COMPETIÇÃO DE ADUBOS NITROGENADOS NA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*, L.) cv. PIRANÃO

MARIA DOMITILA THOMAZI

Orientador: Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ 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
Novembro - 1983

Aos meus pais
Alberto e Isaurina

Aos meus irmãos
Maria de Fátima e Mário Alberto

Ao meu cunhado
Luiz Reinaldo

Aos meus sobrinhos
Neto e Luís Filipe

Dedico

Ao Prof. Francisco de Assis Ferraz de Mello,
do Departamento de Solos, Geologia e
Fertilizantes da Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz"

Tudo o que eu deveria dizer para
externar o meu agradecimento seria pequeno
e ficaria aquém da realidade.

O idealismo que sempre norteou
a sua conduta, a orientação solícita e
desinteressada, a colaboração pronta,
paciente e contínua - são os traços
do verdadeiro Mestre que eu reverencio,
e a quem agradeço a consecução deste
trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Ao Prof. Dr. Sylvio Arzolla, do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", amigo e incentivador.

Ao Prof. Dr. Henrique Paulo Haag, do Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", por diversas facilidades oferecidas.

Ao acadêmico de Agronomia José Mario Thomazi de Godoy, pelo trabalho datilográfico.

Às demais pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

À PETROFÉRTIL/NITROFÉRTIL-NE/ULTRAFÉRTIL S.A., pela ajuda concedida.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vi
SUMMARY	viii
1. INTRODUÇÃO	I
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Experimentos realizados no estrangeiro	4
2.2. Experimentos realizados no Brasil	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Produção de matéria seca da parte aérea	20
4.2. Produção de matéria seca de raízes	25
4.3. Acúmulo de N nas partes aéreas das plantas ...	29
4.4. Acúmulo de N nas raízes	33
4.5. Acúmulo de N pelas plantas	37
5. CONCLUSÕES	41
6. LITERATURA CITADA	44
APÊNDICE	51

COMPETIÇÃO DE ADUBOS NITROGENADOS NA CULTURA DO MILHO
(Zea mays L.) cv. Piranão

Candidata: Maria Domitila Thomazi

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

RESUMO

Foi efetuado um ensaio de competição entre adubos nitrogenados fisiologicamente ácidos, em vasos, com a finalidade principal de se verificar o comportamento da uréia frente ao nitrato de amônio, sulfato de amônio, uréia + enxofre, este sob duas formas: sulfato de potássio e sulfato de cálcio.

A terra utilizada era de tabuleiro proveniente de Rio Largo, Alagoas, Brasil e o ensaio foi conduzido na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba, Brasil.

A planta teste foi o milho (Zea mays L.) cv Piranão.

Os parâmetros de avaliação foram produção de matéria seca e absorção de nitrogênio.

Resumindo, pode-se concluir que a dose de 240 kg N/ha foi excessiva em relação à de 120 kg N/ha. Doses menores que esta última devem ser experimentadas.

No que concerne à produção de matéria seca, o nitrato de amônio superou os demais, na dose de 120 kg N/ha ,

igualando-se a eles no que se refere à disponibilidade de N , baseada no acúmulo desse nutriente nas plantas.

É de se esperar que a uréia, convenientemente aplicada no solo, seja tão boa fonte de N quanto os demais fertilizantes nitrogenados.

EFFICIENCY OF NITROGEN FERTILIZERS TO CORN PLANT
(*Zea mays* L.)

Candidate: Maria Domitila Thomazi

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

SUMMARY

This work was carried out in pots in order to study the fertilizer effect of urea in face of the ammonium nitrate, ammonium sulphate and urea plus sulphur, being this last one under two forms: potassium sulphate and calcium sulphate.

A "tabuleiro" soil, from Rio Largo, State of Alagoas, Brazil, was used. The experiment took place at the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", University of São Paulo, located in Piracicaba, State of São Paulo, Brazil.

Corn plant (*Zea mays* L.) c.v. Piranão was used as test plant.

The evaluation parameters were production of dry matter and nitrogen absorption.

In what concerns to the dry matter production, the ammonium nitrate surpassed all the others in the rate of 120 kg N/ha while all of them showed to produce the same effect in what concerns to the nitrogen availability based in

the accumulation of this nutrient in the plants.

One can expected that urea, when conveniently applied to the soil, will prove to be a good source of nitrogen as any other nitrogen fertilizer tested.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um parque industrial razoável de fertilizantes nitrogenados que, em 1982, foi responsável por 61,6% do total desses fertilizantes consumidos na lavoura nacional (ROCHA, 1983).

Embora a preços elevados, e sujeitos a aumentos contínuos, o consumo de adubos nitrogenados tem aumentado neste país nos últimos anos, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Consumo aparente de adubos nitrogenados no Brasil, em 1000 t de N (ROCHA, 1983).

Ano	N
1972	412
1973	346
1974	389
1975	406
1976	498
1977	700
1978	702
1979	779
1980	906
1981	668
1982	644

Esse aumento de produção se deve, indubitavelmente, a um incremento na produção de uréia, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2. Produção nacional de adubos nitrogenados, em 1000 t de N (ROCHA, 1983).

Adubo	N
Sulfato de amônio	37,7
Uréia	157,9
Nitrocálcio	22,6
Nitrato de amônio	60,4
Fosfato de amônio	35,0
Fosfato monoamônio	48,1
Fosfato diamônio	35,0
Fertilizantes complexos	34,9

Entretanto, muitos trabalhos de pesquisa realizados nos últimos anos, têm mostrado que a uréia aplicada no solo, ou via foliar, apresenta inconvenientes.

No segundo caso, estes são devidos ao biureto, quando presente em excesso.

No primeiro caso, o principal problema da uréia em relação a outros fertilizantes nitrogenados, talvez se deva a perdas de N por volatilização na forma amoniaca, conduzindo à produções menores.

Esses inconvenientes podem ser reduzidos através de um bom manejo desse fertilizante.

Para estudar esse aspecto, além de alguns outros problemas ligados à uréia fertilizante, em 1978 foi firmado um Protocolo entre Petrofértil/Nitrofértil-NE/ Ultrafértil S.A./L.S.G.-ESALQ.

Esta dissertação é parte do referido protocolo e nela se pretendeu estudar, em condições de vasos, a competição entre adubos nitrogenados fisiologicamente ácidos, visando, sobretudo, o comportamento da uréia em relação a eles e tendo como parâmetros de avaliação a produção de massa vegetal e o acúmulo de N pelas plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Muitos experimentos de competição entre adubos nitrogenados têm sido feitos em todo mundo, inclusive no Brasil.

A seguir serão feitas menções a alguns ensaios feitos no estrangeiro e, depois, a alguns efetuados no Brasil.

2.1. Experimentos realizados no estrangeiro

DEVINE e HOLMES (1963 a) estudando a eficiência do nitrato de amônio, sulfato de amônio e uréia em pastagens de trevo, em solos variando de franco arenoso a franco argiloso, analisaram o rendimento em matéria seca em cortes sucessivos. Os menores rendimentos foram obtidos pela uréia, sendo esta relativamente menos eficiente que as outras duas fontes em um ou mais cortes. Acreditam os autores que a menor eficiência relativa da uréia foi devida à volatilização de NH_3 oriundo da mesma.

WORKER (1976) comparou a eficiência da uréia em solos arenosos plantados com capim sudão, concluindo que a maior eficiência do sulfato de amônio para o desenvolvimento da grama foi devido à lixiviação da uréia da zona radicular, antes mesmo de sua amonificação.

MORRIS e JACKSON (1959), comparando três fontes de N com a uréia, em dose única ou parcelada, para produção de azevém em solo franco arenoso de pH 6,0, verificaram que ela foi tão eficiente quanto o nitrato de amônio, o nitrato de sódio e o sulfato de amônio como fonte de nitrogênio para a produção da forrageira.

DILZ e VAN BURG (1963), testando o efeito da uréia e nitrocálcio aplicados em solos argilosos e arenosos na produção de pastagem, verificaram ser a uréia menos eficiente em incrementar o rendimento de matéria seca e revelaram que a causa provável foi a evolução de NH_3 da uréia, durante e após a hidrólise deste fertilizante.

Utilizando capim cevadinha (Bromus innermis L.) para verificar a ação residual em um experimento de comparação de fontes de N em solo franco arenoso de pH 6,5 cultivado com milho por vários anos, POWER et alii (1973) constataram maior absorção pelas plantas do nitrogênio proveniente do nitrato de amônio do que da uréia. Este efeito foi devido à maior lixiviação da uréia e volatilização do NH_3 em relação ao nitrato de amônio, nas condições em que o trabalho foi executado.

SHENG (1964) estudou o efeito de diversas fontes de N para capim napier e concluiu que os fertilizantes cloreto de amônio, sulfato de amônio, uréia e nitrocálcio não

diferiram significativamente entre si sobre a produção de matéria seca.

Comparando a eficiência da uréia recoberta com enxofre e sulfato de amônio, para produção de cana-de-açúcar em solo argiloso, DALAL e PRASAD (1975) encontraram que a uréia se mostrou inferior aos outros dois tratamentos, que não diferiram significativamente entre si. A uréia teve menor eficiência aplicada na superfície que quando aplicada a 10 cm de profundidade.

DU TOIT (1967) revisou os estudos sobre o uso e eficácia de diferentes formas de nitrogênio para cana-de-açúcar em diferentes climas e solos e constatou que na maioria dos países produtores dessa gramínea, os resultados médios obtidos para quantidades iguais de nitrogênio, aplicados na forma de uréia e sulfato de amônio, foram praticamente idênticas.

ABRUÑA et alii (1962), comparando cinco fontes de nitrogênio com a uréia, aplicadas em solo argiloso, em um experimento de campo cultivado com café, constataram rendimentos mais baixos apenas para o nitrato de sódio, não havendo diferenças significativas de rendimento entre as outras fontes e uréia.

Em um experimento em casa de vegetação com solo aluvial de pH 7,8, NARAIN e DATTA (1974), testando fontes de N e inibidores de nitrificação sobre o rendimento em peso da matéria seca de palha e grãos de trigo e arroz inundado, concluíram que a uréia e o sulfato de amônio foram igualmente eficientes e superiores ao nitrato de amônio para o arroz. Em relação ao trigo a uréia foi superior apenas à testemunha.

COURT et alii (1963), em um trabalho sobre os

efeitos do nitrato de amônio e uréia no crescimento e produção da folhagem do milho, em 42 tipos de solos, constataram uma maior eficiência do nitrato de amônio em 90% dos solos examinados, tendo a uréia proporcionado maior rendimento em matéria seca apenas nos solos argilosos. Observaram também, que a uréia afetou negativamente várias fases do desenvolvimento da planta em solos de textura arenosa, em maior proporção do que em solos argilosos, sendo possivelmente este, o motivo do menor rendimento com a uréia.

Testando a eficiência de diversas fontes de N na produtividade de cevada, em trabalhos instalados em solos barrentos, DEVINE e HOLMES (1963 b) concluíram pela menor eficiência da uréia e do nitrato de cálcio, em relação às outras fontes utilizadas. Constataram que a uréia prejudicou mais a germinação que o sulfato e nitrato de amônio.

SAMUELS et alii (1960), comparando o sulfato de amônio e a uréia em condições de campo e seus efeitos na produção de tabaco, em solo argiloso de pH 5,5, não encontraram diferenças significativas entre as fontes em relação aos rendimentos obtidos.

ENYI (1965), em experimentos em casa de vegetação, comparou sulfato de amônio com uréia em solo argilo-arenoso, quanto ao rendimento em matéria seca de várias culturas (sorgo, milho, algodão, grão de bico, mamona). Concluiu que a eficiência da uréia sobre o rendimento e crescimento das plantas foi semelhante à do sulfato de amônio. Também verificou efeitos diferenciais em função dos níveis, distância de aplicação da linha, aplicação em cobertura e fracionamento das doses para as referidas culturas.

Em uma série de experimentos de campo, testando os efeitos de fontes de adubos nitrogenados sobre várias condições de clima e solos da Inglaterra, DEVINE e HOLMES(1963 c) concluíram que:

1) Na cultura de cevada os aumentos de rendimentos obtidos foram os mesmos com o emprego de uréia e de nitrato de amônio em solos ácidos. Em solos alcalinos, o nitrato de amônio foi mais eficiente que a uréia. Os autores não observaram influência da textura do solo ou da região.

2) Na cultura da beterraba, observaram as mesmas tendências obtidas com a cultura da cevada.

3) Para batata, o emprego da uréia resultou em menores aumentos de produção que com o sulfato de amônio. Para esta cultura não se observou influência do pH do solo, textura do solo, região ou método de aplicação do adubo.

4) Trigo de inverno: na maioria dos experimentos realizados, a uréia não diferiu significativamente do nitrato de amônio e não foram observados efeitos de pH ou textura do solo.

5) Em pastagens, a resposta média à única aplicação de uréia foi inferior ao emprego de nitrato de amônio.

Esta inferioridade foi mais pronunciada em solos de pH maior que 7,0 e contendo bastante carbonato de cálcio, sendo menos marcante em solos ácidos. Os autores concluíram que, na análise global para as culturas estudadas, a uréia proporcionou rendimentos significativamente menores que as outras fontes consideradas, em 28 dos 136 experimentos. Em casos isolados a uréia foi apenas 50 a 66% tão eficaz quanto as outras fontes em aumentar a produção, proporcionando significativamente maiores rendimentos em apenas 4 experimentos, 2 em batata e 2 com a

cultura do trigo. Os autores acrescentaram que os menores rendimentos com a uréia nas várias culturas, podem ser explicados pela volatilização diferencial da amônia desta fonte em relação às outras fontes utilizadas.

HERNANDO et alii (1962), trabalhando com adubação de cereais em regiões distintas da Espanha, no sentido de verificar a eficácia da uréia e do sulfato de amônio, constataram que para a cultura de milho a uréia superou ligeiramente o sulfato de amônio. O aumento das doses de nitrogênio proporcionou aumento no rendimento da cultura e, ainda que o incremento obtido tenha sido muito pequeno, a análise dos grãos mostrou um aumento na riqueza em termos de nitrogênio.

POWER et alii (1972) estudaram o efeito de fontes de nitrogênio na cultura do milho. Verificaram que tanto na produção de matéria seca como na produção de grãos, não houve diferenças significativas para a menor dose (55 kg N/ha) entre as fontes estudadas. Para a maior dose (110 kg N/ha), porém, houve diferenças estatísticas, tanto na produção de matéria seca como na de grãos, sendo que neste último caso, a uréia foi inferior ao nitrato de amônio e igual ao nitrato de cálcio e sulfato de amônio.

HERNANDO et alii (1962), compararam, no cultivo do trigo, em distintas regiões da Espanha, a eficácia da uréia e do sulfato de amônio em três níveis de adubação. Os resultados mostraram que a uréia pode substituir o sulfato de amônio, em condições de igualdade, como adubo nitrogenado para essa gramínea com tendência, por parte da uréia, de apresentar um máximo rendimento na dose de 125 kg de uréia/ha.

STEPHEN e WAID (1963), trabalhando com experimentos em vasos, testando três fontes de adubos nitrogenados (uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio), sobre a produção de matéria seca do trigo de verão e de inverno, verificaram que não houve diferenças significativas entre as fontes quando se utilizaram baixas doses de N (200 mg N/vaso), embora tenha retardado a emergência do trigo de verão quando se incorporou a uréia. Porém, para doses altas (400 e 600 mg N/vaso) a uréia foi estatisticamente inferior às outras duas fontes testadas, sendo que, quando incorporada, retardou a emergência tanto do trigo de verão como de inverno.

SAMUELS et alii (1960), estudando o efeito do sulfato de amônio e da uréia como fonte de N na adubação do fumo, em Porto Rico, usando 247,1 kg N/ha e aplicando dez dias após o transplante, verificaram que as duas fontes de N proporcionaram produções semelhantes.

STEPHEN e WAID (1963), trabalhando com experimentos em vasos e testando tres fontes de nitrogênio (uréia , sulfato de amônio e nitrato de amônio incorporados e aplicados superficialmente), sobre a produção de aveia, cevada, tomate, tabaco, batata e girassol, verificaram que quando se utilizaram baixas doses de N (200 mg N/vaso) e se incorporaram ao solo não houve diferença significativa entre fonte de N e produção de matéria seca, embora a uréia incorporada tenha retardado a emergência de todas as espécies. Para altas doses de N (400 mg N/vaso e 600 mg N/vaso), de uma maneira geral, a uréia foi estatisticamente inferior às outras duas fontes testadas, sendo que, nesse caso, também a uréia retardou a emergência das espécies. Quando se aplicaram os adubos superficialmente, a mesma

tendência de produção de matéria seca em função da dose e fonte foi verificada, mas a uréia não retardou a emergência das plântulas.

HERNANDO et alii (1964), estudando adubação nitrogenada com uréia e sulfato de amônio, em batata, pimentão e algodão, na Espanha, verificaram que não houve diferença entre as formas de adubos nitrogenados, assim como entre os níveis de adubação.

SAMUELS e GANDÍA-DÍAZ (1963) observaram que a uréia e o sulfato de amônio foram igualmente eficientes na dose de 112 kg N/ha mas que na dose de 224 kg N/ha maior rendimento foi observado com a uréia na cultura do abacaxi.

2.2. Experimentos realizados no Brasil

CATANI et alii (1954) num ensaio em vasos, constataram que a uréia foi o melhor adubo da competição (uréia, sulfato de amônio, solução amoniaca, farinha de chifres e cascos, calciocianamida, torta de algodão e salitre do Chile, estando a eficiência dos mesmos nessa ordem) na produção de matéria seca de arroz.

ARRUDA (1960) não observou diferenças entre sulfato de amônio, uréia e nitrato de cálcio na produção de cana-de-açúcar, numa Terra Roxa.

Num ensaio de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar, em Terra Roxa misturada, ALVAREZ et alii (1958) constataram que dos adubos empregados (salitre do Chile, sulfato de amônio, nitrocálcio, calciocianamida, uréia e torta de mamona) apenas a calciocianamida mostrou resultado inferior aos

demaís, sendo que estes não diferiram entre si.

NEVES et alii (1960) fazem referência a um ensaio de longa duração (1925-1942) realizado pelo Instituto Agrônomico do Estado de São Paulo para comparar a eficiência do salitre do Chile, uréia e sulfato de amônio nas culturas de milho, algodão e arroz. Concluíram que, de um modo geral, salitre do Chile e uréia se portaram semelhantemente, com leve superioridade ora de um, ora de outro; o sulfato de amônio foi inferior a eles, sobretudo a partir de 1932-33.

BRASIL SOBRINHO et alii (1962) testaram os efeitos de diversos fertilizantes nitrogenados na cultura do abacaxi, durante duas produções consecutivas. Concluíram que, em ambas, nitrato de cálcio, uréia, nitrato de cálcio + enxofre e sulfato de amônio não diferiram entre si, mas foram superiores ao salitre do Chile no que concerne à produção de frutos.

Em dois ensaios de adubação do tomateiro, realizados em 1962-63, CAMPOS et alii (1963) não encontraram diferenças significativas entre salitre do Chile, sulfato de amônio, uréia e nitrocálcio.

FUZATTO et alii (1965) relataram os resultados de 12 ensaios de competição de fontes nitrogenadas no algodoeiro realizados nos anos de 1937-38 e 1960-61 em várias localidades do Estado de São Paulo. Embora em um ou outro caso tenham sido observadas diferenças significativas, os autores as atribuíram a falhas na condução dos experimentos e recomendam que os fertilizantes testados (salitre do Chile, calnitro l.g., nitrocálcio l.g., urecal l.g., sulfato de amônio, nitrocálcio e uréia) sejam considerados de mesma eficiência, o uso de um

ou de outro ficando na dependência das conveniências do momento.

GARGANTINI e OLIVEIRA (1972) estudaram, em vasos, os efeitos do salitre do Chile, sulfato de amônio e uréia, na produção de matéria seca de palha e de grãos de trigo. Verificaram que, no primeiro caso, os três fertilizantes foram equivalentes e que na produção de grãos a ordem de eficiência foi: sulfato de amônio > uréia > salitre do Chile.

PEREIRA et alii (1976), estudando o efeito da uréia e do sulfato de amônio em solo de pH 8,0, sobre a produção de capim elefante, atribuíram a menor eficiência da uréia à perda de N por volatilização.

REIS et alii (1972) concluíram em seus estudos sobre efeitos de fontes, doses e épocas de aplicação de adubos nitrogenados na cultura do feijão que sulfato de amônio, salitre do Chile, uréia e fosfato de amônio eram igualmente eficientes; o cloreto de amônio foi inferior a todos eles.

Num estudo de fontes de N em cana-de-açúcar, ALVAREZ et alii (1957) verificaram aumentos de produção apreciáveis com o uso de farinha de cascos e chifres e também com o emprego de torta de mamona. A uréia foi menos eficiente, sendo que o sulfato de amônio e a calciocianamida não afetaram a produção.

MAGALHÃES et alii (1978), estudando os efeitos de diferentes fontes de N em abacaxizeiro, verificaram que não houve diferença estatística significativa entre torta de mamona, uréia e sulfato de amônio, com relação à produção e ao peso médio dos frutos.

Pimentel Gomes e Lima, citados por ESPIRONELO (1979), relataram um ensaio de competição de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar, cujos resultados estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3. Efeito de fontes e doses de N em cana-de-açúcar.

Tratamentos	Produção (t/ha)
Testemunha sem adubo	76,4
Sulfato de amônio, 60 kg N/ha	92,3
Sulfato de amônio, 120 kg N/ha	110,5
Uréia, 60 kg N/ha	92,4
Uréia, 120 kg N/ha	103,6
Salitre do Chile, 60 kg N/ha	81,2
Salitre do Chile, 120 kg N/ha	100,6
Nitrocálcio, 60 kg N/ha	93,7
Nitrocálcio, 120 kg N/ha	87,7

Observa-se que os adubos nitrogenados, embora não se apresente a significância estatística, agiram de modo semelhante, exceto o nitrocálcio, na dose de 120 kg N/ha que causou uma redução na produção de cana em relação à dose de 60 kg N/ha.

E, finalmente, MALAVOLTA (1967) se refere a dois ensaios de adubação nitrogenada feitos em Pernambuco, cujos resultados estão na Tabela 4.

Verifica-se, como no caso anterior e sem a significância estatística, que, de um modo geral, os adubos nitrogenados se comportaram semelhantemente, exceto a uréia no ensaio 1 e a torta de mamona no ensaio 2.

Tabela 4. Resultados de competição entre fertilizantes nitrogenados em cana-de-açúcar, t/ha.

Tratamentos	Ensaio	
	1	2
Testemunha sem N	64,0	78,0
Salitre do Chile	74,0	106,0
Sulfato de amônio	71,7	109,5
Uréia	64,3	109,4
Torta de mamona	76,4	97,9
Nitrocálcio	72,5	105,5

Da revisão bibliográfica apresentada se constata que os valores fertilizantes dos adubos nitrogenados se equivalem, quando convenientemente utilizados, uma vez ou outra sobressaindo-se um ou outro fertilizante.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

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

As características físicas e químicas do solo se acham nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5. Características físicas da T.F.S.A. provenientes do solo empregado.

Características	Porcentagem
Areia total	49,1
Limo	8,3
Argila	42,6

Tabela 6. Características químicas da T.F.S.A., provenientes do solo empregado.

Características	Valores	Interpretação
pH (relação 1 : 2,5)	4,90	baixo
C%	0,51	baixo
PO_4^{3-} solúvel em H_2SO_4 0,05 N, e.mg/100 g de terra	0,02	baixo
K^+ trocável, e.mg/100 g de terra	0,03	baixo
Ca^{2+} trocável, e.mg/100 g de terra	0,16	baixo
Mg^{2+} trocável, e.mg/100 g de terra	0,32	baixo
Al^{3+} trocável, e.mg/100 g de terra	0,76	alto
H^+ potencial, e.mg/100 g de terra	3,28	médio
N % total	0,05	baixo

Os métodos analíticos 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 solução de sulfato ferroso;

PO_4^{3-} solúvel - método colorimétrico do vanadomolibdato 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^{++} e Mg^{++} trocáveis - quelatometria, extraíndo-os com solução de KCl N;

N % total - método semi micro-Kjeldahl;

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

H^+ total - extração com solução normal em acetato de cálcio e titulação do extrato ácido com solução 0,02 em NaOH.

Os tratamentos utilizados são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Tratamentos utilizados.

Tratamentos	Adubos	N - P_2O_5 - K_2O (kg/ha)		
1	Testemunha absoluta	0	0	0
2	Testemunha sem nitrogênio	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_2SO_4)	120	90	120
10	Uréia + S (K_2SO_4)	240	90	120
11	Uréia + S (gesso)	120	90	120
12	Uréia + S (gesso)	240	90	120

O fósforo foi empregado como superfosfato triplo (45 % de P_2O_5) ; nos tratamentos 9 e 10, potássio e enxofre foram empregados como K_2SO_4 ; nos demais tratamentos, o potássio foi utilizado na forma de KCl; nos tratamentos 11 e 12, o enxofre foi aplicado na forma de gesso.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação. Foram utilizados vasos com 3,0 kg de terra submetidos aos tratamentos da Tabela 7, sendo os adubos bem misturados com a terra.

As terras foram umidecidas a 70% da capacidade de campo sendo, a seguir, colocadas 10 sementes de milho; dez dias após, fez-se o desbaste, deixando-se 5 plantas por vaso.

A irrigação foi efetuada de acordo com as necessidades das plantas.

Deve-se acentuar que cerca de dois meses antes do plantio as terras receberam calagem. Na ocasião do mesmo, apresentavam pH em torno de 6,0.

A semeadura foi efetuada em 03/11/80 e a colheita em 29/12/80.

Na colheita foram separadas as partes aéreas das raízes. As raízes foram lavadas em água corrente, em solução de HCl a 0,2% e em água destilada. A seguir, partes aéreas e raízes foram secas em estufa a 60-70°C, pesadas e moídas para as análises químicas.

As determinações do N foram efetuadas pelo método ~~semi micro~~ Kjeldahl.

Para a análise estatística dos resultados obtididos, estes foram, em todos os casos, reunidos em dois grupos: o primeiro formado pelos tratamentos que não receberam N, ou seja, pela testemunha absoluta 0-0-0 e pela testemunha sem N, 0-P-K; o segundo reúne os tratamentos que receberam N. As comparações entre tratamentos foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

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 8.

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

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	
1	3,97	2,97	2,54	5,24	3,680
2	7,73	7,45	8,89	9,79	8,465
3	32,22	32,64	33,57	39,92	34,588
4	21,29	20,32	19,16	19,12	19,973
5	38,47	35,92	45,97	41,40	40,440
6	38,25	35,31	24,20	39,76	34,380
7	32,89	39,53	41,27	37,46	37,788
8	22,49	31,83	25,99	21,99	25,575
9	36,99	39,24	37,94	36,99	37,790
10	26,76	27,27	13,65	37,57	26,163
11	32,33	43,43	41,91	36,77	38,610
12	27,93	23,37	20,00	20,73	23,008

A análise de variância dos dados da Tabela 8 foi feita conforme aparece na Tabela 9.

Tabela 9. Análise de variância referente a produção de matéria seca da parte aérea.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	11	6448,8242	586,2567	27,70*
Resíduo	36	761,9624	21,1656	-
Total	47	7210,7865	-	-
Grupo 1	1	45,7925	45,7925	2,16
Grupo 2	9	1979,6104	219,9567	10,39*
Grupo 1 x Grupo 2	1	4423,4213	4423,4213	208,99*
Dose (D)	1	1445,6455	1445,6455	68,30*
Adubo (A)	4	423,4029	105,8507	5,00*
Inter. D x A	4	110,5620	27,6405	1,31
Doses d. Uréia	1	427,1965	427,1965	20,18*
Doses d. Nitr. Am.	1	73,4472	73,4472	3,47
Doses d. Sulf. Am.	1	298,2903	298,2903	14,09*
Doses d. Uréia + K ₂ SO ₄	1	270,3975	270,3975	12,78*
Doses d. Uréia + CaSO ₄	1	486,8760	486,8760	23,00*
Adubos d. Dose 120	4	71,7475	17,9369	0,85
Adubos d. Dose 240	4	462,2174	115,5543	5,46*

cv = 16,71

dms = 11,3635

* O asterisco significa diferença significativa ao nível de 5%.

O teste F revelou a existência de diferenças entre tratamentos porém, a adubação P K não afetou a produção de modo significativo, embora se trate de solo pobre em fósforo e em potássio. Contudo, numericamente as produções nas parcelas que receberam P e K foram superiores às que não receberam.

Tratamento	Produção média, g/vaso
0 - 0 - 0	3,680 a
0 - P - K	8,465 a

A adubação nitrogenada aumentou significativa-

mente a produção, como se observa a seguir, o que revela

<u>Tratamento</u>	<u>Produção média, g/vaso</u>	
Sem N	6,073	a (*)
Com N	31,831	b

que o nitrogênio é um elemento limitante da produção no solo utilizado.

Constata-se também, que houve efeito significativo de doses e de adubos nitrogenados. O efeito das doses é apresentado a seguir:

<u>Dose</u>	<u>Produção média, g/vaso</u>	
120	37,843	b
240	25,824	a

Observa-se que na dose mais elevada os adubos nitrogenados causaram menor produção em relação à dose de 120 kg N/ha. Embora o motivo desse comportamento não seja conhecido, pode-se pensar que se deva à maior redução do pH das terras, pois tratam-se de fertilizantes fisiologicamente ácidos, (NEVES et alii, 1960; MELLO e ANDRADE, 1973; MELLO et alii, 1980) ou a alimentação de luxo. Resultado semelhante a esse foi constatado por MELLO e ARZOLLA (no prelo).

O efeito geral dos adubos nitrogenados é apresentado na Tabela 10.

Esses resultados esclarecem que a uréia aplicada isoladamente corresponde às menores produções e o nitrato de amônio, às maiores. Os demais tratamentos deram produções intermediárias.

(*) Em todas as comparações entre médias neste trabalho, letras iguais na mesma coluna significam que não há diferenças estatísticas entre as médias comparadas. Letras diferentes significam que há diferenças estatísticas entre as médias comparadas.

Tabela 10. Efeito geral dos adubos nitrogenados.

Adubo	Produção média, g/vaso	
Uréia	27,280	a
Uréia + CaSO_4	30,809	ab
Sulfato de amônio	31,681	ab
Uréia + K_2SO_4	31,976	b
Nitrato de amônio	37,410	c

dms = 4,652

Em trabalho semelhante a este, MELLO e ARZOLLA (no prelo) verificaram a seguinte ordem de eficiência dos fertilizantes empregados: nitrato de amônio > uréia + gesso > uréia > sulfato de amônio.

A análise da variância (Tabela 9) revela que houve efeito de doses dentro de adubos e de adubos dentro de doses. Os primeiros são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Efeito de doses dentro de adubos. Produção média , g/vaso.

Dose de N	Adubo				
	Uréia	Nitr. Am.	Sulf. Am.	Ur. + K_2SO_4	Ur. + CaSO_4
120	34,588b	40,440a	37,788b	37,790b	38,610b
240	19,973a	34,380a	25,575a	26,163a	23,008a

dms = 9,339

Pode-se constatar que apenas no caso do nitrato de amônio as produções correspondentes às doses de 120 kg

N/ha e 240 kg N/ha não diferiram entre si. Nos demais casos, a dose 120 kg N/ha resultou em produções mais elevadas.

No que concerne ao efeito de adubos dentro de doses, os resultados estão contidos na Tabela 12.

Tabela 12. Efeito de adubos dentro de doses

Adubo	Dose	Produção média, g/vaso	
	120 kg N/ha		
Uréia		34,588	a
Sulfato de amônio		37,788	a
Uréia + K_2SO_4		37,790	a
Uréia + $CaSO_4$		38,610	a
Nitrato de amônio		40,440	a
	240 kg N/ha		
Uréia		19,973	a
Uréia + $CaSO_4$		23,008	a
Sulfato de amônio		25,575	ab
Uréia + K_2SO_4		26,163	ab
Nitrato de amônio		34,380	b

dms = 9,339

Nota-se que na dose de 120 kg N/ha não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, o que concorda com MORRIS e JACKSON (1959), mas na dose de 240 kg N/ha houve. Neste caso, o nitrato de amônio causou a melhor produção. De um modo geral, a uréia determinou as produções mais baixas, o que pode ser devido à volatilização de N na forma amoniacal (MATOCHA, 1976; VOLK, 1959; RODRIGUES, 1983; DEVINE e HOLMES, 1963)

tendo esse gás prejudicado o desenvolvimento das plantas, à absorção preferencial de N de outras fontes (SCARBROOK, 1970) ou à conhecida elevação inicial do pH do solo que pode ter sido suficientemente alta de modo a causar dano às raízes.

4.2. Produção de matéria seca de raízes

Na Tabela 13 são apresentadas as produções de matéria seca de raízes obtidas.

Tabela 13. Massa de matéria seca de raízes, g/vaso.

Trata- mentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	
1	4,26	3,61	2,92	3,66	3,613
2	6,25	5,67	5,27	7,06	6,063
3	16,51	16,41	18,00	20,54	17,865
4	9,83	8,96	10,76	7,32	9,218
5	17,01	20,15	15,65	20,58	18,348
6	17,96	17,09	16,26	17,71	17,255
7	13,50	12,27	13,51	13,39	13,168
8	8,92	10,00	6,14	8,68	8,435
9	13,80	16,66	12,19	16,13	14,695
10	10,77	10,75	5,08	8,87	8,868
11	13,61	13,18	15,39	18,84	15,255
12	10,09	10,29	8,98	7,32	9,170

A análise de variância das produções de matéria seca de raízes foi feita de maneira análoga às das produções das partes aéreas, mostrada na Tabela 9.

O teste F mostrou ter ocorrido diferenças entre tratamentos, sem efeito significativo da adição de fósforo e potássio, semelhantemente ao que foi observado no caso das partes aéreas, como aparece a seguir:

<u>Tratamento</u>	<u>Produção média, g/vaso</u>	
0 - 0 - 0	3,613	a
0 - P - K	6,063	a

Entretanto, no caso das raízes, a falta de resposta à aplicação de fósforo e de potássio talvez possa, pelo menos em parte, ser atribuída à limitação de espaço imposta pelas paredes dos vasos.

De uma maneira geral, a adubação nitrogenada causou um aumento de produção de massa de matéria seca de raízes como se vê abaixo:

<u>Tratamento</u>	<u>Produção média, g/vaso</u>	
Sem N	4,838	a
Com N	13,228	b

Também foi verificado um efeito de doses e de adubos nitrogenados.

No que concerne ao efeito das doses, constatou-se o que segue:

<u>Dose</u>	<u>Produção média, g/vaso</u>	
120	15,866	b
240	10,589	a

Observa-se que a produção na dose de 240 kg N/ha foi menor que a observada na dose de 120 kg N/ha, de maneira semelhante à observada em relação à produção da parte aérea. Resultado idêntico já havia sido constatado por MELLO e ARZOLLA (no prelo).

No que tange ao efeito geral dos fertilizantes nitrogenados os resultados estão expostos na Tabela 14.

Tabela 14. Efeito geral dos adubos nitrogenados.

Adubo	Produção média, g/vaso	
Sulfato de amônio	10,801	a
Uréia + K_2SO_4	11,781	a
Uréia + $CaSO_4$	12,213	ab
Uréia	13,541	b
Nitrato de amônio	17,801	c

dms = 1,7540

Nota-se que, como aconteceu com a produção de parte aérea, o nitrato de amônio continuou a ser o tratamento mais eficiente. O sulfato de amônio e a uréia + K_2SO_4 foram os tratamentos que determinaram as menores produções. Os tratamentos uréia + $CaSO_4$ e uréia deram as produções intermediárias.

Sem fornecerem explicações MELLO e ARZOLLA (no prelo) concluíram, em um ensaio realizado em vasos, que a ordem de produção de raízes de milho era a seguinte em relação aos adubos utilizados: nitrato de amônio > uréia + gesso > uréia > sulfato de amônio.

O efeito de dose dentro de cada adubo aparece na Tabela 15.

Os dados da Tabela 15 atestam que na dose de 240 kg N/ha, as produções de raízes foram menores que na dose de 120 kg N/ha, possivelmente devido à redução do pH das terras, pois todos os fertilizantes nitrogenados empregados são fisiologicamente ácidos.

Tabela 15. Efeito de doses dentro de adubos. Produção média , g/vaso.

Dose de N	Adubo				
	Uréia	Nitr. Am.	Sulf. Am.	Ur. + K ₂ SO ₄	Ur. + CaSO ₄
120	17,865b	18,348b	13,168b	14,695b	15,255b
240	9,218a	17,255b	8,435a	8,868a	9,170a

dms = 3,5213

Verificou-se também, que houve efeito de adubos dentro de cada dose. Os resultados encontram-se na Tabela 16.

Tabela 16. Efeito de adubos dentro de doses.

Adubo	Dose	Produção média, g/vaso	
	120 kg N/ha		
Sulfato de amônio		13,168	a
Uréia + K ₂ SO ₄		14,695	a
Uréia + CaSO ₄		15,255	ab
Uréia		17,865	ab
Nitrato de amônio		18,348	b
	240 kg N/ha		
Sulfato de amônio		8,435	a
Uréia + K ₂ SO ₄		8,868	a
Uréia + CaSO ₄		9,170	a
Uréia		9,218	a
Nitrato de amônio		17,255	b

dms = 3,5213

Os dados da Tabela 16 revelam que, nas duas doses utilizadas, o nitrato de amônio apresentou as maiores produções, os demais tratamentos não diferindo entre si.

A observação de que o sulfato de amônio, neste caso, apresentou-se como o tratamento menos eficiente, pode ser devido ao seu forte efeito acidificante, maior que os dos demais adubos utilizados no ensaio.

No que se refere à superioridade do nitrato de amônio em relação à uréia, esse fato também foi constatado por POWER et alii (1973) que o atribuíram às perdas de N da uréia por lixiviação (o que não ocorreu no presente trabalho) e volatilização na forma de NH_3 .

4.3. Acúmulo de N nas partes aéreas das plantas

Os resultados relativos aos acúmulos de N nas partes aéreas das plantas estão contidos na Tabela 17.

A análise da variância dos dados da Tabela 17 foi feita de acordo com o mostrado na Tabela 9.

Constatou-se, pelo teste F, que houve diferenças entre tratamentos e que a adubação P K contribuiu para elevar o conteúdo de N das partes aéreas das plantas, conforme abaixo:

<u>Tratamento</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>
0 - 0 - 0	28,050 a
0 - P - K	40,953 b

O motivo por que a adição de fósforo e de potássio conduziu a um acúmulo maior de nitrogênio nas partes aéreas não fica esclarecido neste trabalho. É possível que ela

Tabela 17. Conteúdos de N nas partes aéreas das plantas , em mg/vaso.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	
1	21,676	29,106	18,136	43,282	28,050
2	40,041	36,505	39,294	47,971	40,953
3	433,037	415,834	366,584	486,226	425,421
4	545,450	526,288	407,725	409,550	472,253
5	360,849	346,987	386,148	394,128	372,028
6	551,565	454,793	304,920	517,675	457,238
7	359,159	415,065	398,668	424,796	399,422
8	538,411	775,379	640,394	532,598	621,696
9	398,752	395,539	382,435	398,752	393,870
10	626,270	668,115	296,205	936,244	631,709
11	375,675	462,095	510,464	396,381	436,154
12	676,465	615,098	524,600	583,342	599,876

seja consequência do maior desenvolvimento das partes aéreas (embora não significativo como se vê em 4.1.) ou de um maior desenvolvimento do sistema radicular (embora não significativo como se vê em 4.2.), o que permitiria uma exploração mais intensa das terras dos vasos.

Observou-se um efeito significativo da adubação nitrogenada, esta elevando os conteúdos de N das partes aéreas, fato já esperado:

Tratamento	Conteúdo de N, mg/vaso
Sem N	34,502 a
Com N	480,967 b

O efeito de doses e de adubos nitrogenados foi significativo. A seguir são apresentados os efeitos de doses e o efeito geral dos adubos:

<u>Dose, kg N/ha</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>
120	405,379 a
240	556,554 b

O efeito geral dos adubos nitrogenados está contido na Tabela 18.

Tabela 18. Efeito geral dos adubos nitrogenados.

<u>Adubo</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>
Nitrato de amônio	414,633 a
Uréia	448,837 ab
Sulfato de amônio	510,599 ab
Uréia + K_2SO_4	512,789 b
Uréia + $CaSO_4$	518,015 b

dms = 97,2489

É curioso notar-se, embora não se tenha explicação plausível, que o nitrato de amônio, que correspondeu à produção mais elevada de partes aéreas e de raízes, tenha conduzido ao menor acúmulo de N nas partes aéreas. Isso, provavelmente se deve à absorção de N relativamente baixa nesse tratamento, comparado aos demais tratamentos que receberam nitrogênio.

Houve efeito de dose dentro de adubo (Tabela 19).

Não foi observado efeito de adubos dentro de doses, conforme mostram os números da Tabela 20.

Tabela 19. Efeito de doses dentro de adubos. Produção média ,
mg/vaso.

Dose de N	Adubo				
	Uréia	Nitr. Am.	Sulf. Am.	Ur. + K ₂ SO ₄	Ur. + CaSO ₄
120	425,421a	372,028a	399,422a	393,870a	436,154a
240	472,253a	457,238a	621,696b	631,709b	599,876b

dms = 195,2360

Tabela 20. Efeito de adubos dentro de doses.

Adubo	Dose	Conteúdo de N, mg/vaso	
120 kg N/ha			
Nitrato de amônio		372,028	a
Uréia + K ₂ SO ₄		393,870	a
Sulfato de amônio		399,422	a
Uréia		425,421	a
Uréia + CaSO ₄		436,154	a
240 kg N/ha			
Nitrato de amônio		457,238	a
Uréia		472,253	a
Uréia + CaSO ₄		599,876	a
Sulfato de amônio		621,696	a
Uréia + K ₂ SO ₄		631,709	a

dms = 195,2360

Os resultados da Tabela 20, concordam com os de HIROCE et alii (1974) e os de GALLO et alii (1971) que não encontraram diferenças entre os teores de N total em folhas de cafeeiro submetidas ao tratamento com diversos fertilizantes nitrogenados.

Embora dentro de cada dose os fertilizantes nitrogenados tenham contribuído para acúmulos de N não diferentes estatisticamente, nota-se que na dose de 240 kg N/ha as quantidades absorvidas foram mais elevadas. E, de novo, o fato já comentado de o nitrato de amônio ter acarretado os menores acúmulos de N tanto na dose de 120 kg N/ha como na de 240 kg N/ha.

4.4. Acúmulo de N nas raízes

A respeito deste assunto os resultados encontrados se acham na Tabela 21.

Tabela 21. Conteúdo de N nas raízes das plantas, mg/vaso.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	
1	26,242	42,959	26,163	35,868	32,808
2	35,000	42,071	38,366	50,408	41,461
3	161,798	165,413	166,320	175,412	167,236
4	118,353	115,405	132,563	97,356	115,919
5	121,451	152,334	127,078	141,179	135,511
6	188,580	196,193	200,323	193,393	194,622
7	160,650	146,013	132,398	164,965	151,007
8	129,875	159,600	101,433	137,318	132,057
9	152,628	118,924	139,941	162,590	161,021
10	131,179	150,500	75,387	141,565	124,658
11	158,148	125,474	152,977	184,632	155,308
12	139,847	128,213	116,920	108,629	123,402

A análise de variância dos conteúdos de N das raízes (Tabela 21) foi realizada conforme a Tabela 9.

O teste F revelou diferenças entre tratamentos e que a adubação P K elevou o acúmulo de N das raízes, como é mostrado a seguir:

<u>Tratamento</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>	
0 - 0 - 0	32,808	a
0 - P - K	41,461	b

Este último resultado deve ser atribuído ao maior desenvolvimento radicular, embora não significativo (ver 4.2.) uma vez que o teor médio de N nas raízes foi inferior no tratamento 0-P-K que no 0-0-0, respectivamente 0,686% e 0,921%, conforme se vê na Tabela do Apêndice.

De um modo geral, os tratamentos que receberam nitrogênio acumularam mais desse elemento que aqueles que não receberam, conforme se apresenta a seguir:

<u>Tratamento</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>	
Sem N	37,135	a
Com N	146,074	b

Esse resultado, como no caso referente à parte aérea, já era de se esperar. Conforme se observa em 4.2. os tratamentos com N produziram mais raízes que os sem N. Além disso, os primeiros apresentaram um teor médio de N maior que os segundos, 1,170% e 0,804% respectivamente (Apêndice).

Encontrou-se efeito geral significativo de doses e de adubos nitrogenados.

O efeito geral de doses de nitrogênio é apresentado a seguir:

<u>Dose, kg N/ha</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>
120	154,016 b
240	138,132 a

O efeito geral dos adubos nitrogenados é dado na Tabela 22.

Tabela 22. Efeito geral dos adubos nitrogenados.

<u>Adubo</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>
Uréia + CaSO_4	139,355 a
Sulfato de amônio	141,532 a
Uréia	141,578 a
Uréia + K_2SO_4	142,839 a
Nitrato de amônio	165,066 b

dms = 17,7887

O efeito das doses dentro dos adubos está ilustrado na Tabela 23.

Tabela 23. Efeito de doses dentro de adubos, mg/vaso.

<u>Dose de N</u>	<u>Adubo</u>				
	<u>Uréia</u>	<u>Nitr. Am.</u>	<u>Sulf. Am.</u>	<u>Ur. + K_2SO_4</u>	<u>Ur. + CaSO_4</u>
120	167,236b	135,511a	151,007a	161,021b	155,308b
240	115,919a	194,622b	132,057a	124,658a	123,402a

dms = 35,7124

Conforme se observa não houve efeito de doses no caso do sulfato de amônio. Uréia, uréia + K_2SO_4 e uréia + $CaSO_4$, acumularam mais nitrogênio na dose de 120 kg N/ha, enquanto o nitrato de amônio fez o contrário.

A análise estatística dos resultados da Tabela 21 revelou a existência de efeitos de adubos dentro de doses, conforme a Tabela 24.

Tabela 24. Efeito de adubos dentro de doses.

Adubo	Dose	Conteúdo de N, mg/vaso	
	120 kg N/ha		
Nitrato de amônio		135,511	a
Sulfato de amônio		151,007	a
Uréia + $CaSO_4$		155,308	a
Uréia + K_2SO_4		161,021	a
Uréia		167,236	a
	240 kg N/ha		
Uréia		115,919	a
Uréia + $CaSO_4$		123,402	a
Uréia + K_2SO_4		124,658	a
Sulfato de amônio		132,057	a
Nitrato de amônio		194,622	b

dms = 35,7124

Os resultados expostos na Tabela 24 indicam que na dose de 120 kg N/ha os adubos não diferiram entre si no que concerne ao acúmulo de N nas raízes. Na dose de 240 kg N/ha, o nitrato de amônio superou os demais, que não diferiram entre si.

4.5. Acúmulo de N pelas plantas

Os totais de nitrogênio acumulados pelas plantas nas partes aéreas e raízes, estão contidos na Tabela 25.

Tabela 25. Nitrogênio total acumulado pelas plantas, mg/vaso.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	
1	47,918	72,065	44,299	79,150	60,858
2	75,041	78,576	77,660	98,379	82,414
3	594,835	581,247	532,904	661,638	592,656
4	663,803	641,693	540,288	506,906	588,173
5	482,300	499,321	513,226	535,307	507,539
6	740,145	650,986	505,243	711,068	651,861
7	519,809	561,078	531,066	589,761	550,429
8	668,286	934,979	741,827	669,916	753,752
9	551,380	584,463	522,376	561,342	554,890
10	757,449	818,615	371,592	1077,809	756,366
11	533,823	587,569	663,441	581,013	591,462
12	816,312	743,311	641,520	691,971	723,279

A análise de variância dos resultados da Tabela 25 foi efetuada da maneira apresentada na Tabela 9.

Observou-se que houve diferenças entre tratamentos, indicadas pelo teste F, porém, o tratamento 0-0-0 não diferiu estatisticamente do tratamento 0-P-K.

<u>Tratamento</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>	
0 - 0 - 0	60,858	a
0 - P - K	82,414	a

Esta última observação parece estranha, pois como foi mostrado em 4.3. e 4.4., a adição de P K elevou de modo estatisticamente significativo as quantidades de N acumuladas nas partes aéreas e nas raízes.

Do mesmo modo que ocorreu com o acúmulo de N nas partes aéreas e nas raízes, 4.3. e 4.4. respectivamente, também se observou que nas plantas inteiras houve maior acúmulo desse nutriente quando elas receberam fertilizantes nitrogenados.

<u>Tratamento</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>	
Sem N	71,636	a
Com N	627,041	b

Constatou-se um efeito de doses, porém não se observou efeito de adubos. O efeito de doses é apresentado a seguir:

<u>Dose, kg N/ha</u>	<u>Conteúdo de N, mg/vaso</u>	
120	559,395	a
240	694,686	b

Esses resultados estão de acordo com os observados em 4.3. e 4.4.

O efeito geral dos adubos nitrogenados é encontrado na Tabela 26.

Como se pode observar, a acumulação de N na planta total não dependeu da fonte nitrogenada empregada, diferentemente do que ocorreu na parte aérea e raízes. Mas, curiosamente, a tendência geral dos fertilizantes de elevar os acúmulos de N na parte aérea e na planta total, é a mesma (Tabelas 18 e 26).

Tabela 26. Efeito geral dos adubos nitrogenados.

Adubo	Conteúdo de N, mg/vaso	
Nitrato de amônio	579,700	a
Uréia	590,414	a
Sulfato de amônio	652,090	a
Uréia + K_2SO_4	655,628	a
Uréia + $CaSO_4$	657,370	a

dms = 105,8341

Não se constatou efeito de doses dentro de adubos, conforme mostra a Tabela 27.

Tabela 27. Efeito das doses dentro de adubos, mg/vaso.

Dose de N	Adubo				
	Uréia	Nitr. Am.	Sulf. Am.	Ur. + K_2SO_4	Ur. + $CaSO_4$
120	592,656a	507,539a	550,429a	554,890a	591,462a
240	588,173a	651,861a	753,752a	756,366a	723,279a

dms = 212,4715

A análise estatística, não revelou efeito de adubos dentro de doses, como aparece na Tabela 28.

Observa-se que, dentro de cada dose de N utilizada, 120 kg/ha e 240 kg/ha, as quantidades desse nutriente acumuladas pelas plantas, não diferiram estatisticamente, ou , dito de outra forma, os fertilizantes empregados apresentaram disponibilidades de N semelhantes.

Tabela 28. Efeito de adubos dentro de doses.

Adubo	Dose	Conteúdo de N, mg/vaso	
120 kg N/ha			
Nitrato de amônio		507,539	a
Sulfato de amônio		550,429	a
Uréia + K ₂ SO ₄		554,890	a
Uréia + CaSO ₄		591,462	a
Uréia		592,656	a
240 kg N/ha			
Uréia		588,656	a
Nitrato de amônio		651,861	a
Uréia + CaSO ₄		723,279	a
Sulfato de amônio		753,752	a
Uréia + K ₂ SO ₄		756,366	a

dms = 212,4715

5. CONCLUSÕES

As principais conclusões a serem tiradas deste trabalho são apresentadas a seguir.

a) Produção da parte aérea

A adubação nitrogenada aumentou a produção sendo que a dose de 120 kg N/ha superou a de 240 kg N/ha, exceto no caso do nitrato de amônio em que os efeitos foram iguais nas duas doses.

De um modo geral, o nitrato de amônio foi o melhor fertilizante em teste, seguido da uréia + K_2SO_4 .

Na dose de 120 kg N/ha todos os fertilizantes se comportaram de modo idêntico, mas na dose de 240 kg N/ha o nitrato de amônio foi o melhor.

b) Produção de raízes

A adubação nitrogenada aumentou a produção mas a dose de 120 kg N/ha superou a de 240 kg N/ha em relação a todos os adubos.

De maneira geral, o nitrato de amônio e a uréia foram os melhores tratamentos; os demais não diferiram entre si. Contudo, considerando-se separadamente as doses, o nitrato de amônio foi o mais eficiente adubo.

c) Acúmulo de N na parte aérea

A adubação nitrogenada conduziu a uma elevação do conteúdo de N da parte aérea, sobretudo na dose de 240 kg N/ha, exceto no caso da uréia e do nitrato de amônio em que não houve diferenças entre as doses.

No conjunto, uréia + CaSO_4 e uréia + K_2SO_4 foram os melhores tratamentos, os demais não tendo diferido entre si. Mas, dentro de cada dose, não houve diferença entre os efeitos dos fertilizantes.

d) Acúmulo de N nas raízes

A adubação nitrogenada elevou o conteúdo de N das raízes, de um modo geral, sobretudo na dose de 120 kg N/ha; no caso do nitrato de amônio aconteceu o inverso, tendo a dose de 240 kg N/ha superado a de 120 kg N/ha; com o sulfato de amônio não houve diferenças entre as doses referidas.

Dentro da dose de 120 kg N/ha, os tratamentos não diferiram entre si e dentro da dose de 240 kg N/ha, o nitrato de amônio superou os demais.

e) Acúmulo de N total

De um modo geral, a adubação nitrogenada elevou o conteúdo de N das plantas. Os diversos tratamentos não diferiram entre si dentro de cada dose e nem a dose de 120

kg N/ha diferiu da de 240 kg N/ha.

Resumindo, pode-se concluir que a dose de 240 kg N/ha foi excessiva em relação à de 120 kg N/ha. Doses menores que esta última devem ser experimentadas.

No que concerne à produção de matéria seca, o nitrato de amônio superou os demais, na dose de 120 kg N/ha, igualando-se a eles no que se refere à disponibilidade de N, baseada no acúmulo desse nutriente nas plantas.

É de se esperar que a uréia, convenientemente aplicada no solo, seja tão boa fonte de N quanto os demais fertilizantes nitrogenados.

6. LITERATURA CITADA

- ABRUÑA, F.; J. VICENTE e S. SILVA, 1962. Efecto de várias fontes de nitrogênio sobre los rendimentos de café cultivado intensamente. Turrialba. Turrialba, 12:97.
- ALVAREZ, R.; A.L. SEGALLA e R.A. CATANI, 1957. Adubação nitrogenada na cana-de-açúcar. Bragantia. Campinas, 16: XXIII - - XXV (nota 5).
- ALVAREZ, R.; A.L. SEGALLA e R.A. CATANI, 1958. Adubação da cana-de-açúcar. III - Fertilizantes nitrogenados. Bragantia. Campinas, 17:141-155.
- ARRUDA, H.V., 1960. Adubação nitrogenada de cana-de-açúcar. Bragantia. Campinas, 19:1105-1110.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; F.A.F. MELLO; H.P. HAAG; S. ARZOLLA e E.R. OLIVEIRA, 1962. Competição de adubos nitrogenados no abacaxizeiro. Boletim Técnico-Científico, ESALQ. Piracicaba, 12, 10 p.

- CAMPOS, H.R.; L.S. CAMARGO; O.T. PRADO e S. ALVES, 1963. Adubação do tomateiro - Ensaio com diversos adubos nitrogenados. Bragantia. Campinas, 22:759-764.
- CATANI, R.A.; J.R. GALLO e H. GARGANTINI, 1954. Disponibilidade de nitrogênio em diversos fertilizantes nitrogenados. Bragantia. Campinas, 13:95-103.
- COURT, M.N.; J.C. DICKINS; R.C. STEPHEN e J.S. WAID, 1963. The influence of soil type on the response of maize to urea in glass-house experiments. Journal of Soil Science. Oxford, 14:247-255.
- DALAL, R.C. e M. PRASAD, 1975. Comparison on sulphur - coated urea and ammonium sulphate amended with N-serve as sources of nitrogen for sugar cane. J. Agric. Sci. Cambridge, 85:427-433.
- DEVINE, J.R. e M.R.J. HOLMES, 1963 a. Field experiments comparing ammonium nitrate, ammonium sulphate and urea applied repetitively to grassland. J. Agric. Sci. Cambridge, 60 : 297-304.
- DEVINE, J.R. e M.R.J. HOLMES, 1963 b. Field experiments comparing ammonium sulphate, ammonium nitrate, calcium nitrate and urea combinedrilled with spring barley. J. Agric. Sci. Cambridge, 61:381-390.
- DEVINE, J.R. e M.R.J. HOLMES, 1963 c. Field experiments on the value of urea as a fertilizer for barley, sugar beet, potatoes, winter wheat and grassland in Great Britain. J. Agric.

- Sci. Cambridge, 61:391-396.
- DILZ, I.K. e P.F.G. VAN BURG, 1963. Nitrogen fertilization of grassland. Stikstof. Gravenhage, 7:66-71.
- DU TOIT, J.L., 1967. The use and efficacy of different forms of nitrogen in sugar cane. S. Afric. Sugar J. Durban, 51 : 213-227.
- ENYI, B.A.C., 1965. The efficiency of urea fertilizer under tropical conditions. Plant and Soil. TheHagues, 23:385-396.
- ESPIRONELO, A., 1979. Adubação da cana-de-açúcar. Boletim Técnico, CATI. Campinas, 118, 31 p.
- FUZATTO, M.G.; P.A. CAVALERI e N.M. SILVA, 1965. Adubação do algodoeiro. XV - Ensaios com vários adubos nitrogenados. Bragantia. Campinas, 24:339-358.
- GALLO, J.R.; R. HIROCE e O.C. BATAGLIA, 1971. Teores de nitrogênio nas folhas de cafeeiros, em relação à adubação química. I - Latossolo Roxo transição para Latossolo Vermelho Amarelo-Orto. Bragantia, Campinas, 30:169-177.
- GARGANTINI, H. e F.S. OLIVEIRA, 1972. Efeito de diferentes fertilizantes nitrogenados na produção de trigo em vasos. Bragantia. Campinas, 31:129-135.
- HERNANDO, V.; L. JIMENO e A. GUERRA, 1962. Experimentacion con urea y con sulfato amonico en cereales. Anales de Edafologia y Agrobiologia. Madrid, 21:363-371.

- HERNANDO, V.; L. JIMENO; A. GUERRA e J. RODRIGUEZ, 1964. Experimentacion con urea y sulfato amonico en patatas , pimientos y algodón. Anales de Edafologia y Agrobiologia. Madrid, 23:363-370.
- HIROCE, R.; O.C. BATAGLIA; J.R. GALLO e F.R.P. MORAES , 1974 . Teores de nitrogênio em folhas de cafeeiro em relação a adubação química. II - Solo Podzólico Vermelho Amarelo- Orto . Ciência e Cultura. São Paulo, 26:64-69.
- MAGALHÃES, A.F. de J.; L.F.S. SOUZA e G.A.P. CUNHA, 1978. Efeitos de N,P,K,S, micronutrientes e calagem em abacaxi (Ananas comosus L. Merr.). In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Fruticultura. Salvador, 1977. Cruz das Almas, Sociedade Brasileira de Fruticultura. p.1-9.
- MALAVOLTA, E., 1967. Manual de Química Agrícola. Adubos e Adubação. São Paulo. Editora Agronômica Ceres. 606 p.
- MATOCHA, J.E., 1976. Ammonia volatilization and nitrogen utilization from sulphur-coated urea and conventional nitrogen fertilizers. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 40:597-601.
- MELLO, F.A.F. e S. ARZOLLA. Estudos de competição de fontes nitrogenadas em casa de vegetação. Rev. Agric. Piracicaba , (no prelo).
- MELLO, F.A.F. e 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.Č. BRASIL SOBRINHO; A. COBRA NETO e R.I. SILVEIRA, 1980. Efeito da uréia e do sulfato de amônio sobre a acidez de um solo. In: XIV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Cuiabá, 1980. S.B.C. S. p.44.
- MORRIS, H.D. e J.E. JACKSON, 1959. Source and time of application of nitrogen for rye forage. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 23:305-307.
- NARAIN, P. e N.P. DATTA, 1974. Comparative efficacy of nitrogenous fertilizers applied in conjunction with "N-serve", lindane and aldrin for rice and wheat. Indian J. Agric. Sci. New Delhi, 44:339-344.
- NEVES, O.S.; G.P. VIÉGAS e E.S. FREIRE, 1960. Efeito do uso contínuo de certos adubos azotados sobre o pH do solo. Bragantia, Campinas, 19:CXXV-CXXXII (nota 25).
- PEREIRA, J.R.; M.A.A. CAVALCANTE e F. LOPES FILHO, 1976. Perdas e nitrificação do nitrogênio em um Vertissolo do Médio São Francisco. In: Anais do 3º Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza, DNOCS. 4:353-359.
- POWER, J.F.; J. ALESSI; G.A. REICHMAN e D.L. GRUNES, 1972. Effect of nitrogen source on corn and bromegrass production, soil, pH, and inorganic soil nitrogen. Agron. Journal, Madison, 64:341-344.
- POWER, J.F.; J. ALESSI; G.A. REICHMAN e D.L. GRUNES, 1973. Recovery, residual effects and fate of nitrogen fertilizer

sources in a semearid region. Agron. Journal, Madison, 65: 765-768.

REIS, M.C.; C. VIEIRA e J.M. BRAGA, 1972. Efeito de fontes, doses e épocas de aplicação de adubos nitrogenados sobre a cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.). Revista Ceres, Viçosa, 19:25-42.

ROCHA, M., 1983. Produção e consumo de fertilizantes. Informações Agronômicas. Instituto Internacional da Potassa, Piracicaba, 22:3-5.

RODRIGUEZ, M.B., 1983. Volatilização, distribuição e nitrificação da amônia proveniente da uréia aplicada em amostras de solo. Piracicaba, ESALQ/USP, 84 p. (Dissertação de mestrado).

SAMUELS, G. e H. GANDÍ-A-DÍAZ, 1963. Ammonium sulphate and urea as nitrogen sources for pineapple in Puerto Rico. Proc. Caribbean Reg. Amer. Soc. Hort. Sci. Mexico, 5:64-69. Apud Hort. Abstr., Farnham Royal, 33:182, 1963 (ref. 1824).

SAMUELS, G.; J.V. SANTIAGO e M. MANZANO, 1960. A comparison of ammonium sulphate and urea as tobacco fertilizers. J. Agric. Univ. Puerto Rico. Rio Piedras, 44:35-39.

SCARBROOK, C.E., 1970. Regression of nitrogen uptake on nitrogen added from four sources applied to grass. Agron. Journal, Madison, 62:618-620.

SHENG, C.Y., 1964. Studies on the optimum amount and sources of fertilizers elements for napier grass. Soil and Fert. in

Twain. Taipei, 68.

STEPHEN, R.C. e J.S. WALD, 1963. Pot experiments on urea as a fertilizer. I.A. Comparison of responses by various plants. Plant and Soil. The Hague, 18:309-316.

VOLK, G.A., 1959. Volatile loss of ammonia following surface application of urea to turf or bare soils. Agron. Journal. Madison, 51:746-749.

WORKER, Jr.G.G., 1976. Effect of urea and ammonium sulphate applied before sowing on sudan grass seedlings. J. Agric. Sci. Cambridge, 86:17-21.

A P Ê N D I C E

Teores de N (N%) nas partes aéreas das plantas.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	
01	0,546	0,980	0,714	0,826	0,767
02	0,518	0,490	0,442	0,490	0,485
03	1,344	1,274	1,092	1,218	1,232
04	2,562	2,590	2,128	2,142	2,356
05	0,938	0,966	0,840	0,952	0,924
06	1,442	1,288	1,260	1,302	1,323
07	1,092	1,050	0,966	1,134	1,061
08	2,394	2,436	2,464	2,422	2,429
09	1,078	1,008	1,008	1,078	1,043
10	2,394	2,450	2,170	2,492	2,377
11	1,162	1,064	1,218	1,078	1,131
12	2,422	2,632	2,623	2,814	2,623

Teores de N (N%) nas raízes das plantas.

Tratamentos	Repetições				Médias
	A	B	C	D	
01	0,616	1,190	0,896	0,980	0,921
02	0,560	0,742	0,728	0,714	0,686
03	0,980	1,008	0,924	0,854	0,942
04	1,204	1,288	1,232	1,330	1,264
05	0,714	0,756	0,812	0,686	0,742
06	1,050	1,148	1,232	1,092	1,131
07	1,190	1,190	0,980	1,232	1,148
08	1,456	1,596	1,652	1,582	1,572
09	1,106	1,134	1,148	1,008	1,099
10	1,218	1,400	1,484	1,596	1,425
11	1,162	0,952	0,994	0,980	1,022
12	1,386	1,246	1,302	1,484	1,355