

Foto: Neide M. Furukawa



Uso do Índice SPAD para o Diagnóstico da Nutrição Nitrogenada e Recomendação de Adubação de Cobertura na Cultura do Milho Híbrido Simples AG 7088 em Argissolos dos Tabuleiros Costeiros

Inácio de Barros¹
Wadson de Menezes Santos²
Edson Patto Pacheco³
Heraldo Namorato de Souza⁴

O nitrogênio (N) é o nutriente mineral requerido em maior quantidade pela cultura do milho. Em média, 18 kg de N são exportados para cada tonelada de grãos produzida. Assim, uma lavoura com produtividade de 10 t/ha absorve aproximadamente 268 kg de N e exporta em torno de 180 kg do nutriente. Na planta, o N desempenha diversas funções, por exemplo, atuando diretamente na divisão e expansão celular. É um dos componentes estruturais da clorofila e faz parte de diversos compostos orgânicos como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos. Além disso, esse nutriente interfere na atividade microbiana e na qualidade do solo, sendo um dos nutrientes que apresenta os efeitos mais significativos no aumento da produtividade.

Todavia, o N é bastante dinâmico nas suas relações com o ambiente, sendo susceptível a diferentes formas de perdas ambientais. Estima-se que a eficiência média da adubação nitrogenada na produção de cereais seja de apenas 33%, sendo que importantes perdas de nitrogênio são observadas por processos tais como lixiviação, volatilização, emissão atmosférica de óxidos de N, ocorrendo, também, imobilização biológica. Essas perdas podem causar importantes impactos ao meio ambiente como contaminação do lençol freático por nitrato e contribuição ao aquecimento global pela emissão de

gases de efeito estufa, além de representarem perdas financeiras para o produtor.

A obtenção de produtividades que venham assegurar lucros ao produtor está diretamente relacionada ao suprimento de N à cultura do milho em quantidades adequadas. O monitoramento do estado nutricional da cultura possibilita diagnosticar a necessidade de aplicação de fertilizantes e propicia um melhor sincronismo entre as necessidades desse nutriente pela cultura e a sua disponibilidade no solo.

Alguns métodos de previsão da necessidade de N durante o desenvolvimento vegetativo da planta de milho baseados em análises laboratoriais de solo e de amostras de tecido vegetal estão disponíveis. Esses métodos apresentam altas correlações com a produtividade; todavia, apresentam a desvantagem de serem realizados em laboratórios, dispendendo tempo e trabalho, além de envolver despesas com coleta, processamento e análise das amostras. Além disso, o tempo requerido para as análises laboratoriais é geralmente longo e os resultados dificilmente são obtidos em tempo de serem

¹Engenheiro-agrônomo, PhD em Ciências Agrárias, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

²Engenheiro-agrônomo, MSc em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

³Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

⁴Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador do Cenpes/Petrobras, Rio de Janeiro, RJ.

utilizados na recomendação de adubação de cobertura na mesma safra no caso de culturas anuais como o milho, sendo mais indicados para culturas perenes.

Os sensores ópticos portáteis, por sua vez, são capazes de avaliar indiretamente o estado nutricional da cultura de forma não destrutiva e imediata no campo e representam uma inovação tecnológica importante no manejo racional da fertilização nitrogenada. Dentre esses sensores, aqueles que medem o teor de clorofila (clorofilômetros) nas folhas são os mais utilizados para prever o estado nutricional de N, pois o teor desse elemento apresenta uma forte correlação com a quantidade de clorofila, uma vez que 70% do N nas folhas está associado à essa molécula.

Os medidores portáteis que tem sido bastante utilizados são os que utilizam o índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) como medida ótica indireta do teor de clorofila. São aparelhos de fácil operação e permitem avaliações diretamente no campo, podendo, assim, serem utilizados como ferramenta na tomada de decisão sobre a necessidade de adubação nitrogenada e contribuindo para a diminuição da utilização de fertilizantes em quantidades menores ou maiores do que aquelas efetivamente necessárias.

O uso do índice SPAD para o diagnóstico e recomendação de adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho vem sendo adotado com grande sucesso em diversos países e nas principais regiões produtoras do Brasil. Contudo, na região dos Tabuleiros Costeiros, essa tecnologia ainda não foi adotada em cultivos comerciais.

Estudos realizados pela Embrapa Tabuleiros Costeiros em um Argissolo Vermelho-Amarelo do município de Nossa Senhora das Dores, SE, na região do Médio Sertão e em um Argissolo Acinzentado de Umbaúba, SE, na região sul de Sergipe mostraram que milho híbrido simples AG 7088 é altamente responsivo à adubação nitrogenada em cobertura e que ganhos em produtividade superiores a 100% podem ser obtidos pela aplicação de fertilizantes nitrogenados. Estudos recentes também demonstraram que o índice SPAD, medido por meio de clorofilômetro portátil, é capaz de indicar com grande precisão o estado nutricional de híbridos simples de milho em relação ao N e a sua resposta à adubação nitrogenada em cobertura em Argissolos Acinzentado e Vermelho-Amarelo da região dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe (BARROS et al., 2017; SANTOS, 2017), permitindo, assim, que esse índice possa ser

utilizado no diagnóstico do estado nutricional e na recomendação das doses de N a serem aplicadas.

O objetivo deste Comunicado Técnico é apresentar a recomendação da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho em dois Argissolos dos Tabuleiros Costeiros com base no índice SPAD, usado como uma ferramenta para a identificação do estado nutricional.

Princípio de funcionamento do índice SPAD como indicador do teor de clorofila

O medidor de clorofila possui diodos que emitem luz a 650 nm (vermelho) e a 940 nm (infravermelho). A luz em 650 nm situa-se próxima dos dois comprimentos primários de ondas que estão associados à atividade da clorofila (645 nm e 663 nm), enquanto o comprimento de onda de 940 nm serve como referência interna para compensar diferenças na espessura ou no conteúdo de água da folha ou que sejam devidas a outros fatores. A luz que passa através da amostra atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Esses sinais são então amplificados e convertidos em sinais digitais por meio de um conversor analógico/digital. Um microprocessador usa esses sinais para calcular os índices SPAD, que são proporcionais ao teor de clorofila presente na folha (GIL et al., 2002).

Os procedimentos de calibração e leitura do índice SPAD são descritos nos manuais de operação dos aparelhos que utilizam esse índice como indicador do teor de clorofila.

Época e tipo de folha para coleta das leituras

Antes do pendoamento do milho (estágio VT), as leituras devem ser tomadas na folha mais alta que apresenta o colar completo, ou seja, o colar foliar completamente visível ao redor do colmo da planta. Caso as leituras sejam realizadas na fase de pendoamento ou posteriormente, elas devem ser feitas na folha oposta e abaixo da espiga. Contudo, devido à forte diluição do teor de nitrogênio nas plantas nas fases iniciais de desenvolvimento, as leituras não devem ser realizadas antes das plantas apresentarem seis folhas completas (estágio V6), o que corresponde, em média, às plantas apresentarem altura entre 25 cm e 40 cm.

O milho absorve o N rapidamente a partir do estágio V8 (oito folhas completas). Considerando-se que o objetivo é o de se detectar as deficiências e corrigi-las a tempo para assegurar a produtividade, a época mais adequada para que sejam feitas as leituras é entre as fases V8 e V10.

Plano de amostragem

A área que irá receber a adubação de cobertura deve ser dividida em regiões uniformes quanto à topografia, idade da cultura e aspecto geral da lavoura, principalmente em relação ao grau de esverdeamento da cultura. Cada região considerada uniforme terá um diagnóstico do estado nutricional da cultura e uma recomendação de dose de adubação nitrogenada a ser aplicada em cobertura.

Em cada região uniforme, devem ser realizadas de 20 a 30 leituras distribuídas por toda a área. Depois de realizadas as leituras, elas precisam ser revistas, descartando-se aquelas que fugirem do padrão por apresentar valores altos ou baixos demais em relação aos valores mais comumente observados. Os dados removidos devem ser substituídos por

novas leituras tomadas aleatoriamente na região uniforme. Uma vez que as leituras tenham sido tomadas, calcula-se a média delas. Esta média deve ser anotada para posterior realização do diagnóstico do estado nutricional da cultura e cálculo da necessidade de N.

Diagnóstico da nutrição nitrogenada e recomendação da dose de N a ser aplicada

Na Tabela 1, são apresentados os valores de índice SPAD e correspondentes níveis de nutrição nitrogenada, produtividades relativas e recomendações das doses de N que servem de orientação para a adubação de cobertura na cultura do milho em dois Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Tabela 1. Valores de índice SPAD e correspondentes níveis de nutrição nitrogenada, produtividades relativas e recomendações das doses de N para adubação de cobertura na cultura do milho em dois Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Sergipe.

Argissolo Acinzentado			
Índice SPAD	Nível de nutrição em N	Produtividade relativa (%)	*Dose de N Recomendada (kg/ha)
< 32,3	Muito baixo	< 45	120
32,4 - 43,0	Baixo	45 - 75	100
43,1 - 49,1	Médio	75 - 90	60
49,2 - 51,7	Alto	90 - 95	20
> 51,7	Muito alto	> 95	0
Argissolo Vermelho-Amarelo			
< 37,8	Muito baixo	< 45	160
37,9 - 49,5	Baixo	45 - 75	130
49,6 - 55,2	Médio	75 - 90	80
55,3 - 56,9	Alto	90 - 95	25
> 56,9	Muito alto	> 95	0

* A dose de N recomendada para a adubação em cobertura deverá ser convertida para a dose do adubo em função do teor de nitrogênio no fertilizante comercial e da eficiência no uso do N do adubo aplicado.

Assim, para o Argissolo Acinzentado do município de Umbaúba na região sul de Sergipe, o diagnóstico da nutrição nitrogenada revela que valores de índices SPAD médios inferiores a 32,3 são indicativos de níveis muito baixos de nutrição em N, nos quais a produtividade relativa poderá ser inferior a até 45% do potencial da cultura. Valores entre 32,4 e 43,0 indicam níveis baixos de nutrição em N que poderão comprometer de 25% a 55% da produtividade da cultura; enquanto valores entre 43,1 e 49,1 indicam níveis médios de nutrição nitrogenada, com redução na produtividade

entre 10% e 25%. Já valores entre 49,2 e 51,7 correspondem a níveis altos, encontrando-se dentro da faixa de suficiência em N, com expectativa de produtividade relativa superior a 90% da produtividade potencial. Por fim, é necessário que se tenha atenção quando o índice SPAD estiver acima de 51,7, valor correspondente ao nível crítico de N, o que pode indicar a existência de consumo de luxo do nutriente pela cultura, situação em que respostas à adubação não são esperadas.

Já para o Argissolo Vermelho-Amarelo de Nossa Senhora das Dores na região do Médio Sertão

Sergipano, valores de índices SPAD médios inferiores a 37,8 indicam níveis muito baixos de nutrição em N com reduções na produtividade que podem ser superiores a 55%. Valores entre 37,9 e 49,5 são indicativos de níveis baixos de N que poderão comprometer entre 25% e 55% da produtividade. Valores entre 49,6 e 55,2 correspondem a níveis médios de N com reduções entre 10% e 25% na produtividade. Valores entre 53,3 e 56,9 indicam níveis altos que se encontram dentro da faixa de suficiência em N, com expectativa de produção relativa superior a 90% da potencial. Por sua vez, índices SPAD acima de 56,9, valor que corresponde ao nível crítico de N por respostas à adubação não serem mais esperadas, podem indicar a existência de consumo de luxo do nutriente pela cultura.

Como diferentes solos apresentam diferentes características, a biodisponibilidade de um nutriente para as plantas, ou seja, a parte do nutriente aplicado que estará efetivamente disponível para ser absorvido pela cultura, vai depender dessas características.

As doses de N a serem aplicadas apresentadas na Tabela 1 são recomendadas para os casos de uso como fonte de N, na adubação de cobertura, o sulfato de amônio ou a ureia (desde que esta seja incorporada a uma profundidade de cerca de 5 cm no solo, visando diminuir as perdas por volatilização). Isso porque, nas condições ambientais desses Argissolos, Santos (2017) observou que as perdas de N por volatilização da amônia podem ser superiores a 50% quando a ureia não é incorporada. Caso a ureia venha a ser aplicada em superfície, sugere-se que a recomendação da dose de N seja aumentada em 30% a 50%, a fim de compensar essas perdas para a atmosfera.

Considerações finais

A obtenção de produtividades que venham assegurar lucros ao produtor está diretamente

relacionada ao suprimento de nitrogênio (N) à cultura do milho em quantidades adequadas. No entanto, o monitoramento por meio de análises laboratoriais é impraticável, pois o tempo requerido para as análises é geralmente longo e os resultados dificilmente são obtidos a tempo para fins de recomendação de adubação na mesma safra.

Assim, a utilização do índice SPAD para a identificação do estado nutricional do milho em relação ao N e como esse índice deve ser aplicado na recomendação racional da adubação nitrogenada de cobertura, visando à maximização da produtividade desse cereal e à minimização das perdas ambientais de N pela melhoria da sincronização entre a demanda do nutriente a o seu suprimento via fertilização, é de fundamental importância para o desenvolvimento de sistemas de produção de milho sustentáveis nos Argissolos dos Tabuleiros Costeiros.

Agradecimentos

À Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Referências

BARROS, I.; SANTOS, W. M.; PACHECO, E. P.; SOUZA, H. N. **Índice SPAD como indicador da nutrição nitrogenada do milho em Argissolos dos Tabuleiros Costeiros**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2017. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 129).

GIL, P.T.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.

SANTOS, W. M. **Desempenho agrônomo e volatilização da amônia de fertilizantes pastilhados e convencionais na cultura do milho**. 2017. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

Comunicado Técnico, 204

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Endereço: Avenida Beira Mar, 3250,
CEP 49025-040, Aracaju, SE
Fone: (79) 4009-1344
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



1ª edição
On-line (2017)

Comitê de publicações

Presidente: Marcelo Ferreira Fernandes
Secretário-Executivo: Marcus Aurélio Soares Cruz
Membros: Amaury da Silva dos Santos, Ana da Silva Léo, Anderson Carlos Marafon, Joézio Luiz dos Anjos, Julio Roberto Araújo de Amorim, Lizz Kezzy de Moraes, Luciana Marques de Carvalho, Tânia Valeska Medeiros Dantas e Viviane Talamini

Expediente

Supervisora editorial: Flaviana Barbosa Sales
Normalização bibliográfica: Josete Cunha Melo
Editoração eletrônica: Beatriz Ferreira da Cruz