

# EFEITO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NA ACIDIFICAÇÃO DE UM ARGISSOLO VERMELHO AMARELO LATOSSÓLICO DISTRÓFICO CULTIVADO COM MILHO

Nagib Jorge Melém Júnior<sup>1</sup>

Jairo Antônio Mazza<sup>2</sup>

Carlos Tadeu dos Santos Dias<sup>2</sup>

Emerson Gilberto Briske<sup>3</sup>

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo a determinação dos níveis de influência de dois fertilizantes nitrogenados, sulfato de amônio e nitrato de amônio, no processo de acidificação do solo, o experimento foi realizado em solo de textura média, classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico Distrófico, utilizando-se a cultura do milho e avaliando-se as modificações ocorridas no pH, soma de bases, saturação por bases e saturação por alumínio, produtividade e a produção de matéria seca total do milho. O solo utilizado foi previamente cultivado para produção de sementes de tremoço (*Lupinus albus*). Para avaliação dos atributos químicos do solo foram realizadas amostragens nas profundidades de 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm, 60-80cm e 80-100cm, antes e após o cultivo do milho. Os resultados obtidos permitiram concluir que a adubação nitrogenada do milho, com nitrato de amônio e/ou sulfato de amônio no Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico, incrementou a produção da cultura apesar da adubação verde prévia. O nitrato de amônio e o sulfato de amônio apresentaram-se igualmente eficientes no fornecimento de nitrogênio para a cultura do milho. As fontes nitrogenadas

<sup>1</sup> Eng. Agr., Embrapa Amapá, Cx. Postal 10, CEP 68903-000, Macapá, AP, nagib@cpafap.embrapa.br

<sup>2</sup> Prof., Dr. da ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

<sup>3</sup> Acadêmico do 5º ano de Engenharia Agronômica da ESALQ/USP

adotadas não causaram acidificação do solo após uma safra da cultura do milho.

Termos para indexação: acidificação do solo, fertilizante nitrogenado, milho.

## INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZERS ON THE ACIDIFICATION OF A TIPIC PALEUDULT SOIL CULTIVATED WITH CORN

### ABSTRACT

The purpose of this work was to determine the level of influence of two nitrogen fertilizers, ammonium sulfate and ammonium nitrate, in the soil acidification process. An experiment was performed on a medium textured soil classified as a Tipic Paleudult. Corn was used and the modifications that occurred in the soil chemical attributes as well as yield and total dry matter were evaluated. The soil had been previously used for the production of white lupine (*Lupinus albus*) seeds. To evaluate the soil chemical attributes, the soil was sampled at the depths of 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm, 60-80cm and 80-100cm before and after the corn production. The evaluated attributes were pH, base sum, base saturation and aluminum saturation. The results permitted to reach the following conclusions: The nitrogen fertilization of corn with ammonium nitrate and/or ammonium sulfate on the Tipic Paleudult increased the corn production in spite of the previous green manure. Ammonium nitrate and ammonium sulfate were equally efficient in the supply of nitrogen to corn. The adopted nitrogen sources did not cause acidification of the soil after one corn cycle.

Index terms: soil acidification, nitrogen fertilizers, corn.

### 1. INTRODUÇÃO

Os inúmeros trabalhos desenvolvidos sobre acidez do solo tratam freqüentemente da determinação de doses econômicas de corretivos, da aplicação eficiente desses corretivos ou dos

métodos para estimativa da necessidade de calcário, dando pouca importância aos fatores que provocam a acidez do solo, que influenciam, sobremaneira, na produtividade agrícola adequada em termos de alimentos, fibras ou energia.

Nas regiões tropicais úmidas sabe-se que os fatores que causam a acidez, são, principalmente, a pluviosidade/distribuição pluviométrica (lixiviação de bases), a extração pelas culturas, as trocas iônicas na região da rizosfera, o uso de fertilizantes nitrogenados com índice de acidez elevado, além de fatores da própria formação do solo.

A quantificação dos fatores da acidificação do solo se reveste de grande importância para a escolha e utilização econômica de corretivos e fertilizantes de modo a promover um balanço positivo através do uso desses insumos.

A exploração do solo por culturas de alta produtividade exige o emprego de quantidades elevadas de fertilizantes, dentre os quais os nitrogenados, que se destacam por fornecerem um dos nutrientes mais exigidos pelos vegetais, o nitrogênio. Os fertilizantes nitrogenados, entretanto, dependendo da sua composição química, podem reagir com o solo da acidez até a alcalinidade (Quevedo Camacho, 1995).

A capacidade de acidificação de um fertilizante nitrogenado é representada pelo índice de acidez (quantidade de CaCO<sub>3</sub> necessária para neutralizar a acidez originada pelo uso de 100kg do fertilizante). Para o sulfato de amônio o índice de acidez é 110, enquanto que para o nitrato de amônio o índice é de 62 (Vitti & Prochnow, 1996).

Resultados de estudos desenvolvidos em vários países têm demonstrado que o uso contínuo de fontes nitrogenadas amoniacais por períodos prolongados de tempo tem ocasionado a elevação da acidez do solo. Nesses estudos tem sido constatado que o sulfato de amônio é a fonte nitrogenada com maior poder de acidificação do solo. Diversos autores consideram que a acidificação decorrente do uso de fertilizantes nitrogenados é uma das maiores causas da perda do potencial produtivo dos solos. (Mahler et al., 1985, Obi, 1989, Rasmussen & Rohde, 1989, Stumpe & Vlek, 1991 e Wolcott et al., 1965).

No Brasil, também há bastante tempo, a acidificação do solo pelos adubos nitrogenados vem despertando a atenção dos pesquisadores. Neves et al. (1960) estudaram em campo o efeito do salitre do Chile, da uréia e do sulfato de amônio, sempre na dosagem de 80kg ha<sup>-1</sup> de N, sobre o pH de um solo da Estação Experimental de Campinas. No início do experimento e três anos após a última adubação, foram retiradas amostras de terra objetivando a determinação do pH. Para os tratamentos sem adubação nitrogenada o pH foi de 6,50; para os tratamentos com salitre do Chile, uréia e sulfato de amônio foram respectivamente de 5,91, 5,61 e 5,07. Os autores concluíram que o salitre do Chile atenuou a acidificação do solo, enquanto que o maior efeito acidificante foi provocado pelo sulfato de amônio, que fez reduzir o pH em aproximadamente 1,5 unidade.

Moraes (1974), em experimento com cafeeiros em vasos, aplicou quatro fontes nitrogenadas, observando que com exceção do salitre do Chile, os fertilizantes apresentaram acentuada ação acidificante sobre o solo, cuja intensidade obedeceu à seguinte ordem: sulfato de amônio > nitrato de amônio > uréia.

Hiroce et al. (1977) estudaram o efeito acidificante de quatro fertilizantes nitrogenados no solo e sua influência em plantas de cafeiro no campo e verificaram que o sulfato de amônio, a uréia e o nitrocálcio têm ação acidificante no solo, obedecendo à seguinte ordem: sulfato de amônio > uréia = nitrocálcio > salitre do Chile. A acidificação causada pelo sulfato de amônio, uréia e nitrocálcio causou a elevação dos teores de manganês nas folhas.

Kiehl et al. (1981) estudaram, em ensaio de laboratório, o efeito acidificante do sulfato de amônio, do nitrato de amônio e da uréia em solos de diferentes texturas e verificaram que o grau de acidificação não teve correlação com a textura; entretanto, os solos com maiores valores de pH foram os que mais se acidificaram. O maior decréscimo observado foi de 0,7 unidade de pH, para o sulfato de amônio. O poder de acidificação dos adubos obedeceu à seguinte ordem: sulfato de amônio = nitrato de amônio > uréia.

Em um experimento com milho, utilizando fontes e doses de adubos nitrogenados em vasos, Mello & Arzolla (1983) estudaram a acidificação do solo e os efeitos residuais após a primeira e a segunda colheita de milho, verificando que após a primeira colheita a uréia praticamente não acidificou o solo, o nitrato de amônio teve um pequeno efeito e o sulfato de amônio um efeito mais pronunciado. Após a segunda colheita, a uréia e o nitrato de amônio elevaram muito pouco a acidez potencial do solo, enquanto o sulfato de amônio, utilizado na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, provocou o decréscimo do pH de 4,7 para 3,9 e a elevação da acidez potencial em 10 mmolc dm<sup>-3</sup>.

Em experimento de laboratório com amostras de Latossolo Vermelho Escuro tratadas e não tratadas com Ca(OH)<sub>2</sub>, com a finalidade de verificar o efeito do sulfato de amônio e da uréia na acidificação, Mello et al. (1986) concluíram que tanto a uréia quanto o sulfato de amônio tendeu a reduzir o pH do solo, sendo o efeito do segundo mais intenso.

Este trabalho teve por objetivo a determinação dos níveis de influência de dois fertilizantes nitrogenados (nitrato e sulfato de amônio) no processo de acidificação em solo de textura média, utilizando-se a cultura do milho, tendo como cultivo prévio o tremoço.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz em Piracicaba (SP), utilizando-se o milho híbrido AG- 1051 (ciclo normal) como planta teste. Para um estudo mais detalhado do solo, foi aberta uma trincheira, classificando-se o solo como Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico distrófico, conforme se verifica na Tabela 1.

TABELA 1. Resultados analíticos do perfil do solos estudado. Piracicaba, SP, 1999.

HORIZONTE	PROF.	pH	MO	P	S-SO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	T	V	m	Argila
cm	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>							mmolc dm <sup>-3</sup>			%	g kg <sup>-1</sup>	
AP1	0 - 14	4,9	13	16	7	2,7	18	8	0	25	29	54	54	0	180
AP2	14 - 32	4,0	10	8	15	1,5	17	7	6	38	26	64	41	19	220
BT1	32 - 58	4,1	8	2	29	0,3	16	8	8	34	24	58	41	25	270
BT2	58 - 100	4,2	7	2	17	0,2	13	7	8	31	20	51	39	29	220

O plantio do milho ocorreu no início de dezembro/96. A adubação de plantio constou de 400kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-30-16 + 0,5% de zinco, ao qual se adicionou 32kg ha<sup>-1</sup> de uréia.

A adubação de cobertura constou de 100kg ha<sup>-1</sup> de N e 100kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O divididos em duas vezes, quando as plantas possuíam 4 pares de folhas e 8 pares de folhas. Nas épocas de aplicação desses tratamentos, os fertilizantes foram pesados para cada parcela individualmente em função da fonte nitrogenada empregada (sulfato de amônio ou nitrato de amônio.)

Para avaliação da produção de grãos de milho e da matéria seca total, o delineamento experimental adotado foi o de blocos aleatorizados, com 3 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos utilizados foram designados como:

- **SNM** = Sem cobertura nitrogenada/com milho;
- **NAM** = Cobertura com nitrato de amônio/com milho;
- **SAM** = Cobertura com sulfato de amônio/com milho.

Por ocasião da colheita, demarcou-se no centro de cada parcela uma área de 10,8m<sup>2</sup> (3 linhas centrais x 4m de comprimento), onde foram colhidas as plantas inteiras, cortando-se rente ao solo. A matéria fresca total da área amostrada foi pesada, coletando-se amostras para determinação da umidade, com a finalidade de obtenção da matéria seca total produzida. As espigas foram separadas, secas e debulhadas para obtenção dos grãos. A produção de grãos foi corrigida para 13% de umidade.

Para avaliação do pH, soma de bases, saturação por bases e saturação por alumínio, adotou-se o delineamento experimental de blocos aleatorizados com 5 repetições, em esquema fatorial 2 x 5 x 6 (2 épocas de amostragem, 5 profundidades de amostragem e 6 tratamentos). Os tratamentos adotados são formados pela combinação dos fatores adubação nitrogenada de cobertura com sulfato de amônio ou nitrato de amônio e a cultura do milho, designados como:

- **SNM** = Sem cobertura nitrogenada/com milho
- **SN** = Sem cobertura nitrogenada/sem milho
- **NAM** = Cobertura com nitrato de amônio/com milho
- **NA** = Cobertura com nitrato de amônio/sem milho
- **SAM** = Cobertura com sulfato de amônio/com milho

- SA = Cobertura com sulfato de amônio/sem milho.

Foram realizadas amostragens do solo nas profundidades de 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm, 60-80cm e 80-100cm, antes e após o cultivo do milho (1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> épocas de amostragens).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Produtividade de grãos e de matéria seca do milho

A análise estatística evidenciou que tanto para a produtividade de grãos, quanto para a de matéria seca total os valores não diferiram entre as fontes nitrogenadas (nitrato e sulfato de amônio), entretanto, esses tratamentos diferiram do tratamento sem adubação nitrogenada mineral. As Figuras 1 e 2 ilustram respectivamente os resultados obtidos no teste de comparação de médias pelo teste t-Student para as variáveis produtividade de grãos e produtividade de matéria seca total.

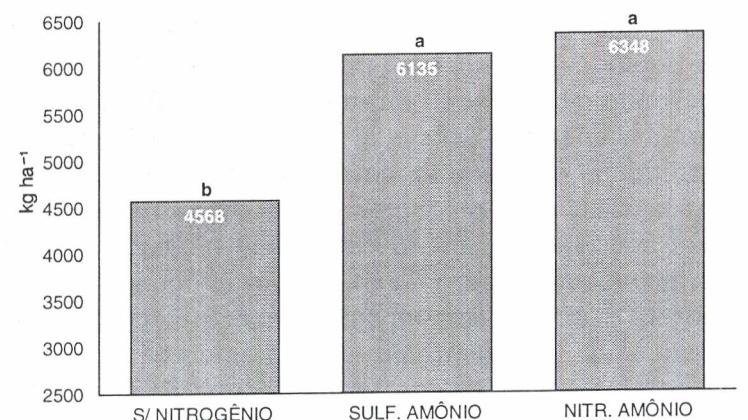


FIG. 1. Produtividade média de grãos em cada tratamento.

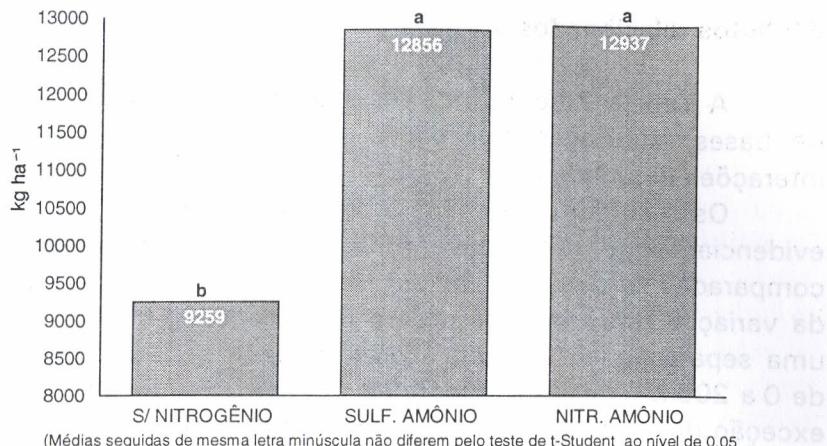


FIG. 2. Produtividade média de matéria seca total em cada tratamento.

Esses resultados discordam dos encontrados por Muzilli et al. (1983), Derpsch (1984) e Kanthack et al. (1991), onde tratamentos utilizando tremoço como adubo verde tiveram produções iguais ou superiores aos tratamentos com N mineral. Entretanto, todos esses experimentos foram instalados em Latossolo Roxo distrófico que, provavelmente possui um menor potencial de resposta à adubação nitrogenada do que o Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico Distrófico, onde o presente trabalho foi conduzido. Este menor potencial de resposta à adubação nitrogenada do Latossolo Roxo pode ser devido, principalmente, ao maior teor de matéria orgânica presente nos horizontes superficiais deste solo em relação aos menores teores encontrados no Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico distrófico. O solo utilizado no trabalho de Kanthack et al. (1991) apresentava um teor de matéria orgânica de 31g dm<sup>-3</sup> nos horizontes superficiais, enquanto que o solo onde foi conduzido o experimento em questão apresentam um máximo de 20g dm<sup>-3</sup>.

## Atributos relacionados à acidez

A Tabela 2 contém os resultados analíticos para pH, soma de bases, saturação por bases e saturação por alumínio nas interações estudadas.

Os resultados relativos a interação Época x Profundidade evidenciam que não houve modificação dos atributos quando comparadas as duas épocas estudadas; entretanto, para a análise da variação dos atributos dentro de cada época, nota-se que há uma separação em relação à profundidade do solo. As camadas de 0 a 20cm e de 20 a 40cm não diferiram estatisticamente, com exceção da saturação por alumínio, que se encontra mais elevada na camada de 20 a 40cm. A maiores profundidades, ou seja, de 40 a 100cm, os teores em geral não diferiram entre si, mas diferiram das camadas superficiais anteriormente citadas. Para as interações Época x Fertilizante e Época x Cultura não foram evidenciadas variações nos atributos estudados. Os resultados discordam dos obtidos por diversos autores que, estudando a acidificação do solo por adubos nitrogenados, observaram que o sulfato de amônio em geral acidificou o solo em um período curto de tempo, ressaltando-se que esses trabalhos foram sempre desenvolvidos em laboratório sob condições controladas (Mello & Andrade, 1973, Kiehl et. al., 1981, Mello & Arzolla, 1983, Mello et. al., 1986 e Rosales et al., 1987); entretanto, os resultados estão de acordo com o trabalho de Oliveira e Balbino (1995), que avaliaram a acidificação do solo utilizando sulfato de amônio e uréia, sob condições de campo, nas culturas do milho e algodão, observando que o pH nas camadas superficiais só se modificou após 3 anos de cultivo intensivo, ocorrendo a acidificação tanto pela uréia como pelo sulfato de amônio.

A acidificação do solo não ocorreu provavelmente devido a CTC do solo (Tabela 1) que conferiu maior poder tampão ao solo tornando mais difícil a ocorrência de variações significativas nos atributos relacionados à acidez do solo.

TABELA 2. Atributos relacionados à acidez nas interações estudadas.

FATORES	ÉPOCA		ÉPOCA		ÉPOCA		ÉPOCA
	1	2	1	2	1	2	
Profundidade (cm)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	S (mmolc dm <sup>-3</sup> )	V (%)			m (%)	
0 - 20	4,75 aa	4,73 aa	24,34 aA	22,37 aA	53,97 aA	50,33 aA	2,93 cA
20 - 40	4,64 abA	4,78 aa	20,83 abA	22,85 aA	48,73 aA	51,13 aA	3,90 bca
40 - 60	4,50 ba	4,51 ba	17,94 bcA	19,51 abA	41,17 bA	44,17 bcA	5,78 abA
60 - 80	4,44 ba	4,52 ba	17,43 bcA	18,54 bca	40,17 bA	43,03 ca	8,59 aA
80 - 100	4,47 ba	4,48 bA	17,12 ca	18,51 ca	40,77 bA	43,63 ca	7,22 abA
<b>Fertilizante</b>							
Nitrato de Amônio	4,53 abA	4,56 aA	17,92 bA	19,43 aA	42,74 aA	45,66 aA	7,36 aa
Sulfato de Amônio	4,65 aa	4,65 aa	20,75 aA	21,53 aa	47,30 aA	47,94 aA	4,41 aa
Sem Nitrogênio	4,50 ba	4,59 aA	19,56 abA	19,95 aa	44,84 aA	45,78 aa	5,33 aa
<b>Cultura</b>							
Com	4,53 aa	4,58 aA	18,94 aA	19,66 aa	44,39 aa	45,16 aa	5,52 aa
Sem	4,59 aA	4,62 aa	19,84 aA	20,92 aa	45,53 aa	47,76 aa	5,67 aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula (coluna) não diferem pelo teste t-Student ao nível de 0,05

Médias seguidas de mesma letra maiúscula (linha) não diferem pelo teste t-Student ao nível de 0,05

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem as seguintes conclusões:

1. A adubação nitrogenada do milho com nitrato de amônio e/ou sulfato de amônio no Argissolo Vermelho Amarelo Latossólico, incrementou a produção da cultura apesar da adubação verde prévia;
2. O nitrato de amônio e o sulfato de amônio apresentaram-se igualmente eficientes no fornecimento de nitrogênio para a cultura do milho; e
3. As fontes nitrogenadas adotadas não causaram acidificação do solo após uma safra da cultura do milho;

#### 5. AGRADECIMENTOS

Aos Engº Agrônomos Lucas de Souza Dias Gutierrez, Jorge Fávaro Gomes, Rodrigo Fernando Maule e ao acadêmico de Engª Agronômica Cláudio de Almeida Kehdi pelo auxílio na condução do experimento.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DERPSCH, R. Alguns resultados sobre adubação verde no Paraná. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBAÇÃO VERDE, 1., 1983, Rio de Janeiro. Adubação verde no Brasil: trabalhos apresentados. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.268-279.

HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; BAUMGARTNER, J.G.; FURLANI, A.M.C.; MORAES, F.R.P. Efeitos de quatro fontes de adubo nitrogenado nas características químicas do solo e na composição foliar de cafeiro. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.29, n.1, p.67-71, 1977.

KANTHACK, R.A.D.; MASCARENHAS, H.A.A.; CASTRO, O.M.; TANAKA, R.T. Nitrogênio aplicado em cobertura no milho após tremoço. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.1, p.99-104, jan.1991.

KIEHL, J.C.; MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S. Efeito acidificante de alguns adubos nitrogenados em solos de diferentes texturas. *O Solo*, Piracicaba, v.73, n.2, p.19-24, jul./dez. 1981.

MAHLER, R.L.; HALVORSON, A. R.; KOEHLER, F.E. Long-term acidification of farmland in northern Idaho and eastern Washington. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.16, n.1, p.83-95, 1985.

MELLO, F.A.F.; ANDRADE, R.G. de A influência de alguns adubos nitrogenados sobre o pH do solo. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.48, n.2-3, p.69-78, 1973.

MELLO, F.A.F.; ARZOLLA, S. Acidificação do solo por adubos nitrogenados. Efeitos residuais após a primeira e segunda colheita. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.58, n.4, p.17-24, 1983.

MELLO, F.A.F.; POSSIDIO, E.L.; PEREIRA, J.R. ARAÚJO, J.P.; ABRAMOF, L.; COSTA, O.A. Efeito acidificante da uréia e do sulfato de amônio em latossolo vermelho escuro. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.61, n.3, p.291-296, 1986.

MORAES, F.R.P. Efeito de alguns fertilizantes nitrogenados sobre o pH do solo e a concentração de alumínio e manganês nas folhas de cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2., 1974, Poços de Caldas. Resumos. Brasília: EMBRAPA, 1974. p.279-280.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C.; TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.1, p.23-27, jan. 1983.

NEVES, O.S.; VIEGAS, G.P.; FREIRE, E.S. Efeito do uso contínuo de certos adubos azotados sobre o pH do solo. *Bragantia*, Campinas, v.19, n.46, p.125-132, 1960.

OBI, A.O. Long-term effects of the continuous cultivation of a tropical ultisol in southwestern Nigeria. *Experimental Agriculture*, London, v.25, n.2, p.207-215, 1989.

OLIVEIRA, E.F. de; BALBINO, L.C. **Efeitos de fontes e doses de nitrogênio aplicados em cobertura nas culturas de trigo, milho e algodão.** Cascavel: OCEPAR, 1995. p.7-39. (OCEPAR. Resultados de Pesquisa, 1)

QUEVEDO CAMACHO, J.C. **Efeito do balanço de cátions e ânions da planta na acidificação do solo por fertilizantes nitrogenados.** Piracicaba, ESALQ, 1995. 106p. Dissertação Mestrado.

RASMUSSEN, P.E.; ROHDE, C.R. Soil acidification from ammonium-nitrogen fertilization in moldboard plow and stubble-mulch wheat-fallow tillage. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.53, n.1, p.119-122, 1989.

ROSALES M.P.; MELLO, F.A.F., ARZOLLA, S.; THOMASI, M.D. Efeito residual de alguns adubos nitrogenados sobre algumas características químicas de um solo. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v.44, n.2, p.927-957, 1987.

STUMPE, J.M; VLEK, P.L.G. Acidification induced by different nitrogen sources in columns of selected tropical soil. *Soil Science Society of America Journal*; Madison, v.55, n.1, p.145-151, 1991.

VITTI, G.C.; PROCHNOW, L.I. Corretivos - calcário e gesso: características, métodos de recomendação e uso: Módulo 3. In:*CURSO DE NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS*, 1996, Brasília: ABEAS,.1996. 58p.

WOLCOTT, A.R.; FOTH, H.D.; DAVIS, J.F.; SHICKLUNA, J.C. Nitrogen carriers: I. Soil effects. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.29, n.4, p.405-410, 1965.