

DOSES DE NITROGÊNIO NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DO MILHO CULTIVADO EM SOLO CORRIGIDO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES

Fabício de Menezes Telo Sampaio¹, Kátia Aparecida de Pinho Costa², Alexandre Martins Abdão dos Passos^{3*}, Sheila Isabel do Carmo Pinto⁴, Josinaldo Lopes Araujo⁵, Geila Santos Carvalho⁶, André Humberto de Brito⁶

Resumo: Desenvolveu-se esse estudo com o objetivo de avaliar doses de nitrogênio no crescimento e nutrição nitrogenada do milho, cultivado em solo corrigido em diferentes profundidades. Foram utilizadas amostras de um Latossolo Vermelho distroférico, coletadas nas profundidades de 0-20 e 0-40 cm. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco doses de nitrogênio: 0, 50, 100, 200 e 500 mg kg⁻¹ e duas profundidades de aplicação da calagem: 0 a 20 e 0 a 40 cm), com três repetições. Utilizou-se tubos de PVC com capacidade de 3 dm³ de solo. Após 35 dias da emergência das plântulas, as plantas foram colhidas para a avaliação da produção de matéria seca e das análises químicas. Os resultados demonstraram que as doses de nitrogênio e profundidade de calagem influenciam positivamente os teores de N-total, valor SPAD e N-NO₃⁻. A calagem em maiores profundidades proporciona maiores teores de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ na planta e no solo. O clorofilômetro SPAD é eficiente na avaliação do teor de nitrogênio na planta em função das doses de nitrogênio aplicadas.

Palavras-chave: nitrato/amônio, calagem, clorofila.

NITROGEN RATES ON THE GROWTH AND NUTRITION OF MAIZE CULTIVATED IN A LIMED SOIL IN DIFFERENT DEPTHS

Abstract: The aim of this work was to evaluate the growth and the nitrogen nutrition of maize plants cultivated under different nitrogen rates in a limed soil in different depths. Samples of an Oxisol were used, collected in the depths of 0-20 and 0-40 cm. A randomized experimental design was used, in a 5x2 factorial scheme, comprehending five nitrogen rates (0, 50, 100, 200 and 500 mg kg⁻¹ of nitrogen) and two liming depths (0 to 20 cm and 0 to 40 cm), with 3 replications. Were used PVC pipes of 3 dm³ of volume. 35 days after the emergence, the maize plants were harvested and the dry matter and the chemical analyses were performed. As results, the liming and nitrogen rates positively influenced the Total-N, SPAD index and N- NO₃⁻ levels. The most depth liming proves the highest N-NO₃⁻ and N-NH₄⁺ levels on the soil and plants. The SPAD chlorophyll meter is efficient in the evaluation of the nitrogen status on the maize plants according to the nitrogen rates applied.

Keywords: nitrate/ammonium, liming, chlorophyll.

¹Universidade Federal do Piauí (UFPI) – Campus Professora Cinobelina Elvas – CPCE. BR 135, km 3, Bom Jesus (PI). CEP: 64900-000.

²Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde - Caixa Postal: 66, Rio Verde (GO). CEP: 75901-970.

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - BR 364, Zona Rural, Porto Velho (RO). CEP: 76815-800. *E-mail: abdao@cpafro.embrapa.br. Autor para correspondência.

⁴Instituto Federal Minas Gerais, Escola Agrotécnica Federal de Bambuí. Fazenda Varginha - Rodovia Bambuí-Medeiros Km 05, Caixa Postal: 05, Bambuí (MG). CEP: 38900-000.

⁵Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - Rua Cel João Leite, 517, Pombal (PB). CEP: 58840-000.

⁶Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus Universitário - Caixa Postal: 3037, Lavras (MG). CEP: 37200-000.

Recebido em: 07/06/10. Aprovado em: 12/08/11.

INTRODUÇÃO

O milho é uma das principais culturas no Brasil, onde predominam os Latossolos. Estes solos, em geral, apresentam alta acidez, aliada à presença de alumínio em formas tóxicas, fixação de fósforo e baixos teores de matéria orgânica. Outro aspecto de relevância relacionado com a acidez do solo é a taxa de mineralização do nitrogênio (N), seja este oriundo da matéria orgânica do solo ou dos fertilizantes adicionados (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). De modo geral, com a correção da acidez do solo, tem-se verificado aumento nas taxas de mineralização do N, embora esse efeito possa ser apenas temporário (SILVA et al., 1994).

Os principais fatores que influenciam a produtividade da cultura do milho são a adubação nitrogenada, a população de plantas, o material genético e o clima (COSTA et al., 2005). A recomendação de adubação nitrogenada é complexa, devido à sua dinâmica, as transformações que ocorrem no solo, sua alta mobilidade e os fatores que influem no seu aproveitamento pelas plantas. Além disso, o N é o elemento exigido em maior quantidade, com maior custo relativo e também o que mais influencia na resposta em produtividade de grãos (AMADO et al., 2002; CANTARELLA et al., 2005). A dose de N pode variar ao longo do ano, em função da taxa de mineralização, teor de matéria orgânica e lixiviação do nitrato no solo e, principalmente, pelos valores de precipitação pluvial no período de condução da cultura do milho (JAYNES & COLVIN, 2005).

Primavesi et al. (2005) relatam que a forma de fertilizantes nitrogenados usados na adubação pode influenciar o balanço de cátions-ânions nas plantas (ENGELS & MARSCHNER, 1995). Diante disso, as plantas diferem na sua preferência pelas formas de N, absorvendo-o primariamente em formas inorgânicas como N-NO_3^- e N-NH_4^+ pelo sistema radicular (WILLIAMS & MILLER, 2001). Em solos corrigidos e aerados, o N-NO_3^- é a principal forma de N mineral disponível para o crescimento das

plantas, enquanto que, em condições de acidez e de inundação, o N-NH_4^+ é predominante (RAIJ, 1991).

O estado nutricional das plantas é avaliado, primordialmente, pela análise química do tecido vegetal, tendo como aplicações: a identificação de deficiências nutricionais e a predição da necessidade do suprimento de nutrientes. A determinação indireta do teor de clorofila, empregando-se o clorofilômetro (SPAD), pode ser utilizada na quantificação de N (ESPÍNDULA et al., 2009). Em plantas de milho, a concentração de N e o teor de clorofila estão positivamente correlacionadas (ARGENTA et al., 2001), exceto nos estádios iniciais de desenvolvimento, em que a leitura realizada com o SPAD tem sua precisão reduzida. Em situações em que a disponibilidade de N é grande, as leituras do SPAD e o conteúdo de clorofila são pouco correlacionados, pois o potencial do sistema fotossintético já se encontra estabelecido e atuante na conversão de energia luminosa em energia química, e o excedente de N se encontra na forma de outros compostos de reserva (ZOTARELLI et al., 2003).

Vários estudos têm mostrado aumento no valor da leitura de SPAD, com incremento das doses de N em gramíneas (LAVRES JR. & MONTEIRO, 2006; GODOY et al., 2007; COSTA et al., 2008a). Diante desse contexto, objetivou-se avaliar doses de N no crescimento e nutrição nitrogenada do milho cultivado em solo corrigido em diferentes profundidades.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), de textura argilosa, cujas médias dos atributos físicos e químicos, nas profundidades de 0-20 e 0-40 cm, antes da semeadura e após a colheita estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo, antes da semeadura e após a colheita do milho.

Atributos do solo	Antes da semeadura		Após a colheita	
	0-20 cm	0-40 cm	0-20 cm	0-40 cm
Al ($\text{cmo}_c\text{dm}^{-3}$)	1,2	0,9	0,06	0,0
H + Al ($\text{cmo}_c\text{dm}^{-3}$)	11,0	9,8	5,1	3,1
Ca ($\text{cmo}_c\text{dm}^{-3}$)	0,4	0,4	4,6	4,1
Mg ($\text{cmo}_c\text{dm}^{-3}$)	0,1	0,2	1,5	1,9
K ($\text{cmo}_c\text{dm}^{-3}$)	0,09	0,04	0,37	0,16
CTC ($\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$)	11,6	10,4	11,6	9,3
P (mg dm^{-3})	0,9	0,6	51,9	28,4
S (mg dm^{-3})	15,4	16,6	48,6	21,2
Cu (mg dm^{-3})	1,5	1,3	2,2	0,9
Zn (mg dm^{-3})	0,6	0,3	4,8	0,6
Fe (mg dm^{-3})	146,6	70,4	107,6	83,4
Mn (mg dm^{-3})	3,6	3,0	13,3	5,2
pH (H_2O)	4,7	4,8	5,4	6,1
MO (g dm^{-3})	63	51,0	55,0	41,0
V (%)	5,1	6,1	56,4	66,5
Argila (%)	40,0	73,0	40,0	73,0
Silte (%)	49,0	9,0	49,0	9,0
Areia (%)	11,0	18,0	11,0	18,0

CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases; MO = matéria orgânica.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco doses de nitrogênio: 0, 50, 100, 200 e 500 mg kg^{-1} e duas profundidades de aplicação da calagem: 0 a 20 e 0 a 40 cm), com três repetições.

A calagem do solo foi realizada elevando a saturação por bases para 70%. A adubação de plantio constituiu-se da aplicação de 300 mg kg^{-1} de fósforo (KH_2PO_4), 300 mg kg^{-1} de potássio (KH_2PO_4), 30 mg kg^{-1} de enxofre ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 1,5 mg kg^{-1} de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 0,8 mg kg^{-1} de boro (H_3BO_3), 4 mg kg^{-1} de manganês (MnCl_2) e 1,5 mg kg^{-1} de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Após a calagem (calcário dolomítico PRNT = 100%) e adubação, o solo foi incubado em tubos de PVC, com capacidade para 3 dm^3 de solo, durante 20 dias. Após a reação do calcário, realizou-se a aplicação da primeira parcela das diferentes doses de N,

utilizando como fonte a uréia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), sendo as doses parceladas em quatro aplicações, juntamente com o K. Foram utilizadas três sementes por vaso, realizando-se o desbaste, 10 dias após a germinação, deixando-se uma planta por vaso.

Em lâminas foliares do milho foram realizadas as medidas indiretas da concentração de clorofila utilizando o aparelho Chlorophyll Meter SPAD-502 (*Soil-Plant Analysis Development Section*, Minolta Co. Osaka, Japan). As leituras do clorofilômetro foram realizadas, pela manhã, no dia antecedente ao corte do milho fazendo-se cinco leituras nas duas folhas mais expandidas, a partir das quais foram obtidas as médias referentes a cada tratamento.

As plantas foram colhidas 35 dias após a emergência, no período de crescimento vegetativo, visando à avaliação da produção de matéria seca do milho. As

plantas foram coletadas separando-se a parte aérea das raízes, sendo posteriormente colocadas em estufa com circulação forçada de ar (65 – 70 °C) para a obtenção da produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca das raízes (MSR). Em seguida, o material foi moído e destinado à determinação do N-total (MALAVOLTA et al., 1997) e N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ (TEDESCO et al., 1985). Após o cultivo do milho, foram avaliados no solo os teores de N-NO₃⁻ (nitrogênio nítrico), N-NH₄⁺ (nitrogênio amoniacal) e N-total (nitrogênio total), conforme Tedesco et al. (1985).

As variáveis foram avaliadas mediante análise de variância e teste F (5%) e análise de regressão, para as doses de N e teste de médias para as profundidades de calagem, com auxílio do *software* SISVAR versão 4.3 (FERREIRA, 2000). Entre as variáveis de produção de matéria seca da parte aérea e raiz, teores de N-total, N-orgânico e valor de SPAD, também foi realizada análise de correlação, com auxílio do *software* SAEG versão 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de MSPA e de MSR foi influenciada apenas pelas doses de N aplicadas. No entanto, para o teor de N-total, o valor SPAD e N-NO₃⁻, houve efeito da interação doses de N e profundidade da calagem.

A análise de regressão para a produção de matéria seca da parte aérea do milho, mostrou que, independentemente da profundidade de amostragem do solo, houve ajuste quadrático na produção, com o aumento das doses de N aplicadas no solo. O nível crítico (90% da produção máxima) foi observado na dose de 80 mg kg⁻¹ (Figura 1). Acima dessa dose, houve redução na produção de MSPA da cultura do milho. Deve-se salientar que tais resultados foram obtidos em vasos, com condições controladas, devendo existir diferenças para a produção em campo.

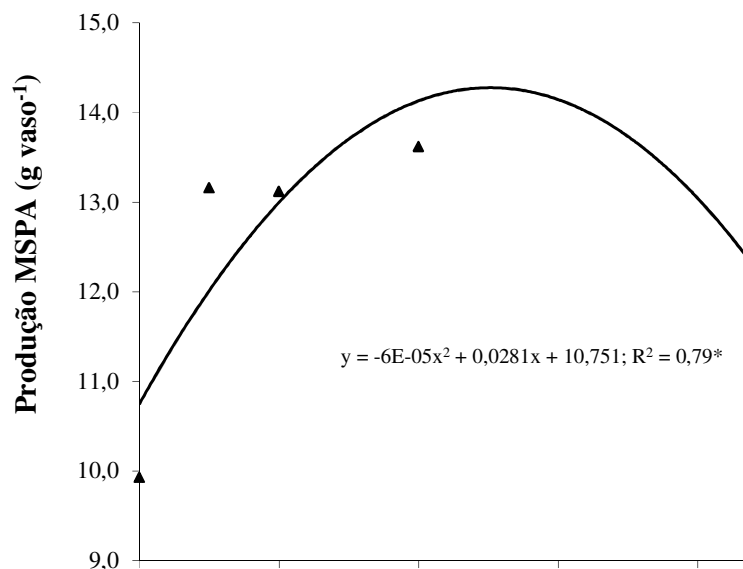


Figura 1 - Produção de matéria seca da parte área (MSPA) do milho sob doses de N, em duas profundidades de calagem. *significativo a 5% de probabilidade.

Em estudo avaliando doses crescentes de N (0, 25, 50, 75 e 100 mg ha⁻¹) na cultura do milho, Veloso et al. (2006), verificaram incremento da produção de matéria seca com as doses de N aplicadas, variando de 277 a 324 g, mostrando aumento de 14,5%, em

relação a não aplicação do N. Resultados semelhantes de adubação nitrogenada na produção de matéria seca do milho também foram obtidos por Silva et al. (2005), Fernandes et al. (2005) e Souza e Soratto (2006), demonstrando a importância do N para a cultura do milho e da realização de

pesquisas avaliando diferentes doses deste macronutriente para esta cultura.

A produção de MSR do milho mostrou ajuste linear para as doses aplicadas de N quando o solo foi corrigido apenas na camada de 0-20 cm (Figura 2).

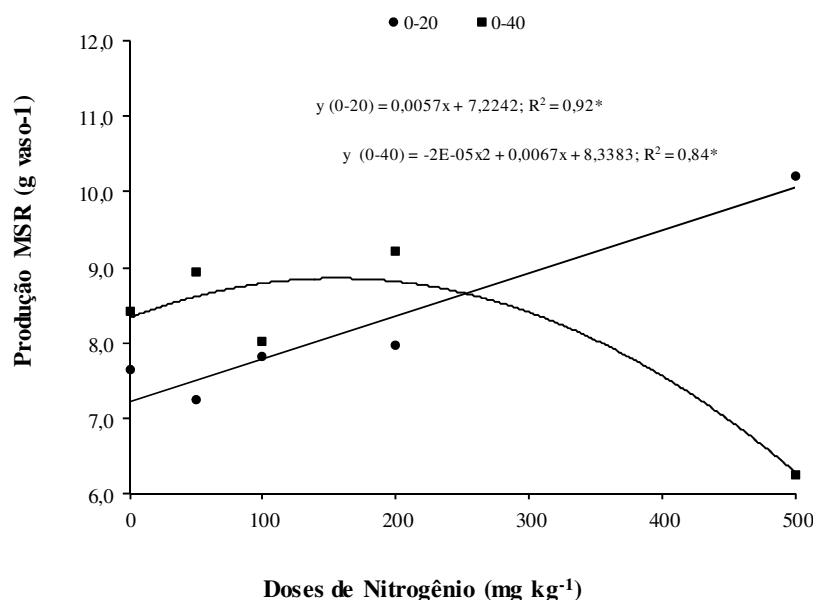


Figura 2 - Produção de matéria seca de raízes (MSR) do milho sob doses de N, em duas profundidades de calagem. *significativo a 5% de probabilidade.

A correção realizada na camada de 0-40 cm proporcionou queda na produção de MSR, quando se aplicou 500 mg kg⁻¹ de N. Tal fato pode ser explicado pela conversão da uréia a amônio que, dependendo das condições químicas e biológicas do solo, pode passar rapidamente para nitrato ou ser absorvido pelas plantas (FORDE, 2000). Assim, em altas doses de uréia, provavelmente o maior acúmulo de amônio, aliado aos altos teores de nitrato, principalmente quando corrigido na camada de 0-40 (Figura 2), pode ter causado inibição competitiva do amônio com nutrientes catiônicos e do nitrato com nutrientes aniônicos, reduzindo a absorção destes e,

consequentemente, o crescimento das plantas. Além de inibir competitivamente a absorção de outros cátions, o amônio, quando absorvido em quantidades excessivas, acumula-se nos tecidos. Este acúmulo causa efeitos sobre o sistema radicular similares àqueles provocados pela toxidez de alumínio, reduzindo o crescimento das raízes e, consequentemente, o crescimento da planta (CRAMER & LEWIS, 1993).

O teor de N-total e o índice SPAD apresentaram ajuste de regressão quadrático para as duas profundidades de calagem, com correlação positiva entre si ($r = 0,94^{**}$ para 0 - 20 cm, e $r = 0,82^{**}$ para 0 - 40 cm) (Tabela 3).

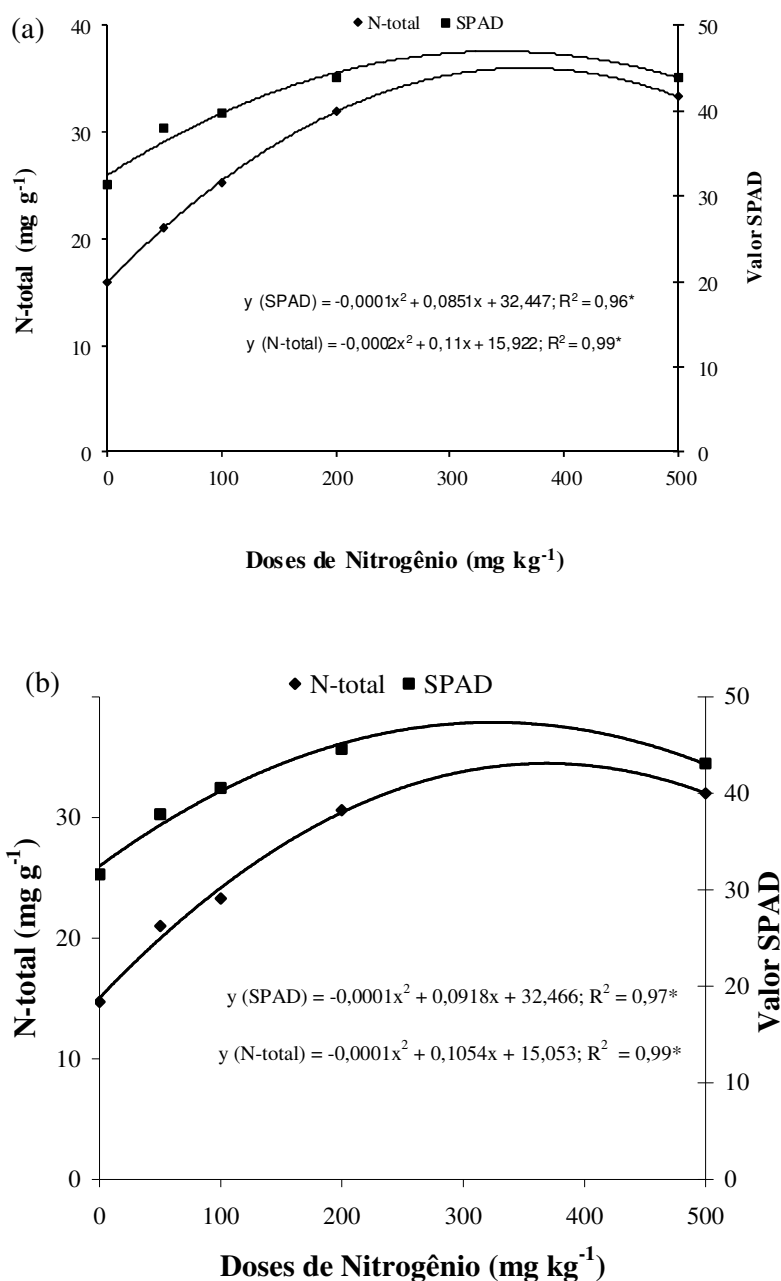


Figura 3 - Teores de N-total e valor SPAD na planta do milho sob doses de N, na camada de 0-20 cm (a) e 0-40 cm (b) de profundidade de calagem. *significativo a 5% de probabilidade.

Argenta et al. (2001) observaram que em plantas de milho, as leituras do clorofilômetro apresentam alta correlação positiva com os teores de N total. Estes autores citam como vantagens do uso desse método a rapidez, menor custo e não implicando na destruição das folhas na avaliação do N na parte aérea do milho. De acordo com Godoy et al. (2007), o monitoramento via clorofilômetro da folha pode auxiliar na avaliação da disponibilidade de N para a planta do milho durante o ciclo. Em outras gramíneas foram observados resultados positivos da adubação nitrogenada

em leituras de SPAD (LAVRES JR. & MONTEIRO, 2006; COSTA et al., 2008a; ESPÍNDULA et al., 2009).

Ressalta-se que a relação entre as doses de N aplicadas e as leituras SPAD não foi direta. Embora ocorra alta correlação entre teores de clorofila e N-total na planta, em elevadas doses de N aplicado, esse comportamento não foi observado no estudo. Isto ocorre porque o potencial do sistema fotossintético já se encontra estabelecido e atuante na conversão de energia luminosa em energia química, e o excedente de N se encontra na forma de outros compostos de reserva (ARGENTA et al., 2001).

A adição de doses crescentes de N resultou em aumento na disponibilidade de N-NO_3^- na planta, em ambas as profundidades, refletindo-se na absorção deste ânion pela planta do milho (Figura 4). As médias ajustadas na dose máxima 500 mg kg^{-1} foram de $4,28 \text{ mg kg}^{-1}$ para a camada de 0-20 cm e de $7,21 \text{ mg kg}^{-1}$ para a camada de 0-40 cm.

Para a calagem realizada na camada de 0-40 cm, observaram-se maiores teores de N-NO_3^- , acompanhando o comportamento para os teores de nitrato no solo (Figura 4).

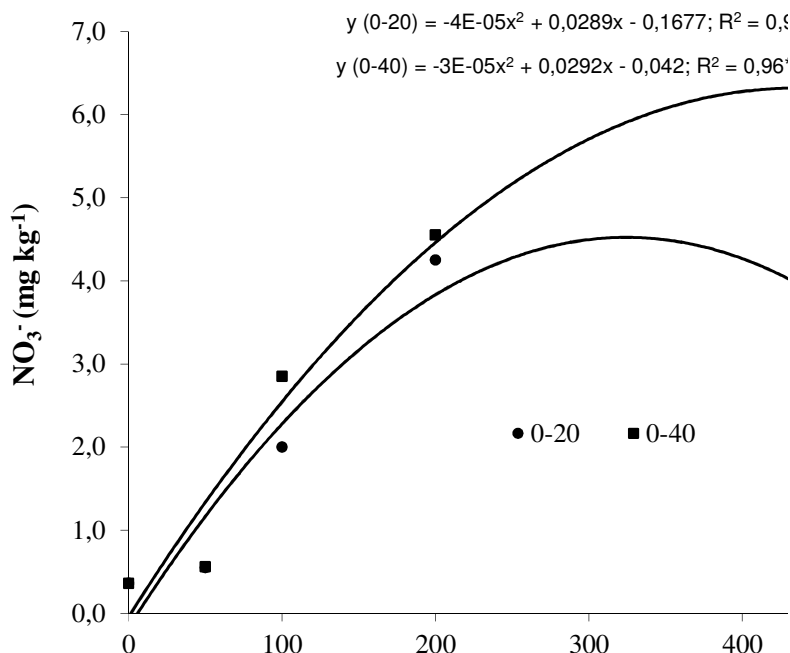


Figura 4 - Teores de N-NO_3^- na parte aérea sob doses de N, em duas profundidades de calagem. *significativo a 5 % de probabilidade.

Independente das doses de N adicionadas, os teores de N-NO_3^- nas folhas foram maiores que os de N-NH_4^+ , embora os teores de amônio não apresentassem ajuste de regressão significativo. Esses resultados evidenciam um maior processo de nitrificação do N-NH_4^+ no solo. Isto pode ser explicado devido ao aumento do pH, proveniente das doses de calcário aplicadas no solo, que contribuiu para uma maior

nitrificação do N adicionado via adubação, uma vez que nestas condições há um favorecimento na atividade metabólica dos microrganismos nitrificadores (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Resultados semelhantes foram obtidos por Primavesi et al. (2005), que trabalhando com doses e fontes de N no capim *coastcross*, verificaram que as plantas absorveram mais N-NO_3^- que N-NH_4^+ em ambas as fontes utilizadas, devido ao alto pH

inicial do solo, provocando uma rápida nitrificação do N-NH_4^+ , tanto na fonte de nitrato de amônio quanto na uréia.

Os teores de N-NO_3^- do solo foram influenciados pelas doses de N aplicadas em ambas as profundidades. Observa-se na Figura 5 que houve aumento nos teores de N-NO_3^- à medida que se incrementou as doses de N aplicado no solo. Comparando-se os teores de N-NO_3^- nas condições onde não receberam adubos nitrogenados com as maiores doses empregadas, observa-se aumento de 368 e 372% para as camadas de 0-20 e 0-40 cm, respectivamente. Esses resultados estão de acordo aos encontrados

por Colozza et al. (2000). Os maiores teores de NO_3^- foram observados na camada de 20-40 cm, o que pode ser justificado pelo movimento de N-NO_3^- da superfície (0-20 cm) para a camada subjacente (20-40 cm), resultando em lixiviação no perfil do solo. Em estudo de lixiviação de nitrato em pastagem de *coastcross* adubada com doses de N de 125, 250, 500 e 1.000 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, na fonte de uréia e nitrato de amônio, Primavesi et al. (2006) verificaram que na dose de N de até 500 kg ha^{-1} , não houve perdas significativas de nitrato para o lençol freático.

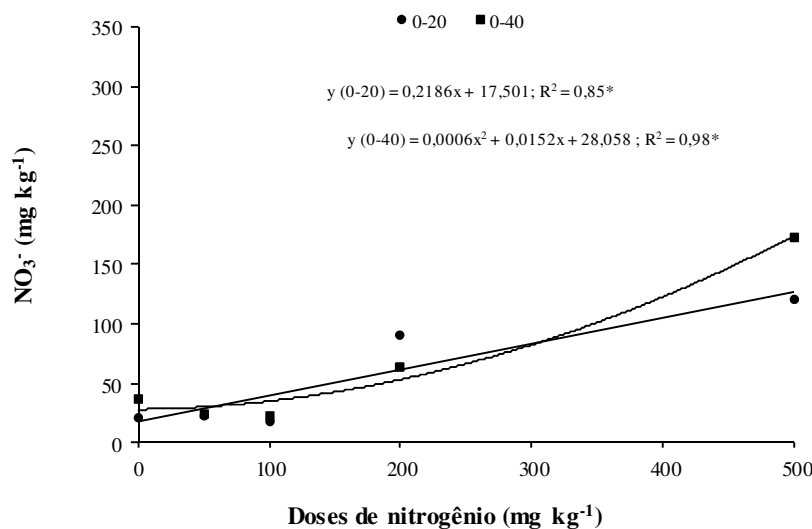


Figura 5 - Teor de N-NO_3^- no solo após o cultivo do milho sob doses de N, em duas profundidades de calagem. *significativo a 5% de probabilidade.

Os teores de N-NH_4^+ no solo também foram influenciados pelas doses de N, mostrando ajuste quadrático, com o aumento das doses de N aplicadas no solo, para ambas as profundidades (Figura 6). Foram atingidos valores máximos de 122,2 e 286,3 mg kg^{-1} na dose máxima estudada, com incremento de

408 e 1.092% em relação à não aplicação de N, para a camada de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, respectivamente. Em pesquisas realizadas com doses de N no capim marandú, Costa et al. (2008b), constataram aumentos nos teores de N-NH_4^+ no solo, com acréscimos das doses de N aplicadas.

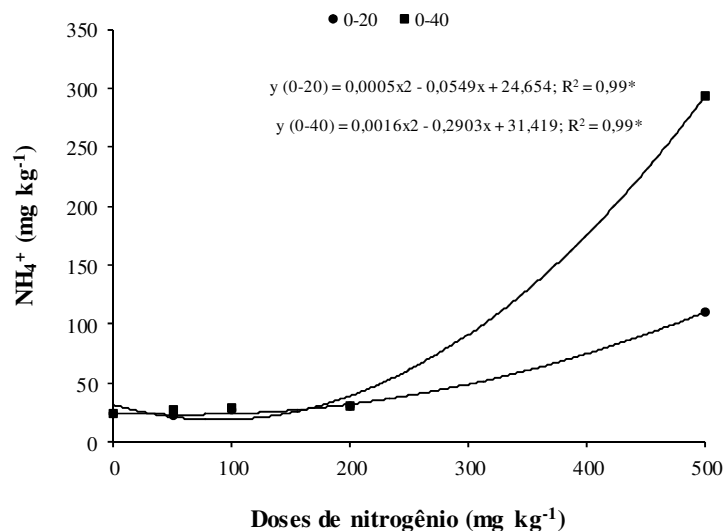


Figura 6 - Teor de N-NH₄⁺ no solo após o cultivo do milho sob doses de N, em duas profundidades de calagem. *significativo a 5 %.

Independente das doses de N adicionadas, os teores de N-NO₃⁻ no solo foram maiores que o de NH₄⁺ (Figuras 5 e 6). Isto se justifica pela elevada taxa de nitrificação existente no solo, em condições de pH mais elevados.

CONCLUSÕES

As doses de N e profundidade de calagem influenciam positivamente os teores de N-total, valor SPAD e N-NO₃⁻.

A calagem, em maiores profundidades, proporciona maiores teores de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ na planta e no solo.

O clorofilômetro SPAD é eficiente na avaliação do teor de N na planta, em função das doses de N aplicadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C.; MILNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 241-248, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 13, p.158-167, 2001.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P.; ANDRADE, C. A de. **Manejo de nitrogênio e da matéria orgânica em milho no sistema de plantio direto**. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). *Milho: tecnologia e produção*. Piracicaba: ESALq/USP, 2005. p. 59-82.

COLOZZA, M. T.; KIEHL, J. C.; WERNER, J. C.; SCHAMMASS, E. A. Repostas de *Panicum maximum* cv. Aruana a doses de nitrogênio. *Boletim de Indústria Animal*, v. 57, p. 21-32, 2000.

COSTA, F. M. P.; DOURADO NETO, D. FANCELLI, A.; BONNECARRERE, R. A. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Nitrogênio e produtividade de grãos de milho**. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). *Milho: tecnologia e produção*. Piracicaba: ESALq/USP, 2005. p. 118-128.

- COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, J. L.; RODRIGUES, R. B. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. II – Nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1601-1607, 2008a.
- COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E. C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. I – Alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1591-1599, 2008b.
- CRAMER, M. D.; LEWIS, A. M. The influence of nitrate and ammonium nutrition on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) plants. **Annals of Botany**, v. 72, p. 359-365, 1993.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306p.
- ENGELS, C.; MARSCHNER, H. **Plant uptake and utilization of nitrogen**. In: ACON, P.E. (Ed.). Nitrogen fertilization in the environment. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 41-81.
- ESPÍNDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; FONTES, P. C. R.; SILVA, R. C. C.; SOUZA, L. T. Effect of nitrogen and trinexapac-ethyl rates on the Spad index of wheat leaves. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, p. 1956-1964, 2009.
- FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, p. 195-204, 2005.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p. 255-258.
- FORDE, G. B. Nitrate transporters in plants: structure, function and regulation. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1465, p. 219-235, 2000.
- GODOY, L. J. G.; SOUTO, L. S.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BÔAS, R. L. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, v. 37, p. 38-44, 2007.
- JAYNES, D. B.; COLVIN, T. S. Nitrate losses in tile drainage from mid-season N-fertilizer. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING 2005. Tampa. **Meeting...** Tampa: ASAE, 2005. CDROM.
- LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-arauana em condições controladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 29-837, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 247-253, 2005.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagens de coastcross adubada com

- nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 683-690, 2006.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 247-253, 2005.
- RAIJ, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991. 142p.
- SILVA, C. A.; VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G. Nitrificação em latossolos da região Sul de Minas Gerais: efeito da acidez do solo. **Ciência e Prática**, v. 18, p. 388-394, 1994.
- SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 725-733, 2005.
- SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, p. 395-405, 2006.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 95p.
- VELOSO, M. E. C.; DUARTE, S. N.; DOURADO NETO, D.; MIRANDA, J. H.; SILVA, E. C.; SOUSA, V. F. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, p. 382-394, 2006.
- WILLIAMS, L. E.; MILLER, A. J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. **Annual Review In Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 59-688, 2001.
- ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1117-1122, 2003.