

XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

“Quão efetivo é o uso do clorofilômetro no dimensionamento da adubação nitrogenada em cobertura para o milho?”

ÁLVARO V. RESENDE⁽¹⁾, SANDRO M. C. HURTADO⁽²⁾ CARLOS A. SILVA⁽³⁾
EDEMAR J. CORAZZA⁽⁴⁾ & LUCIANO S. SHIRATSUCHI⁽⁵⁾

RESUMO - Por fornecer leituras instantâneas do teor relativo de clorofila nas folhas, o clorofilômetro permite relacionar os valores dessas leituras, com o suprimento de nitrogênio (N) e a produtividade na cultura do milho. Embora de comprovada sensibilidade aos aportes de N no ambiente de cultivo, o emprego desse equipamento visando maior precisão na adubação nitrogenada em cobertura está sujeito a interferências. Fatores que dificultam o estabelecimento de critérios para uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em condições de lavoura são aqui relatados, com base em três experimentos utilizando mesmo talhão, híbrido e safra. Os resultados confirmaram que a calagem, o estande, o estágio de desenvolvimento das plantas e a variabilidade espacial do solo influenciam o diagnóstico ou as respostas ao manejo de N com o clorofilômetro. O estabelecimento de parcelas referência e de índice de suficiência de nitrogênio (ISN) de 0,95 viabilizou o uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de realização da cobertura nitrogenada no decorrer do ciclo do milho, porém esse procedimento superestimou a quantidade de N em cobertura em relação às doses para máxima receita líquida. O equipamento possibilitou discriminar condições claramente contrastantes de suprimento de N, mas mostrou-se pouco efetivo em subsidiar a decisão de se aplicar ou não pequenas doses adicionais do nutriente durante o ciclo do milho.

Palavras-Chave: (*Zea mays*; nitrogênio; SPAD)

Introdução

Maior eficiência nas adubações com N pode ser atingida melhorando-se a sincronização entre as aplicações de fertilizantes e os períodos de maior demanda pelo milho, sobretudo nos estádios iniciais (planta com cerca de quatro folhas desenvolvidas), quando é definido o potencial produtivo da cultura. Dentre os indicadores da disponibilidade de N, os relacionados à planta merecem destaque pela

capacidade de integrar os fatores ligados ao solo e ao ambiente.

Em condições brasileiras, trabalhos de monitoramento da disponibilidade de N para o milho, por meio de indicadores da planta, têm sido feitos com leituras do teor relativo de clorofila utilizando-se o clorofilômetro SPAD® [1, 2, 3]. Entretanto, a indicação de valores absolutos de leitura do equipamento como critérios para avaliação da disponibilidade de N em determinados estádios da cultura [1, 2] representa riscos, dadas as variações de leitura comumente verificadas entre diferentes locais, híbridos, estádios fenológicos e anos [4].

O estabelecimento de parcelas de referência nas áreas de cultivo, com suficiente suprimento de N, é uma maneira de contornar a ausência de significado direto das leituras do clorofilômetro [5], além de permitir obtenção de informações direcionadas para as condições locais. Assim, é possível trabalhar com índices de suficiência de nitrogênio (ISN), em que leituras inferiores a, por exemplo, 95% do valor obtido nas parcelas referência significariam uma situação de deficiência nutricional e indicariam a necessidade de aplicação de N em cobertura. Todavia, respostas controversas em produtividade devido à aplicação de nitrogênio em cobertura com uso do SPAD têm sido relatadas [6].

No presente trabalho, objetivou-se avaliar o uso do clorofilômetro na identificação e correção de deficiências de nitrogênio durante o ciclo do milho, visando compatibilizar a quantidade do nutriente na adubação com a demanda e resposta produtiva da cultura.

Material e Métodos

Foram realizados três experimentos em condições de lavoura de sequeiro, num Latossolo Vermelho-Amarelo, sob plantio direto, na Fazenda Alto Alegre (Planaltina de Goiás-GO), safra 2006/2007. Utilizou-se o híbrido simples Pioneer 30F90®, sendo fornecidos 21 kg ha⁻¹ de N na semeadura. As condições climáticas foram favoráveis, com chuvas bem distribuídas durante o ciclo do milho [7].

⁽¹⁾ Primeiro Autor é Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG 424, km 45, Cx. Postal 285, Sete Lagoas, MG, CEP 35701-970. E-mail: alvaro@cnpms.embrapa.br.

⁽²⁾ Segundo Autor é Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Bolsista DTI/CNPq, Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Cx. Postal 08223, CEP 73310-970, Planaltina, DF.

⁽³⁾ Terceiro Autor é Professor do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Cx. Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG.

⁽⁴⁾ Quarto Autor é Pesquisador da Embrapa Informação Tecnológica, PqEB s/no, W3 (final), CEP 70770-901 Brasília, DF.

⁽⁵⁾ Quinto Autor é Pesquisador da Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Cx. Postal 08223, CEP 73310-970 Planaltina, DF

Apoio financeiro: CAPES, CNPq e Embrapa.

A. Experimentos em parcelas pequenas

Dois experimentos se diferenciaram pela ausência ou presença de 1 t ha^{-1} de calcário dolomítico aplicado superficialmente antes da semeadura. As parcelas compreenderam cinco linhas de 6 m de comprimento, espaçadas 0,7 m e foram estabelecidas em locais sem falhas de estande, com três repetições. O estado nutricional das plantas foi monitorado semanalmente com uso do clorofilômetro. Os tratamentos corresponderam a seis doses de N (kg ha^{-1}) em cobertura: quatro doses (45N, 90N, 135N, 180N) para avaliar o manejo da adubação de cobertura com base no índice de suficiência de nitrogênio (ISN de 0,95) monitorado com o clorofilômetro, além de tratamentos 0N (testemunha) e 500N (parcela referência sem limitação no suprimento de N). O ISN foi calculado semanalmente com o uso do clorofilômetro Minolta SPAD 502®, a partir da relação entre as leituras do teor relativo de clorofila nas parcelas destinadas ao manejo da cobertura e as leituras obtidas no tratamento referência (500N). As leituras tiveram início no estágio de duas folhas (V2) e finalizaram três semanas após o florescimento feminino (R3). Em cada época, foram obtidas dez leituras por parcela, em cinco plantas. As coberturas foram realizadas 24 horas depois de obtido o ISN, utilizando uma mistura de uréia e sulfato de amônio, com inibidor de urease. Foi alocado número suficiente de parcelas experimentais que, progressivamente, receberam 45 kg ha^{-1} de N em cobertura quando o monitoramento nutricional indicava $\text{ISN} < 0,95$.

B. Experimento em parcelas de grandes dimensões

Foram testadas quatro doses de N em cobertura (0, 100, 200 e 300 kg ha^{-1}), num delineamento de blocos casualizados, com três repetições. Cada repetição compreendeu 18 fileiras (correspondentes a três passadas de semeadora), espaçadas de 0,7 m e com 1.200 m de comprimento. No estágio V₈, em cada parcela experimental, foram obtidas leituras SPAD nas seis linhas centrais, em 11 locais de avaliação georreferenciados, distanciados a cada 100 m ao longo do comprimento da parcela. Em cada local, 10 leituras foram realizadas em cinco plantas escolhidas aleatoriamente num raio de dois metros. A produtividade de grãos foi mapeada com sensor e GPS acoplados à colhedora. As produtividades nos 11 locais de avaliação em cada parcela foram estimadas considerando-se a média dos dados da colhedora num raio de 12 m do ponto georreferenciado.

Resultados e Discussão

A. Manejo da cobertura baseado no ISN

De acordo com o critério do ISN, ao longo da fase de crescimento vegetativo do milho, foram necessárias quatro aplicações consecutivas, a cada 7 dias, de 45 kg ha^{-1} de N (Figura 1), nos experimentos com e sem calagem. Somente quando as aplicações totalizaram o fornecimento de 180 kg ha^{-1} de N, as leituras SPAD nas

parcelas de manejo da cobertura aproximaram-se das obtidas nas parcelas referência (500N).

Embora o clorofilômetro tenha indicado a necessidade de fornecimento da mesma quantidade total de N em cobertura (180 kg ha^{-1}) para ambos os experimentos, a presença do calcário potencializou a resposta do milho à adubação. Os ganhos de produtividade com as menores doses de N em cobertura foram consistentemente maiores na presença de calcário (Figura 1). Essa diferença é compreensível, devido à condição de acidez moderada do solo na área de estudo, que apresentava inicialmente saturação por bases ($V=37\%$) abaixo da considerada ideal ($V=50\%$) para a região do Cerrado [8].

Foram estimadas, respectivamente, doses 460 e 336 kg ha^{-1} de N em cobertura para produtividades máximas de $11,4$ e $11,9 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos, na ausência e na presença de calagem superficial. Todavia, para máximas receitas líquidas, considerando a relação entre o custo do fertilizante nitrogenado e o valor do produto colhido, a necessidade de N seria de 106 e 167 kg ha^{-1} de N, na ausência e na presença de calcário. Fixando a obtenção de uma produtividade de 10 t ha^{-1} , seriam necessários 89 e 31 kg ha^{-1} de N em cobertura na ausência e na presença do corretivo calcário. Esses resultados sugerem a ocorrência de efeito sinérgico, no qual os efeitos da calagem incluiriam também um maior aproveitamento da adubação nitrogenada pelo milho, nas condições da lavoura estudada. Portanto, o clorofilômetro ($\text{ISN}=0,95$) não foi sensível ao efeito da calagem no comportamento produtivo do milho, apontando uma mesma demanda de N em ambientes de potencial diferenciado de produtividade (Figura 1).

O confronto das leituras obtidas nas parcelas de manejo da adubação de cobertura com as da parcela referência apontou um requerimento de 180 kg ha^{-1} de N. No entanto, a resposta em produtividade de grãos não foi proporcional à quantidade de N fornecida em cobertura (Figura 1). Sobretudo se forem consideradas as doses de N para maior retorno econômico (106 e 167 kg ha^{-1} de N, nos experimentos sem e com calcário), depreende-se que o uso do clorofilômetro não possibilitou ajuste fino da adubação de cobertura, levando a uma superestimativa da quantidade a ser fornecida.

A conformação das curvas de leitura do clorofilômetro ao longo do ciclo do milho foi similar para as doses de N monitoradas, apresentando, contudo, diferenças na magnitude dos valores SPAD conforme o fornecimento do nutriente (Figura 2). No decorrer dos estádios vegetativos, verificaram-se leituras crescentes, as quais tenderam a estabilizar-se a partir do estágio de pré-florescimento (V₁₄-V₁₆).

Os tratamentos 0N e referência (500N) proporcionaram valores contrastantes de leituras do clorofilômetro (Figura 2), permitindo detectar precocemente, com base no ISN, a necessidade de adubação de cobertura no estágio V₄-V₅, aos 21 dias após a emergência (Figura 1). Tal fato é relevante, pois possibilita a tomada de decisão sobre a cobertura nitrogenada ainda nos estádios iniciais. Porém, em condições intermediárias de suprimento de N (tratamentos 45N, 90N, 135N e 180N), as diferenças de leitura SPAD foram menos perceptíveis (Figura 2). Isso

confirma a conveniência de se estabelecer parcelas referência como forma de viabilizar o uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de realização ou não da cobertura. Já a idéia de se determinar valores ideais de leituras do clorofilômetro para nortear o diagnóstico da necessidade de cobertura nitrogenada em certos estádios da cultura parece pouco efetiva face à gama de variáveis interferentes.

B. Monitoramento nutricional em lavoura

No terceiro experimento, ao se estabelecer a relação entre as leituras SPAD e a produtividade, a partir dos dados amostrais dos 11 locais de monitoramento distribuídos em cada parcela, foram observados distintos padrões de resposta conforme a dose de N (Figura 3). Houve maior dispersão de pontos na ausência da adubação de cobertura (dose 0N), sugerindo a ocorrência de variabilidade espacial nos atributos do solo relacionados com a disponibilidade de N às plantas. Nessa condição, as leituras do clorofilômetro podem auxiliar na tomada de decisão sobre a necessidade, o local e o momento de realizar a adubação de cobertura. Todavia, com o fornecimento do nutriente (doses 100 a 300N), a tendência de aglutinação dos pontos na figura indica situação em que ficam mascaradas a influência da capacidade original de suprimento de N pelo solo e a sua variabilidade espacial.

Com base nas leituras SPAD, o potencial metabólico de produção de clorofila pelo híbrido (ponto de máxima resposta), em relação ao fornecimento de N, foi alcançado com a dose de 213 kg ha⁻¹ de N, para o estádio V8. A estimativa da produtividade máxima de grãos (9,2 t ha⁻¹) correspondeu à aplicação da dose de 242 kg ha⁻¹ de N. Já a dose econômica, de acordo com a relação de preços do fertilizante e do produto colhido, foi de 143 kg ha⁻¹. Além disso, a diferença das médias de produtividade obtidas com ou sem adubação de cobertura foi de magnitude relativamente baixa.

Finalmente, chama atenção também, o efeito do estande nas respostas a N e, conseqüentemente, na avaliação de desempenho do clorofilômetro. Tal efeito é evidenciado pela diferença nas produtividades obtidas em parcelas pequenas com estande apropriado (Figura 1) e em parcelas grandes com problemas de estande comuns em condições de lavouras comerciais (Figura 3), embora se trate de mesmo talhão, híbrido e safra.

Conclusões

A calagem, o estande, o estádio de desenvolvimento das plantas e a variabilidade espacial do solo influenciam o diagnóstico ou as respostas ao manejo de N com o clorofilômetro.

O estabelecimento de parcelas referência e de ISN=0,95 viabilizou o uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de realização da cobertura

nitrogenada no decorrer do ciclo do milho, porém esse procedimento superestimou a quantidade de nitrogênio em cobertura em relação às doses para máxima receita líquida.

O manejo da adubação de cobertura com o clorofilômetro sofreu interferência de diversos fatores, comprovando a necessidade de calibração e ajustes específicos para cada ambiente de produção.

Referências

- [1] ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L.L. 2003. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:109-119.
- [2] ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. 2004. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. **Ciência Rural**, 34:1379-1387..
- [3] GODOY, L.J.G. de; SOUTO, L.S.; FERNANDES, D.M.; VILLA BÔAS, R.L. 2007. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, 37:38-44.
- [4] WASKOM, R.M.; WESTFALL, D.G.; SPELLMAN, D.E.; SOLTANPOUR, P.N. 1996. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 27:545-560.
- [5] BLACKMER, M.; SCHEPERS, J.S. 1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 25:1791-1800.
- [6] VARVEL, G.E.; SCHEPERS, J.S.; FRANCIS, D.D. 1997. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meter. **Soil Science Society of America Journal**, 61:1233-1239.
- [7] HURTADO, SMC. 2008. **Uso do clorofilômetro e de agricultura de precisão no manejo da adubação nitrogenada do milho**. 92p. (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG).
- [8] SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. 2004. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 416p.

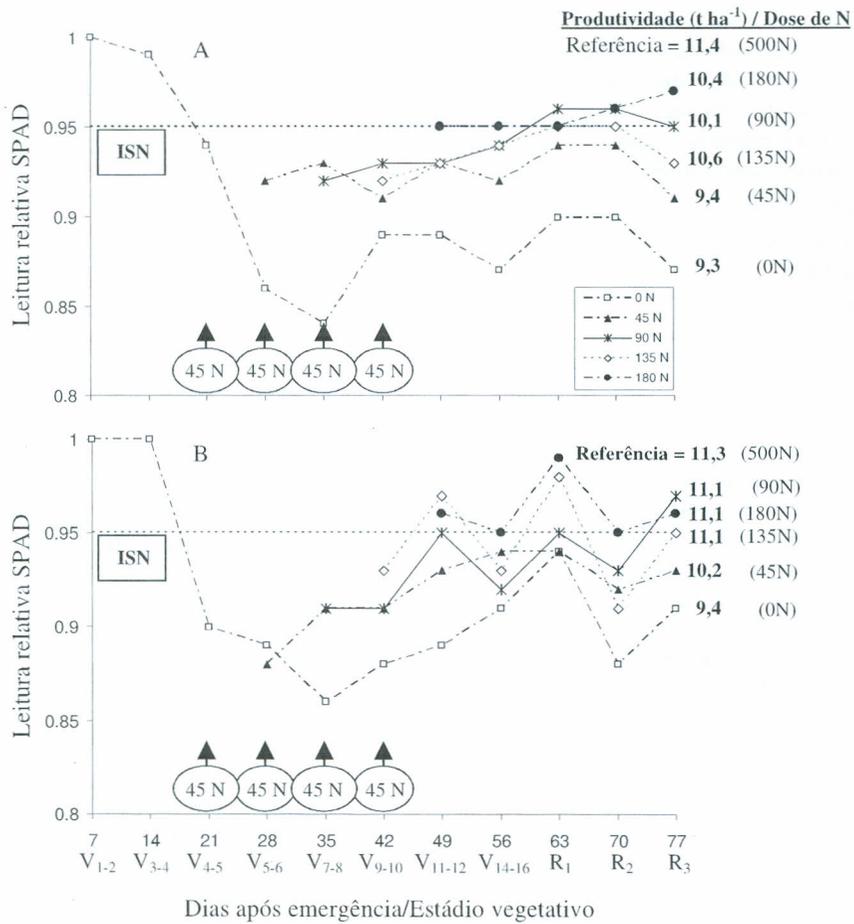


Figura 1. Índice de suficiência de nitrogênio (parcela referência = 1.0) ao longo dos estádios de desenvolvimento do milho em resposta ao N em cobertura, na ausência (A) e na presença (B) de calcário. As elipses indicam as épocas de cada aplicação de N. As leituras SPAD iniciaram-se na semana seguinte à aplicação que completava cada dose de N.

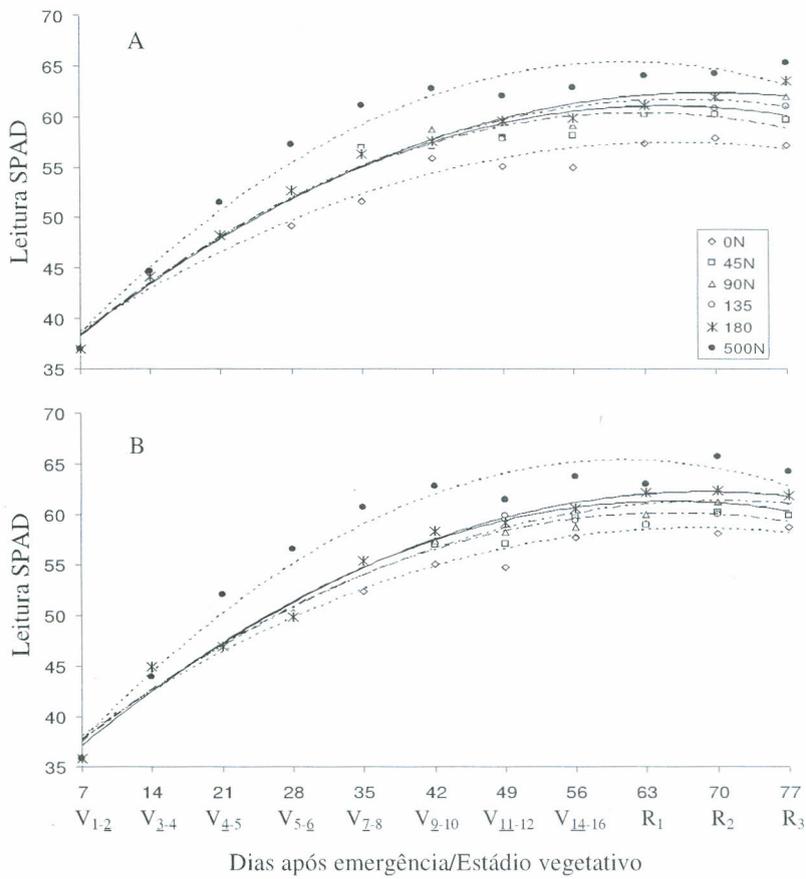


Figura 2. Leituras SPAD ao longo dos estádios de desenvolvimento do milho cultivado com doses crescentes de N em cobertura, na ausência (A) e na presença (B) de calcário.

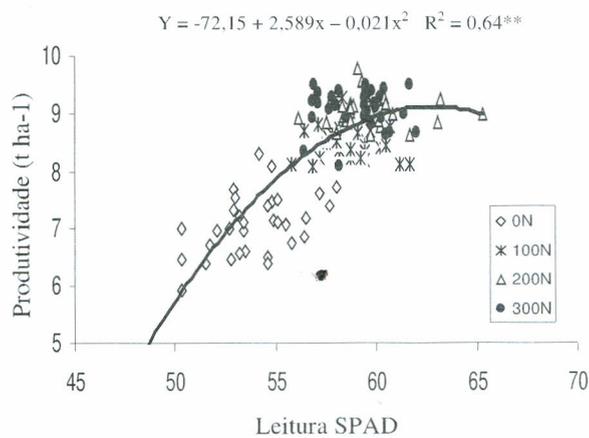


Figura 3. Relação entre leitura SPAD no estágio V₈ e produtividade de grãos em lavoura de milho, sob influência de doses de N (kg ha⁻¹) em cobertura (n=33 para cada dose).