



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbc.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; FOSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L.
L.

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM MILHO PELO MONITORAMENTO DO NÍVEL DE NITROGÊNIO
NA PLANTA POR MEIO DO CLOROFILÔMETRO

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 27, núm. 1, 2003, pp. 109-119

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180217698012>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM MILHO PELO MONITORAMENTO DO NÍVEL DE NITROGÊNIO NA PLANTA POR MEIO DO CLOROFILÔMETRO⁽¹⁾

G. ARGENTA⁽²⁾, P. R. F. SILVA⁽³⁾, E. L. FOSTHOFFER⁽⁴⁾,
M. L. STRIEDER⁽⁴⁾, E. SUHRE⁽⁴⁾ & L. L. TEICHMANN⁽⁴⁾

RESUMO

O monitoramento do nível adequado de nitrogênio (N) na planta de milho tem como objetivo diagnosticar a necessidade ou não de sua aplicação, visto que o emprego de altas doses deste nutriente pode contaminar as águas superficiais e subterrâneas com nitrato. O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de clorofila na folha, medido por meio do clorofilômetro como indicador do nível de N na planta de milho, em quatro estádios de desenvolvimento. Um experimento foi realizado no município de Eldorado do Sul, na região fisiográfica da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul, no ano agrícola de 1999/2000. Os tratamentos constaram de dois híbridos de milho (Pioneer 32R21 e Premium) e de oito sistemas de manejo de N em cobertura. As variáveis avaliadas, rendimento de grãos, teor e acúmulo de N na folha e na planta, nos sistemas monitorados com o clorofilômetro, não diferiram em relação aos sistemas padrões em que o N foi aplicado, independentemente das leituras efetuadas. Com o monitoramento do nível de N na planta do híbrido Pioneer 32R21, houve redução de aplicação de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, nos sistemas S3, S4 e S5 e, no híbrido Premium, de 150 kg ha⁻¹ de N, no sistema S5, sem influir no rendimento de grãos de milho. Portanto, o monitoramento do nível de N na planta de milho por meio do valor correspondente do teor de clorofila na folha, obtido pelo clorofilômetro, evidenciou ser eficiente método para separar plantas com deficiência e com nível adequado deste nutriente.

Termos de indexação: *Zea mays*, leitura SPAD, rendimento de grãos, teor relativo de clorofila, teor de N.

⁽¹⁾ Extraído da Tese de Doutorado, apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Parcialmente financiado pela Empresa Pioneer Sementes LTDA. Recebido para publicação em janeiro de 2002 e aprovado em novembro de 2002.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, Syngenta Seeds Ltda. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Departamento de Plantas de Lavoura. Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 776. CEP 91540-000 Porto Alegre (RS). E-mail: gilberargenta@aol.com; gilber.argenta@syngenta.com

⁽³⁾ Professor da Faculdade de Agronomia, UFRGS. Bolsista do CNPq. E-mail: paulo.silva@vortex.ufrgs.br

⁽⁴⁾ Estudante da Faculdade de Agronomia, UFRGS. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. E-mail: plantas@ufrgs.br

SUMMARY: *NITROGEN FERTILIZATION IN MAIZE BY MONITORING THE PLANT N LEVEL BY A CHLOROPHYLL METER*

The objective of monitoring the adequate nitrogen (N) content in maize is to determine when a nutrient application becomes necessary, since the use of high doses of this nutrient may contaminate superficial and underground waters with nitrate. This experiment was conducted to evaluate the chlorophyll content in leaves, measured by a chlorophyll meter, as an indicator of the N level in maize, at four growth stages, in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, during the growing season 1999/2000. Treatments consisted of two maize hybrids (Pioneer 32R21 and Premium) and eight nitrogen management systems. The tested variables (grain yield, N level and accumulation in leaf and plant) in the systems monitored by the chlorophyll meter did not differ in relation to the standard systems, where N was applied regardless of the readings. Monitoring of the N content in the hybrid Pioneer 32R21, reduced N applications by 50, 100 and 150 kg ha⁻¹, respectively, in the S3, S4, and S5 systems, and in the hybrid Premium by 150 kg ha⁻¹ in the system S5, without affecting the maize grain yield. Therefore, monitoring the N level in maize by the corresponding chlorophyll leaf content with a portable chlorophyll meter proved to be an efficient method to separate plants with N deficiency from those with an adequate level of this nutrient.

Index terms: Zea mays, SPAD reading, grain yield, relative chlorophyll content, nitrogen concentration.

INTRODUÇÃO

Alguns modelos matemáticos foram desenvolvidos com o objetivo de monitorar o crescimento e o desenvolvimento da planta de milho (Sinclair & Muchow, 1995). No entanto, a aplicação destes modelos em lavoura apresenta limitações, pelo fato de serem imprevisíveis as condições climáticas que determinam o crescimento da planta e a disponibilidade de N no solo, e, de acordo com Lemaire & Gastal (1997), pelo pouco conhecimento disponível sobre os mecanismos básicos que governam o ciclo de N.

Considerando a variabilidade do clima e a necessidade de recomendar a adubação nitrogenada, esta tem sido, em muitos casos, sub ou superestimada. Assim, quando ela é subestimada, ocorre redução no rendimento de grãos; quando é superestimada, diminuem os lucros do agricultor pelo gasto desnecessário com compra de adubo nitrogenado e há prejuízos ao meio ambiente, decorrente da lixiviação de nitrato em condições com excesso de N disponível (Waskom et al., 1996; Schröder et al., 1998).

A sub, ou superestimação, da dose de N a ser utilizada ocorre rotineiramente no sistema tradicional de recomendação de adubação (aplicação de 1/3 na semeadura e o restante em cobertura), pelo fato de serem adotados conjuntos de práticas culturais em lavouras sem considerar suas particularidades de desuniformidade. Por esse motivo, haverá áreas (manchas) em que a adubação aplicada estará abaixo da necessidade das plantas (subdose) e outras em que ela estará acima da necessidade.

A agricultura de precisão, dentre outras finalidades, está sendo proposta como uma nova

filosofia de manejo dos cultivos que poderá contribuir para evitar a sub ou aplicação excessiva de fertilizantes nitrogenados. Trata-se de uma tecnologia de informações que possibilita o gerenciamento da atividade agrícola, levando-se em consideração as variabilidades, espacial e temporal, do solo e da cultura (Fraisse, 1998). Uma abordagem similar, mas que não utiliza equipamentos sofisticados, pode ser feita por amostragens pontuais de características de solo e da planta. É neste contexto que o monitoramento do nível de N na planta de milho, pela utilização de curvas de nível adequado durante alguns estádios específicos do desenvolvimento vegetativo da cultura, pode contribuir para a adoção da filosofia de manejo da agricultura de precisão.

O monitoramento do nível adequado de N na planta tem como objetivo diagnosticar a necessidade ou não da sua aplicação, visto que o uso de altas doses deste nutriente pode contaminar as águas superficiais e subterrâneas com nitrato (Waskom et al., 1996; Varvel et al., 1997; Schröder et al., 2000). Além disso, o uso desta técnica objetiva aumentar a eficiência do uso de N, visto que a lixiviação deste nutriente sob forma de nitrato é considerada um dos principais fatores responsáveis pela sua baixa eficiência de uso (Raun & Johnson, 1999). Neste sentido, o monitoramento pode propiciar melhor sincronismo entre as necessidades deste 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 têm sido propostos (Binford et al., 1992; Sims et al., 1995). Baseados em testes de solo e em análises laboratoriais de amostras de tecido, tais métodos têm a vantagem de apresentar boa

correlação com rendimento de grãos e aceitável nível de exatidão. No entanto, por serem laboratoriais, revelam desvantagens de despendar tempo e trabalho, envolver despesas com coleta, processamento e análise de amostras e, principalmente, não possibilitar a correção da deficiência de N na planta no mesmo ano agrícola, servindo apenas como critério indicativo para os próximos anos (Argenta, 2001).

O desenvolvimento do medidor portátil de clorofila, equipamento que permite medições instantâneas do valor correspondente ao seu teor na folha, constitui alternativa promissora para avaliação do nível de N nas plantas (Argenta et al., 2001a). Alguns pesquisadores evidenciaram relação entre leitura do clorofilômetro e teor de clorofila na folha (Yadava, 1986; Marquard & Tipton, 1987; Dwyer et al., 1995; Argenta et al., 2001b) e entre teor de clorofila na folha e teor de N na planta (Smeal & Zhang, 1994; Argenta et al., 2001b). Em outro trabalho, em que se testaram características da planta (teor e acúmulo de N, leitura correspondente ao teor de clorofila na folha, avaliada com clorofilômetro, produção de matéria seca e área foliar) como indicadores do nível de N na planta de milho, foi constatado que a leitura no clorofilômetro foi o melhor indicador do nível de N na planta dentre as características avaliadas (Argenta et al., 2001c). Argenta (2001) determinou que, para diagnóstico do nível de N na planta de milho, as leituras no clorofilômetro acima de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento, representam nível adequado de N.

O objetivo deste experimento foi avaliar o teor de clorofila na folha, medido por meio do clorofilômetro, como método indicador do nível de N na planta de milho, em quatro estádios de desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo, na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada no município de Eldorado do Sul, região fisiográfica da Depressão Central, do estado do Rio Grande do Sul, na estação de crescimento 1999/00. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como subtropical úmido, situado na transição entre os tipos fundamentais cfa_1 (isoterma anual inferior a 18 °C) e cfa_2 (isoterma anual superior a 18 °C) (Moreno, 1961). As temperaturas médias (anual, máxima e mínima) são de 19,6, 24,3 e 14,8 °C, respectivamente (IPAGRO, 1989). O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 1999).

Os tratamentos constaram de dois genótipos de milho (Pioneer 32R21, híbrido simples e de ciclo superprecoce, e Premium, híbrido simples e de ciclo precoce) e de oito sistemas (S) de manejo de N em cobertura. Os sistemas de manejo S1 a S5 representaram doses de N em cobertura, respectivamente, 0, 70, 175, 350 e 525 kg ha⁻¹. As doses de N foram aplicadas em quatro épocas de desenvolvimento das plantas. No estádio de três a quatro folhas, foram aplicadas as doses de N de 10, 25, 50 e 75 kg ha⁻¹, correspondendo, respectivamente, aos sistemas S2, S3, S4 e S5, considerados como sistemas padrões. O restante do N foi aplicado em três doses iguais, nos estádios de seis a sete folhas, 10 a 11 folhas expandidas e de espigamento. Outros três sistemas equivalentes, respectivamente aos sistemas S3, S4 e S5, foram os tratamentos monitorados, em que as doses de N somente foram aplicadas quando as leituras obtidas no clorofilômetro eram inferiores aos valores estabelecidos como adequados nos respectivos estádios de desenvolvimento da planta. As leituras no clorofilômetro correspondentes ao nível adequado de N utilizadas foram de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas expandidas e de espigamento. Maiores detalhes de como foram determinados estes valores estão descritos em Argenta (2001).

Os híbridos de milho foram semeados no dia 18 de outubro de 1999 em semeadura direta, em sucessão ao consórcio de aveia preta e ervilhaca comum, com espaçamento entre linhas de 0,7 m e densidade de 75.000 plantas ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os híbridos foram locados nas parcelas principais, enquanto os sistemas de manejo de N, nas subparcelas. A análise do solo, realizada antes da instalação do experimento, indicou os seguintes valores: teor de argila de 28 dag kg⁻¹; pH 5,2; teores de fósforo, potássio e matéria orgânica de 16, 134 mg dm⁻³ e 2,6 dag kg⁻¹, respectivamente. Por ocasião da semeadura, foi efetuada adubação em linha com 30 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O.

As determinações feitas foram: leitura correspondente ao teor de clorofila na folha, avaliada com o clorofilômetro modelo Minolta SPAD-502, produção de matéria seca da parte aérea por planta e da folha avaliada, teor de N total no tecido e quantidade de N acumulada por planta e por folha avaliada. As determinações foram realizadas nos estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas e de 10 a 11 folhas completamente desenvolvidas e no espigamento, utilizando cinco plantas e cinco folhas por subparcela. Nos estádios vegetativos, as leituras com medidor de clorofila foram feitas na 3ª, 6ª e 9ª folhas totalmente expandidas, correspondendo, respectivamente, aos estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas e 10 a 11 folhas expandidas. No

estádio de espigamento, as leituras foram feitas na folha-índice (primeira abaixo da espiga).

As leituras no medidor de clorofila (duas por folha) foram feitas em pontos situados na metade a dois terços do comprimento da folha, a partir da base, e a 2 cm de uma das margens da folha. Após a leitura, as folhas amostradas foram coletadas em separado do resto da planta para determinação do teor e do acúmulo de N.

As plantas e as folhas individuais utilizadas nas leituras foram secas em estufa a $\pm 60^\circ\text{C}$ até atingirem peso constante. A quantidade de matéria seca obtida por amostra foi dividida por cinco, para determinar a produção de matéria seca por planta e por folha avaliada. O teor de N foi determinado de acordo com método descrito em Tedesco et al. (1995). As quantidades de N acumuladas por planta e por folha foram calculadas, multiplicando-se, respectivamente, a produção de matéria seca da parte aérea por planta e por folha avaliada pelo teor de N.

O rendimento de grãos de milho foi estimado, extrapolando-se a produção colhida na área útil das subparcelas (7 m^2) para um hectare, corrigindo-se a umidade para 130 dag kg^{-1} .

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando significativos, compararam-se as médias pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos estádios de três a quatro folhas e de seis a sete folhas de milho completamente desenvolvidas, os valores de leitura obtidos no clorofilômetro estiveram abaixo dos considerados adequados, respectivamente, 45,4 e 52,1, em todos os sistemas de manejo de N e nos dois híbridos (Quadro 1). Este resultado indica que as doses de N aplicadas na semeadura (30 kg ha^{-1}) e da primeira dose de cobertura ($10\text{ a }75\text{ kg ha}^{-1}$) não foram suficientes para suprir as necessidades das plantas até esses estádios. Possivelmente, o alto rendimento de matéria seca da parte aérea das coberturas de solo no inverno em consórcio ($4,5\text{ t ha}^{-1}$) fez com que os microrganismos quimiorganotróficos que atuam na decomposição do material orgânico se multiplicassem rapidamente, assimilando carbono e produzindo CO_2 .

Quadro 1. Leitura do clorofilômetro (leitura SPAD) na folha de dois híbridos de milho, considerando oito sistemas de manejo de N, em quatro estádios de desenvolvimento da planta. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 1999/2000

Híbrido	Sistema de manejo de N ⁽¹⁾							
	S1		S2		S3		S4	
	Padrão	Padrão	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado
Leitura SPAD								
Estádio de 3-4 folhas								
P 32R21	38,4	-- ⁽²⁾	--	--	--	--	--	--
Premium	35,7	--	--	--	--	--	--	--
Estádio de 6-7 folhas								
P 32R21	45,4	44,9	-- ⁽²⁾	46,2	--	47,6	--	47,5
Premium	44,4	45,4	--	47,2	--	47,5	--	48,5
Estádio de 10-11 folhas								
P 32R21	48,2	53,1	-- ⁽²⁾	55,8 ⁽³⁾	--	57,4 ⁽³⁾	--	56,5 ⁽³⁾
Premium	49,6	50,7	--	52,9	--	54,4	--	55,3 ⁽³⁾
Estádio de espigamento								
P 32R21	41,1	45,5	50,8	47,7	51,8	49,6	51,4	51,3
Premium	40,8	44,7	46,8	47,6	46,7	46,2	50,0	49,2

⁽¹⁾ Os sistemas de manejo S1 a S5 representam padrões de suprimento de N em cobertura de, respectivamente, 0, 70, 170, 350 e 525 kg ha^{-1} . As doses de N foram aplicadas em quatro épocas: no estádio de três a quatro folhas, foram aplicados 0, 10, 25, 50 e 75 kg ha^{-1} , respectivamente, nos sistemas S1 a S5. O restante do N foi aplicado em três doses iguais, nos estádios de seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento do milho. Outros três sistemas equivalentes, respectivamente, aos sistemas S3, S4 e S5 foram os tratamentos monitorados, em que as doses de N somente foram aplicadas quando as leituras obtidas no clorofilômetro eram inferiores ao estabelecido nos respectivos estádios de desenvolvimento. As leituras no clorofilômetro correspondentes ao nível adequado de N utilizadas foram de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento. ⁽²⁾ No estádio de três a quatro folhas expandidas, apenas as plantas do sistema S1 foram avaliadas, por serem as doses de N todas iguais até este estádio. Nos estádios de seis a sete folhas e de 10 a 11 folhas expandidas, as plantas dos sistemas padrões S3, S4 e S5 não foram avaliadas, pois, até estes estádios, estes tratamentos foram similares aos sistemas monitorados.

⁽³⁾ Valor de leitura do clorofilômetro superior ao estabelecido como equivalente ao nível adequado de N na planta.

em grandes quantidades (Argenta & Silva, 1999). Paralelamente à decomposição do material orgânico (carbono), os microrganismos necessitam assimilar N. Como consequência, o nitrato e o amônio presentes no solo praticamente desaparecem (Victoria et al., 1992).

No estádio de 10 a 11 folhas, houve resposta diferencial entre híbridos para leituras no clorofilômetro. Nos três sistemas monitorados, os valores da leitura no clorofilômetro no híbrido Pioneer 32R21 foram superiores aos considerados adequados (leitura SPAD de 55,3) (Quadro 1). No híbrido Premium, apenas no sistema S5 monitorado os valores da leitura foram superiores aos considerados adequados. Nos sistemas S3 e S4 monitorados, os valores estiveram abaixo, porém, muito próximos dos considerados adequados. Nos sistemas padrões S1 e S2, registraram-se leituras no clorofilômetro abaixo das consideradas ideais, nos dois híbridos. Portanto, neste estádio, nos sistemas monitorados S3, S4 e S5 para o híbrido Pioneer 32R21 não foi aplicado N em cobertura, representando redução nas doses de N a serem aplicadas, respectivamente, de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹. No híbrido Premium, apenas no sistema S5 não foi aplicada adubação nitrogenada em cobertura, equivalendo à redução de 150 kg ha⁻¹ de N.

No estádio de espigamento, os valores de leitura do clorofilômetro foram inferiores aos considerados adequados (leitura SPAD 58,0), em todos os sistemas de manejo de N e nos dois híbridos. Tais resultados refletem o nível insuficiente de N nas plantas, ou seja, todos os tratamentos testados requeriam a suplementação de adubação nitrogenada. Para alguns autores, a aplicação de N neste estádio é pouco eficiente, pois a maior demanda por este nutriente ocorre cerca de duas a três semanas antes do florescimento, ou seja, época em que cerca de 95 % do N total da planta já havia sido absorvido (Muzilli & Oliveira, 1992; Plénet & Cruz, 1997).

No entanto, Rajcan & Tollenaar (1999) verificaram que 60 e 40 % do N presente nos grãos de milho, respectivamente, para um híbrido moderno e um antigo, foram absorvidos após o espigamento. Segundo estes autores, a continuidade de absorção de N durante o período de enchimento de grãos implica menor remobilização deste nutriente de órgãos vegetativos, resultando em aumento da duração da área foliar e prolongamento do período de acúmulo de matéria seca. Estas duas características são importantes, pois estão associadas a altos rendimentos de grãos de milho (Moll et al., 1994).

Com relação ao teor e acúmulo de N na 3ª folha (Quadros 2 e 3) e ao teor e acúmulo de N na planta (Quadros 4 e 5), no estádio de três a quatro folhas, não houve diferença significativa entre híbridos de milho. No estádio de seis a sete folhas, os teores de N na 6ª folha e na parte aérea da planta também não variaram entre híbridos. No entanto, as

quantidades de N acumuladas na 6ª folha e na planta foram 15 e 7 % superiores no híbrido Pioneer 32R21 em relação ao Premium (Quadros 3 e 5, respectivamente). Com relação aos efeitos de sistemas de manejo de N, apenas o teor de N na planta variou, sendo maior nos sistemas S2 padrão e S3 e S4 monitorados do que nos sistemas S1 padrão e S5 monitorado (Quadro 4).

No estádio de 10 a 11 folhas de milho, foi significativa a interação entre híbridos e sistemas de manejo de N para teor de N na 9ª folha avaliada (Quadro 2). Apenas nos sistemas S2 padrão e S4 monitorado não houve diferença entre híbridos. Nos demais, o teor de N na 9ª folha foi maior no híbrido Premium do que no Pioneer 32R21. Nos dois híbridos, o teor de N na 9ª folha foi maior nos sistemas monitorados em relação aos sistemas S1 e S2 padrões. Para acúmulo de N na 9ª folha, e teor e acúmulo de N na planta, no estádio de 10 a 11 folhas, a interação não foi significativa (Quadros 3, 4 e 5). Houve efeito significativo de híbridos somente para teor de N na planta, sendo 30 % maior no híbrido Premium do que no Pioneer 32R21 (Quadro 4).

Avaliando o efeito de sistemas, constatou-se resposta similar à obtida para teor de N na 9ª folha para estas três variáveis. O acúmulo de N na 9ª folha e o teor e o acúmulo de N na planta (estádio 10-11 folhas) foram superiores nos sistemas monitorados em relação aos sistemas S1 e S2 padrões, com exceção do teor de N na planta para o qual não houve diferença entre o sistema S3 monitorado e S2 padrão. Os valores no sistema padrão S2 somente foram similares aos do sistema S1 para teor de N na planta; para as variáveis acúmulo de N na 9ª folha e na planta, os valores foram superiores.

No estádio de espigamento, para teor e acúmulo de N na folha-índice, não houve diferença significativa entre híbridos (Quadros 2 e 3). Com relação aos sistemas de manejo de N, constatou-se que os maiores teores de N na folha foram obtidos nos sistemas S5, padrão e monitorado, e S4 padrão não diferindo do sistema S4 monitorado. Os menores teores foram verificados no sistema S1 padrão. Nos demais sistemas, os valores foram intermediários. Na média de sistemas, os teores de N na folha-índice variaram de 1,40 a 2,02 dag kg⁻¹. Segundo alguns pesquisadores, a concentração crítica de N na folha-índice de milho varia de 2,1 a 3,6 dag kg⁻¹ (Roberts & Rhee, 1993; Soltanpour et al., 1995), dependendo de variação dentro e entre locais e anos. Portanto, o teor de N determinado na folha-índice neste trabalho ficou abaixo do considerado crítico.

Este resultado reforça o obtido de leituras efetuadas com clorofilômetro na folha-índice em que foi constatado que as plantas estavam com nível de N abaixo do considerado adequado (Quadro 1). Para N acumulado na folha-índice, o sistema que proporcionou maior acúmulo foi o S5 padrão, não

Quadro 2. Teor de nitrogênio (N) na folha de dois híbridos de milho, considerando oito sistemas de manejo de N, em quatro estádios de desenvolvimento da planta. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 1999/2000

Híbrido	Sistema de manejo de N ⁽¹⁾								Média
	S1	S2	S3		S4		S5		
	Padrão	Padrão	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	
Estádio de 3-4 folhas, dag kg ⁻¹ de N na 3ª folha									
P 32R21	3,86	-- ⁽²⁾	--	--	--	--	--	--	3,86 ^{ns}
Premium	4,04	--	--	--	--	--	--	--	4,04
Estádio de 6-7 folhas, dag kg ⁻¹ de N na 6ª folha									
P 32R21	3,07	2,45	-- ⁽²⁾	2,49	--	2,52	--	2,79	2,66 ^{ns}
Premium	2,16	2,42	--	2,64	--	2,54	--	2,45	2,44
Média	2,62 ^{ns}	2,44		2,57		2,53		2,62	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 13,5; Híbrido = 8,4								
Estádio de 10-11 folhas, dag kg ⁻¹ de N na 9ª folha									
P 32R21	1,72 bC ⁽³⁾	2,21 aB	-- ⁽²⁾	2,48 bA	--	2,48 aA	--	2,42 bA	
Premium	2,03 aC	2,08 aC	--	2,63 aA	--	2,56 aA	--	2,80 aA	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 12,5; Híbrido = 3,5								
Estádio de espigamento, dag kg ⁻¹ de N na folha-índice									
P 32R21	1,31	1,59	1,79	1,68	1,92	1,90	2,06	1,93	1,77 ^{ns}
Premium	1,49	1,78	1,87	1,89	2,13	1,98	1,98	2,02	1,89
Média	1,40 D	1,69 C	1,83 B	1,79 BC	2,03 A	1,94 AB	2,02 A	1,98 A	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 10,4; Híbrido = 4,2								

⁽¹⁾ Os sistemas de manejo S1 a S5 representam padrões de suprimento de N em cobertura de, respectivamente, 0, 70, 170, 350 e 525 kg ha⁻¹. As doses de N foram aplicadas em quatro épocas: no estádio de três a quatro folhas, foram aplicados 0, 10, 25, 50 e 75 kg ha⁻¹, respectivamente, nos sistemas S1 a S5. O restante do N foi aplicado em três doses iguais, nos estádios de seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento do milho. Outros três sistemas equivalentes, respectivamente, aos sistemas S3, S4 e S5 foram os tratamentos monitorados, em que as doses de N somente foram aplicadas quando as leituras obtidas no clorofilômetro eram inferiores ao estabelecido nos respectivos estádios de desenvolvimento. As leituras no clorofilômetro correspondentes ao nível adequado de N utilizadas foram de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento. ⁽²⁾ No estádio de três a quatro folhas expandidas, apenas as plantas do sistema S1 foram avaliadas, por serem as doses de N todas iguais até este estádio. Nos estádios de seis a sete folhas e de 10 a 11 folhas expandidas, as plantas dos sistemas padrões S3, S4 e S5 não foram avaliadas pois, até estes estádios, estes tratamentos foram similares aos sistemas monitorados. ⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para comparação de híbridos, e seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, para comparação de sistemas de manejo de N, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, (P ≤ 0,05). ns = não-significativo (P ≤ 0,05).

diferindo dos sistemas S5 monitorado e S4 padrão, o menor acúmulo ocorreu no sistema S1 e os demais sistemas tiveram comportamento intermediário.

Para teor de N na planta, no estádio de espigamento, foi significativa a interação entre híbridos e sistemas de manejo de N (Quadro 4). O teor de N na planta do híbrido Pioneer 32R21 foi maior do que no Premium somente no sistema S5 monitorado. Nos sistemas padrões S1 e S2, o teor de N foi superior no híbrido Premium em relação ao Pioneer 32R21. Nos demais sistemas, não houve diferença entre híbridos. No híbrido P 32R21, o sistema de manejo que proporcionou maior teor de N na planta foi o S5 padrão, não diferindo do S5 monitorado, enquanto o menor foi obtido no sistema S1 padrão. No híbrido Premium, o sistema que proporcionou maior teor de N na planta foi o S1 padrão, não diferindo dos sistemas S2 e S5 padrões

e S3 monitorado, enquanto o menor foi verificado no S4 padrão.

Para acúmulo de N na planta, no estádio de espigamento, também foi significativa a interação entre híbridos e sistemas de manejo de N (Quadro 5). O híbrido Premium acumulou maior quantidade de N nos sistemas S1, S2 e S3 padrões e S3 monitorado do que o Pioneer 32R21. Nos demais sistemas, não houve diferença entre híbridos. No híbrido P 32R21, os sistemas que proporcionaram maior acúmulo de N na planta foram o S5 padrão e o S5 monitorado, enquanto o menor acúmulo ocorreu no sistema S1 padrão. No híbrido Premium, os sistemas que proporcionaram maior acúmulo de N na planta foram os padrões S4 e S5 e S4 e S5 monitorados, enquanto os menores valores ocorreram nos sistemas S3 padrão e S3 monitorado, não diferindo do S1 padrão.

Quadro 3. Nitrogênio (N) acumulado na folha de dois híbridos de milho, considerando oito sistemas de manejo de N, em quatro estádios de desenvolvimento da planta. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 1999/2000

Híbrido	Sistema de manejo de N ⁽¹⁾								Média
	S1	S2	S3		S4		S5		
	Padrão	Padrão	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	
Estádio de 3-4 folhas, mg de N na 3ª folha									
P 32R21	10	-- ⁽²⁾	--	--	--	--	--	--	10 ^{ns}
Premium	8	--	--	--	--	--	--	--	8
Estádio de 6-7 folhas, mg de N na 6ª folha									
P 32R21	30	22	-- ⁽²⁾	26	--	28	--	24	26 a ⁽³⁾
Premium	21	21	--	21	--	22	--	22	22 b
Média	25 ^{ns}	22		24		25		23	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 22,1; Híbrido = 8,0								
Estádio de 10-11 folhas, mg de N na 9ª folha									
P 32R21	48	64	-- ⁽²⁾	81	--	74	--	71	68 ^{ns}
Premium	44	47	--	79	--	67	--	79	68
Média	46 C	56 B		80 A		71 A		75 A	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 19,2; Híbrido = 7,3								
Estádio de espigamento, mg de N na folha-índice									
P 32R21	50	67	78	67	80	82	101	87	77 ^{ns}
Premium	63	78	85	89	102	89	92	96	87
Média	57 E	72 D	82 BCD	77 CD	91 AB	86 BC	96 A	92 AB	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 17,2; Híbrido = 6,9								

⁽¹⁾ Os sistemas de manejo S1 a S5 representam padrões de suprimento de N em cobertura de, respectivamente, 0, 70, 170, 350 e 525 kg ha⁻¹. As doses de N foram aplicadas em quatro épocas: no estádio de três a quatro folhas, foram aplicados 0, 10, 25, 50 e 75 kg ha⁻¹, respectivamente, nos sistemas S1 a S5. O restante do N foi aplicado em três doses iguais, nos estádios de seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento do milho. Outros três sistemas equivalentes, respectivamente, aos sistemas S3, S4 e S5 foram os tratamentos monitorados, em que as doses de N somente foram aplicadas quando as leituras obtidas no clorofilômetro eram inferiores ao estabelecido nos respectivos estádios de desenvolvimento. As leituras no clorofilômetro correspondentes ao nível adequado de N utilizadas foram de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento. ⁽²⁾ No estádio de três a quatro folhas expandidas, apenas as plantas do sistema S1 foram avaliadas, por serem as doses de N todas iguais até este estádio. Nos estádios de seis a sete folhas e de 10 a 11 folhas expandidas, as plantas dos sistemas padrões S3, S4 e S5 não foram avaliadas, pois, até estes estádios, estes tratamentos foram similares aos sistemas monitorados.

⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para comparação de híbridos e, seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, para comparação de sistemas de manejo de N, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, (P ≤ 0,05). ns = não-significativo (P ≤ 0,05).

Analisando, conjuntamente, o teor e acúmulo de N na folha-índice e o teor e acúmulo de N na planta de milho, no estádio de espigamento, verifica-se que os valores obtidos foram similares entre os sistemas de manejo de N padrões e monitorados para as quatro variáveis (Quadros 2, 3, 4 e 5), indicando que foi correta a decisão de não se aplicar N nos tratamentos monitorados, quando os valores da leitura no clorofilômetro estavam acima do considerado adequado.

O rendimento de grãos de milho variou de acordo com os híbridos e sistemas de manejo de N, não sendo constatada interação entre os fatores. O rendimento de grãos do híbrido Pioneer 32R21 foi 30 % superior ao obtido pelo híbrido Premium, na média dos sistemas de manejo de N (Quadro 6). O sistema de

manejo que proporcionou menor rendimento de grãos foi o S1. Os maiores rendimentos de grãos foram obtidos nos sistemas S4 padrão e S5 monitorado, porém sem se diferenciarem do sistema S4 monitorado. Pode-se verificar que o rendimento de grãos nos sistemas monitorados não diferiu dos seus sistemas padrões, com exceção do S5 monitorado, cujo rendimento foi superior ao do S5 padrão.

Portanto, com o monitoramento do nível de N na planta do híbrido Pioneer 32R21, houve redução de aplicação de 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, nos sistemas S3, S4 e S5 e, no híbrido Premium, de 150 kg ha⁻¹ de N no sistema S5, sem influir no rendimento de grãos de milho. Além deste fato, a menor aplicação de N nestes

sistemas pode diminuir o potencial de contaminação ambiental pela menor lixiviação de nitrato (Waskom et al., 1996; Varvel et al., 1997; Schröder et al., 2000) e aumentar a eficiência de seu uso (Raun & Johnson, 1999). Estes resultados evidenciam que os valores de leitura no clorofilômetro utilizados para monitorar o nível de N em milho foram adequados para separar as plantas com deficiência e com nível adequado deste nutriente.

Embora seja eficiente para indicar a necessidade de adubação nitrogenada, a leitura no clorofilômetro possui a limitação de não quantificar a dose a ser aplicada. Por outro lado, indicadores de solo que são melhores para prever a quantidade de N a ser aplicada revelam a limitação de não serem precisos para prever a necessidade deste nutriente pelas plantas. Assim, evidencia-se a necessidade de se integrar o uso de indicadores de solo e de planta

para recomendação mais exata do manejo de N na cultura do milho, para maximizar o rendimento de grãos e diminuir os custos de produção e o impacto ambiental, dado o excesso de adubação nitrogenada utilizada.

O método proposto para monitorar o nível de N nas plantas de milho pela leitura do teor relativo de clorofila demonstra grande aplicabilidade pelo produtor, mesmo com a limitação de não prever a quantidade exata de N necessária para ser aplicada. O método permite fazer um diagnóstico da lavoura em poucos minutos, fornecendo informações importantes para a tomada de decisão. O valor da leitura, quando estiver acima do correspondente ao nível adequado no estágio avaliado, significa que não vale a pena aplicar N, pois a planta não está necessitando deste nutriente naquele momento. Por outro lado, quando estiver abaixo do considerado

Quadro 4. Teor de nitrogênio (N) na parte aérea por planta de dois híbridos de milho, considerando oito sistemas de manejo de N, em quatro estádios de desenvolvimento da planta. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 1999/2000

Híbrido de milho	Sistema de manejo de N ⁽¹⁾								Média
	S1	S2	S3		S4		S5		
	Padrão	Padrão	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	
Estádio de 3-4 folhas, dag kg ⁻¹									
P 32R21	3,50	-- ⁽²⁾	--	--	--	--	--	--	3,50 ^{ns}
Premium	3,45	--	--	--	--	--	--	--	3,54
Estádio de 6-7 folhas, dag kg ⁻¹									
P 32R21	2,63	2,66	-- ⁽²⁾	3,15	--	2,47	--	2,77	2,74 ^{ns}
Premium	2,40	2,57	--	2,65	--	2,86	--	2,21	2,54
Média	2,52 B	2,62 A		2,90 A		2,86 A		2,49 B	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 15,2; Híbrido = 14,5								
Estádio de 10-11 folhas, dag kg ⁻¹									
P 32R21	1,38	1,70	-- ⁽²⁾	2,09	--	2,11	--	2,13	1,79 b ⁽³⁾
Premium	2,32	2,08	--	2,14	--	2,31	--	2,77	2,32 a
Média	1,85 C	1,89 BC		2,12 AB		2,21 AB		2,45 A	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 20,9; Híbrido = 13,1								
Estádio de espigamento, dag kg ⁻¹									
P 32R21	0,72 bE	0,94 bD	1,18 aBC	1,17 aBC	0,97 aCD	1,11 aBC	1,48 aA	1,33 aAB	
Premium	1,43 aA	1,34 aAB	1,20 aBC	1,31 aABC	1,03 aD	1,22 aCD	1,30 aAB	1,11 bCD	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 16,7; Híbrido = 6,6								

⁽¹⁾ Os sistemas de manejo S1 a S5 representam padrões de suprimento de N em cobertura de, respectivamente, 0, 70, 170, 350 e 525 kg ha⁻¹. As doses de N foram aplicadas em quatro épocas: no estágio de três a quatro folhas, foram aplicados 0, 10, 25, 50 e 75 kg ha⁻¹, respectivamente, nos sistemas S1 a S5. O restante do N foi aplicado em três doses iguais, nos estádios de seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento do milho. Outros três sistemas equivalentes, respectivamente, aos sistemas S3, S4 e S5 foram os tratamentos monitorados, em que as doses de N somente foram aplicadas quando as leituras obtidas no clorofilômetro eram inferiores ao estabelecido nos respectivos estádios de desenvolvimento. As leituras no clorofilômetro correspondentes ao nível adequado de N utilizadas foram de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento. ⁽²⁾ No estágio de três a quatro folhas expandidas, apenas as plantas do sistema S1 foram avaliadas, por serem as doses de N todas iguais até este estágio. Nos estádios de seis a sete folhas e de 10 a 11 folhas expandidas, as plantas dos sistemas padrões S3, S4 e S5 não foram avaliadas, pois, até estes estádios, estes tratamentos foram similares aos sistemas monitorados. ⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para comparação de híbridos, e seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, para comparação de sistemas de manejo de N, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, (P ≤ 0,05). ns = não-significativo (P ≤ 0,05).

Quadro 5. Nitrogênio (N) acumulado na parte aérea por planta de dois híbridos de milho, considerando oito sistemas de manejo de N, em quatro estádios de desenvolvimento da planta. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 1999/2000

Híbrido	Sistema de manejo de N ⁽¹⁾								Média
	S1	S2	S3		S4		S5		
	Padrão	Padrão	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	
Estádio de 3-4 folhas (mg/planta de N)									
P 32R21	50	-- ⁽²⁾	--	--	--	--	--	--	50 ^{ns}
Premium	44	--	--	--	--	--	--	--	44
Estádio de 6-7 folhas (mg/planta de N)									
P 32R21	179	223	-- ⁽²⁾	257	--	209	--	212	214 a ⁽³⁾
Premium	174	220	--	201	--	200	--	188	199 b
Média	177 ^{ns}	222		229		205		200	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 21,7; Híbrido = 19,7								
Estádio de 10-11 folhas (mg/planta de N)									
P 32R21	490	729	-- ⁽²⁾	648	--	899	--	1012	756 ^{ns}
Premium	685	674	--	839	--	991	--	912	820
Média	588 C	702 B		744 A		945 A		962 A	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 23,4; Híbrido = 18,5								
Estádio de espigamento (mg/planta de N)									
P 32R21	814 bC	1196 bB	1462 bB	1314 bB	1290 aB	1363 aB	1825 aA	1834 aA	
Premium	1524 aBC	1815 aAB	1479 aC	1383 aC	1856 aA	1852 aA	1946 aA	1928 aA	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 20,5; Híbrido = 10,9								

⁽¹⁾ Os sistemas de manejo S1 a S5 representam padrões de suprimento de N em cobertura de, respectivamente, 0, 70, 170, 350 e 525 kg ha⁻¹. As doses de N foram aplicadas em quatro épocas: no estádio de três a quatro folhas, foram aplicados 0, 10, 25, 50 e 75 kg ha⁻¹, respectivamente, nos sistemas S1 a S5. O restante do N foi aplicado em três doses iguais, nos estádios de seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento do milho. Outros três sistemas equivalentes, respectivamente, aos sistemas S3, S4 e S5 foram os tratamentos monitorados, em que as doses de N somente foram aplicadas quando as leituras obtidas no clorofilômetro eram inferiores ao estabelecido nos respectivos estádios de desenvolvimento. As leituras no clorofilômetro correspondentes ao nível adequado de N utilizadas foram de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento.⁽²⁾ No estádio de três a quatro folhas expandidas, apenas as plantas do sistema S1 foram avaliadas, por serem as doses de N todas iguais até este estádio. Nos estádios de seis a sete folhas e de 10 a 11 folhas expandidas, as plantas dos sistemas padrões S3, S4 e S5 não foram avaliadas, pois, até estes estádios, estes tratamentos foram similares aos sistemas monitorados.⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para comparação de híbridos, e seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, para comparação de sistemas de manejo de N, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, (P ≤ 0,05). ns = não-significativo (P ≤ 0,05).

Quadro 6. Rendimento de grãos de dois híbridos de milho, considerando oito sistemas de manejo de N. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 1999/2000

Híbrido	Sistema de manejo de N ⁽¹⁾								Média
	S1	S2	S3		S4		S5		
	Padrão	Padrão	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	Padrão	Monitorado	
Rendimento de grãos, t ha ⁻¹									
P 32R21	9,7	11,1	12,7	12,5	13,5	13,7	12,2	14,1	12,4 a ⁽²⁾
Premium	7,2	8,6	9,3	8,3	10,7	10,2	10,6	10,8	9,5 b
Média	8,5 F	9,8 E	11,0 CD	10,4 DE	12,1 A	11,9 AB	11,4 BC	12,5 A	
C.V. (%)	Sistema de manejo de N = 8,0; Híbrido = 4,1								

⁽¹⁾ Os sistemas de manejo S1 a S5 representam padrões de suprimento de N em cobertura, respectivamente de, 0, 70, 170, 350 e 525 kg ha⁻¹. As doses de N foram aplicadas em quatro épocas: no estádio de três a quatro folhas, foram aplicados 0, 10, 25, 50 e 75 kg ha⁻¹, respectivamente, nos sistemas S1 a S5. O restante do N foi aplicado em três doses iguais, nos estádios de seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento do milho. Outros três sistemas equivalentes, respectivamente, aos sistemas S3, S4 e S5 foram os tratamentos monitorados, em que as doses de N somente foram aplicadas quando as leituras obtidas no clorofilômetro eram inferiores ao estabelecido nos respectivos estádios de desenvolvimento. As leituras no clorofilômetro correspondentes ao nível adequado de N utilizadas foram de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento.⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para comparação de híbridos, e seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, para comparação de sistemas de manejo de N, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (P ≤ 0,05).

adequado, provavelmente haverá resposta à aplicação suplementar de N. Quanto aplicar? Isto dependerá de uma série de fatores que deverão ser levados em consideração: estágio da cultura, tipo e quantidade de resíduo da cultura anterior, anos de semeadura direta, condições climáticas, resposta à adubação nitrogenada nos anos anteriores, híbrido utilizado e teto de rendimento de grãos.

Com relação a este último item, cabe salientar que o presente método visa à obtenção de alto potencial de rendimento de grãos. Portanto, para tetos de rendimentos médios e baixos, é necessário fazer uma adequação do método proposto.

Assim, visualizam-se duas linhas principais de continuidade desta proposta: integração com alguma característica de solo, também de rápida determinação, como, por exemplo, a avaliação do teor de nitrato no solo, e ajuste dos valores correspondentes ao nível adequado de N para tetos diferenciais de rendimento de grãos de milho.

CONCLUSÕES

1. O monitoramento do nível de N na planta de milho pelo teor de clorofila na folha, avaliado pelo clorofilômetro, evidencia-se como um método eficiente para separar plantas com deficiência e com nível adequado deste nutriente nos diferentes estádios vegetativos de desenvolvimento.

2. Para diagnosticar o nível de N na planta de milho, as leituras no clorofilômetro acima de 45,4, 52,1, 55,3 e 58,0, respectivamente, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas e de espigamento, indicam nível adequado de N, independentemente do híbrido usado.

LITERATURA CITADA

- ARGENTA, G. Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 112p. (Tese de doutorado)
- ARGENTA, G. & SILVA, P.R.F. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. Ci. Rural, 29:745-754, 1999.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. & BORTOLINI, C.G. Teor de clorofila na folha como indicador do nível de N em cereais. Ci. Rural, 31:715-722, 2001a.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L. & STRIEDER, M.L. Relação entre teor de clorofila extraível e leitura do clorofilômetro na folha de milho. R. Bras. Fis. Veg., 13:1101-1106, 2001b.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; MIELNICZUK, J. & BORTOLINI, C.G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. Pesq. Agropec. Bras., 37:519-527, 2001c.
- BINFORD, G.D.; BLACKMER, A.M. & MEESE, B.G. Optimal concentrations of nitrate in corn stalks at maturity. Agron. J., 84:881-887, 1992.
- DWYER, L.M.; ANDERSON, A.M.; MA, B.L.; STEWART, D.W.; TOLLENAAR, M. & GREGORICH, E. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. Can. J. Plant Sci., 75:179-182, 1995.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- FRAISSE, C.W. Agricultura de precisão: oportunidades e desafios. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1998. CD-ROM
- INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - IPAGRO. Seção de Ecologia Agrícola. Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1989. 210p.
- LEMAIRE, G. & GASTAL, F.N. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIER, G., ed. Diagnosis of the nitrogen status in crops. Berlin, Springer, 1997. p.1-56.
- MARQUARD, R.D. & TIPTON, J.L. Relationship between extractable chlorophyll and an *in situ* method to estimate leaf greenness. Hortic. Sci., 22:1327, 1987.
- MOLL, R.H.; JACKSON, W.A. & MIKKELSEN, R.L. Recurrent selection for maize grain yield: Dry matter and nitrogen accumulation and partitioning changes. Crop Sci., 34:874-881, 1994.
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- MUZILLI, O. & OLIVEIRA, E.L. O milho no Paraná. Londrina, Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. p.88-95. (Circular, 29)
- PLÉNÉT, D. & CRUZ, P. Maize and sorghum. In: LEMAIER, G., ed.. Diagnosis of the nitrogen status in crops. Berlin, Springer, 1997. p.93-106.
- RAJCAN, I. & TOLLENAAR, M. Source:sink ratio and leaf senescence in maize: II. Nitrogen metabolism during grain filling. Field Crops Res., 60:255-265, 1999.
- RAUN, W.R. & JOHNSON, G.V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agron. J., 91:357-363, 1999.
- ROBERTS, S. & RHEE, J.K. Critical nutrient concentrations and DRIS analysis of leaf and grain from high-yielding corn. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 24:2679-2687, 1993.
- SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; WITHAGEN, J.C.M. & NOLJ, I.G.A.M. Effects of N application on agronomic and environmental parameters in silage maize production on sandy soils. Field Crops Res., 58:55-67, 1998.
- SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O. & STRUIK, P.C. 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.
- SIMS, J.T.; VASILAS, B.L.; GARTLEY, K.L.; MILLKEN, B. & GREEN, V. Evaluation of soil and plant nitrogen tests for maize on manured soils of the Atlantic coast plain. Agron. J., 87:213-222, 1995.

- SINCLAIR, T.R. & MUCHOW, R.C. Effect of nitrogen supply on maize yield: I. Modeling physiological responses. *Agron. J.*, 87:632-641, 1995.
- SMEAL, D. & ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 25:1495-1503, 1994.
- SOLTANPOUR, P.N.; MALAKOUTI, M.J. & RONAGHI, A. Comparison of DRIS and nutrient sufficiency range for corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59:133-139, 1995.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C. & BISSANI, C.A. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)
- VARVEL, G.E.; SCHEPERS, J.S. & FRANCIS, D.D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:1233-1239, 1997.
- VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C. & VARGAS, A.A.T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P., coords. *Microbiologia do solo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-120.
- 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.*, 27:545-560, 1996.
- YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. *Hort. Sci.*, 21:1449-1450, 1986.

