

Artigo Científico

Resumo

O objetivo da pesquisa foi avaliar a resposta da cultura do milho em sucessão à culturas de inverno, havendo a antecipação da aplicação do nitrogênio na cultura da aveia, em doses crescentes, no SPD. O experimento foi conduzido na FCA/UNESP, Campus de Botucatu-SP. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições, em parcelas subdivididas, sendo consideradas parcelas as doses de nitrogênio aplicadas na cultura da aveia: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹ e as doses de nitrogênio aplicadas em cobertura na cultura do milho, foram consideradas subparcelas, variando nas seguintes doses: 60, 80, 100 e 120 kg ha⁻¹, aplicados de forma parcelada em dois estádios da cultura do milho. A diagnose foliar foi feita no estádio de florescimento e após a colheita foi calculada a produtividade. Os resultados indicam que a aplicação antecipada de N na cultura do milho é dependente da cultura antecessora e que as doses e épocas destas aplicações influíram nas concentrações dos nutrientes, refletindo na produtividade do milho.

Palavras-chave: fertilizantes; manejo de adubação; nutrição mineral

Diagnose foliar em plantas de milho em sistema de semeadura direta em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio

Flávia Meinicke Nascimento¹

Sílvio José Bicudo²

Dirceu Maximino Fernandes²

José Guilherme Lança Rodrigues³

Jairo Costa Fernandes⁴

Diagnosis foliar de maíz en sistema de siembra directa en función de dosis y estación de la aplicación de nitrógeno

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta del maíz en sucesión con cultivos de invierno, con la anticipación de la aplicación de nitrógeno en la avena, en dosis crecientes, en el sistema de siembra directa SSD. El experimento se realizó en la FCA / UNESP, Campus de Botucatu-SP. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones, en parcelas subdivididas, siendo consideradas parcelas las dosis de nitrógeno aplicadas en la avena: 0, 20, 40 y 60 kg ha⁻¹ y las dosis de nitrógeno aplicadas en cobertura en el cultivo de maíz, fueron consideradas subparcelas, variando en: 60 kg, 80, 100 y 120 kg ha⁻¹, aplicadas de manera parcelada en dos momentos de crecimiento del maíz. El análisis foliar se realizó durante la floración y después de la cosecha se calculó la productividad. Los resultados indican que la aplicación temprana de N en el maíz depende de la cosecha anterior y que las dosis y tiempos de estas aplicaciones han influido en las concentraciones de nutrientes, reflejando en la productividad del maíz.

Palabras clave: fertilizantes; gestión del estiércol; nutrición mineral

Introdução

A cultura do milho encontra-se entre as de maior potencial de produção de fitomassa por unidade de área. No entanto, para que possa atingir elevados rendimentos biológicos, o milho necessita ter as suas exigências nutricionais plenamente satisfeitas, visto que produtividades elevadas implicam grande extração de nutrientes (SANGOI e ALMEIDA, 1994).

O conhecimento dessas quantidades permite estimar as taxas que serão exportadas através da colheita dos grãos e as que poderão ser restituídas ao solo através dos restos culturais (BÜLL, 1993).

Segundo MAR et al. (2003), para se obter a máxima eficiência do fertilizante nitrogenado é importante determinar as épocas em que esse nutriente é mais exigido pelas plantas, permitindo assim, corrigir as deficiências que possam ocorrer no desenvolvimento da cultura. A eficiência da adubação

Recebido em: 11/10/2011

Aceito para publicação em: 30/03/2012

1 Profa Dra da Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luis de Camões, 2090, Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages-SC, Brasil. E-mail:a2fmm@cav.udesc.br

2 Prof. Dr. da Associação Educacional do Vale do Jurumirim-EDUVALE-Avaré/SP

3 Prof. Dr. do Instituto Federal Baiano - IFBA- Itapetinga/BA

4 Prof.Dr. Faculdade de Ciências Agrônomicas-FCA, Universidade Estadual Paulista – UNESP- Botucatu/SP

nitrogenada é dependente de condições climáticas, tipo de solo, acidez, conteúdo de argila, cultivares, cultura antecessora, distribuição de chuvas, níveis de fertilização nitrogenada e sua interação com outros nutrientes (SIMS et al., 1998).

O tipo de resíduo vegetal em decomposição na superfície do solo, no sistema plantio direto, pode afetar a eficiência da utilização da adubação nitrogenada da cultura em sucessão. No caso da aveia, devido à alta relação carbono/nitrogênio (C/N) de seus resíduos, ocorrem prejuízos com relação ao equilíbrio de N no solo, quando se cultiva milho em sucessão, devido à imobilização de N no solo, diminuindo sua disponibilidade para o milho nos estádios iniciais de desenvolvimento (WOLSCHICK et al., 2003).

Além dos sintomas característicos de uma ou outra desordem, que só se manifestam em casos de gravidade acentuada, sendo a identificação do estado nutricional da planta possível pela análise química da mesma. A utilização da análise foliar como critério diagnóstico baseia-se na premissa de existir uma relação bem definida entre o crescimento e a produção das culturas e o teor dos nutrientes em seus tecidos. A diagnose foliar tem sido utilizada nas seguintes situações (MARTINEZ et al., 1999): a) na avaliação do estado nutricional da probabilidade de resposta às adubações; b) na verificação do equilíbrio nutricional; c) na constatação da ocorrência de deficiências ou toxidez de nutrientes; d) no acompanhamento, avaliação e ajuda no ajuste do programa de adubações; e) na ocorrência de salinidade elevada.

O uso correto da diagnose foliar como método de avaliação do estado nutricional da planta depende do conhecimento das limitações da técnica. É preciso questionar a confiabilidade dos dados, a utilização de relação e balanço de nutrientes, o efeito de cultivares e de concentrações variáveis de nutrientes alterando os processos fisiológicos (JONES et al., 1991).

Segundo ARNON (1975), o estádio de desenvolvimento mais utilizado para a diagnose foliar do milho e o do florescimento (VT), que corresponde a onze semanas após a semeadura, por constituir uma fase de grande demanda de nutrientes para a maioria das variedades. HIROCE et al. (1979) demonstraram que existem diferenças genéticas na absorção de nutrientes e na eficiência de conversão dos elementos assimilados em produção de grãos de milho.

Considerando a hipótese de que o efeito da antecipação da aplicação de N na cultura do milho

é dependente da cultura antecessora, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de doses e épocas de aplicação de N e suas interferências nas concentrações dos nutrientes, realizadas através da diagnose foliar e suas relações com a produtividade do milho em SSD.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na FCA/UNESP - Botucatu-SP, latitude de 22°51 S, longitude de 48°26 W e 740 metros de altitude, em solo classificado como Nitossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006), textura argilosa. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, sendo definido como temperado (Mesotérmico), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperatura média superior a 10°C, onde a temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C.

As Figuras 1 e 2 contêm os dados de precipitação pluvial (mm mês⁻¹) e temperaturas máxima, mínima e média mensais (°C) dos meses de abril de 2006 a abril de 2007.

O experimento foi instalado em área de plantio direto de 1º ano, onde a palhada presente na área era oriunda da cultura da soja. Antes da instalação do experimento foi coletada uma amostra composta de solo cujos resultados das análises químicas encontram-se na Tabela 1.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas. As parcelas constituíram-se da cultura da aveia com quatro tratamentos, sendo causa de variação as doses de nitrogênio: 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹. O nitrogênio foi aplicado na linha, manualmente, sobre a superfície do solo sem incorporação, 15 dias antes do segundo corte da aveia e foi realizada irrigação após a aplicação. A fonte utilizada foi a uréia. As parcelas tiveram as dimensões de 4x20 m com espaçamento de 0,17 m entrelinhas e 80 sementes m⁻¹.

As subparcelas constituíram-se da cultura do milho com quatro subtratamentos, sendo causa de variação as doses de nitrogênio, a saber: 60, 80, 100 e 120 kg ha⁻¹ de N-uréia. A adubação de cobertura na cultura do milho foi parcelada da seguinte forma: primeira aplicação no estádio de 3 à 4 folhas, quando foram aplicadas 50 % das doses; e a segunda aplicação no estádio de 6 à 7 folhas totalmente distendidas, ocasião em que aplicou-se os 50% restantes. O nitrogênio foi aplicado na linha, manualmente, sobre a superfície do solo sem incorporação e



Figura 1. Acúmulo mensal da precipitação pluvial (mm mês⁻¹), registrada durante a condução do experimento, Botucatu/ SP.

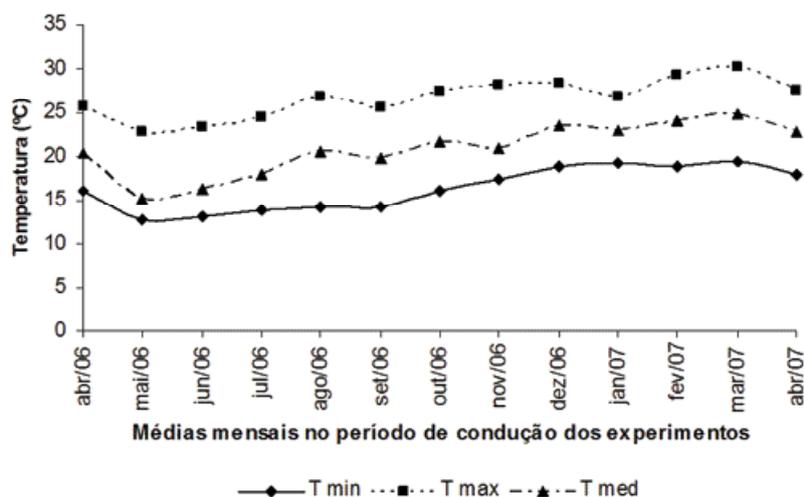


Figura 2. Temperaturas (°C) máxima, mínima e média mensais, registradas durante a condução do experimento, Botucatu/ SP.

também foi realizada irrigações após as aplicações. As subparcelas tiveram as dimensões de 4x5 m, com linhas de semeadura espaçadas de 0,45 m com uma população de 50.000 plantas ha⁻¹.

Foi aplicada água suplementar através de irrigação por aspersão na cultura da aveia, totalizando 692 mm de água, ao longo de todo o ciclo da cultura. Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 0,20 m, para caracterização química da área (Tabela 1), antes da instalação do experimento.

A aveia foi semeada no dia 19 de abril, com

espaçamento de 0,17 m entrelinhas e 80 sementes m⁻¹, utilizando-se semeadora para grãos finos. Foram utilizados 4L ha⁻¹ do dessecante Gliz 480 SL (glyphosate), antes da semeadura da aveia. Foram feitos dois cortes na aveia, sendo o segundo corte por ocasião do florescimento, com roçadora manual. Não foi utilizado tratamento de sementes, nem aplicados produtos químicos para controle de pragas e doenças durante o ciclo.

O milho foi semeado manualmente no dia 23 de novembro, com cinco linhas espaçadas de 0,45 m, utilizando-se o híbrido simples 2A525-Dow

Tabela 1. Caracterização química do solo da área onde foi instalado o experimento.

| pH | M.O. | P resina | H+Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V |
|-------------------|--------------------|---------------------|------|-----|------------------------------------|----|-----|-----|----|
| CaCl ₂ | g dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | | | mmol _c dm ⁻³ | | | | % |
| 5,9 | 26 | 52 | 25 | 5,1 | 123 | 27 | 154 | 179 | 86 |

Agro, de ciclo precoce, porte médio a alto, coloração alaranjada, textura semidura, da empresa. Não foi utilizado tratamento de sementes. Foi utilizado 2,5 kg ha⁻¹ de glyphosate para dessecação da área. As duas linhas das laterais foram consideradas bordadura e as três centrais aproveitadas, para as avaliações.

A adubação de semeadura do milho foi baseada na análise de solo e a Tabela de recomendação para o estado de São Paulo (RAIJ et al. 1997). A adubação mineral na semeadura foi de 107 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16, equivalente a 8,5 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 17 kg ha⁻¹ de K₂O.

Foram feitas aplicações de 0,4L ha⁻¹ dos herbicidas de pós-emergência (nicosulfuron); 3,0 L ha⁻¹ (atrazine) e 50 mL ha⁻¹ de inseticida (spinosad) para controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* L.).

A colheita do milho foi realizada manualmente no dia 12 de abril de 2007.

A coleta de folhas para diagnose foliar foi realizada na época do florescimento, sendo retirada a folha da base da espiga na região do terço médio, em quatro plantas por subparcela, quando 50% das plantas já haviam emitido o pendão, segundo o método descrito por CANTARELLA et al. (1997). As determinações de diagnose foliar foram realizadas conforme metodologia descrita em JONES et al. (1991). Para determinação da produtividade foram colhidas todas as espigas presentes nas três linhas centrais de cada subparcela, as quais apresentavam 5 m de comprimento. O resultado está expresso em kg ha⁻¹, sendo o teor de umidade no grão ajustado à 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão sendo as equações de regressão e os coeficientes de determinação (R²) tiveram significância testada ao nível de 5% de probabilidade e considerados significativos quando R² foi superior a 60%. Os modelos foram ajustados pelo teste t a 5% de probabilidade, e somente quando os resultados foram significativos foram apresentados tais modelos, independentemente do teste F ter sido ou não significativo.

Resultados e Discussão

Para o nitrogênio na planta na época da

diagnose foliar, foi obtido ajuste linear para as doses de nitrogênio aplicadas no milho (Equação 1), e o máximo valor para o teor deste nutriente ocorreu quando da ausência de aplicação do fertilizante nitrogenado na cultura da aveia e da utilização da máxima dose de N no milho, 120 kg ha⁻¹. Os valores adequados para o teor de nitrogênio na cultura do milho foram obtidos a partir da dose de 69,1 kg ha⁻¹ de N, que está compreendido na faixa considerada adequada para a cultura que é de 27,0 a 35,0 g kg⁻¹ de N (CANTARELLA et al. 1997). A associação de 60 kg ha⁻¹ de N na aveia e 60 kg ha⁻¹ de N no milho apresentou teor de N semelhante à aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no milho, associado à ausência de aplicação na aveia (Figura 3).

Quanto ao teor de fósforo, cálcio, magnésio e zinco não foram apresentados efeitos significativos, e desta forma não foi possível estabelecer um modelo de resposta. Para ARNON (1975) um modelo de respostas da cultura do milho ao manejo de fertilizantes deve estar baseado em resultados claros de investigação, com respostas conclusivas da cultura ao manejo adotado.

Foi obtido ajuste linear crescente para o potássio na planta em função das doses de N aplicadas no milho (Equação 2), apresentando máximo valor quando da aplicação de 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio na aveia e a utilização da dose máxima no milho de 120 kg ha⁻¹ (Figura 4).

Também foi obtido ajuste quadrático para as doses de N aplicadas no milho (Equação 3), sendo que o maior valor para o teor deste elemento foi encontrado com a combinação de 60 kg ha⁻¹ na aveia e 86 kg ha⁻¹ de N no milho; podendo-se considerar desta forma, que o maior valor para o potássio nas condições em que foi realizado o experimento está compreendida na faixa de 20 a 60 kg ha⁻¹ de N na aveia e de 80 a 120 kg ha⁻¹ de N no milho (Figura 4).

Para o enxofre foi obtido ajuste quadrático para as doses do fertilizante nitrogenado aplicados na cultura do milho (Equação 4), apresentando máximo valor para o teor deste elemento quando foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N na aveia e 101 kg ha⁻¹ de N no milho, o que mostra ser essa uma boa combinação de doses de nitrogênio para que o enxofre presente

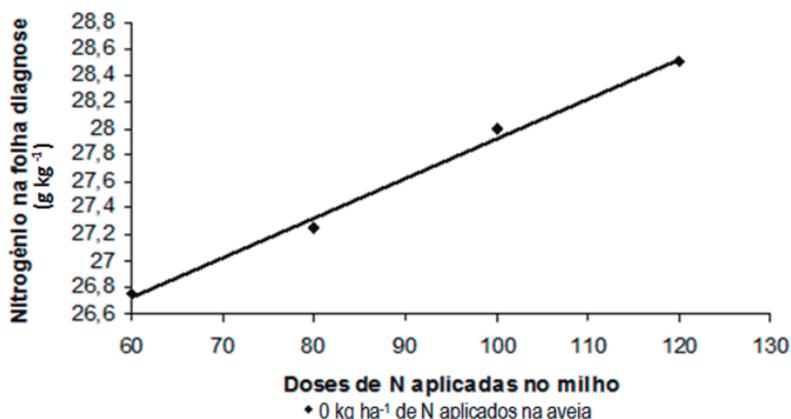


Figura 3. Nitrogênio na folha diagnose (g kg⁻¹) em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados 0 kg ha⁻¹ de N na aveia. Equação 1: $y = 0,03x + 24,925$; ($R^2 = 0,99$); CV(%) = 4,44.

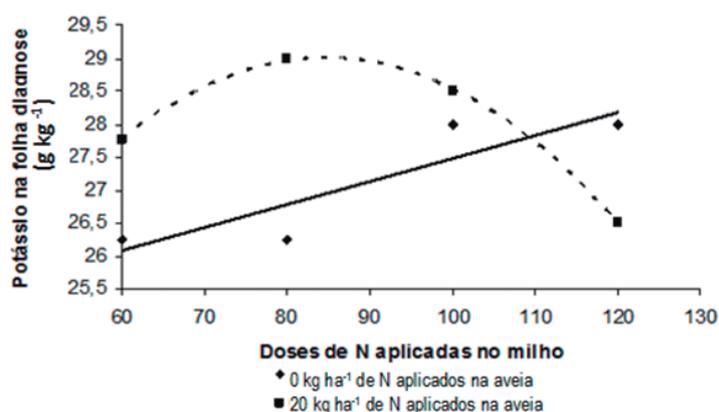


Figura 4. Potássio na folha diagnose (g kg⁻¹) em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados 20 e 60 kg ha⁻¹ de N na aveia. Equação 2 (linear): $y = 0,035x + 23,975$; ($R^2 = 0,80$); Equação 3 (quadrática): $y = -0,002x^2 + 0,3444x + 14,413$; ($R^2 = 0,99$).

teores mais elevados (Figura 5).

Para o boro foi obtido ajuste linear decrescente para as doses de N aplicadas na cultura do milho (Equação 5), apresentando valor mínimo quando da aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N na aveia, e da máxima dose aplicada no milho, 120 kg ha⁻¹ de N, o que demonstra ser esta a combinação de doses que o milho apresentará o menor valor para o teor deste elemento (Figura 6).

Para o cobre na planta foi obtido ajuste linear crescente para as doses de N aplicadas na aveia (Equação 6), apresentando valor máximo para o teor

deste elemento quando foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de N no milho e 60 kg ha⁻¹ de N na aveia (Figura 7).

Para as doses do fertilizante nitrogenado aplicadas no milho (Equações 7 e 8), também foram obtidos ajustes lineares crescentes, sendo que o cobre apresentou valores máximos quando da ausência de aplicação de N na aveia e quando aplicados 40 kg ha⁻¹ de N na referida cultura, associados a maior dose aplicada no milho, 120 kg ha⁻¹ de N (Figura 8).

Para o ferro foram obtidos ajustes lineares decrescentes para as doses de N aplicadas na aveia (Equações 9 e 10), apresentando valores mínimos para

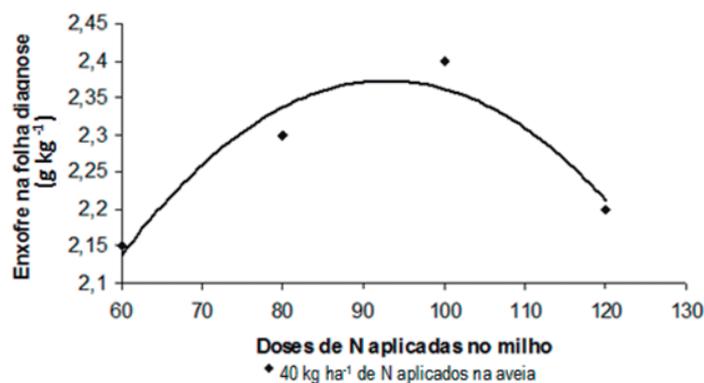


Figura 5. Enxofre na folha diagnose (g kg^{-1}) em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados 40 kg ha^{-1} de N na aveia. Equação 4: $y = -0,0002x^2 + 0,0406x + 0,4875$; ($R^2 = 0,91$);

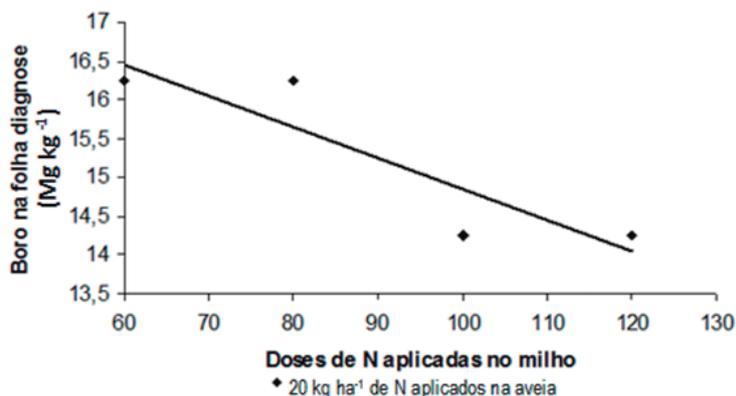


Figura 6. Boro na folha diagnose (mg kg^{-1}) em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados 20 kg ha^{-1} de N na aveia. Equação 5: $y = -0,04x + 18,85$; ($R^2 = 0,80$).

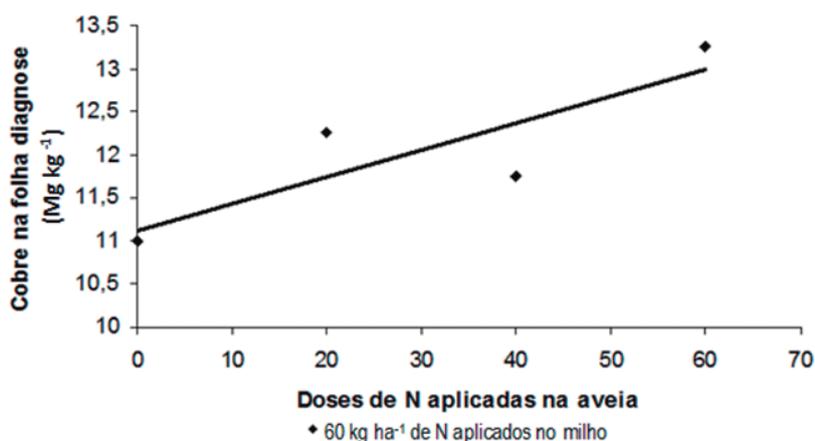


Figura 7. Cobre na folha diagnose (mg kg^{-1}) em função das doses de N aplicadas na aveia, quando aplicados 60 kg ha^{-1} de N no milho. Equação 6: $y = 0,0313x + 11,125$; ($R^2 = 0,73$).

os teores deste elemento quando foram aplicados 60 e 100 kg ha⁻¹ de N no milho, associados a máxima dose na aveia, 60 kg ha⁻¹ (Figura 9).

Para o manganês foi obtido ajuste quadrático para as doses de N aplicadas no milho (Equação 11), apresentando valor máximo para o teor deste elemento quando da ausência de aplicação do fertilizante nitrogenado na aveia associado a aplicação 99,5 kg ha⁻¹ de N no milho. Porém, também foi obtido ajuste linear crescente para as doses de

N aplicadas no milho (Equação 12), apresentando máximo valor para o teor de manganês quando foram aplicados 20 kg ha⁻¹ de N na aveia e 120 kg ha⁻¹ de N no milho, mostrando desta forma que a aplicação até 20 kg ha⁻¹ de N na aveia associado a uma aplicação de 100 a 120 kg ha⁻¹ de N no milho serão apresentados teores mais elevados para este elemento (Figura10).

A produtividade do milho não apresentou efeito significativo para as doses de N (Tabela 2). Este fato demonstrou que o fornecimento de nitrogênio

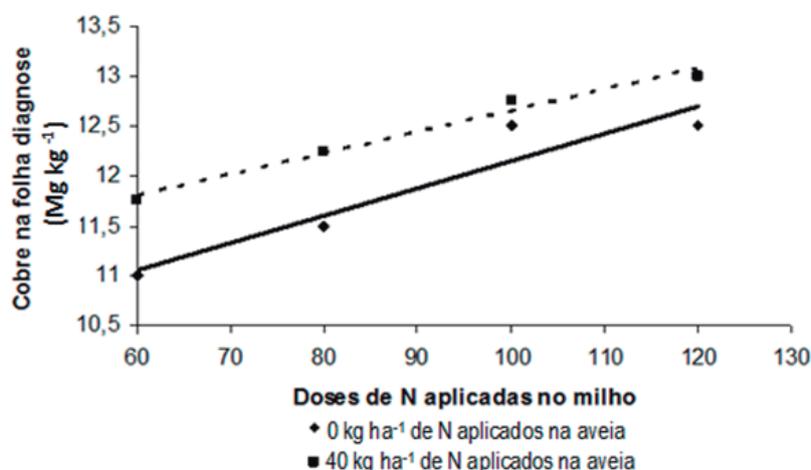


Figura 8. Cobre na folha diagnose (mg kg⁻¹) em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados 0 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ de N na aveia. Equação 7 (0 kg ha⁻¹): $y = 0,0275x + 9,4$ ($R^2 = 0,89$); Equação 8 (40 kg ha⁻¹): $y = 0,0213x + 10,525$ ($R^2 = 0,97$).

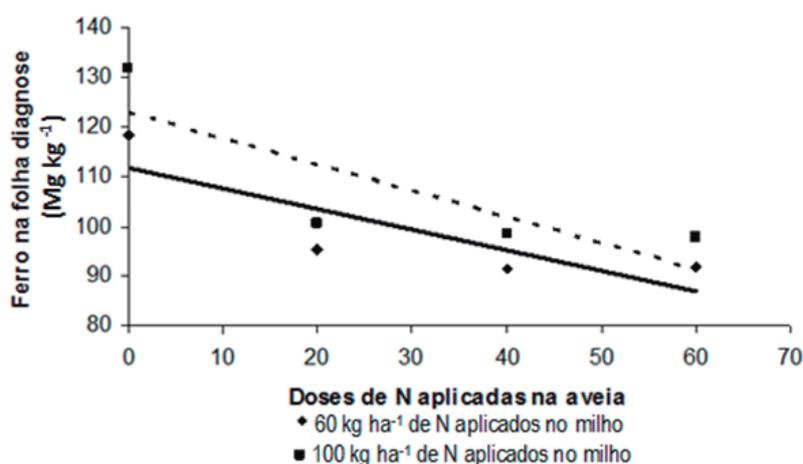


Figura 9. Ferro na folha diagnose (mg kg⁻¹) em função das doses de N aplicadas na aveia, quando aplicados 60 kg ha⁻¹ e 100 kg ha⁻¹ de N no milho. Equação 9 (60 kg ha⁻¹): $y = -0,4138x + 111,73$ ($R^2 = 0,70$); Equação 10 (100 kg ha⁻¹): $y = -0,5213x + 122,83$; ($R^2 = 0,67$);

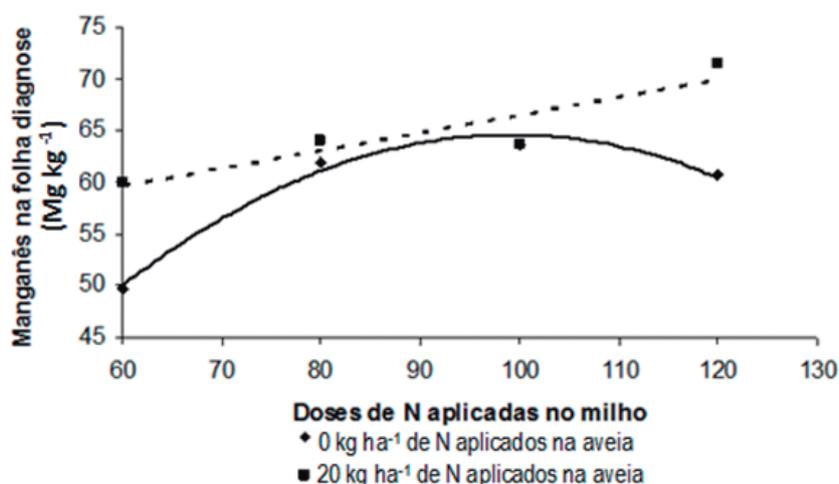


Figura 10. Manganês na folha diagnose (mg kg^{-1}) em função das doses de N aplicadas no milho, quando aplicados 0 kg ha^{-1} e 20 kg ha^{-1} de N na aveia. Equação 11 (quadrática): $y = -0,0095x^2 + 1,8894x - 29,012$. ($R^2 = 0,98$). Equação 12: $y = 0,1713x + 49,4$; ($R^2 = 0,84$).

pela palha inicial de soja, provavelmente foi suficiente para o desenvolvimento da cultura. Para SIMS et al. (1998) devem ser considerados diversos fatores diretos e indiretos, os quais podem afetar as respostas da cultura a determinado fertilizante. Embora SANGÓI e ALMEIDA (1994) tenham observado incremento de produtividade com doses crescentes de N aplicado, contudo em condições edafoclimáticas diferentes as consideradas neste trabalho.

Conclusões

O desenvolvimento e produtividade do milho em sistema de semeadura direta é dependente do estado nutricional das plantas e a resposta da cultura do milho à aplicação antecipada de N é função das doses e épocas destas aplicações.

A cultura antecessora é determinante no teor de nutrientes das plantas, refletindo na produtividade da cultura do milho.

Referências

- ARNON, I. *Determining fertilizer requirements*. In: Mineral nutrition of maize. Bern, International Potash Institute, 1975. p.245-249.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Orgs.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. 301p.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p.45-71 (Boletim técnico, 100).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro RJ). **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 2006. 306p.
- HIROCE, R. Extração de nutrientes pelo milho aos 65 dias após o plantio e pelas sementes na colheita. **Bragantia**, v.38, n.1, p.1-4, 1979.
- JONES, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: MICRO-MACRO Publ, 1991. 213p.

MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, v.62, n.2, p.267-274, 2003.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5a Aproximação)**. Viçosa, MG: CFSEMG/UFV, 1999. p.143-168.

RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.1, p.13-24, 1994.

SIMS, A.L.; SCHEPERS, J.S.; OLSON, R.A.; POWER, J.F. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-tillage and conventional till: tillage and surface-residues variables. **Agronomy Journal**, v.90, n.5, p.630-637, 1998.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; JADOSKI, S.O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com "El niño". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.461-468, 2003.