou espessura da folha (Minolta, 1989). As medidas são processadas e, no visor do clorofilômetro, é mostrado um valor denominado pela empresa fabricante do aparelho como SPAD (Soil Plant Analysis Development). No Brasil, este valor tem sido denominado como medida indireta de clorofila (Malavolta et al., 1997) ou índice relativo de clorofila - IRC (Villas Bôas, 2001).

Várias pesquisas têm demonstrado que a medida do clorofilômetro correlaciona-se bem com o teor de clorofila em várias culturas (Fanizza et al., 1991; Guimarães et al, 1999; Azia & Stewart, 2001). Como cerca de 50 a 70 % do N total na folha está associado a enzimas presentes nos cloroplastos (Chapman & Barreto, 1997), o IRC, geralmente, correlaciona-se bem também com o teor de N na folha (Minotti et al., 1994; Shaahan et al., 1999), podendo indicar a deficiência de N na planta (Wood et al., 1993).

O índice relativo de clorofila (IRC), medido pelo clorofilômetro, pode ser um indicativo da aplicação do N, desde que se conheça o IRC crítico abaixo do

qual a planta estaria deficiente em N. No entanto, além do teor de N na planta, outros fatores podem afetar o IRC, como as condições edafoclimáticas e o cultivar utilizado, ficando inviável estabelecer um nível crítico, visto que ele pode variar de ano para ano e ou de local para local (Bullock & Anderson, 1998) ou por outros fatores que não o N disponível para planta.

Para viabilizar a utilização do IRC, foi proposta, para a cultura do milho, por Schepers et al. (1992), a instalação de uma área de referência na lavoura onde se pretende manejar a adubação nitrogenada com o clorofilômetro. A área de referência deve ser composta por duas ou três linhas de 6 m com plantas que diferem das plantas da lavoura apenas pela alta dose de N que recebem. Deste modo, a diferença entre o IRC das plantas da área de referência e o IRC das plantas da área da lavoura só pode ser atribuída ao N.

A dose a ser aplicada na área de referência deve ser alta, maior que a máxima recomendada para a cultura, para permitir o desenvolvimento da concentração máxima de clorofila nas folhas (Murdock et al., 1997).

Para facilitar este manejo, é calculado um índice de suficiência de N (ISN) pela relação entre a medida do clorofilômetro nas plantas da lavoura e a medida na plantas da área de referência (sem deficiência de N). O adubo nitrogenado somente é aplicado, quando o ISN for menor do que 0,95, praticando a chamada “adubação quando necessária” com o objetivo de otimizar a adubação nitrogenada em cobertura. Segundo Varvel et al. (1997), a fertirrigação melhora a utilização desta técnica, pois permite corrigir a deficiência mais rápida com a aplicação do N via água.

Para a cultura do pimentão, Hartz et al. (1993) verificaram que o uso mais prático do clorofilômetro é realizado por meio da amostra na área de referência, correspondente a plantas com alto teor de N, para o cálculo de um índice de suficiência, do que a adoção de um nível crítico.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o índice de suficiência de N calculado com as medidas do clorofilômetro como um indicador do momento de aplicação do N na cultura do pimentão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em caixas de amianto (48 x 30 x 32 cm) em um túnel de plástico (7 m de largura, 20 m de comprimento e 2,5 m de altura) pertencente ao Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu. As caixas foram furadas no fundo e preenchidas com 50 kg (42 dm<sup>3</sup>) da camada superficial de um

Latossolo Vermelho aluminiférico textura média, com as seguintes características: pH (CaCl<sub>2</sub>) de 4,1; 25 g dm<sup>-3</sup> de MO; 4 mg dm<sup>-3</sup> de P (resina); 66; 0,6; 4 e 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H + Al, K, Ca e Mg, respectivamente; saturação por bases (V) de 9 %; 670, 260 e 70 g kg<sup>-1</sup> de areia, argila e silte, respectivamente. Além do calcário dolomítico (PRNT de 90 %), aplicado em quantidade para elevar V a 80 %, foram também utilizados na adubação de plantio (por dm<sup>3</sup> de solo) 150 mg de P, metade na forma de superfosfato simples e o restante como termofosfato (17,5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,15 % B, 0,4 % Zn); 117 mg de K na forma de KCl e 190 g de esterco de curral seco (11,2 g kg<sup>-1</sup> de N e relação C/N de 19/1) por vaso (o equivalente a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco). O solo foi umedecido e a quantidade de água aplicada foi de 70 % do total retirado à tensão de 0,033 MPa. As caixas foram cobertas com lona plástica, permanecendo, assim, por 30 dias.

As mudas de pimentão (*Capsicum annuum* L.), híbrido Elisa (Rogers), foram transplantadas em 25 de setembro de 1998 (62 dias após a semeadura) com 4 a 5 folhas e, aproximadamente, 10 cm de altura.

Para simular um sistema de irrigação localizada, para cada caixa, foi adaptada uma garrafa tipo “pet” de 2 L, pendurada com a tampa para baixo, sendo a parte superior (fundo da garrafa) cortada para permitir colocar água e a solução com os fertilizantes. A extremidade inferior (tampa) foi perfurada, sendo colocada uma mangueira cuja extremidade continha um controlador de vazão simulando um gotejador com a vazão de 2 L h<sup>-1</sup>. Os gotejadores foram instalados a 10 cm do colo da planta. Um sistema auxiliar de irrigação tipo “espaguete” (vazão de 4 L h<sup>-1</sup>) foi instalado para a aplicação de água em todas as caixas nos dias em que não se aplicava a fertirrigação. Foram instalados nas caixas tensiômetros de mercúrio (em três repetições de seis tratamentos), e a reposição de água foi realizada quando a coluna de mercúrio atingia 13,6 cm, segundo equação de van Genuchten. No caso dos tratamentos onde foi feita a fertirrigação, o mesmo volume total de água foi aplicado nas caixas.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, composto de cinco doses de nitrogênio (4,9; 9,8; 14,7; 19,6; e 24,5 g planta<sup>-1</sup> de N) na forma de nitrato de cálcio (especial para fertirrigação – 15,5 % de Ca) aplicadas de dois modos: via água de irrigação e na forma sólida na superfície do solo. Houve um tratamento em que as plantas não receberam a adubação nitrogenada, totalizando 11 tratamentos. Cada caixa com uma planta de pimentão compôs a unidade experimental com sete repetições e duas linhas de sete vasos cada, nas laterais da estufas, compondo a bordadura, totalizando 91 caixas.

As plantas de pimentão foram colhidas com três hastes, segundo recomendações de Tivelli (1999). A primeira flor foi retirada para evitar que o crescimento excessivo desse primeiro fruto

prejudicasse os frutos subseqüentes. Na medida em que as plantas se desenvolveram, as hastes foram amarradas com fitilhos.

A fertirrigação foi realizada a cada três dias (48 aplicações no ciclo) e a adubação convencional a cada 12 dias (12 aplicações). O início da fertirrigação ocorreu aos 25 dias do transplântio (DAT), utilizando metade da dose de N estabelecida para os tratamentos até os 64 DAT, tendo em vista a pequena exigência nutricional neste período entre o desenvolvimento inicial e o início do florescimento. A fertirrigação foi realizada aplicando uma solução de nitrato de cálcio, previamente preparada, para cada tratamento, por gotejadores adaptados nas garrafas. No caso da adubação convencional, o nitrato de cálcio foi aplicado na superfície do solo, em faixa, a 10 cm do colo da planta. Posteriormente a essa operação, foi aplicada água via gotejador. As aplicações de K em cobertura iniciaram-se também a partir dos 25 DAT, sendo a sua aplicação feita a cada seis dias.

O índice relativo de clorofila - IRC - foi medido com o clorofilômetro (Chlorophyll Meter SPAD-502 Minolta Co., Japão) a cada 15 dias, a partir dos 63 DAT, em cinco folhas recém-maduras (duas medidas de cada lado da folha) por planta (uma de cada haste), no período entre 9 e 10 h. O índice de suficiência de nitrogênio (ISN) foi calculado pela relação entre a média das medidas do clorofilômetro nas plantas dos tratamentos (MCT) e a média nas plantas que receberam a maior dose (MCR) considerada como área de referência ( $ISN = MCT/MCR \times 100$ ) por ter maior probabilidade de não haver a deficiência de N e proporcionar a máxima concentração de clorofila nas folhas.

Para determinação da produtividade de frutos comerciais, os frutos foram colhidos com coloração verde, sendo então pesados e classificados de acordo com o peso em 2 A (acima de 150 g), 1 A (abaixo de 150 g, conforme o mercado atacadista de Botucatu) e descarte (frutos não-comerciais).

Aos 173 DAT, as plantas foram cortadas junto ao solo, lavadas, separadas em folha, caule e fruto e secas em estufa de circulação forçada a 65 °C. Os frutos colhidos anteriormente foram secos e armazenados para serem somados ao material vegetal coletado aos 173 DAT. Depois de determinada a fitomassa seca de cada órgão da planta, separadamente, estes foram moídos e o teor de N determinado em todas as partes da planta (folha, caule e frutos) exceto as raízes, segundo método citado por Malavolta et al. (1997). Com base na fitomassa seca e na concentração de nutrientes, foi calculado o acúmulo de N na parte aérea da planta até os 173 DAT.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão, utilizando-se o programa "Statistical Analysis System", versão 6.12 (SAS, 1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas do clorofilômetro (Índice Relativo de Clorofila - IRC) foram afetadas significativamente pelas doses de N a partir dos 119 e 126 dias após o transplântio - DAT (plena frutificação) para a fertirrigação e para o modo convencional de aplicação do adubo nitrogenado, respectivamente. No entanto, no início do florescimento, aos 63 DAT, o IRC foi menor nas plantas que não receberam o adubo nitrogenado, quando comparado com as plantas adubadas com N (Quadro 1), evidenciando a capacidade deste índice em predizer precocemente a deficiência de N, como preconizado por Waskom et al. (1996). Nesta data, as plantas de todos os tratamentos apresentaram  $ISN \geq 95 \%$ , independentemente do modo de aplicação (Figuras 1 e 2), indicando, segundo o critério adotado, que não havia a necessidade de aplicar N em cobertura, embora as plantas que receberam apenas o esterco no plantio como fonte de N apresentassem um valor muito próximo para indicar a necessidade de adubação ( $ISN$  de 94,7).

Provavelmente, o N disponível e mineralizável do solo e do esterco aplicado, no plantio, foi suficiente para atender à demanda de N pelas plantas de pimentão até o início do florescimento que ocorreu aos 63 DAT. Segundo Graifenberg et al. (1985), até este estágio, a exigência nutricional da cultura do pimentão é pequena, começando a aumentar com o início do florescimento.

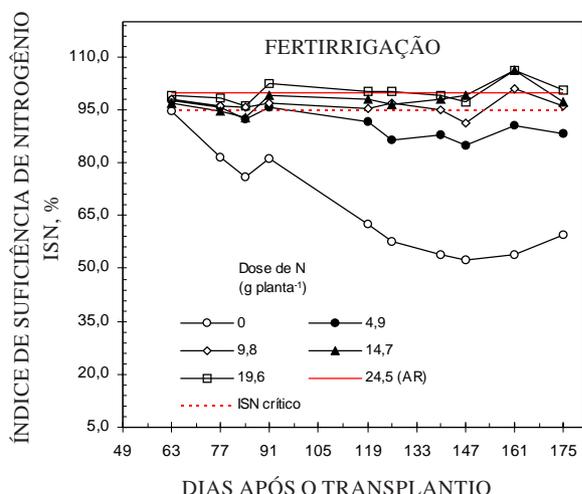
Aos 77 DAT, com o início da produção de frutos e maior demanda de N (Crespo-Ruiz et al., 1988), as plantas que não receberam a adubação nitrogenada apresentaram  $ISN < 95 \%$ , indicando o momento de iniciar aplicação de N via fertirrigação ou na superfície do solo (convencional). Como neste tratamento não foi aplicado N em cobertura, as plantas mantiveram o  $ISN < 95 \%$  até os 174 DAT (Figura 1) e atingiram baixa produtividade (Figura 3) comparada à produtividade de 2,50 e 3,85 kg de frutos comerciais por planta atingida, respectivamente, por Villas Bôas (2001) e Melo (1997).

Nos tratamentos onde o nitrato de cálcio foi aplicado na superfície do solo, no início da frutificação (91 DAT), as plantas que receberam a menor dose de N ( $4,9 \text{ g N planta}^{-1}$ ) apresentaram  $ISN < 95 \%$  mantendo, assim, até o final do ciclo (Figura 2). Já nos tratamentos onde foi utilizada a fertirrigação como sistema de aplicação do adubo, as plantas que receberam a mesma dose apresentaram o  $ISN < 95 \%$  somente aos 119 DAT (Figura 1). Provavelmente, a partir dos 91 e 119 DAT, para o sistema convencional e para a fertirrigação, respectivamente, seria necessário aumentar a dose de  $4,9 \text{ g N planta}^{-1}$  para manter o  $ISN \geq 95 \%$ , visando alcançar maior produtividade, uma vez que esta não foi atingida com esta dose

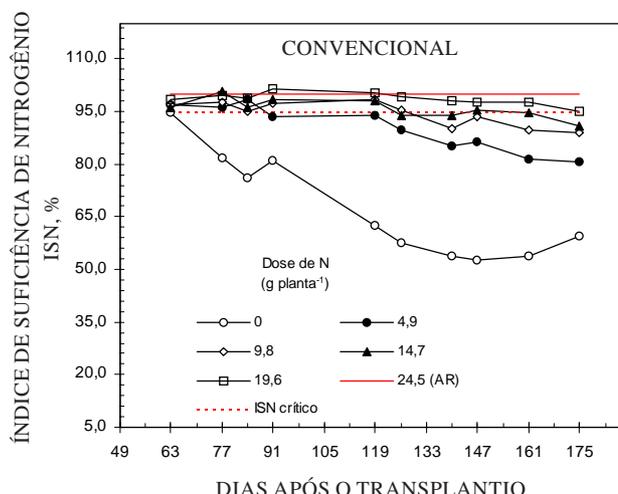
**Quadro 1. Resumo da análise de variância da medida do clorofilômetro (Índice Relativo de Clorofila - SPAD) de acordo com os tratamentos**

Causa da variação	GL	Quadrado médio (significância)								
		Dias após o transplântio								
		63	77	91	119	126	140	147	154	173
Modo de aplicação (A)	1	21,1*	43,4*	10,8 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	15,1 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	16,0 <sup>ns</sup>	31,6 <sup>ns</sup>	66,2 <sup>ns</sup>
Doses (B)	4	8,9 <sup>ns</sup>	11,7 <sup>ns</sup>	45,1*	39,4*	151**	199**	228**	286**	204**
A x B	4	0,2 <sup>ns</sup>	7,3 <sup>ns</sup>	1,4 <sup>ns</sup>	8,6 <sup>ns</sup>	10,2 <sup>ns</sup>	7,1 <sup>ns</sup>	9,9 <sup>ns</sup>	39,2 <sup>ns</sup>	14,4 <sup>ns</sup>
Fat. x testemunha	1	40,6**	449**	773**	3490**	4231**	5401**	5574**	6067**	3097**
Doses d. fertirrigação	4	3,7 <sup>ns</sup>	11,4 <sup>ns</sup>	19,5 <sup>ns</sup>	41,0*	106**	82,6**	144**	130**	68,9*
Doses d. convencional	4	5,5 <sup>ns</sup>	7,7 <sup>ns</sup>	26,9 <sup>ns</sup>	7,0 <sup>ns</sup>	54,9**	124**	94,1**	195**	150,**
Média (IRC-SPAD)		57,6	56,5	62,4	63,6	63,1	64,0	64,6	64,3	57,2
C.V. (%)		3	4	6	5	5	7	6	9	9

\*\* , \* e ns: Significativos a 1 e 5 % para teste F, respectivamente, e não-significativo para teste F.



**Figura 1. Índice de suficiência de nitrogênio baseado na medida do clorofilômetro durante o período reprodutivo da cultura do pimentão fertirrigado com doses de N. AR = Área de Referência.**



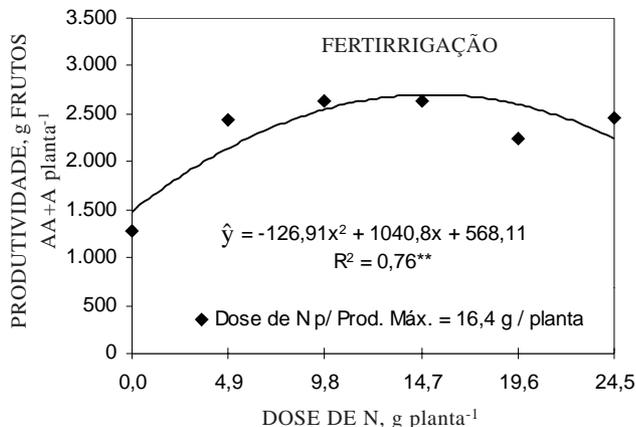
**Figura 2. Índice de suficiência de nitrogênio baseado na medida do clorofilômetro durante o período reprodutivo da cultura do pimentão adubado convencionalmente com doses de N. AR = Área de Referência.**

(Figuras 3 e 4). Nestas datas, o IRC não diferiu significativamente para as plantas que receberam as diferentes doses de N pelos dois métodos de aplicação do adubo (Quadro 1), dificultando identificar a necessidade da adubação nitrogenada sem a adoção de uma área de referência e o cálculo de um índice de suficiência.

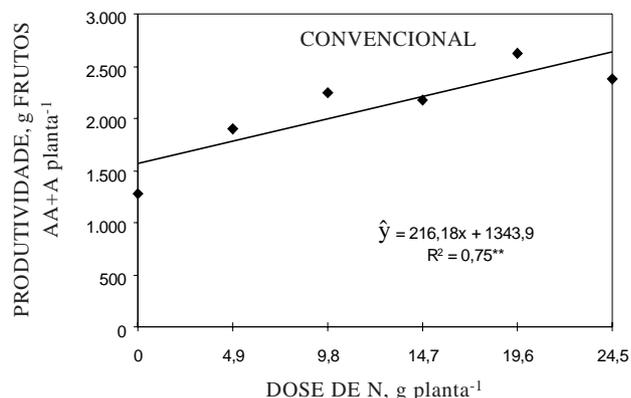
A redução do valor do ISN (menor que 95 %), primeiramente nas plantas que receberam a menor dose (4,9 g N planta<sup>-1</sup>) pelo modo convencional em relação à fertirrigação (Figuras 1 e 2), deve-se à maior eficiência de utilização do adubo nitrogenado quando aplicado por meio da fertirrigação (Villas Bôas, 2001). Esta maior eficiência de utilização do adubo nitrogenado pode ser observada pelo maior

acúmulo de N pelas plantas fertirrigadas (mais de 1 g de N planta<sup>-1</sup> - a mais), quando comparadas com as plantas que receberam o adubo de forma convencional nesta mesma dose (Figura 5).

As plantas que receberam a dose de 9,8 g de N planta<sup>-1</sup>, no modo convencional, não conseguiram manter o ISN ≥ 95 % a partir dos 147 DAT, ao contrário das plantas que receberam a mesma dose, só que pela fertirrigação que mantiveram o ISN ≥ 95 % praticamente durante todo o ciclo. Nas plantas fertirrigadas, esta dose foi suficiente para atingir a produtividade de frutos comerciais muito próximo do ponto de máximo atingido (Figura 3). No entanto, esta mesma dose, aplicada de modo convencional, não foi suficiente, uma vez que nem



**Figura 3. Produtividade de frutos comerciais de pimentão (frutos A + AA) de acordo com as doses de N aplicadas via fertirrigação.**



**Figura 4. Produtividade de frutos comerciais de pimentão (frutos A + AA) de acordo com as doses de N aplicadas de modo convencional (na superfície do solo).**

na dose maior (24,5 g N planta<sup>-1</sup>) foi atingido um ponto de máximo para a produtividade (Figura 4).

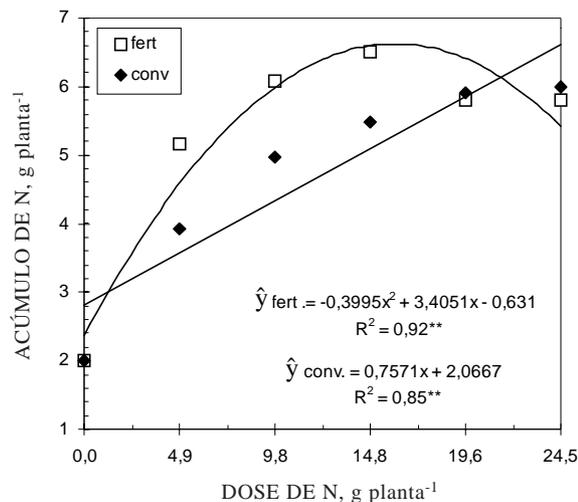
Nas plantas dos tratamentos que receberam a aplicação do adubo nitrogenado de modo convencional, somente as plantas que receberam 19,6 e 24,5 g N planta<sup>-1</sup> conseguiram manter um ISN  $\geq$  95 % até os 174 DAT (Figura 2). Embora não se tenha alcançado um ponto de máxima produtividade de acordo com a dose de N aplicada, estas plantas são as que atingiram as maiores produtividades, quando comparadas às plantas dos demais tratamentos que receberam o adubo de forma convencional. Logo, a manutenção do ISN acima de 95 % pode proporcionar maiores produtividades, quando comparadas aos tratamentos que não mantiveram o ISN  $\geq$  95 %.

Entretanto, quando o adubo foi aplicado por fertirrigação, embora as plantas que mantiveram o ISN  $<$  95 % (Figura 1) não tenham atingido a maior produtividade, as plantas que receberam 19,6 e

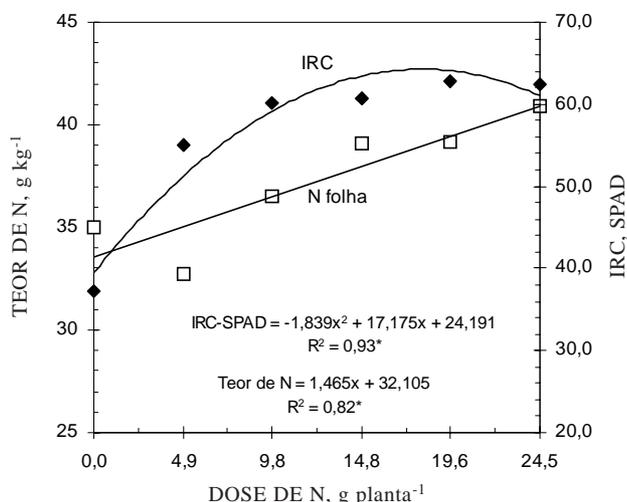
24,5 g N planta<sup>-1</sup> e mantiveram um ISN  $\geq$  95 % durante todo o ciclo também não atingiram a maior produtividade alcançada com a dose de 16,4 g planta<sup>-1</sup> de N. Este fato deveu-se ao efeito depressivo do excesso de N que prejudicou a produção de frutos, mas não a coloração verde das plantas que ficaram tão verdes quanto as plantas da área de referência.

Na figura 6, é possível observar o comportamento do teor de N na folha do pimentão aos 174 DAT, aumentando, de modo linear, com o aumento da dose de N aplicada via fertirrigação e o índice relativo de clorofila (IRC-SPAD) de modo quadrático, aumentando até a dose de 18,7 g N planta<sup>-1</sup> e mantendo-se, aproximadamente, estável até à dose de 24,5 g N planta<sup>-1</sup>. O clorofilômetro não detecta o consumo de luxo de N (Blackmer & Schepers, 1994), ou seja, quando se trabalha com altas doses de N, o IRC na folha tende a aumentar até certo ponto, chamado de ponto de maturidade fotossintética (Costa et al., 2001) a partir do qual se mantém invariável, enquanto o teor de N continua aumentando com as doses crescentes de N (Schepers et al., 1992). Isto pode ser atribuído ao fato de o aparelho detectar, indiretamente, o aumento de N apenas quando está sendo incorporado em moléculas de clorofila e não na forma livre, não incorporada (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), na qual o N se acumula quando há o consumo de luxo (Larcher, 2000).

Embora as doses de 19,6 e 24,5 g planta<sup>-1</sup> de N tenham sido excessivas, causando redução na produtividade de frutos, quando aplicadas via água de irrigação, não foi atingido um ponto de máxima produtividade, quando estas doses foram aplicadas na superfície do solo (Figuras 3 e 4). Portanto, a dose de N a ser aplicada na área de referência deve ser alta, acima da maior dose recomendada para a cultura (de 9 a 10 g planta<sup>-1</sup> de N, de acordo com



**Figura 5. Acúmulo de N pela parte aérea das plantas de pimentão aos 174 DAT de acordo com as doses e modo de aplicação do N.**



**Figura 6. Teor de N e medida do clorofilômetro (IRC-SPAD) na folha de pimentão no final do ciclo (174 DAT) de acordo com as doses de N aplicadas via fertirrigação.**

Trani et al., 1996), para não restringir que as plantas da área de referência expressem seu potencial produtivo, uma vez que a dose de N em excesso pode reduzir a produtividade, mas não o valor do IRC, que se torna, aproximadamente, estável, após ter atingido um valor máximo.

De acordo com Schröder et al. (2000), um indicador ideal tem de prever também o excesso, além da deficiência, a fim de evitar danos ao meio ambiente e maiores gastos na produção. Para evitar erros por excesso de N aplicado, deve-se monitorar frequentemente o IRC e utilizar doses pequenas de N, aplicando o adubo nitrogenado toda vez que o ISN for menor que 95 %, e não adubando quando maior que 95 % (Peterson et al., 1993).

No presente experimento, foi realizado apenas o monitoramento do IRC, calculando o ISN nas plantas de todos os tratamentos; no entanto, a aplicação do adubo nitrogenado não foi baseada no ISN, razão por que pode ter ocorrido a redução da produtividade por excesso de N aplicado. Se o manejo da adubação nitrogenada fosse baseado no ISN, as plantas que apresentaram o ISN  $\geq 95$  % não deveriam receber a parcela do adubo nitrogenado naquela data ou, então, receberiam uma dose menor, visando apenas manter o ISN acima de 95 %, reduzindo a dose total aplicada no ciclo e, provavelmente, evitando o excesso de N.

O manejo da adubação nitrogenada baseada no índice relativo de clorofila medido pelo clorofilômetro e chamada por Schepers et al. (1992) de "adubação quando necessária" tem aumentado a eficiência de utilização do adubo nitrogenado para a cultura do arroz (Peng et al., 1996; Hussain et al., 2000). A utilização do ISN parece ser mais viável do que a

utilização de valores críticos de IRC, pois seriam necessários valores para cada espécie, cultivar, estágio fenológico e condições edafoclimáticas.

## CONCLUSÃO

O ISN foi um bom indicador do momento de aplicação do adubo nitrogenado, podendo auxiliar no ajuste da dose de N, de acordo com a exigência das plantas de pimentão, com a finalidade de aumentar a eficiência de utilização do N aplicado.

## LITERATURA CITADA

- AZIA, F. & STEWART, K.A. Relationships between extractable chlorophyll and spad values in muskmelon leaves. *J. Plant Nutr.*, 24:961-966, 2001.
- BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. In: SPARKS, D.L., ed. *Advances in agronomy*. New York: Academic Press, 1999. p.1-77.
- BLACKMER, T.M. & SCHEPERS, J.S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 25:1791-1800, 1994.
- BULLOCK, D.G. & ANDERSON, D.S. Evaluation of the Minolta SPAD - 502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. *J. Plant Nutr.*, 21:741-755, 1998.
- CHAPMAN, S.C. & BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Agron. J.*, 89:557-562, 1997.
- COSTA, C.; DWYER, L.M.; DUTILLEUL, P.; STEWART, D.W.; MA, B.L. & SMITH, D.L. Inter-relationships of applied nitrogen, spad, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. *J. Plant Nutr.*, 24:1173-1194, 2001.
- CRESPO-RUIZ, M.; GOYAL, M.R.; BÁEZ, C.C. & RIVERA, L.E. Nutrient uptake and growth characteristics of nitrogen fertigated sweet peppers under drip irrigation and plastic mulch. *J. Agric. Univ. Puerto Rico*, 4:575-584, 1988.
- FANIZZA, G.; RICCIARDI, L. & BAGNULO, C. Leaf greenness measurements to evaluate water stressed genotypes in *Vitis vinifera*. *Euphytica*, 55:27-31, 1991.
- GODOY, L.J.G. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo arenoso baseado no índice relativo de clorofila. Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2002, 94p. (Tese de Mestrado)
- GRAINFENBERG, A.; PETSAS, S. & LENZI, I. Crescita e asportazione degli elementi nutritive nel peperone allevato in serra fredda. *Colture Protette*, 12:33-38, 1985.
- GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ, V.H. & MONNERAT, P.H. 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, 1999.

- HARTZ, T.K.; LeSTRANGE, M. & MAY, D.M. Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. *HortSci.*, 28:1097-1099, 1993.
- HUSSAIN, F.; BRONSON, K.F.; YADVINDER-SINGH, BIJAY-SINGH & PENG, S. Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management of irrigated rice in Asia. *Agron. J.*, 92:875-879, 2000.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, RiMa, 2000. 531p.
- MALAVOLTA, E.; VTITI, G.C. & OLIVEIRA, S.C. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 317p.
- MELO, A.M.T. Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1997. 112p. (Tese de Doutorado)
- MINOLTA, CAMERA Co. Ltd. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Minolta Radiometric Instruments Div., Osaka, 1989. 22p.
- MINOTTI, P.L.; HALSETH, D.E. & SIECZKA, J.B. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. *Hort. Sci.*, 29:1497-1500, 1994.
- MURDOCK, L.; JONES, S.; BOWLEY, C.; NEEDHAM, P.; JAMES, J. & HOWE, P. Using a chlorophyll meter to make nitrogen recommendations on wheat. Kentucky, Kentucky Cooperative Extension Service, 1997. 4p.
- PENG, S.; GARCIA, F.V.; LAZA, R.C.; SANICO, A.L., VISPERAS, R.M. & CASSMAN, K.G. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. *Field Crop Res.*, 47:243-252, 1996.
- PETERSON, T.A.; BLACKMER, T.M.; FRANCIS, D.D. & SCHEPERS, J.S. Using a chlorophyll meter to improve N management. Nebraska, Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln, 1993. 4p.
- SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System Software. Rel. 6.12 TS020 for Windows. Cary University of North Carolina, 1998.
- SCHEPERS, J.S.; FRANCIS, D.D.; VIGIL, M. & BELOW, F.E. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter reading. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 23:2173-2187, 1992.
- SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J. & OENEMA, O. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Res.*, 66:151-164, 2000.
- SHAAHAN, M.M.; EL-SAYED, A.A. & ABOU EL-NOUR, E.A.A. Predicting nitrogen, magnesium and iron nutritional status of perennial crops using a portable chlorophyll meter. *Sci. Hortic.*, 82:339-348, 1999.
- TIVELLI, S.W. Avaliação de híbridos e sistemas de condução na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) vermelho em ambiente protegido. Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 1999. 240p. (Tese de Mestrado)
- TRANI, P.E.; MELO, A.M.T.; PASSOS, F.A.; TAVARES, M.; NAGAI, H. & SCIVITTARO, W.B. Berinjela, jiló, pimenta-hortícola e pimentão. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, IAC e Fundação IAC, 1996. p.150-151 (Boletim Técnico, 100)
- VARVEL, G.E.; SCHEPERS, J.S. & FRANCIS, D.D. Chlorophyll meter and stalk nitrate techniques as complementary indices for residual nitrogen. *J. Prod. Agric.*, 10:147-151, 1997.
- VILLAS BÔAS, R.L. Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação. Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2001. 123p. (Tese de Livre Docência)
- WASKOM, R.M.; WESTFALL, D.G.; SPELLMAN, D.E. & SOLTANPOUR, P.N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 27:554-560, 1996.
- WOOD, C.W.; REEVES, D.W. & HIMELRICK, D.G. Relationship between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status and crop yield: a review. *Proc. Agron. Soc. New Zealand.*, 23:1-9, 1993.