

# EFEITO RESIDUAL DE ADUBOS NITROGENADOS NA CULTURA DE MILHO

MANUEL PALMA ROSALES

Orientador: Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS F. DE MELLO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Junho - 1984

Ofereço:

Ao Homem que é o fruto do amor;  
com amor se constroi.

Para minha querida mãe e para meu  
saudoso pai, que com muito amor  
me guiaram pelos caminhos da vida,  
ofereço esta obra, como um humil-  
de agradecimento por tudo aquilo  
que me ensinaram e fizeram por  
mim.

Muito obrigado.

Dedico:

À minha amada esposa Yone.

A meu pequeno Manuelito.

A esse brotinho lindo que é meu pequeno Felipe.

A essa mulher exemplar que é minha sogra

Dna. Francisca.

## AGRADECIMENTOS

A Deus Jehova por ter me dado forças e saúde para viver e completar o meu curso.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello, que com muita dedicação desempenhou seu papel de orientador e foi mais que orientador, um amigo.

Ao Prof. Dr. Sylvio Arzolla pela sua ajuda e conselhos de inestimável valor.

Ao Prof. Dr. Takashi Muraoka que sem me conhecer e sem medir esforços abriu suas portas quando eu solicitei sua ajuda.

A PETROFÉRTIL/NITROFÉRTIL-NF/ULTRAFÉRTIL-S.A. -  
Empresas patrocinadoras do Projeto Uréia.

A esta terra linda com gente maravilhosa na qual eu nunca me senti estrangeiro.

A todos aqueles que me ajudaram de uma maneira - ou outra a terminar este trabalho, vai o meu sincero agradecimento.

## INDICE

	Página
RESUMO .....	v
SUMMARY .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Experimentos realizados no Brasil .....	3
2.2. Experimentos realizados no estrangeiro.....	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
4.1. Produção de matéria seca da parte aérea.	23
4.2. Produção de matéria seca das plantas inteiras	27
4.3. Nitrogênio total na parte aérea.....	33
4.4. Nitrogênio total na planta inteira do milho...	36
4.5. Alumínio trocável no solo.....	39
4.6. Hidrogênio potencial no solo após a terceira- colheita.....	43
4.7. Hidrogênio trocável após a terceira colheita.	47
4.8. Valores pH das terras nos tratamentos após a terceira colheita.....	51
4.9. % de nitrogênio total nos solos após a tercei <u>r</u> ra colheita.....	56
5. CONCLUSÕES.....	60
6. LITERATURA CITADA .....	62

EFEITO RESIDUAL DE ADUBOS NITROGENADOS  
NA CULTURA DE MILHO

Manuel Palma Rosales

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello

RESUMO

Foi feito um ensaio em vasos, com 4 repetições, usando terra ácida e de baixa fertilidade para avaliar os efeitos residuais de uréia (com e sem enxofre), nitrato de amônio e sulfato de amônio, na dose de 0, 120 e 240 kg N/ha, em milho, após 2 cultivos anteriores.

Fez-se, a princípio, correção do pH para 6,0 e aplicação de adubo fosfatado e potássico nas doses de 90 e 120 Kg/ha de  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , respectivamente. As doses de N foram de 0, 120 e 240 Kg/ha.

No ano seguinte o ensaio foi repetido, mas sem calagem e sem adição dos fertilizantes nitrogenados.

No ano subsequente repetiu-se o ensaio anterior fazendo-se, porém, calagem em duas repetições de cada tratamento.

Após a colheita do milho estudaram-se os efeitos

residuais dos adubos nitrogenados em competição tomando-se como parâmetros de avaliação a produção de massa de matéria seca de partes aéreas e de plantas inteiras, conteúdos de nitrogênio das mesmas, teores de alumínio trocável no solo, de acidez potencial, hidrogênio trocável, índices pH e porcentagens de nitrogênio das terras.

As principais conclusões gerais são:

a. No que concerne à produção de matéria seca de partes aéreas e de plantas inteiras não houve efeito residual de N, exceto nos tratamentos correspondentes às partes aéreas de plantas que não receberam calagem.

b. Não houve efeito residual das fontes nitrogenadas quando se tomou como parâmetro de avaliação o conteúdo de N das plantas.

c. Relativamente ao  $Al^{3+}$  trocável, nos tratamentos que receberam calagem não houve efeito residual dos adubos nitrogenados, mas na ausência do corretivo o sulfato de amônio apresentou efeito considerável. Os demais apresentaram efeitos menos pronunciados.

d. De um modo global, no que se refere ao  $H^+$  potencial e trocável não houve efeito residual dos fertilizantes nitrogenados nos tratamentos que sofreram correção da acidez, mas, naqueles que não receberam  $CaCO_3$  houve algum efeito residual, sobretudo do sulfato de amônio.

e. Quando se tomou o valor pH como índice de avaliação do efeito residual, apenas o sulfato de amônio baixou o pH das terras, tanto nos tratamentos que receberam calagem como nos que não a receberam.

f. Não houve efeito residual dos fertilizantes nitrogenados quando ele foi avaliado pelo teor de N do solo.

g. Quando se emprega fertilizantes amoniacais com frequência, sobretudo o sulfato de amônio, deve-se atentar para a correção da acidez do solo.

RESIDUAL EFFECT OF NITROGEN FERTILIZER  
IN CORN CULTURE

Manuel Palma Rosales

Adviser: Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello

SUMMARY

An experiment was made in pots with four repetitions using acid soils with poor fertility, in order to test the values of urea fertilizer (with and without sulphur), ammonium nitrate, ammonium sulphate.

In the beginning corrections of pH were made up to 6.0 and applications of phosphate and potassium fertilizers in quantities of 90 and 120 kg/ha of  $P_2O_5$  and  $K_2O$  respectively. The quantities of N were of 0, 120 and 240 kg/ha.

The test plant was corn (*Zea mays* L.) the following year this teste was repeated without pH correction and without adding nitrogenous fertilizers.

In the subsequent year the same experiment was repeated making, however, pH correction in two repetitions of each treatment.

After the harvesting of the corn the residual effects of the nitrogenous fertilizers were studied in

competition, taking as a reference point of evaluation the production of dry matter of the whole plant and the plant without the root, the content of nitrogen of these, the quantity of changeable  $\text{Al}^{3+}$  in the soil, the potential  $\text{H}^+$ , changeable  $\text{H}^+$ , differences of pH and percentages of nitrogen of the soils.

The principal general conclusions are:

a. As to the production dry matter of the whole plant and the plant without the root no residual effect of nitrogen was found, except in the corresponding treatments of the plant without the root did not receive pH correction.

b. There was no residual effect of the nitrogen treatments when the content of the nitrogen of the plant was taken as a reference point.

c. Referring to the changeable  $\text{Al}^{3+}$ , in the treatments that received pH correction there was no residual effect of the nitrogenous fertilizers, but in the absence of the corrective, the ammonium sulphate presented and considerable effect. The others presented less pronounced effects.

d. Generally speaking with reference to potential and changeable  $\text{H}^+$  there was no residual effect of the nitrogenous fertilizers in the treatments with corrections of the acidity, but in those that did not receive  $\text{CaCO}_3$  there was some residual effect, especially of ammonium sulphate.

e. When the value of pH was studied to evaluate the residual effect of different nitrogenous treatments, only ammonium sulphate reduced the pH of the soils, in both the treatments that received pH correction and those that did not.

f. There was no residual effects of the nitrogen fertilizers when there were evaluated by the quantity of N in soil.

g. When ammonium fertilizers are used frequently, especially ammonium sulphate, care must be taken as to the - correction of the acidity of the soil.

## 1. INTRODUÇÃO

Frequentemente são efetuados ensaios para se verificar o efeito residual de fertilizantes fosfatados, tomando-se como parâmetro de avaliação geralmente as produções das culturas. Experimentos dessa natureza raramente são feitos com adubos potássicos e menos ainda com adubos nitrogenados.

Como parte do chamado Projeto Ureia, um Protocolo firmado entre Petrofertil/Nitrofertil-NE/Ultrafertil S.A. e Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", foi realizado um ensaio de competição de fontes nitrogenadas usando o milho como planta teste (THOMAZI, 1983).

A seguir, utilizando-se as mesmas terras e vasos estudaram-se os efeitos residuais das mesmas partes de nitrogênio (MELLO & ARZOLLA, 1983).

E, finalmente, ainda nas mesmas terras e vasos, foi instalado um terceiro ensaio para avaliar os efeitos residuais dos mesmos fertilizantes nitrogenados (uréia com e sem

enxofre, nitrato de amônio e sulfato de amônio) tomando-se como parâmetros de avaliação a produção de massa de partes aéreas e de plantas inteiras de milho, conteúdos de N das mesmas, teores de alumínio trocável no solo, de hidrogênio potencial, hidrogênio trocável, índices de pH e porcentagens de N das terras.

Nesta Dissertação são apresentados os resultados obtidos no terceiro ensaio citado.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Muitos experimentos têm sido realizados no mundo inteiro com a finalidade de avaliar o efeito dos adubos nitrogenados, mas, por outro lado, são poucos os experimentos que visam avaliar o efeito residual dos mesmos nas plantas e no solo. Na década de 1925-1935 PIERRE (1928) mostrou que as formas amoniacais eram os fertilizantes que causavam maior acidez residual nos solos. Já nessa época foram feitos numerosos experimentos em casas de vegetação e laboratório para avaliar a quantidade de calcário, requerida para corrigir a acidez do solo, causada por tais adubos.

A seguir serão feitas menções a alguns ensaios feitos no Brasil e no estrangeiro referentes aos tópicos mencionados.

### 2.1 Experimentos realizados no Brasil

CATANI et alii (1954) estudaram o efeito que o uso contínuo de sulfato de amônio, super fosfato e cloreto de

potássio determinam no solo. Para isso, serviram-se de dois ensaios de adubação que a Seção de Cereais e Leguminosas do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, vinha realizando em Campinas e Mococa durante 16 e 12 anos. As amostras foram retiradas das linhas e das entrelinhas. As doses  $N_0, N_1, N_2$  representam 0, 20 e 40Kg N/ha na forma de sulfato de amônio. Os resultados estão na Tabela 1.

Tabela 1: Efeito das doses de sulfato de amônio sobre pH do solo.

Experimento	Localização	pH		
		$N_0$	$N_1$	$N_2$
Campinas	nas linhas	5.74	5.42	5.07
	nas entrelinhas	5.24	5.63	5.30
Mococa	nas linhas	6.29	5.57	5.52
	nas entrelinhas	6.20	6.13	6.00

Na tabela 1, nota-se que as linhas que receberam sulfato de amônio, tiveram o pH mais baixo que as entrelinhas. As doses usadas foram pequenas e, segundo os autores, devido a tendência de usar doses cada vez maiores de N, a acidificação pode ser mais intensa.

NEVES et alii (1960) estudaram o efeito de salitre do Chile, uréia, e sulfato de amônio sobre o pH de um solo da Estação Experimental de Campinas e produções de milho, algodão e arroz. Amostras de terra para medição do pH foram reti

radas no início e no final do ensaio. Os resultados foram os seguintes:

Tratamento	pH
pH inicial	6.50
pK + salitre do Chile	5.91
pK + uréia	5.61
pK + sulfato de amonio	5.07

Os autores afirmaram que o salitre do Chile contribuiu para atenuar a acidificação do solo e que o maior efeito acidificante do sulfato de amonio é fácil de se entender, - porque além do efeito do  $\text{NH}_4^+$ , ele possui o anion  $\text{SO}_4^-$ , que é um forte acidificante das terras.

MELLO & ANDRADE (1973) resumiram os resultados - obtidos por CHICA & LOTERO sobre os efeitos de adubações de pastagens com nitrato de sódio, sulfato de amonio e uréia. Os resultados mostraram que o nitrato de sódio elevou o pH, a uréia baixou-o moderadamente e o sulfato de amonio o fez fortemente.

MORAES et alii (1976), após um longo ensaio de competição de fontes nitrogenadas em cafeeiro, tomaram amostras de terra sob as copas das plantas e nas entrelinhas nos diversos tratamentos e determinaram o pH e os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  +  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis das mesmas. Os resultados estão na tabela 2.

Tabela 2: Efeitos de fontes de N sobre o pH e teores de  $\text{Ca}^{2+}$  +  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis, após 12 anos de adubação na base de 150 Kg N/ha.

Tratamento	Local de amostragem	pH	$\text{Ca}^{2+}$ + $\text{Mg}^{2+}$ trocáveis, e mg/100g
sem N	A	6.2	5.2
	NA	6.4	5.8
salitre do Chile	A	5.8	2.1
	NA	6.3	4.7
nitrocalcio	A	5.0	2.2
	NA	6.1	4.0
uréia	A	4.4	1.2
	NA	5.5	4.6
sulfato de amonio	A	4.3	0.7
	NA	4.9	2.9

A: sob as copas das plantas, pontos adubados

NA: no meio das ruas, pontos não adubados

Eles observaram que o salitre do Chile se opôs à acidificação do solo, o nitrocalcio, a uréia e o sulfato de amonio contribuíram para a acidificação, nessa ordem.

KIEHL et alii (1981) avaliando, em condições de laboratório, o efeito acidificante de três adubos nitrogenados, em solos de diferentes texturas do município de Piracicaba; verificaram que o grau de acidificação não se correlacionou com a textura, porém os solos com maiores valores de pH foram os que mais se acidificaram. O poder de acidificação dos adubos

obedeceu a seguinte ordem:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = \text{NH}_4\text{NO}_3 > \text{uréia}$ .

MELLO & ARZOLLA (1983a) concluíram que a uréia e o sulfato de amônio apresentaram efeitos residuais apreciáveis no que se refere à disponibilidade do N, quando aplicados na dose de 240kg N/ha, mas não na dose de 120kg N/ha. O nitrato de amônio não se comportou de modo satisfatório. Relativamente à produção de massa vegetal, somente a uréia na dose de 240kg N/ha, acompanhada de enxofre, mostrou ação residual elevada.

MELLO & ARZOLLA (1983b) constataram que após a primeira colheita de milho a uréia praticamente não acidificou o solo; o nitrato de amônio teve um efeito muito pequeno, sendo o efeito do sulfato de amônio o mais pronunciado.

Após a segunda colheita, a uréia e o nitrato de amônio elevaram muito pouco a acidez potencial do solo, porém, o sulfato de amônio elevou-o sensivelmente.

## 2.2 Experimentos realizados no estrangeiro

TISDALE & NELSON (1966) dizem que teoricamente o poder de acidificação dos adubos obedece a seguinte ordem:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 > \text{NH}_4\text{NO}_3 > \text{uréia}$ . Esta mesma ordem foi verificada experimentalmente por HILTBOLD & ADAMS (1960); WOLCOTT et alii (1965) observaram maior acidificação com  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , mas não encontraram diferença entre uréia e  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; MCCLURE & HUNTER (1962) e FELIZARDO et alii (1972) observaram maior acidifica

ção com  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  que com  $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ .

HAYLETT & TNERUN (1965) aplicaram  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  durante 7 anos, nas doses 0, 500, 1000 e 2000 lbs/Morgen\* em capim Rhodes, num solo laterítico com pH 5.36; com a dose superior o pH caiu para 4.2. Acima de 1000 lbs/Morgen\* o efeito residual do sulfato de amônio diminuiu levemente a produção de milho que foi semeado após 7 anos de pastagem; a 2000 lbs/Morgen\* a diminuição foi apreciável e continuou por três estações.

HOFMANN & HUNNIUS (1955) comparando várias fontes nitrogenadas verificaram que, o  $\text{NaNO}_3$  diminuiu o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  do solo e aumentou o pH. O  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  diminuiu o pH, enxofre, cálcio e fósforo disponível e também a atividade enzimática.

Utilizando solos argilosos com pastagem anual irrigada, onde foi aplicada 1000 lb N/acre por ano, com e sem calcário durante 4 anos, GARLAND & JONES (1964) observaram que  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$  e nitrato de cálcio produziram pouco ou nenhum efeito nas primeiras três polegadas de profundidade; o sulfato de amônio foi aquele que mais acidificou o solo. Não houve mudanças no pH nas primeiras 3-6 polegadas de profundidade, excetuando o sulfato de amônio que causou uma leve acidificação. Com aplicação de calcário, o pH aumentou ligeiramente nas primeiras 3 polegadas de profundidade, mas os efeitos foram insignificantes nas 3 polegadas seguintes, especial-

---

\*Morgen = 0,856 ha

mente no tratamento com  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

KILBE & SCHARF (1967) verificaram que a acidez - dum solo recebendo vários adubos nitrogenados, aumentou na ordem seguinte:

Calciocianamida, nitrato de sódio, nitrato de cálcio, nitrato de cálcio e amônio, uréia, sulfato de amônio.

VELLY (1974) constatou que o N aplicado na forma de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  durante vários anos, em vários solos ferralíticos e ferruginosos tropicais de Madagascar, causaram sua rápida acidificação, com sintomas de toxidez em milho e algodão; esses sintomas estavam associados com a redução do pH e o aumento do alumínio trocável do solo.

ANDERSON (1976) num experimento de campo, constatou que o sulfato de amônio foi o principal agente de acidificação seguido por ureia e NPK. O esterco e o nitrato de cálcio fizeram os solos mais alcalinos. O mesmo autor constatou que a frequência dos solos com pH menor que 5.5 está aumentando, e isto está relacionado com o uso de fertilizantes que acidificam o solo.

Em experimento feito por JAAKKOLA (1978) durante 4 anos, num solo limo arenoso, usando vários fertilizantes nitrogenados, em diversas gramíneas, em épocas, proporções e posições diferentes, constatou-se que o efeito acidificante dos adubos diminuiu na ordem seguinte: sulfato de amônio, uréia, sul-

fato de amonio + nitrato de calcio, nitrato de calcio e amonio. O nitrato de calcio não teve efeito no pH do solo.

Num experimento de longa duração feito por HAYLETT (1970), no qual usou capim Rhodes, foi observado que no periodo no qual foi aplicado 2120 kg N/ha na forma de sulfato de amonio, o pH diminuiu de 5.0 para 3.9; neste pH a produção não foi satisfatória devido a acidez muito elevada. As consequências negativas nas produções subsequentes persistiram depois que o pH retornou aos valores originais.

PIERRE et alii (1971) trabalharam num experimento de campo com quantidades de N que oscilavam entre 1525 a 2626 kg N/ha, nestas doses não foram observadas mudanças no pH na profundidade de 15-25 cm. Depois de 5 anos e um total de 5600 kg N/ha foi observado que o pH diminuiu. A acidez total desenvolvida foi, em média, 35% da calculada teoricamente. Quando foi usado 1120 kg N/ha anualmente a acidez desenvolvida foi 60% da teórica; segundo ele, isto foi devido a baixa percentagem de fertilizante nitrogenado recuperada pela cultura e a alta percentagem que permanece no solo ou é perdida como nitrato.

Estudando os efeitos adversos da acidez do solo provocada por fertilizantes nitrogenados na graminea *Pennisetum clandestinum* cultivada em solo subtropical, AWAD & EDWARDS (1977) constataram que, nas doses de 336 kg N/ha por 4 anos,

seguido de 672 kg N/ha por 2 anos, na forma de sulfato de amônio, o pH do solo diminuiu de 5.0 para 4.0; o teor de alumínio trocável aumentou e diminuíram os de Ca, Mg, e K trocáveis. A aplicação de calcário reduziu a quantidade de N requerida para máximo crescimento, de 672 kg N/ha em solo sem calcário para 134 kg N/ha no solo com calcário.

Aplicando sulfato de amônio + PK em vasos contendo macieiras c.v James Grieve, HAVELKA (1979) observou que depois de dois anos, o pH diminuiu de 6.8 para 4.9. Uréia + PK também reduziu o pH, especialmente no verão; o nitrato de cálcio + PK causou acidificação mínima no solo e foi o fertilizante nitrogenado que melhor se comportou.

Estudando a lixiviação em solos ácidos VOLKS & BELLS (1944) constataram que, gramíneas crescendo em altos níveis de nitrogênio podem provocar uma rápida diminuição dos níveis de potássio no solo, como resultado dos efeitos combinados de absorção pelas plantas e lixiviação. Também foi observado que as perdas por lixiviação de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{K}^+$  em certos solos foi 2,5 vezes superior a pH 5.5, e 4,5 vezes superior a pH 4.0 que a pH 6.8.

Num estudo similar ao anterior, ABRUNA et alii (1958) observaram que doses maiores de nitrato de amônio acidificaram mais o solo, e diminuíram as bases trocáveis.

Já foram feitos muitos experimentos com fertili

zantes nitrogenados nos quais foram estudados as transformações das formas nitrogenadas no solo, em função da quantidade de fertilizante aplicado e do pH do solo.

HASHIMOTO et alii (1974) observaram que num solo com pH aproximadamente neutro, o efeito da uréia depende da dose de aplicação. A uma dose menor, onde o  $N - NH_4$  produzido foi nitrificado tão rapidamente que só ocorreu uma pequena acumulação, o pH diminuiu imediatamente, mas só em pequena escala. A uma taxa maior de aplicação, onde o  $N - NH_4$  livre foi acumulado inicialmente, primeiro houve uma elevação do pH e depois este diminuiu devagar e a nitrificação prosseguiu, mas também de uma forma lenta. Em altas doses de aplicação, quando uma grande quantidade de  $N - NH_4$  livre foi acumulado inicialmente e a nitrificação foi completamente inibida, o pH do solo aumentou a um valor estável.

Em solos de pH baixo, a uréia é amonificada sem muita demora e a nitrificação é completamente inibida; nestas condições, o pH aumenta a um valor estável, de acordo com a quantidade de uréia aplicada, e só depois diminui gradativamente.

Incubando solos com uréia, N-amoniacoal e N-nítrico, BHUIYA et alii (1974), verificaram que as concentrações de N aumentaram no solo com o aumento das doses de uréia. Este aumento ocorreu nos primeiros 12 dias, depois diminuiu gradativamente com o tempo.

Trabalhos referentes à ação do nitrogênio residual nas plantas e suas transformações no solo são poucos.

Em experimentos realizados em vasos SMIRNOV & SUKOV (1970) constataram que o  $^{15}\text{N}$  utilizado pela aveia após o 1º ano de aplicação foi 1-2% do N originalmente aplicado. A utilização no 2º ano foi 50% menor. Uma reaplicação de N praticamente dobrou a utilização do fertilizante nitrogenado previamente fixado em formas orgânicas; Em condições de campo as plantas utilizaram 40-50% do N aplicado, aproximadamente 20% foi perdido e 30-40% permaneceu no solo na forma orgânica.

KOREN KOV et alii (1976) observaram nos seus trabalhos que os fertilizantes nitrogenados possuem geralmente pequeno efeito residual devido ao fato que o N é quase todo utilizado pela primeira cultura. O  $^{15}\text{N}$  revelou que boa parte do N é fixado em formas orgânicas no solo. O baixo efeito residual pode ser explicado pela baixa disponibilidade às plantas do N imobilizado.

SMIRNOV (1969), TURCHIN (1964) e ANDREYEVA & SCHEGLOVA (1972) afirmaram que o efeito residual dos fertilizantes nitrogenados é insignificante mas segundo SMIRNOV et alii (1972) o grau de mineralização do N imobilizado é 5-6 vezes maior que o N da matéria orgânica.

SMIRNOV & SUKOV (1970) opinam que no primeiro ano do efeito residual, uma boa parte do fertilizante nitrogena

do fixado no solo provavelmente permanece na forma orgânica, a qual se decompõe facilmente, e só uma parte dela é formada por substâncias húmicas pouco hidrolizáveis em água. Parte do N imobilizado está presente nas regiões periféricas das moléculas de substâncias húmicas o que facilita a mineralização. Como as substâncias húmicas formam compostos cíclicos o N nas partes periféricas das moléculas formam ligações cíclicas e, sua estabilidade aumenta quando a mineralização diminui. Isto explica o baixo uso do N imobilizado no segundo ano e anos subsequentes.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A terra utilizada é proveniente de solo de tabuleiro de Maceió (Rio Largo), Alagoas, e a planta teste foi o milho (*Zea mays* L.) c.v. Piranão.

O solo possuía antes do 1º cultivo as seguintes características físicas e químicas, apresentadas nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3. Algumas características físicas da T.F.S.A. provenientes do solo empregado.

Características	Porcentagem
areia total	49,1
limo	8,3
argila	42,6

Tabela 4. Algumas características químicas da T.F.S.A. provenientes do solo empregado.

Características	Valores	Interpretação
pH (relação terra-água 1:2,5)	4,90	ácido
C%	0,51	baixo
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel em H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05N e mg/100g de terra	0,02	baixo
K <sup>+</sup> trocável, e.mg/100g terra	0,03	baixo
Ca <sup>2+</sup> trocável, e.mg/100g terra	0,16	baixo
Mg <sup>2+</sup> trocável, e.mg/100g terra	0,32	baixo
Al <sup>3+</sup> trocável, e.mg/100g terra	0,76	alto
H <sup>+</sup> potencial, e.mg/100g terra	3,28	médio
N total, %	0,05	baixo

Os métodos analíticos que foram utilizados são os seguintes, sucintamente descritos:

Análise mecânica-método da pipeta, usando calgon como dispersante:

pH - potenciometricamente, com a relação terra-água igual a 1:2,5

C% - oxidação com bicromato de potássio e redução do excesso deste por titulação com sulfato ferroso.

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> solúvel - método colorimétrico de mo-

libdato de amônio; extração com solução de  $H_2SO_4$  0,05 N e empregando ácido ascórbico como redutor.

$K^+$  trocável - fotometria de chama, extração com solução de  $H_2SO_4$  0,05 N;

$Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  trocáveis - quelatometria, extraíndo-os com solução de KCl N;

N total, % - método semimicro Kjeldahl.

$Al^{3+}$  trocável - extração com solução de KCl N e titulação do extrato ácido com solução de NaOH 0,02 N.

H potencial - extração com solução normal em acetado de calcio e titulação do extrato ácido com solução 0,02 N em NaOH.

Um trabalho foi conduzido durante 3 anos em casa de vegetação. Foram utilizados vasos de lata com 3,0 Kg de terra. No primeiro ano, as terras dos vasos foram submetidas aos tratamentos da tabela 5, sendo os adubos bem misturados a elas e plantado milho. No 2º e 3º anos foi omitido o nitrogênio, como pode ser observado na tabela nº 6 e em ambos também foi plantado milho.

Tabela 5 . Tratamentos utilizados no primeiro ano

Tratamentos	Adubos	N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O(kg/ha)
1	testemunha absoluta	0- 0 - 0
2	testemunha sem N	0-90 - 120
3	Uréia	120-90 - 120
4	Uréia	240-90 - 120
5	Nitrato de amônio	120-90 - 120
6	Nitrato de amônio	240-90 - 120
7	Sulfato de amônio	120-90 - 120
8	Sulfato de amônio	240-90 - 120
9	Uréia + S (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	120-90 - 120
10	Uréia + S (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	240-90 - 120
11	Uréia + S (CaSO <sub>4</sub> )	120-90 - 120
12	Uréia + S (CaSO <sub>4</sub> )	240-90 - 120

A dose de enxofre foi de 20.4 kg/ha.

Tabela 6. Tratamentos utilizados no segundo e terceiro anos.

Tratamentos	Adubos	N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O (kg/ha)
1	testemunha absoluta	0 - 0 - 0
2	testemunha sem N	0 -90 - 120
3	Uréia	0 -90 - 120
4	Uréia	0 -90 - 120
5	Nitrato de amônio	0 -90 - 120
6	Nitrato de amônio	0 -90 - 120
7	Sulfato de amônio	0 -90 - 120
8	Sulfato de amônio	0 -90 - 120
9	Uréia + S (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0 -90 - 120
10	Uréia + S (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0 -90 - 120
11	Uréia + S (CaSO <sub>4</sub> )	0 -90 - 120
12	Uréia + S (CaSO <sub>4</sub> )	0 -90 - 120

O fósforo foi utilizado como superfosfato triplo (45% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); nos tratamentos 9 e 10, potássio e enxofre foram utilizados como K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Nos outros tratamentos, o potássio foi utilizado na forma de KCl. Nos tratamentos 11 e 12, o enxofre foi aplicado na forma de gesso.

Descrições mais detalhadas dos dois principais ensaios são apresentadas por THOMAZI (1983) e MELLO & ARZOLLA (1983a).

Antes de fazer a terceira sementeira, foram determinados os valores de pH e de H das terras e feita a correção de acidez para pH 6.0 segundo o método de CATANI & GALLO (1954), em duas repetições de cada tratamento (A e B) usando-se  $\text{CaCO}_3$ . As repetições C e D não receberam calagem. Ver tabela nº 6.

As terras dos vasos após o ensaio foram secas ao ar, destorroadas e analisadas pelos métodos já citados. A acidez de troca ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ) foi determinada pelo método utilizado no CENA\* que é, resumidamente o seguinte: a 10 gr de terra seca, foi adicionado 100 ml de solução de KCl 1N e a seguir agitado - por 15 minutos, depois foi filtrado. Do extrato em KCl foi tomada uma alíquota de 25 ml e titulada com NaOH 0,025 N, sendo que com o indicador foi usada fenolftaleína 0,5%. Esta titulação - fornece o valor da acidez trocável em sal neutro não tamponado.

Para determinar o  $\text{Al}^{3+}$  trocável foi adicionada uma gota de HCl 0,025 N a solução já titulada (acima mencionado); foi adicionado 2 ml de solução NaF a 4% e titulado com HCl 0,025 N. Os miliequivalentes de ácido usados são considerados como correspondentes ao  $\text{Al}^{+++}$  trocável.

A acidez potencial foi determinada segundo o método de CATANI & JACINTHO (1974).

---

\* CENA = Centro de Energia Nuclear na Agricultura

As terras tratadas e não tratadas com  $\text{CaCO}_3$  p.a. foram adubadas e umidecidas a 70% da capacidade de campo, sendo a seguir colocadas 10 sementes de milho (*Zea mays* L.) cv. pirañão; isto foi feito no dia 02/01/83. Dez dias após a germinação foi feito desbaste, deixando 5 plantas por vaso.

A irrigação foi feita de acordo com as necessidades de cada vaso.

A colheita foi efetuada no dia 05/03/83. As raízes foram lavadas em água corrente, em solução de HCl 0,2% e em água destilada; a seguir as partes aéreas foram separadas das raízes e ambas foram secas em estufa a 60-70° C. Depois de secas foram pesadas e moidas para análise química. As determinações de N foram efetuadas pelo método semi-micro-Kjeldahl).

Para a análise estatística, primeiramente foram analisados os 12 tratamentos com as duas repetições que receberam calagem; separadamente foram analisados os mesmos 12 tratamentos com as repetições que não receberam calagem. As comparações entre as médias dos tratamentos foram feitas pelo teste TUKEY a 5% de probabilidade.

A análise de variância foi efetuada segundo o esquema seguinte (Tabela 7):

Tabela 7 - Esquema da análise da variância

Causas de variação	G.L	S.Q	Q.M	F	Nível %
Tratamentos	11	-	-	-	---
Residuo	12	-	-	-	---
Total	23	-	-	-	---

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Produção de matéria seca da parte aérea

Os resultados relativos à produção de matéria seca da parte aérea das plantas se encontram na tabela nº 8.

Tabela 8. Massa de matéria seca da parte aérea, g/vaso.

Tratamentos	Repetições					
	A	B	$\bar{X}$	C	D	$\bar{X}$
1	3.340	3.710	3.520	4.510	4.270	4.390
2	7.380	7.830	7.600	7.900	6.610	7.250
3	8.300	7.740	8.020	9.020	7.830	8.420
4	11.150	9.800	10.470	11.710	14.210	12.960
5	9.000	8.480	8.740	10.690	10.280	10.480
6	6.930	9.760	8.340	9.640	8.660	9.150
7	9.140	9.910	9.520	12.100	12.940	12.520
8	14.640	13.430	14.030	10.810	10.870	10.840
9	8.430	7.760	8.090	10.760	8.810	9.780
10	8.500	9.970	9.230	10.300	10.760	10.530
11	9.030	9.610	9.320	10.560	10.400	10.980
12	7.780	8.690	8.230	12.500	10.850	11.670
$\bar{X}$	8.630	8.900	8.760	10.120	9.710	9.910

A comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem aparece na tabela 9.

Tabela 9. Comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem (matéria seca da parte aérea).

Tratamento	Média, g/vaso
08	14.035a
04	10.475b
07	9.525b
11	9.320b
10	9.235b
05	8.740b
06	8.345b
12	8.235b
09	8.095b
03	8.020b
02	7.605b
01	3.525c
dms, Tukey a 5% = 3.304	
cv = 9.487	

Pode-se observar que ao nível de 5% de probabilidade, o tratamento nº 08 teve um maior efeito. O tratamento nº 01 (testemunha absoluta) também diferiu significativamente dos outros tratamentos ao nível de 5% de probabilidade, pois este apresentou a menor produção de matéria seca. Os demais tratamentos não foram diferentes entre si ao nível de 5%.

Nas experiências feitas por Sminorv & Sukov (1970) constataram-se que o N utilizado pela aveia após o 1º

ano de aplicação foi 1-2% do N originalmente aplicado; a utilização no 2º ano foi 50% menor. A mesma observação foi feita por KOREN KOV et alii (1976) pois eles constataram nos seus trabalhos que os fertilizantes nitrogenados possuem geralmente pouco efeito residual, devido ao fato que o N é quase todo utilizado pela 1ª cultura. O baixo efeito residual pode ser explicado pela baixa disponibilidade às plantas do N imobilizado, opinaram eles.

Os resultados obtidos no presente trabalho concordam com os citados acima, pois, exceto o tratamento 08 (240Kg N/ha como sulfato de amônio), os demais, que receberam nitrogênio, não diferiram do 02, que recebeu apenas PK.

Os resultados referentes aos tratamentos que não receberam calagem estão na tabela 10.

Tabela 10. Comparação entre médias dos tratamentos que não receberam calagem (matéria seca da parte aérea).

Tratamento	Média, g/vaso
04	12.960a
07	12.520ab
12	11.675abc
11	10.675abc
08	10.840abc
10	10.530abcd
05	10.485abcd
09	9.785abcd
06	9.150bcd
03	8.425cd
02	7.255de
01	4.390e

dms, Tukey a 5% = 3.564      cv = 9.045

Pelo teste Tukey pode ser visto que o tratamento 04, no qual foi fornecido uréia no 1º ano, na dose de 240Kg/ha, foi o que deu a maior produção de matéria seca, mas só diferiu estatisticamente dos tratamentos 06, 03, 02 e 01.

Pode-se dizer que houve efeito residual dos adubos nitrogenados, porém os tratamentos 03 e 06 diferiram muito pouco das testemunhas.

Pode-se observar também que as doses maiores de uréia se refletiram em maior produção de matéria seca que as doses menores; mas isso não foi observado com o sulfato de

amônio e nitrato de amônio, pois nestes casos as doses menores produziram maior quantidade de matéria seca na parte aérea.

O tratamento que deu a menor produção foi o 01, seguido dos tratamentos 02 e 03. Nos demais tratamentos foram obtidas produções intermediárias, que não diferiram entre si.

Pode-se observar, de um modo geral, que tanto na série que recebeu calagem como na que não recebeu os tratamentos que menos produziram foram os de números 01 e 02, isto é, o que não recebeu nenhuma adubação e o que só recebeu PK. Dito de um modo bem generalizado nos tratamentos com calagem praticamente não houve efeito residual dos tratamentos. Tal efeito, porém, foi observado nos tratamentos que não receberam o corretivo.

#### 4.2. Produção de matéria seca das plantas inteiras

Os resultados relativos à produção de matéria seca das plantas inteiras se encontra na tabela 11.

Tabela 11. Massa de matéria seca das plantas inteiras, g/vaso.

Tratamentos	Repetições					
	A	B	$\bar{X}$	C	D	$\bar{X}$
1	7.240	14.010	10.620	18.910	11.370	15.140
2	25.780	19.030	22.400	12.010	19.500	15.750
3	19.800	21.540	20.670	20.120	13.830	16.970
4	22.550	22.000	22.270	24.810	23.710	24.260
5	27.900	30.280	29.090	20.790	19.780	20.280
6	22.930	19.460	21.190	18.240	18.240	15.660
7	19.140	19.110	19.120	24.200	19.940	22.070
8	37.340	24.630	30.980	19.810	16.670	18.240
9	31.030	15.760	23.390	37.760	15.610	26.680
10	19.080	25.370	22.580	19.100	16.960	18.030
11	26.730	22.210	24.470	19.160	15.900	17.530
12	21.180	16.890	19.030	19.700	18.650	19.170

A comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem aparece na tabela 12.

Tabela 12. Comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem (matéria seca da planta inteira).

Tratamento	Média, g/vaso
08	30.980a
05	29.090ab
11	24.470ab
09	23.390ab
02	22.400ab
04	22.270ab
10	22.220ab
06	21.190ab
03	20.670ab
07	19.120ab
12	19.030ab
01	10.620b
dms, Tukey a 5% = 19.63                      cv = 22.32%	

Na comparação feita pelo teste Tukey a 5%, pode ser visto que há diferenças significativas entre médias de tratamentos, sendo que o tratamento que deu a maior produção foi o tratamento 08 e o que deu a menor produção foi o 01. Nos demais tratamentos foram obtidas produções intermediárias, que não diferiram entre si.

Muitos pesquisadores têm feito experimentos visando avaliar os efeitos no solo e na produção causada pela acidez residual por fertilizantes nitrogenados. Num trabalho feito durante 4 anos por Garland & Jones (1964) foi encontrado

que o nitrato de amônio produziu pouco ou nenhum efeito nas primeiras três polegadas de profundidade e o sulfato de amônio foi aquele que mais acidificou o solo; nas 3-6 polegadas inferiores, só o sulfato de amônio causou uma leve acidificação. A aplicando calcário, o pH aumentou ligeiramente nas primeiras três polegadas de profundidade, mas os efeitos foram insignificantes nas três polegadas seguintes, especialmente nas que receberam sulfato de amônio.

Comparando as médias dos tratamentos que receberam calagem, é difícil fazer uma avaliação real do que possa ter acontecido com a aplicação de calcário num solo com fertilidade natural bastante baixa, sendo que segundo as pesquisas feitas por SMINORV & SUKOV (1970); KOREN KOV et alii (1976) os fertilizantes nitrogenados possuem geralmente pouco efeito residual, e o seu efeito após 2 anos de aplicação já é muito pequeno.

Pode-se observar também que não houve efeito de doses. Isso é provavelmente devido também ao baixo efeito residual dos fertilizantes nitrogenados.

A comparação entre as médias dos tratamentos que não receberam calagem aparece na tabela 13.

Tabela 13. Comparação entre as médias dos tratamentos que não receberam calagem (matéria seca da planta inteira).

Tratamento	Média, g/vaso
09	26.680a
04	24.260a
07	22.070a
05	20.280a
12	19.170a
08	18.240a
10	18.030a
11	17.530a
03	16.970a
06	16.950a
02	15.750a
01	15.140a
dms, Tukey a 5% = 21.400      cv = 27.970%	

Na comparação de médias feita pelo teste Tukey a 5%, vê-se que não existem diferenças significativas entre as produções médias dos diferentes tratamentos.

Observando as produções médias dos tratamentos e comparando-as com aquelas onde foi feita a correção de acidez, pode-se notar que nos últimos houve uma maior produção de massa de matéria seca. De uma maneira geral pode-se dizer que os tratamentos com a dose maior causaram menor produção de matéria seca em relação a dose menor, com exceção da uréia e uréia

+ S ( $\text{CaSO}_4$ ), onde foi verificado o contrário; isto provavelmente é devido a uma maior redução do pH das terras, pois estes adubos são fisiologicamente ácidos (Neves et Alii, 1960; Mello & Andrade, 1973; Mello et Alii, 1980).

Os fertilizantes que os pesquisadores consideram como causadores de uma maior acidez residual foram aqueles que em maiores doses produziram menor massa de matéria seca. Desta maneira, pode ser visto que os fertilizantes que provocaram uma maior acidez residual, tiveram uma menor produção de matéria seca (ver tabela 31).

Fazendo uma comparação de médias pode-se observar que, numericamente, a produção média dos tratamentos que receberam calcário foi superior à produção média dos tratamentos que não receberam calcário. Assim, houve, na realidade, um efeito do pH pois, provavelmente, quando se fez a correção de acidez houve melhores condições de absorção de nutrientes em geral por parte das plantas.

Observando a tabela de comparação de médias pode-se constatar que para produção de matéria seca, não houve efeito de tratamentos.

Considerando-se os resultados obtidos, de um modo geral e levando-se em conta os tratamentos que receberam calagem e os que não a receberam se observa que não houve efeito residual dos adubos nitrogenados no que se refere à produção

de matéria seca de plantas inteiras.

#### 4.3. Nitrogênio total na parte aérea

Os resultados relativos ao conteúdo de nitrogênio total das partes aéreas das plantas se encontra na tabela 14.

Tabela 14. N total na parte aérea das plantas, mg/vaso.

Tratamentos	Repetições					
	A	B	$\bar{X}$	C	D	$\bar{X}$
1	15.030	10.390	12.710	19.390	11.530	15.460
2	20.660	21.920	21.290	18.960	16.520	17.740
3	24.070	23.990	24.030	28.860	18.010	23.430
4	27.870	24.500	26.190	33.960	32.680	33.320
5	34.200	23.740	28.970	29.930	29.810	29.870
6	21.480	27.330	24.400	30.850	25.110	27.980
7	54.840	29.730	42.280	26.620	46.580	36.600
8	32.210	41.630	36.920	64.860	57.610	61.230
9	19.390	24.830	22.110	46.270	28.190	37.230
10	22.100	41.870	31.980	29.870	48.420	39.140
11	19.870	27.870	23.870	33.520	28.020	30.800
12	32.680	18.250	25.460	33.750	28.210	30.980

A comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem aparece na tabela 15.

Tabela 15. Comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem (N total na parte aérea).

Tratamento	Média, mg/vaso
07	42.285a
08	36.921a
10	31.985a
05	28.970a
04	26.187a
12	25.463a
06	24.405a
03	24.032a
11	23.868a
09	22.110a
02	21.294a
01	12.709a
dms, Tukey a 5% = 32.347      cv = 30.502%	

Observando a tabela anterior pode-se notar que mesmo existindo diferenças numéricas entre médias de tratamentos, não existem diferenças estatísticas ao nível de 5% de probabilidade, o que significa que os tratamentos não afetaram, estatisticamente, as quantidades de nitrogênio acumulados nas partes aéreas das plantas.

Contudo, deve-se notar que essa observação pode estar prejudicada pelo coeficiente de variação um pouco elevado.

Considerando-se os tratamentos que não receberam calagem os resultados de comparação de médias estão na tabela 16.

Tabela 16. Comparação entre médias dos tratamentos que não receberam calagem (N total na parte aérea).

Tratamento	Média, mg/vaso
08	61.235a
10	39.145ab
09	37.230ab
07	36.600ab
04	33.320ab
12	30.980ab
11	30.800b
05	29.870b
06	27.980b
03	23.435b
02	17.740b
01	15.460b

dms, Tukey a 5% = 30.376      cv = 23.900%

Comparando-se as médias dos tratamentos da tabela 16, constata-se que somente o tratamento 08 superou a testemunha. Entende-se, pois, de uma maneira genérica, considerando-se as duas séries de tratamentos, com calagem e sem calagem, que não houve efeito dos mesmos no que se refere ao conteúdo de nitrogênio nas partes aéreas das plantas.

Um fato interessante que chama a atenção é a observância de maiores quantidades de N na parte aérea das plantas dos tratamentos nos quais não foi feita correção de acidez, sendo estas quantidades acompanhadas de um maior peso da matéria seca, sendo ambos valores superiores àqueles dos tratamentos que tiveram correção de acidez. O autor desconhece a explicação desse fenômeno.

#### 4.4. Nitrogênio total na planta inteira de milho.

Os resultados relativos ao conteúdo de N total na planta inteira se encontram na tabela 17.

Tabela 17. Quantidades totais de N nas plantas, mg/vaso

Tratamentos	Repetições					
	A	B	$\bar{X}$	C	D	$\bar{X}$
1	23.220	28.890	26.050	49.590	28.570	39.080
2	53.780	44.320	49.050	50.560	34.320	42.440
3	49.370	87.490	68.430	57.460	30.010	43.730
4	47.820	67.200	57.510	74.560	52.580	63.570
5	67.270	67.340	67.300	56.190	46.910	51.550
6	101.480	67.130	84.300	120.050	44.010	82.030
7	78.840	50.530	64.680	88.320	59.180	73.750
8	82.110	81.930	82.020	115.260	68.010	91.630
9	39.390	48.030	43.710	159.670	51.290	105.480
10	49.100	80.370	64.730	50.870	67.020	58.940
11	54.870	73.230	64.050	59.320	36.880	48.100
12	71.180	36.650	53.910	56.050	48.510	52.280

A comparação entre médias dos tratamentos que receberam e que não receberam calagem aparece nas tabelas 18 e 19.

Tabela 18. Comparação entre médias dos tratamentos que receberam calagem (N total na planta inteira).

Tratamentos	Médias, mg/vaso
06	84,305a
08	82,020a
03	68,430a
05	67,305a
10	64,735a
07	64,685a
11	64,050a
04	57,510a
12	53,910a
02	49,050a
09	43,710a
01	26,055a

dms, Tukey a 5% = 63,820      cv = 26.560%

Tabela 19. Comparação entre médias dos tratamentos que não receberam calagem (N total na planta inteira).

Tratamentos	Médias, mg/vaso
09	105,480a
08	91,635a
06	82,030a
07	73,750a
04	63,570a
10	58,945a
12	52,280a
05	51,550a
11	48,100a
03	43,730a
02	42,440a
01	39,080a
dms, Tukey a 5% = 84,310                      cv = 33.832%	

Foram observadas variações muito grandes nos conteúdos de N total entre tratamentos. Pode-se ver que a dms, em ambos os casos, foi bastante elevada e dessa maneira, não houve diferenças estatísticas entre médias de tratamentos em ambos os casos, com calagem e sem calagem.

Resultado semelhante foi constatado quando se estudou o acúmulo de nitrogênio nas partes aéreas das plantas.

Cabe aqui a observação já feita de que as plantas que não receberam calagem acumularam mais nitrogênio que os que receberam esse tratamento. A explicação do fenômeno é desconhecida pelo autor.

#### 4.5. Alumínio trocável no solo.

Os resultados numéricos referentes aos teores de alumínio dos solos após a 3.<sup>a</sup> colheita se encontram na tabela 20.

Tabela 20. Alumínio trocável nos solos após a 3ª colheita, e.mg/100g de terra.

Tratamentos	Repetições					
	A	B	$\bar{X}$	C	D	$\bar{X}$
1	0.050	0.050	0.050	0.220	0.050	0.130
2	0.040	0.020	0.030	0.170	0.170	0.170
3	0.050	0.030	0.040	0.390	0.290	0.340
4	0.020	0.030	0.025	0.320	0.390	0.355
5	0.050	0.020	0.035	0.470	0.430	0.450
6	0.040	0.020	0.030	0.430	0.350	0.390
7	0.020	0.020	0.020	0.740	0.710	0.725
8	0.020	0.030	0.025	1.000	1.050	1.025
9	0.030	0.050	0.040	0.440	0.360	0.400
10	0.030	0.030	0.030	0.440	0.440	0.440
11	0.040	0.030	0.035	0.270	0.310	0.290
12	0.020	0.030	0.025	0.310	0.280	0.295

A comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem aparece na tabela 21.

Tabela 21. Comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem ( $\text{Al}^3$  trocável/100g de terra).

Tratamentos	Média
01	0.050a
03	0.040a
09	0.040a
05	0.035a
11	0.035a
02	0.030a
06	0.030a
10	0.030a
04	0.025a
08	0.025a
12	0.025a
07	0.020a

dms, Tukey a 5% = 0.044                      cv = 34.262%

Comparando as médias dos tratamentos pelo teste Tukey a 5%, observa-se que não existem diferenças estatísticas entre elas.

Esse fato, aliado aos baixos teores de  $\text{Al}^{3+}$  trocável encontrados, revela que a calagem, elevando o pH das terras, precipitou quase o total desse elemento que se encontrava nas terras dos vasos.

Na tabela 22 encontram-se os resultados da comparação de médias dos tratamentos que não receberam calagem.

Tabela 22. Comparação entre as médias dos tratamentos que não receberam calagem. ( $\text{Al}^{3+}$  trocável/100g de terra.

Tratamentos	Média
08	1.025a
07	0.725b
05	0.450c
10	0.440c
09	0.400c
06	0.390c
04	0.355cd
03	0.340cde
12	0.295cde
11	0.290cde
02	0.170de
01	0.135e

---

dms, Tukey a 5% = 0.205

cv = 12.366%

---

Observa-se, pelos dados da tabela 22 que na ausência de calagem apareceram os efeitos residuais dos adubos nitrogenados.

Os tratamentos que elevaram mais os teores de  $\text{Al}^{3+}$  trocável foram os 08 e 07, doses de 240 e 120kgN/ha como sulfato de amônio, respectivamente.

Os tratamentos sem nitrogênio, 01 e 02, foram os que apresentaram os teores mais baixos de  $\text{Al}^{3+}$  trocável. Os de mais apresentaram teores intermediários.

A explicação para tais observações é a seguinte: o sulfato de amônio é o adubo nitrogenado que provoca maior acidificação do solo, conforme já foi constatado por vários autores. Por isso acarreta o aparecimento de teores mais elevados de  $Al^{3+}$  trocável.

Segundo Van Raij (1981) e outros autores a acidez dos solos promove o aparecimento do alumínio em solução, que passa a ser cátion trocável. Assim, o alumínio trocável é consequência da acidez do solo é responsável por parte dela (MELLO et alii, 1984).

Na opinião de Malavolta (1976) nas condições normais dos solos, o alumínio é o principal responsável pela acidez.

#### 4.6. Hidrogênio potencial no solo após a terceira colheita.

Os resultados numéricos referentes ao teor de  $H^+$  potencial dos solos, após a terceira colheita, se encontra na tabela 23.

Tabela 23. Hidrogênio potencial ( $H^+$ ) no solo após a terceira colheita, e.mg/100g de solo.

Tratamentos	Repetições					
	A	B	$\bar{X}$	C	D	$\bar{X}$
1	1,840	2,224	2,032	2,672	2,016	2,344
2	1,904	2,192	2,048	3,056	2,960	3,008
3	2,184	2,032	2,108	3,472	3,120	3,296
4	2,184	1,888	2,036	3,264	3,104	3,184
5	2,320	1,840	2,080	3,630	3,280	3,460
6	1,920	2,020	1,970	3,470	3,200	3,340
7	2,000	2,000	2,000	3,970	3,950	3,960
8	3,200	2,370	2,780	4,480	4,960	4,720
9	2,300	2,320	2,310	3,260	3,790	3,530
10	2,240	2,380	2,310	3,500	4,140	3,820
11	2,260	2,000	2,130	3,120	3,490	3,300
12	2,220	1,900	2,060	3,220	3,580	3,400

A comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem aparecem na tabela 24.

Tabela 24. Comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem e  $\text{mgH}^+$ /100g de terra.

Tratamentos	Média
08	2.78400a
09	2.31200a
10	2.31200a
11	2.12800a
03	2.10800a
05	2.08000a
12	2.06400a
02	2.04800a
04	2.03600a
01	2.03200a
07	2.00000a
06	1.97200a

dms, Tukey a 5% = 0.981319      cv = 11.451782%

Pela comparação entre médias pelo teste Tukey a 5% pode-se observar que não existem diferenças estatísticas entre tratamentos, mas existem diferenças numéricas sendo que o tratamento 08 foi aquele que numericamente apresentou o maior teor de  $\text{H}^+$  potencial. Os teores de hidrogênio não são muito elevados e não existem diferenças grandes entre um e outro tratamento, devido ao calcário que foi aplicado.

A comparação entre as médias dos tratamentos que não receberam calagem está na tabela 25.

Tabela 25. Comparação entre as médias dos tratamentos que não receberam calagem e  $\text{mgH}^+$ /100g de terra.

Tratamentos	Média
08	4.72000a
07	3.96000ab
10	3.82400ab
09	3.52800 b
05	3.45600 bc
12	3.40000 bc
06	3.33600 bc
11	3.30400 bc
03	3.29600 bc
04	3.18400 bc
02	3.00800 bc
01	2.34400 c
dms, Tukey a 5% = 1.14	
cv = 8.326835%	

Pode-se observar pelo teste Tukey a 5% que existem diferenças estatísticas entre médias de tratamentos, sendo que o tratamento 08 superou estatisticamente os demais, exceto o 07 e o 10.

Observa-se, também, que o sulfato de amônio foi o adubo que causou maior acidez potencial seguido de uréia + sulfato de potássio.

O tratamento 01, que não recebeu adubação, foi o que apresentou acidez potencial mais baixa e o único que

diferiu estatisticamente de sulfato de amônio e de uréia + sulfato de potássio. Os demais tratamentos não diferiram da testemunha geral.

Comparando-se o tratamento 02, testemunha sem N, nota-se que ele não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos nitrogenados, exceto o 08 (240hgN/ha como sulfato de amônio).

Em vista da discussão acima pode-se fazer a observação geral de que não houve efeito residual digno de nota das diferentes fontes nitrogenadas testadas.

#### 4.7. Hidrogênio trocável após a terceira colheita.

Os resultados relativos aos teores de  $H^+$  trocável encontrados após a terceira colheita aparecem na tabela 26.

Tabela 26. Hidrogênio trocável após a terceira colheita,  
e.mgH<sup>+</sup>/100g de terra.

Tratamentos	Repetições					
	A	B	$\bar{X}$	C	D	$\bar{X}$
1	0.230	0.30	0.2650	0.500	0.270	0.385
2	0.220	0.26	0.240	0.440	0.430	0.435
3	0.260	0.26	0.260	0.740	0.650	0.695
4	0.260	0.27	0.265	0.650	0.750	0.700
5	0.300	0.17	0.235	0.750	0.760	0.755
6	0.250	0.18	0.215	0.770	0.710	0.740
7	0.250	0.28	0.265	1.150	1.130	1.140
8	0.550	0.32	0.435	0.1540	1.580	1.560
9	0.250	0.30	0.275	0.800	0.700	0.750
10	0.280	0.26	0.270	0.800	0.780	0.790
11	0.280	0.26	0.270	0.580	0.600	0.590
12	0.260	0.25	0.255	0.600	0.600	0.600

A comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem aparece na tabela 27.

Tabela 27. Hidrogênio trocável, após a 3<sup>a</sup> colheita nos tratamentos que receberam calagem, e.mgH<sup>+</sup>/100g de terra.

Tratamentos	Médias
08	0.435a
09	0.275a
10	0.270a
11	0.270a
01	0.265a
04	0.265a
07	0.265a
03	0.260a
12	0.255a
02	0.240a
05	0.235a
06	0.215a
dms, Tukey a 5% = 0.237                      cv = 22.05%	

Analizando, as médias dos teores de H<sup>+</sup> trocável dos diferentes tratamentos pode-se observar que, pelo teste Tukey ao nível de 5%, não existem diferenças significativas entre elas; Isto é devido, provavelmente, ao calcário aplicado que neutralizou essa acidez. Contudo, pode ser observado, mais uma vez, o efeito do sulfato de amônio, que na dose superior foi o tratamento no qual o teor de H<sup>+</sup> trocável mostrou-se superior, numericamente.

Os resultados relativos às médias dos tratamentos que não receberam calagem se acham na tabela 28.

Tabela 28. Hidrogênio trocável após a 3.<sup>a</sup> colheita, nos tratamentos que não receberam calagem e.  $\text{mgH}^+$ /100g de terra.

Tratamento	Média
08	1.56a
07	1.14b
10	0.79c
05	0.75c
09	0.75c
06	0.74c
04	0.70c
03	0.69c
12	0.60cd
11	0.59cd
02	0.43d
01	0.38d

dms, Tukey a 5% = 0.24                      cv = 7.9%

Analizando as médias dos tratamentos onde não foi feita a correção de acidez, pelo teste Tukey a 5%, pode ser visto que existem diferenças estatísticas entre elas.

Os tratamentos em que os teores de  $\text{H}^+$  trocável foram mais elevados se referem ao sulfato de amônio, tanto na dose de 240 como de 120kg N/ha.

Por outro lado, os menores teores apareceram nas testemunhas, que não diferiram dos dois tratamentos com uréia

mais sulfato de cálcio.

Constata-se, também, na tabela 28, que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos que envolvem uréia e nitrato de amônio.

Como observação final e generalizada pode-se dizer que nos tratamentos que receberam calagem não houve efeito residual dos adubos nitrogenados no que concerne ao  $H^+$  trocável. Porém, esse efeito existiu nos tratamentos em que não receberam o corretivo, sendo mais intenso o efeito do sulfato de amônio.

#### 4.8. Valores pH das terras nos tratamentos após a terceira colheita.

Os resultados relativos ao pH nos diferentes tratamentos se encontram na tabela 29.

Tabela 29. Valores pH das terras nos diferentes tratamentos após a terceira colheita.

Tratamentos	Repetições					
	A	B	$\bar{X}$	C	D	$\bar{X}$
1	5,900	5,950	5,925	5,450	5,600	5,525
2	5,800	5,800	5,800	4,950	5,050	5,000
3	5,750	6,000	5,875	4,650	4,750	4,700
4	5,800	6,000	5,900	4,700	4,700	4,700
5	5,600	6,000	5,800	4,650	4,700	4,675
6	5,700	5,950	5,820	4,600	4,650	4,625
7	5,750	5,800	5,775	4,250	4,350	4,300
8	4,850	5,400	5,125	4,100	4,100	4,100
9	5,550	5,600	5,575	4,650	4,750	4,700
10	5,650	5,700	5,675	4,650	4,750	4,700
11	5,600	5,900	5,750	4,800	4,750	4,775
12	5,650	5,900	5,775	4,250	4,800	4,525

A comparação entre as médias dos tratamentos que receberam calagem se encontra na tabela 30.

Tabela 30. Comparação entre as médias dos valores pH nos tratamentos que receberam calagem.

Tratamentos	Média
01	5.925a
04	5.900a
03	5.875a
06	5.820a
02	5.800a
05	5.800a
12	5.775a
07	5.775a
11	5.750a
10	5.675a
09	5.575a
08	5.125b

dms, Tukey a 5% = 0.447765

cv = 3.0527032%

Pelo teste Tukey a 5% pode-se notar que as médias dos tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, excetuando o tratamento 08, no qual o pH foi estatisticamente inferior ao pH de todos os outros tratamentos.

Pode-se ver que mesmo com a correção de acidez visando elevar o pH a 6.0, isto não foi conseguido, sendo que em todos os casos o pH das médias dos tratamentos foi inferior a 6.0. No caso do tratamento 08 pode-se verificar que o poder acidificante deste adubo é bastante elevado e mesmo

com a correção da acidez, a elevação do pH foi pequena. Neste caso a dose maior de sulfato de amônio produziu um maior efeito acidificante no solo; estes resultados são corroborados por Catani & Gallo (1954) os quais testaram doses crescentes de sulfato de amônio, tendo como resultado que as doses maiores acidificaram mais o solo.

VELLY (1974) constatou que N aplicado como sulfato de amônio durante vários anos em solos tropicais, causaram sua rápida acidificação, sendo que a redução do pH e o aumento do teor de alumínio trocável provocaram sintomas de toxidez em milho.

A comparação entre as médias dos tratamentos que não receberam calagem acham-se na tabela 31.

Tabela 31. Valores pH das terras nos diferentes tratamentos que não receberam calagem após a terceira colheita.

Tratamentos	Média
01	5.52a
02	5.00b
11	4.75bc
03	4.70bc
09	4.70bc
10	4.70bc
04	4.70bc
05	4.67bc
06	4.62bc
12	4.52cd
07	4.30cd
08	4.10d

dms, Tukey a 5% = 0.471                      cv = 2,76%

Verifica-se pelos dados da tabela 31, que os valores de pH mais elevados são os dos tratamentos testemunhas (01 e 02) enquanto que os mais baixos são os dos tratamentos correspondentes ao sulfato de amônio (07 e 08) o que, mostra mais uma vez, o elevado poder acidificante do solo que apresenta esse fertilizante. Tal fenômeno já foi citado por diversos autores.

Os demais fertilizantes apresentaram efeitos residuais menos acentuados que o sulfato de amônio, semelhantes

entre si e não diferentes, estatisticamente, da testemunha PK.

Numa apreciação geral, englobando, os tratamentos que receberam calagem e os que não as receberam, pode-se considerar que somente o sulfato de amônio acidificou a terra de modo significativo.

#### 4.9. % de Nitrogênio total nos solos após a terceira colheita.

Os resultados relativos ao N total nos solos dos diferentes tratamentos se encontram na tabela 32.

Tabela 32. % de N total nos solos dos diferentes tratamentos após a terceira colheita.

Tratamentos	Repetições					
	A	B	$\bar{X}$	C	D	$\bar{X}$
1	0.06	0.07	0.065	0.06	0.06	0.06
2	0.07	0.06	0.065	0.06	0.06	0.06
3	0.06	0.07	0.065	0.08	0.07	0.075
4	0.07	0.06	0.065	0.08	0.06	0.07
5	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
6	0.06	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07
7	0.06	0.07	0.065	0.06	0.07	0.065
8	0.06	0.09	0.075	0.08	0.07	0.075
9	0.08	0.07	0.075	0.06	0.06	0.06
10	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.065
11	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
12	0.07	0.06	0.075	0.06	0.06	0.06

A comparação entre as médias dos diferentes tratamentos aparece na tabela 33.

Tabela 33. % de N total nos diferentes tratamentos, (comparação entre médias).

Tratamentos	Médias
08	0.075a
11	0.070a
16	0.070a
03	0.070a
04	0.067a
09	0.067a
07	0.065a
01	0.065a
05	0.062a
02	0.062a
10	0.062a
12	0.062a

dms, Tukey a 5% = 0,021                      cv = 11.35%

Como se nota, os dados da tabela 32 não apresentam grande variação, sendo, ao contrário, muito próximos entre si. Por isso, a análise da variância foi feita sem se considerar parcelas com e sem calagem, isto é, foi feita considerando-se os 48 tratamentos, constatando-se pelo teste F, a não significância entre eles.

Contudo, para reforçar a observação acima, foi efetuada a comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% e os resultados estão expostos na tabela 33.

Nota-se que não houve diferenças estatísticas entre tratamentos o que significa que os fertilizantes nitrogenados não deixaram efeito residual no que concerne ao teor de N no solo.

## 5. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos e discutidos podem ser tiradas as seguintes conclusões gerais:

a. No que concerne à produção de matéria seca de partes aéreas e de plantas inteiras não houve efeito residual de N, exceto nos tratamentos correspondentes à partes aéreas de plantas que não receberam calagem.

b. Não houve efeito residual das fontes nitrogenadas quando se tomou como parâmetro de avaliação o conteúdo de N das plantas.

c. Relativamente ao  $Al^{3+}$  trocavel, nos tratamentos que receberam calagem não houve efeito residual dos adubos nitrogenados, mas na ausência de corretivo o sulfato de amônio apresentou efeito consideravel. Os demais apresentaram efeitos menos pronunciados.

d. De um modo global, no que se refere ao  $H^+$  potencial e trocavel não houve efeito residual dos fertilizantes

nitrogenadas nos tratamentos que sofreram correção da acidez, mas, naqueles que não receberam  $\text{CaCO}_3$  houve algum efeito residual, sobretudo do sulfato de amônio.

e. Quando se tomou o valor pH como índice de avaliação do efeito residual, apenas o sulfato de amônio baixou o pH das terras, tanto nos tratamentos que receberam calagem como nos que não a receberam.

f. Não houve efeito residual dos fertilizantes nitrogenados quando ele foi avaliado pelo teor de N do solo.

g. Quando se emprega fertilizantes amoniacais com frequência, sobretudo o sulfato de amônio, deve-se atentar para a correção da acidez do solo.

6. LITERATURA CITADA

ABRUÑA, F.; PEARSON R. W. and ELKINS C. B., 1958. Quantitative evaluation of soil reaction and Base status changes resulting from field application of residually acid-forming Nitrogen fertilizers. Soil Sci. Soc. Amer. proc. Madison, 6: 539-542.

ANDERSON, R., 1976. The acidifying effect of nitrogen fertilizers on Swedish farm soils. Grund for battring uppsala, 26(1): 11-24.

ANDREYEVA, YE. A. and SCHEGLOVA G. M., 1972. Utilization of nitrogen fertilizer by plants (according to the experiments with the isotope  $N^{15}$ ). Pochvovedeniye, U.S.S.R., 12.

AWAD, A.S. and EDWARDS, O. G., 1977. Reversal of adverse effects of heavy ammonium sulphate application on growth and nutrient status of Kikuyu pasture. Plant and soil. The Hague, 48(1): 169-183.

- BHUIYA, Z. H.; SATTAR, M. A. and ISLAM, M. S., 1974. Transformation of Urea. N in MadHupur red soil. Indian J. Agric. Sci. Bangladesh, 22(1): 31-35.
- CATANI, R. A., S. R. GALLO & M. GARGANTINI., 1954. Disponibilidade de nitrogênio em diversos fertilizantes nitrogenados. Bragantia 13: 95-103.
- FELIZARDO, B. C.; BENSON, N. R. & LHENG, N. H., 1972. Nitrogen salinity and acidity distribution in an irrigated orchard soil as affected by placement of nitrogen fertilizers. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison. 36: 803-808.
- GARLAND, K. R. & JONES, G. D., 1964. Effect of Nitrogenous fertilizers on soil pH. J. agric. vict. Victoria 62: 410-422.
- HAVELKA, B., 1979. Changes in the soil reaction caused by nitrogen fertilization of apple trees. Acta Universitatis agriculturae. Czechoslovakia. 27(2): 49-53.
- HAYLETT, D.G.; TNERUN, J. J., 1955. Studies on the fertilization of a grassley. J. Afr. Dep. Agric. Sci. Bull. South Africa 351: 33.
- HASHIMOTO, T.; OHI, T.; YOKOTA, H., 1974. Acidification of soil pH by the application of urea. Bulletin of Hiroshima agricultural college. Hiroshima 5(1): 1-7.

- HILTBOLD, A. F. & F. ADAMS., 1960. Effect of nitrogen volatilization on soil acidity changes due to applied nitrogen. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison 24: 45-47.
- HOFMANN, E.; HUNNIUS, W., 1955. The effect of differential physiological fertilizing on some factors of soil fertility. Z. Pflanzenernähr DÜNG. Germany 70: 104-114.
- JAAKKOLA, A., 1978. Nitrate ammonium and urea Nitrogen as fertilizers for wheat and rye in a field experiment. J. Sci. Agric. Soc. of Finland. Finland 50(4): 346-360.
- KIEHL, J. C.; MELLO, F. A. F.; ARZOLLA, S., 1981. Efeito acidificante de alguns adubos nitrogenados em solos de diferentes texturas. O Solo. Piracicaba 73(2): 1-64.
- KOLBE, G.; SCHARF, H., 1967. The effect of different forms and amounts of N on crop yields and soil reaction in a long-term fertilizer trial. 2. Effect on soil acidity. Albrecht - thær-arch. 11: 115-120.
- KOREN'KOV, D. A.; LAVRODA, I. A.; FILIMONOV, D. A. and RUDELEV, YE. V., 1976. Transformation of previously immobilized nitrogen after repeated fertilizer application. Soviet Soil Science. 5: 572-575.
- MALAVOLTA, E., 1976. Manual de Química agrícola. Nutrição de Plantas e fertilidade do solo. Editora agrônômica "Ceres". 528p.

MCCLURE, G. W.; HUNTER, A. S., 1962. Investigations of ammonium chloride as a nitrogen fertilizer for forage crops and corn. Agron. Journal. Madison. 54: 443-447.

MELLO, F. A. F., & R. G. ANDRADE., 1973. A influência de alguns adubos nitrogenados sobre o pH do solo. Rev. Agric. Piracicaba. 48: 68-78.

MELLO, F. A. F., S. ARZOLLA; J. C. KIEHL; M. O. C. BRASIL SOBRINHO; A. COBRA NETTO & R. I. SILVEIRA., 1980. Efeito da uréia e do sulfato de amônio sobre a acidez de um solo. XIV Reunião Brasileira de fertilidade do solo, Cuiabá.

MELLO, F. A. F., & S. ARZOLLA., 1983a. Efeito residual de adubos nitrogenados. Rev. agric. Piracicaba. 58:17-24.

MELLO, F.A.F. & S.ARZOLLA, 1983b. Acidificação do solo por adubos nitrogenados. Efeitos residuais após a primeira e segunda colheita. Rev. agric. Piracicaba. 58:17-24.

MELLO, F.A.F.; MOACYR, O.C.SOBRINHO B,; ARZOLLA, S,; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A. & KIEHL, J.C. 1984. Em fertilidade do solo, 2<sup>a</sup> edição. Livraria Nobel S.A., São Paulo .

MELLO, F.A.F. (1984) no prelo.

NEVES, O.S., G.P. VIEGAS & E.S.FREIRE. 1960. Efeito do uso contínuo de certos adubos azotados sobre o pH do solo. Bragantia, 19: cxxv-cxxxii, Nota nº 25.

- PIERRE, W.H. 1928. Nitrogenous fertilizers and soil acidity: I. Effect of various nitrogenous fertilizers on soil reaction . Jour. Amer. Soc. Agron. 20: 254-69.
- PIERRE, W.H.; WEBB, J.R. SHRADER, W.D. 1971. Effects of nitrogen fertilizer on the development and downward movement of soil acidity in relation to level of fertilization and crop removal in a continuous corn cropping system. Agron. J. Iowa. 63: 291-296.
- PUPO DE MORAES, F.R., W. LAZZARINI, S.V. TOLEDO, G.S.CERVellini & M. FUJIWASA. 1976. Fontes e doses de nitrogênio na adubação do cafeeiro. I - Latossolo Roxo transição para Latossolo Vermelho-amarelo, orto. Bragantia, Campinas. 35: 63-77.
- SMIRNOV, P.M. 1969. Residual effect of nitrogen fertilizers. DOKL. TSKHA. USSR, nº 154.
- SMIRNOV, P.M. & A.A. SUKOV. 1970. Availability to plants and transformation in soil of residual immobilized fertilizer - nitrogen. Agro. Khimiya, USSR. nº 12: 3-15.
- SMIRNOV, P.M.; I.E.I. SHILOVA & N.I. KHON. 1972. Immobilization of fertilizer nitrogen in field experiments on various soils. IZV. TSKNA, nº 2.
- THOMAZI, M.D., 1983. Competição de adubos nitrogenados na cultura do milho (Zea mays L.) cv. Piranão. Dissertação apresentada a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba.

- TISDALE, S.L. & W.L. NELSON. 1966. Soil fertility and fertilizers, 2<sup>a</sup> ed., The MacMillan Company, New York; Collier - MacMillan Limited, Londres, 694p.
- TURCHIN, F.V. 1964. Transformation of nitrogen fertilizers in soil and their uptake by plants. *Agro Khimiya*. nº 3.
- VAN RAIJ, B. 1981. Avaliação da fertilidade do solo. Instituto da Potassa (EUA-Suíça). Piracicaba. 142 p.
- VELLY, J. 1974. Observation on the acidification of some soils in madagascar. Agronomie tropicale. Montpellier. 29(12): 1249-1262.
- VOLK, GAYLORD, M.; & BELL, C.E. 1944. Soil reaction (pH): some critical factors in the determination, control and significance. florida tech. Florida. Bull 400.
- WOLCOTT, A.R.; GUTN, J.F.; DAVIS, R.; & J.C. SNICKLUNA. 1965. Nitrogen Carriers: I. Soil effects. Soil Sci. Amer. Proc. Madison. 29:405-410.