EFEITO DA NITRAPIRINA (2-CLORO-TRICLOROMETIL
PIRIDINA) E DA URÉIA NAS CONCENTRAÇÕES DE N
DO SOLO, DE N, P e K NAS FOLHAS E NA PRODUÇÃO
DO MILHO (*Zea mays* L.)

ANTONIO DE PADUA CRUZ

Orientador: Dr. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do Título
de Mestre em Solos e Nutrição
de Plantas

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro - 1982

OFEREÇO

A meu pai

e

minha mãe.

À HELOÍSA,

minha esposa

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de modo especial ao Dr. André Martin Louis Neptune, não somente pela orientação na execução deste trabalho, como também pelas inúmeras lições de vida profissional.

Agradeço também a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho e especialmente:

- . Ao Dr. Tahashi Muraoka pelo apoio e colaboração.
- . Aos Srs. João Odemir Salvador e Dacir Bortoletto pela colaboração nos trabalhos de campo.
- . Ao Sr. Rudnei Romani pela colaboração nas análises químicas.
- . Ao Dr. Ricardo Montewka, gerente de pesquisa da Dow Química S/A, pelas informações sobre o N-Serve.
- . Ao colega Hélio Prado pela colaboração na classificação do solo utilizado.
- . Aos funcionários e funcionárias da Secção de Fertilidade do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pela colaboração nas análises químicas.
- . À Dow Química S/A, pela Bolsa de Estudo oferecida durante o ano de 1979.

- . À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela Bolsa de Estudo oferecida durante os anos de 1980 e 1981.
- . Ao Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", por ter cedido a área experimental e doado as sementes de milho.

Í N D I C E

	Pág.
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. A nitrificação.....	4
2.2. Conseqüências da nitrificação.....	6
2.3. Redução das perdas de nitrogênio e o uso dos inibidores da nitrificação.....	9
2.4. Utilização do N-Serve como inibidor da nitrifi- cação: precauções, vantagens e problemas...	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Material.....	25
3.1.1. Solo utilizado.....	25
3.1.2. Fertilizantes utilizados.....	26
3.1.3. O inibidor da nitrificação.....	26
3.1.4. Variedade de milho utilizada.....	27
3.2. Métodos.....	27
3.2.1. Delineamento experimental.....	27
3.2.1.1. Doses de nitrogênio, doses do inibidor e modos de aplicação	27
3.2.2. Instalação do ensaio.....	28

3.2.2.1. Demarcação do ensaio e adubação de plantio.....	28
3.2.2.2. Aplicação do N-Serve (nitrapirina).....	29
3.2.2.3. Semeadura.....	30
3.2.3. Condução do ensaio e amostragens.....	30
3.2.3.1. Tratos culturais e adubação em cobertura.....	30
3.2.3.2. Amostragem de solo.....	31
3.2.3.3. Amostragens de folhas.....	32
3.2.3.4. Colheita.....	32
3.2.4. Análises químicas.....	33
3.2.4.1. Análises químicas do solo....	33
3.2.4.2. Análises químicas das folhas.	34
3.2.4.3. Determinação de N-total nos grãos de milho.....	34
3.2.5. Cálculo da relação $N-NH_4^+/N-NO_3^-$	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1. Teores de N-total, $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ no solo.....	36
4.2. Relação $N-NH_4^+/N-NO_3^-$ do solo.....	43
4.3. Teores de N, P e K nas folhas de N-total nos grãos de milho.....	47
4.4. A produção de milho.....	50
5. CONCLUSÕES.....	59
5. LITERATURA CITADA.....	61

EFEITO DA NITRAPIRINA (2-CLORO-TRICLOROMETIL PIRIDINA)
E DA URÉIA NAS CONCENTRAÇÕES DE N DO SOLO
DE N, P E K NAS FOLHAS E NA PRODUÇÃO
DO MILHO (*Zea mays* L.)

ANTONIO DE PADUA CRUZ

Orientador: DR. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

RESUMO

Foi conduzido um ensaio de campo, para avaliar o efeito de doses e modos de aplicação do nitrogênio, associado ou não com nitrapirina, sobre o teor de N-total do solo, os teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- do solo, sobre os teores de N, P e K na folha, N-total nos grãos e sobre a produção do milho (*Zea mays* L.).

O fertilizante nitrogenado foi a uréia, utilizada nas doses correspondentes a 40 e 80 kg de nitrogênio por hectare e aplicada de dois modos diferentes. As doses de nitrapirina foram: 0, 1, 2 e 3 kg por hectare. O experimento foi conduzido em um LE - textura média, no município de Piracicaba.

Os resultados obtidos foram influenciados pela irregularidade das precipitações pluviométricas na área expe-

rimental. Porém nas condições do experimento e à luz dos dados obtidos pode-se concluir que:

A aplicação de 40 e 80 kg de nitrogênio/ha , não causou aumento significativo na concentração de N-total do solo. Não houve efeito da nitrapirina sobre o teor de N-total do solo. As doses correspondentes a 2 e 3 kg de nitrapirina , associadas com uréia, diminuíram a quantidade de N-NO_3^- do solo, no período de 30 a 60 dias após a adubação. A relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ foi um bom parâmetro para avaliar o efeito do inibidor da nitrificação. As maiores relações $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ foram obtidas com a aplicação de 3 kg de nitrapirina por hectare. As doses de 40 e 80 kg de N/ha, associadas ou não com nitrapirina, não produziram efeitos sobre os teores de N, P e K na folha, nem sobre o teor de N-total nos grãos de milho. A associação da uréia com 3 kg de nitrapirina por hectare, aumentou a produção de milho. Maiores produções foram obtidas com a aplicação de 3 kg de nitrapirina por hectare, associada com o parcelamento do nitrogênio.

EFFECT OF NITRAPYRIN AND UREA ON SOIL CONTENTS
OF TOTAL NITROGEN, ON NPK CONCENTRATION IN
THE LEAVES AND ON CORN (*zea mays* L.) YIELD

Author: ANTONIO DE PADUA CRUZ

Adviser: DR. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

SUMMARY

A field experiment was conducted, in the Municipality of Piracicaba, State of São Paulo, Brazil, on a Red-Dark Latossol (LE), medium texture, in order to evaluate the effects of nitrapyrin (N-Serve 24E) and urea on the contents of total nitrogen, N-NH_4^+ , N-NO_3^- of the soil, on total nitrogen, in the leaves and in the grain, on total phosphorus and potassium in the leaves and on corn yield.

The nitrogen rates were 40 and 80 kg/ha and nitrapyrin rates were 0, 1, 2, and 3 kg/ha.

It must point out that the irregular rainfall has influenced the results. In such experimental conditions, the following conclusions can be drawn: a) the rates of nitrogen and nitrapyrin had no effect on the total soil nitrogen, b) the quantities of 2 and 3 kg of nitrapyrin/ha, with urea, decreased the content of soil N-NO_3^- , in the

periods from 30 to 60 days after the nitrogen and nitrapyrin application at the seeding time, c) the relation $N-NH_4^+/N-NO_3^-$ was a good parameter to evaluate the effect of nitrapyrin (NI). The higher relations were obtained with the application of 3 kg of NI/ha, d) total N concentration in corn leaves and grain, total phosphorus and potassium in corn leaves were not altered by nitrapyrin and urea, e) the higher rate of nitrapyrin and both nitrogen rates increased corn yield. Higher yields were obtained with higher rate of nitrapyrin and split application of nitrogen.

1. INTRODUÇÃO

Entre os grandes problemas que a civilização deverá enfrentar nas próximas décadas, destacam-se a crise energética, a poluição ambiental e a falta de alimentos.

Neste contexto a pesquisa agrícola na área de fertilidade e nutrição mineral de plantas, pode dar a sua colaboração, objetivando em seus trabalhos o aumento de produção pelas culturas, através da maior eficiência dos fertilizantes, menor consumo ou uso racional deste insumo agrícola e procurando contornar os problemas de poluição dos solos e dos financeiros.

Entre os elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, que são adicionados aos solos como fertilizantes, destaca-se o nitrogênio, pela quantidade em que esse elemento é extraído pelas culturas, por sua extrema suscetibi-

lidade a perdas, tanto por lixiviação como por volatilização e por seu potencial de poluição das águas, através da formação de íons nitrato.

Todo o nitrogênio amídico ou amoniacal adicionado ao solo, sofre transformações, por ação de grupos especiais de microrganismos, podendo transformar-se em nitrato (NO_3^-).

As duas formas de nitrogênio prontamente disponíveis às plantas cultivadas são as formas nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+). Por ação de microrganismos nitrificadores (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*) o íon amônio pode ser oxidado à nitrito (NO_2^-) e NO_3^- . O nitrito embora instável e de curta duração no solo, pode ser tóxico às plantas e o nitrato tanto pode ser lavado do solo pelas águas das chuvas e águas de irrigação, como pode ser transformado pelos microrganismos denitrificantes e daí ser perdido por volatilização, na forma de N_2 , N_2O e NH_3 .

Para contornar os problemas decorrentes da formação de NO_3^- no solo, muitos trabalhos têm sido realizados com o uso de inibidores da nitrificação (GORING, 1962a e THOMAS, 1977).

No Brasil, salvo os trabalhos de SAITO (1974), SAITO e NEPTUNE (1977), FERNANDES e ROSSIELLO (1979) e NEPTUNE *et alii* (1980), poucas pesquisas estão sendo desenvolvidas com inibidores da nitrificação. Dessa forma o presente trabalho

tem como objetivos, avaliar em condições de campo, "o efeito da nitrapirina associada com doses e modos de aplicação da uréia, sobre os teores de N-total, N-NH_4^+ e N-NO_3^- presentes no solo, sobre os teores de N, P e K nas folhas, teor de nitrogênio nos grãos de milho e produção de grãos."

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A NITRIFICAÇÃO

A nitrificação é o processo de oxidação biológica do íon amônio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-), tendo a formação de nitrito (NO_2^-) como uma etapa intermediária (GORING, 1962a; ALEXANDER, 1965 e CHRISTY, 1976). Esse é um fenômeno de ocorrência geral no solo e tem despertado grande interesse dos pesquisadores, em solos e fertilizantes, ao longo dos anos.

A nitrificação é realizada tanto por microrganismos autotróficos, como por microrganismos heterotróficos. Porém a participação dos heterotróficos na produção de NO_3^- no solo é tão pequena, que na prática considera-se a nitrificação como um fenômeno exclusivamente autotrófico (ALEXANDER, 1965). Os dois principais tipos de bactérias autotróficas, responsáveis pela nitrificação, pertencem aos gêneros *Nitroso*

monas e *Nitrobacter*. As primeiras convertem NH_4^+ a NO_2^- e as outras convertem NO_2^- a NO_3^- (GORING, 1962a; ALEXANDER, 1965; GASSER, 1970; KAPUSTA e VARSA, 1972 e CHRISTY, 1976). O processo de oxidação do NH_4^+ e do NO_2^- ocorrem segundo as seguintes equações:

Observa-se pelas equações 1 e 2, que a quantidade de substrato oxidado por unidade de oxigênio consumida é maior na segunda reação química. Por esse motivo é que com raras exceções pode ocorrer acúmulo de nitrito (NO_2^-) no solo.

Como todo fenômeno bioquímico que ocorre no solo, a nitrificação é influenciada por fatores ambientais como pH, temperatura e umidade (GORING 1962a; TURNER e NILSEN, 1964; FASSBENDER, 1978; MEIKLE, 1978 e BENGTSON, 1979). A taxa de nitrificação aumenta com a aeração do solo e com o aumento da população de microrganismos nitrificantes. Segundo ALEXANDER (1965), a população de *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, nos solos ligeiramente ácidos, é da ordem de 10^2 células por grama de solo. Porém após a adição de adubos orgânicos ou fertilizantes amoniacais, o número de células viáveis pode elevar-se a 10^6 ou 10^7 células por grama de solo.

2.2. CONSEQUÊNCIAS DA NITRIFICAÇÃO

Desde que Winogradsky isolou os microrganismos autotróficos responsáveis pela nitrificação em 1890 (ALEXANDER, 1965) e após Boussingault ter demonstrado a lixiviação de nitratos pelas águas das chuvas (HARMSEN e KOLENBRANDER, 1965), um grande número de trabalhos tem sido realizados objetivando determinar os efeitos da nitrificação e os diferentes modos de controlá-los.

Segundo Ames e Boltz (1919), Pikovskaia (1948) e Blanchet *et alii* (1960), citados por ALEXANDER (1965), a nitrificação acidifica o solo e conseqüentemente altera a solubilidade de K, Ca, Mg, Mn, P e Al. Porém a principal consequência da nitrificação está relacionada com a disponibilidade de nitrogênio para as plantas.

As formas de nitrogênio mais prontamente disponíveis às plantas são as formas amoniacal (NH_4^+), nitritica (NO_2^-) e nítrica (NO_3^-). O nitrito (NO_2^-) em condições aeróbicas é rapidamente transformado em nitrato (NO_3^-) e portanto normalmente a concentração de NO_2^- no solo é bastante baixa. Esse fato é de suma importância para o desenvolvimento das plantas, visto que o íon NO_2^- apresenta um alto potencial de fitotoxicidade (ALEXANDER, 1965). Portanto pode-se dizer que as formas inorgânicas de nitrogênio mais disponíveis às plantas, são as formas nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+). Considerando-se que a nitrificação aumenta a quantidade de nitrato no solo, poder-

se-ia pensar que este é um fenômeno altamente benéfico para a agricultura. Contudo, a nitrificação acarreta uma série de efeitos desfavoráveis. Entre estes efeitos podem-se citar:

- 1) perdas do nitrogênio, proveniente dos fertilizantes, por lixiviação e por desnitrificação (GORING, 1962a; HUBER *et alii*, 1969; BUNDY e BREMNER, 1973; MOORE III, 1973; BREMNER e BLACKMER, 1978 e AE, 1980);
- 2) aumento da quantidade de nitrato nos tecidos vegetais, causando efeitos tóxicos ao homem e outros animais MOORE III, 1973 e LIMA, 1978);
- 3) poluição das águas subterrâneas e dos mananciais (Commoner, 1968 e Nelson, 1970, citados por SAITO, 1974; LINVILLE e SMITH, 1971, LUND *et alii*, 1974 e LUDWICK *et alii*, 1976).

A nitrificação e conseqüentemente a lixiviação de nitrato e a desnitrificação, são as principais causas da baixa eficiência dos fertilizantes amoniacais, aplicados ao solo (TOUCHTON *et alii*, 1978). As perdas de nitrogênio por lixiviação ou por desnitrificação depende da textura e da estrutura do solo, da quantidade de fertilizante aplicada e do manejo da água do solo (TURNER e NILSEN, 1964 e MEIKLE, 1978).

Segundo SCOTT *et alii* (1965), raramente a eficiência de um fertilizante nitrogenado é superior à 75%, sob condições de baixas perdas por lixiviação ou por desnitrificação. Porém quando as perdas de Nitrogênio são favorecidas por uma alta precipitação pluviométrica ou pelo uso intensivo de

irrigação, a eficiência de utilização dos fertilizantes nitrogenados é sensivelmente reduzida (CHRISTY, 1976).

Em alguns solos arenosos da Califórnia e do Arizona, onde utiliza-se a prática da irrigação, as perdas de nitrogênio por lixiviação oscilam entre 50 e 75% do nitrogênio proveniente do fertilizante (DOW CHEMICAL USA, 1962 e PARR, 1967).

Verificou-se que nas regiões onde cultivam-se plantas olerícolas, utilizando-se grandes quantidades de água, através da irrigação por sulcos, as perdas de N-NO_3 podem chegar até a 99,7 kg de N/ha, durante o ciclo de uma cultura de alface (MOORE III, 1973).

Dados obtidos por TAKAHASHI (1967), com a cultura de cana-de-açúcar, no Havaí, revelavam que a recuperação do fertilizante nitrogenado pela cana-planta, oscilou entre 21 e 35% do N aplicado e entre 12 e 27% pela cana-soca.

Nos Estados Unidos da América, em regiões mais frias, costuma-se aplicar o fertilizante antes do inverno, para se efetuar o plantio no início da primavera. Nestas condições, as perdas de nitrogênio por lixiviação de nitratos são bem elevadas (NORRIS, 1972; HENDRICKSON *et alii*, 1978).

As perdas de nitrogênio por desnitrificação, mencionadas como uma conseqüência da nitrificação, resultam da redução do NO_3^- a formas gasosas de nitrogênio, principalmente o óxido nitroso (N_2O) que se volatiliza do solo para a atmos-

fera. Segundo AE (1980), a desnitrificação pode ocorrer em solos aparentemente bem arejados. Isto é possível porque condições anaeróbicas surgem no interior dos microporos ou na rizosfera das plantas, pela presença de exudados das raízes.

BREMNER e BALCKMER (1978) constataram que uma certa quantidade de N_2O é produzida durante a nitrificação e também verificaram que a volatilização do óxido nitroso não ocorre somente em solos alagados. Estes autores destacam que a tendência em se utilizar maiores quantidades de fertilizantes amoniacais, para atender a demanda mundial de alimentos, pode elevar o nível de N_2O da atmosfera e colocar em risco a camada de ozônio (O_3) da estratosfera, causando sérias consequências para o meio ambiente.

Embora para alguns pesquisadores a nitrificação apresente certas vantagens, percebe-se pelos trabalhos mencionados, que os efeitos prejudiciais decorrentes da nitrificação representam um sério problema para a agricultura.

2.3. REDUÇÃO DAS PERDAS DE NITROGÊNIO E O USO DOS INIBIDORES DA NITRIFICAÇÃO

A prática mais conhecida para reduzir as perdas de nitrogênio e aumentar a eficiência de utilização dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas, é o parcelamento da adubação nitrogenada, ou seja, parte da dose de nitrogênio é

aplicada por ocasião do plantio e o restante em cobertura durante o ciclo da cultura. Essa prática, embora seja a mais amplamente utilizada, apresenta algumas restrições como: elevação do custo operacional e compactação do solo, pelo trânsito de máquinas na área cultivada (GORING, 1962a; SCOTT *et alii*, 1975 e THOMAS, 1977).

As vantagens do parcelamento do nitrogênio para aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, na cultura do milho, já são reconhecidas desde há muitos anos e seus efeitos benéficos na produção das culturas, tem sido relatados em inúmeros trabalhos (STANFORD *et alii*, 1970 e SMIKA e WATTS, 1978).

Para GERWING *et alii* (1979) o problema das perdas excessivas de nitrogênio e o problema da poluição das águas subterrâneas com elevados teores de nitrato, ocorrem basicamente por dois motivos. O primeiro é que muitas vezes, os fertilizantes nitrogenados são aplicados em doses muito maiores do que a dose necessária para atender as exigências da cultura. O segundo é que a aplicação do nitrogênio se dá fora da época de maior absorção do elemento pelas culturas. Esses autores verificaram que quando efetuou-se a prática do parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho (*Zea mays* L.), a quantidade de nitrogênio na planta, proveniente do fertilizante aumentou de 33,1% para 54,5%. A eficiência de utilização do adubo nitrogenado, pelas plantas, aumentou de 30,4% para 52,1%, com a prática do parcelamento do nitrogênio.

Resultados favoráveis ao parcelamento da adubação nitrogenada, na cultura do milho, também foram obtidos por (JUNG *et alii*, 1972; REHM e WIESE, 1975; SINGH e SEKHON, 1976 e HAQUE, 1979).

Dados obtidos por SCHUMAN *et alii* (1975) revelaram que quando um solo hidromórfico recebeu uma adubação de 448 kg de N/ha/ano, houve um acúmulo de 720 kg de NO_3^- /ha, na camada de solo abaixo da rizosfera da cultura do milho, após 3 anos consecutivos. Nestas condições ocorreu também um aumento no teor de nitrato no lençol freático.

Segundo PRATT *et alii* (1972), não ocorre lixiviação significativa de nitrato, se o nitrogênio for aplicado na quantidade exigida pela planta. Isto quer dizer que se a adubação nitrogenada for realizada, de forma tal que, a cultura possa absorver rapidamente o nitrogênio aplicado, pode-se contornar, pelo menos em parte, o problema da lixiviação do NO_3^- .

Buscando resolver esse problema das perdas de nitrogênio por lixiviação e volatilização e aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, tem-se desenvolvido os adubos de lenta liberação de N. Alguns desses produtos são a uréia revestida com enxofre, compostos de uréia formaldeído, oxamida e outros. Esses produtos embora eficientes, ainda não estão sendo usados satisfatoriamente na agricultura. CHRISTY (1976). Detalhes sobre a tecnologia e a utilização dos adubos de lenta liberação do N, são encontrados nos trabalhos de NEL-

SON e HAUCK, 1965; PARR, 1967 e SHARMA e PRASAD, 1980).

Uma outra alternativa para reduzir as perdas de nitrogênio e aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados é a utilização de compostos químicos que retardam a nitrificação. Essa possibilidade tem sido intensamente estudada nas duas últimas décadas. Existe uma grande relação de fumigantes e pesticidas, principalmente nematicidas, que apresentam propriedades inibidoras da nitrificação (GORING, 1962a; GASSER, 1970; GORING e SCOTT, 1976 e TURNER e GORING, 1966).

Nos últimos 15 anos um grande número de produtos químicos tem sido utilizado como inibidores da nitrificação (SAHRAWAT, 1980).

BUNDY e BREMNER (1973) avaliaram a eficiência de 24 compostos, citados como inibidores da nitrificação. Esses autores concluíram que o 2-cloro-6-triclorometil piridina foi o mais eficiente.

O 2-cloro-6-triclorometil piridina, também chamado nitrapirina e comercializado com o nome de "N-SERVE", foi descrito por GORING (1962a). Em suas pesquisas, este autor verificou que esse produto era extremamente tóxico aos microrganismos que convertem NH_4^+ a NO_2^- . O autor verificou também, que a nitrapirina apresentava baixa toxicidade a outros microrganismos do solo, nas doses utilizadas para inibir a nitrificação. O produto também demonstrou que não causava danos a sementes e "seedlings" de várias plantas. GORING (1962a) verificou tam

bém que a nitrapirina é fortemente adsorvida pela matéria orgânica do solo e pouco adsorvida pelos colóides minerais. Finalmente o autor postulou que: "Para uma inibição da nitrificação por um período de no mínimo 6 semanas, a dose necessária de 2-cloro-6-triclorometil piridina (nitrapirina), é de 0,05 ppm a 20 ppm". Daí por diante são inúmeros os trabalhos relatando as propriedades, transformações, formulações, modos de utilização e outros detalhes, referentes ao uso da nitrapirina como um inibidor da nitrificação. Podem ser citados os trabalhos de GORING (1962b); DOW CHEMICAL USA (1962); DOW CHEMICAL USA (1967); DOW CHEMICAL USA (1969); HUBER e WATSON (1972); KAPUSTA e VARSA (1972); GORING e SCOTT (1976); MURRAY (1976); DOW CHEMICAL USA (1977a); DOW CHEMICAL USA (1977b); DOW CHEMICAL USA (1977c); DOW CHEMICAL USA (1978) e BREMNER *et alii* (1978).

O funcionamento da nitrapirina, teoricamente pode ser visualizado, utilizando-se as seguintes equações:

Nitrapirina

2.4. UTILIZAÇÃO DO N-SERVE COMO INIBIDOR DA NITRIFICAÇÃO: PRECAUÇÕES, VANTAGENS E PROBLEMAS

O N-Serve (nitrapirina) somente deve ser empregado com fertilizantes, nos quais o nitrogênio se encontra na forma amídica ou amoniacal. O produto deve ser aplicado junto com o fertilizante a uma profundidade mínima de 10 cm e deve ser rapidamente, incorporado ao solo (DOW CHEMICAL USA, 1969 e SCOTT *et alii*, 1975). O N-Serve somente deve ser empregado nos solos onde ocorrem perdas excessivas de fertilizantes por lixiviação ou desnitrificação (SCOTT *et alii*, 1975).

Quanto à eficiência do N-Serve em inibir a nitrificação, THOMAS (1977) verificou que a dose de 560 g de nitrapirina/ha apresentou uma eficiência regular de inibição, em 59,5% dos ensaios realizados e em 31% dos ensaios ocorreu uma boa inibição da nitrificação. Quando o inibidor foi incorporado a 7,5 cm de profundidade os resultados foram relativamente pobres entre 25 a 50% dos ensaios. O autor verificou também que quando o inibidor foi incorporado a 15 cm de profundidade, os resultados não foram significativos em 75% dos experimentos de campo. Ao que parece o N-Serve deve ser incorporado a uma profundidade entre 5 e 15 cm. Porém ainda não está bem estabelecida qual seja a profundidade mais adequada, visto que esta certamente deve variar com as condições do clima e do solo da área experimental.

As controvérsias, entre os pesquisadores, quan-

to à profundidade de incorporação da nitrapirina no solo, decorre do alto potencial de volatilização do produto, principalmente em condições de campo. Note-se por exemplo, que enquanto THOMAS (1977) recomenda que a incorporação do produto seja feita entre 5 e 15 cm de profundidade, McCALL e SWANN (1978) recomendam que o produto seja aplicado em faixas e incorporado à 20 cm de profundidade. Em suas pesquisas, estes autores verificaram que a nitrapirina é cerca de 10 vezes mais volátil que a trifuralina. E que a volatilidade do N-Serve (nitrapirina) aumenta com a umidade do solo, com a presença de ventos, com a temperatura ambiente. Finalmente esses autores constataram que a adsorção da nitrapirina pelos colóides orgânicos do solo, reduz as perdas do produto por volatilização.

Uma vez aplicado ao solo a nitrapirina se hidrolisa, produzindo o ácido 6-cloropicolínico (CTA). O ácido 6-cloropicolínico não tem nenhum efeito sobre a nitrificação. Essa taxa de hidrólise da nitrapirina varia com o pH do meio e com a temperatura (REDEMANN *et alii*, 1964; BREMNER *et alii*, 1978; MEIKLE *et alii*, 1978).

Portanto o tempo de atuação da nitrapirina no solo está condicionado ao seu potencial de volatilização e à velocidade com que o produto se hidrolisa. Isto ocorre porque abaixo de um certo nível o N-Serve (nitrapirina) não é suficientemente tóxico para inibir a atividade das *Nitrosomonas*. Nestas condições ocorrerá a reinfestação do solo pelas bactérias e se restabelece a taxa de nitrificação, própria do so-

lo, onde foi aplicado o produto (GORING, 1962a).

Em um ensaio com doses de N-Serve (nitrapirina) associado com diferentes fertilizantes nitrogenados, GORING (1962b) verificou que a concentração mínima de nitrapirina, para se obter uma boa inibição da nitrificação, em condições de campo, é de 2% do nitrogênio aplicado como fertilizante.

As recomendações para a aplicação do N-Serve, em faixas com 45 cm de espaçamento variam entre 120 e 312 gramas de nitrapirina por hectare. Estas são as recomendações encontradas nos manuais da DOW CHEMICAL USA, para as culturas de algodão, milho, trigo e sorgo.

Em laboratório a dose de 10 ppm de nitrapirina, inibiu a nitrificação por 40 dias (LASKOWSKI e BIDLACK, 1977). Após esse período ocorreu a reinfestação do solo, pelos microrganismos nitrificantes e o nível de nitrificação foi restabelecido. NEPTUNE *et alii* (1980) verificaram que em laboratório, o N-Serve inibiu significativamente a nitrificação, nas doses entre 1 e 8 ppm de nitrapirina. Os autores constataram que quanto maior a dose de N-Serve, maior foi o tempo de ação do produto no solo. As doses de 2, 4 e 8 ppm inibiram a nitrificação por um período de 80 dias. Outras informações sobre o efeito de doses de N-Serve, associado com sulfato de amônio e uréia em solos do Estado de São Paulo foram obtidos por NEPTUNE *et alii* (1981).

MEIKLE (1978) verificou que a dose de 280 g de

nitrapirina/ha foi suficiente para inibir a nitrificação, porém quando utilizou-se 560 g de nitrapirina/ha o tempo de ação do produto foi maior e a inibição da nitrificação foi mais significativa. O N-Serve não apresentará resultados significativos, nas seguintes situações:

- a) Em solos onde não ocorrem perdas significativas de nitrato.
- b) Em locais onde as perdas de fertilizante nitrogenado são compensadas pelo elevado suprimento de nitrogênio natural do solo.
- c) Em solos com baixa CTC e que portanto permitem a lixiviação de NH_4^+ .
- d) Em condições de deficiência de Mg, que pode prejudicar a absorção de NH_4 pelas plantas.

As precauções para garantia dos efeitos benéficos do N-Serve, sobre as culturas foram relatadas por GORING (1962a); SCOTT *et alii* (1975); CHRISTY (1976) e THOMAS (1977).

Em ensaios de campo, nos quais associam-se doses de N-Serve com uréia, deve-se considerar a afirmação de BUNDY e BREMNER (1974), segundo a qual a presença de inibidores da nitrificação, favorece as perdas de nitrogênio, proveniente da uréia, através da volatilização de NH_3 .

Segundo NOTTON *et alii* (1979), o N-Serve parece favorecer o desenvolvimento de microrganismos denitrificantes.

tes, principalmente na presença de uma fonte de carbono orgânico. O N-Serve também pode diminuir a atividade da redutase do nitrato das raízes das plantas.

Entre as vantagens do uso do N-Serve destacam-se: economia de fertilizantes nitrogenados, aumento da produção das culturas, melhor qualidade dos produtos agrícolas e redução do número de adubações em cobertura (GORING, 1962a e BUNDY e BREMNER, 1974).

NORRIS (1972), constatou que a aplicação de fertilizantes amoniacais associados com N-Serve permite que a relação $N-NH_4^+/N-NO_3^-$ do solo, permaneça entre 1,25 e 15, durante um período de 4 a 24 semanas.

Verificou-se também que o N-Serve (nitrapirina) diminui a intensidade de muitas doenças em diversas culturas, principalmente nas culturas do trigo e do milho (HUBER e WATSON, 1972 e SCOTT *et alii*, 1975).

Segundo SCOTT *et alii* (1975) e CHRISTY (1976), a ação benéfica do N-Serve associado com fertilizantes amoniacais foi mais significativa quando a mistura adubo mais N-Serve foi aplicada antes do plantio. Por outro lado resultados menos expressivos foram obtidos pela aplicação do N-Serve na época do plantio.

WELLS (1977), verificou que associação de uréia com N-Serve, aumentou a produção de grãos, aumentou o peso das plantas e aumentou a absorção de nitrogênio, em relação às parcelas que não receberam o inibidor. Também o teor

de proteína nos grãos de arroz aumentou 1,17%, quando o adubo foi aplicado com N-Serve. Um dado interessante desse trabalho é que no primeiro ensaio, a dose de 2,2 kg de N-Serve/ha promoveu aumento significativo da produção. No ano seguinte quando o ensaio foi repetido foram necessários somente 1,1 kg de N-Serve/ha para se obter aumento na produção. Em nenhum dos ensaios houve diferença entre as produções obtidas com 1,1 e 2,2 kg de N-Serve/ha. Esse fato sugere que a eficiência da nitrapirina está sujeita a variações climáticas que ocorrem de um para outro ano agrícola.

Numa área cultivada com trigo, verificou-se que nas parcelas em que o fertilizante foi aplicado com N-Serve, 56% do N-total permaneceu nos primeiros 60 cm de solo, até 120 dias após a adubação. Nas parcelas em que não foi aplicado o N-Serve, apenas 34% do N-total permaneceu nos primeiros 60 cm de solo, no mesmo período (HARRISON *et alii*, 1977).

BENGTSON (1979) conduziu um experimento em vasos para avaliar o efeito do N-Serve (nitrapirina) associado com uréia granulada; na lixiviação de nitratos e no desenvolvimento de mudas de pinheiro (*Pinus elliottii*). O autor verificou que o N-Serve foi ineficiente em concentrações abaixo de 2% do nitrogênio total aplicado. A maior eficiência foi obtida com 4,0% do N aplicado. A inibição da nitrificação persistiu por um período entre 5 e 10 semanas. Finalmente constatou-se que a prática da calagem e a utilização de adubações pesadas com nitrogênio ressaltaram os efeitos do N-Serve.

FERNANDES e ROSSIELLO (1979), avaliaram o efeito de doses crescentes de N-NH_4^+ , com e sem N-Serve, sobre o metabolismo de N em plantas de milho. Esses autores constataram que a presença do inibidor da nitrificação reduziu a percentagem de matéria seca das plantas e diminuiu a acumulação de N-NO_3 nos tecidos vegetais.

EL WALI *et alii* (1980) realizaram experimentos em casa-de-vegetação, para comparar o efeito da uréia com e sem revestimento de enxofre, associadas ou não com N-Serve (nitrapirina), sobre a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.). Esses autores constataram não houve diferença significativa no desenvolvimento das plantas nem na quantidade de N absorvida, nos diferentes tratamentos. Nas condições do experimento, a uréia revestida com enxofre apresentou melhor desempenho que a uréia associada com N-Serve, sobre a lixiviação de nitratos.

Embora muitos experimentos em laboratório tenham demonstrado a eficiência dos inibidores de nitrificação, o mesmo não ocorre em condições de campo. São comuns os ensaios, nos quais a utilização de inibidores da nitrificação, não causam aumento significativo na produção das culturas (GUTHRIE e BOMKE, 1980). Para esses autores, o N-Serve, que é o inibidor mais experimentado no campo, não pode ser utilizado com fertilizantes sólidos, devido a sua alta taxa de volatilidade. Ao mesmo tempo eles sugerem que nos locais onde a aplicação dos fertilizantes nitrogenados é feita na forma sólida, o inibidor de nitrificação mais adequado é o ATC (4-amino-

-1,2,4-triazol), porque este produto não apresenta os mesmos problemas de volatilidade e baixa solubilidade em água, próprios da nitrapirina (N-Serve).

Em condições de campo foi avaliada a eficiência do ATC e do N-Serve, associados com uréia, na cultura do milho. Foi utilizada a razão $N-NH_4/N-NO_3$, no solo, como indicador da inibição da nitrificação. Verificou-se que os inibidores da nitrificação não causaram variações significativas quando aplicados em área total. Num solo de classe textural argilo-arenosa, as parcelas tratadas com ATC apresentaram relação $N-NH_4/N-NO_3$, até 5 vezes maior que as parcelas com N-Serve, quando a aplicação dos produtos foi feita em faixas. Verificou-se que a textura do solo interferiu com o tempo de ação do N-Serve, sugerindo que o produto realmente apresenta o problema de volatilização. Finalmente verificou-se que não houve efeito dos inibidores da nitrificação sobre a produção da cultura do milho e nem sobre a quantidade de N nos tecidos da planta (GUTHRIE e BOMKE, 1980).

HENDRICKSON *et alii* (1978a) utilizaram o N-Serve (nitrapirina) para aumentar a eficiência do fertilizante nitrogenado na cultura da batatinha (*Solanum tuberosum*). O autor verificaram que a relação $N-NH_4/N-NO_3$ no solo aumentou com a presença da nitrapirina. Porém o tempo de ação do produto foi curto, provavelmente devido a perdas por hidrólise e volatilização. Os dados obtidos parecem demonstrar que a predominância de $N-NH_4^+$ interferiu no metabolismo da planta, resultando em

menores produções e menor proporção de tubérculos comerciais.

Experimentos para avaliar o efeito da nitrapirina, sobre a eficiência de um fertilizante nitrogenado (amônia anidra), na cultura do milho (*Zea mays*), foram realizados por HENDRICKSON *et alii* (1978b). Os autores verificaram que mais de 50% do fertilizante, permaneceu na forma de NH_4^+ , nos locais onde foi aplicada a nitrapirina. Por outro lado, mais de 80% do fertilizante foram nitrificados nas parcelas que não receberam o inibidor. Não se verificou efeito do inibidor na produção da cultura e sobre a quantidade de nitrogênio absorvida pelas plantas. Em um ensaio semelhante, WARREN *et alii* (1980) verificaram que a presença da nitrapirina associada com o fertilizante aumentou a produção de milho e o teor de proteína nos grãos. O aumento no teor de proteínas foi de 10 a 33%.

BOSWELL *et alii* (1974) compararam o efeito de diferentes modos de aplicação do nitrogênio, associado ou não com N-Serve (nitrapirina) na cultura do milho. Os autores verificaram que, nas condições em que se desenvolveu o ensaio, a cultura respondeu à adubação nitrogenada. Utilizando-se 156 kg de N/ha, o autor constatou também que as maiores produções foram obtidas quando o nitrogênio foi parcelado: 1/2 da dose no plantio e 1/2 em cobertura. Não se verificou efeito significativo do N-Serve sobre a produção de milho. Também não foram significativas as diferenças entre os teores de N, P e K nas folhas das plantas tratadas com N-Serve e das plantas não tratadas com o inibidor.

Muitos outros trabalhos relatam o efeito benéfico do uso de inibidores da nitrificação, principalmente o N-Serve, quando associado com diferentes adubos nitrogenados. Nestas pesquisas, os autores normalmente mencionam, que a utilização de inibidores da nitrificação conduz a uma economia de fertilizante ou promove um aumento na produção das culturas (SWEZEY e TURNER, 1962; LOJO, 1964; GASSER e PENNY, 1965; PRASAD *et alii*, 1966; TURNER e GORING, 1966; SRIVASTAVA, 1966; PRASAD e BAINS, 1968; GASSER, 1970; LAKHDIVE e PRASAD, 1970; MOORE, 1973; MULLISON e NORRIS, 1976; HARRISON *et alii*, 1977; WELLS, 1977; MEIKLE, 1978; SCOTT *et alii*, 1975).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. SOLO UTILIZADO

O ensaio foi conduzido na Fazenda Anhembi, no município de Piracicaba, em um Latossol Vermelho Escuro (LE) - textura média, o qual apresenta as seguintes características químicas e composição granulométrica (Quadros 1 e 2).

QUADRO 1 - Características químicas da camada arável do solo utilizado.

Solo	pH	C%	Teor trocável em miliequivalentes/100 g de terra						V%	
			PO_4^{-3}	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Al^{+3}	H^+		CTC
LE	5,3	0,96	0,08	0,53	5,22	2,52	0,48	5,36	14,1	58,6

QUADRO 2 - Composição granulométrica e classificação textural da camada arável do solo utilizado.

Solo	Composição granulométrica			Classificação textural
	Areia	Silte	Argila	
LE	64,2%	15,4%	20,4%	

3.1.2. FERTILIZANTES UTILIZADOS

A fonte de nitrogênio, utilizada no ensaio foi a uréia granulada, empregada nas doses correspondentes aos diversos tratamentos, apresentados no item 3.2.1.1., pág. 27.

Para a adubação básica com P e K, utilizou-se 600 kg/ha de superfosfato simples e 133 kg/ha de cloreto de potássio, correspondendo a: 120 kg de P_2O_5 /ha e 80 kg de K_2O /ha, respectivamente.

3.1.3. O INIBIDOR DA NITRIFICAÇÃO

O inibidor da nitrificação utilizado foi o 2-cloro-6-triclorometil piridina, conhecido como nitrapirina. O produto é comercializado sob o nome de N-SERVE 24E, produzido pela Dow Chemical Company - USA. A formulação N-Serve 24E apresenta as seguintes características:

- . Princípio Ativo (PA): 2-cloro-6-triclorometil piridina
- . Solvente: óleo emulsionável
- . Concentração: 240 g/l
- . Solubilidade do PA em H_2O : 0,009 g/100 g
- . Pressão de vapor a $35^{\circ}C$: $1,07 \cdot 10^{-2}$ mm de Hg

3.1.4. VARIEDADE DE MILHO UTILIZADA

A variedade de milho plantada foi a PIRANÃO - VD-2, obtida junto ao Departamento de Genética (ESALQ/USP).

3.2. MÉTODOS

3.2.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O modelo estatístico adotado foi um Fatorial $2 \times 4 \times 2$, correspondendo, respectivamente a 2 doses de nitrogênio (40 e 80 kg de N/ha), 4 doses de nitrapirina (0, 1, 2 e 3 kg de nitrapirina/ha) e 2 modos de aplicação do fertilizante nitrogenado (todo N no plantio e metade da dose no plantio com o restante em cobertura. Foi incluído um tratamento sem nitrogênio e sem inibidor, cujos dados obtidos não foram utilizados na análise estatística.

3.2.1.1. Doses de nitrogênio, doses do inibidor e modos de aplicação

As doses de nitrogênio empregadas foram 40 e 80 kg de N/ha. Os níveis do N-Serve 24E (nitrapirina) foram 0, 1, 2 e 3 kg de nitrapirina/ha. Os dois modos de aplicação da uréia foram os seguintes: A_1 - todo o nitrogênio no plantio; A_2 - metade da dose de nitrogênio no plantio e metade em cobertura, 40 dias após a emergência das plantas.

3.2.2. INSTALAÇÃO DO ENSAIO

3.2.2.1. Demarcação do ensaio e adubação de plantio

Após o preparo convencional do solo, foram demarcadas as parcelas e os blocos dentro da área experimental. Em cada parcela de 25 m², foram abertos 5 sulcos com 5 m de comprimento, com aproximadamente 7 cm de profundidade e com espaçamento de 1 m. Em cada bloco foram demarcadas 17 parcelas perfazendo uma área de 425 m² por bloco e uma área total de 1.275 m².

A uréia foi aplicada no fundo dos sulcos, nas doses correspondentes aos diversos tratamentos (item 3.2.1.2., pág. 28). O superfosfato simples e o cloreto de potássio, foram colocados junto com a uréia. Todas as parcelas receberam a adubação básica com P e K.

3.2.2. Aplicação do N-Serve (Nitrapirina)

Foram preparadas 3 emulsões diferentes adicionando-se 156, 312 e 468 ml de N-Serve 24E (nitrapirina) em 15

litros de água, correspondentes às doses 1, 2 e 3 kg de nitra pirina/ha. As emulsões foram aplicadas no sulco de adubação e sobre o adubo, na base de 200 ml de emulsão por sulco. Estes foram imediatamente cobertos com uma camada de aproximadamente 4 a 5 cm de terra para evitar a volatilização do produto (McCALL e SWANN, 1978).

Para aplicar o N-Serve nos sulcos de adubação, foram utilizados frascos erlenmeyer de 250 ml, os quais foram tampados, no momento da aplicação, com rolha de borracha, contendo dois orifícios. Em um dos orifícios foi adaptado um tubo de vidro de 10 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro , para a saída do produto e o outro orifício, teve a finalidade de permitir a entrada de ar.

3.2.2.3. Semeadura

Para a semeadura foram abertos sulcos de aproximadamente 5 cm de profundidade, imediatamente ao lado do sulco de adubação. As sementes foram então distribuídas nos respectivos sulcos, sendo colocadas 3 sementes a cada 20 cm. Finalmente as sementes foram cobertas com aproximadamente 4 ou 5 cm de terra.

3.2.3. CONDUÇÃO DO ENSAIO E AMOSTRAGENS

3.2.3.1. Tratos culturais e adubação em cobertura

O controle de plantas daninhas foi feito através de capinas manuais mantendo-se a cultura no limpo até aproximadamente 70-80 dias após a semeadura.

Aos 30 dias após a emergência, realizou-se o desbaste, deixando-se 1 planta a cada 20 cm de sulco, de modo a manter um "stand" de 50.000 plantas por hectare.

Aos 40 dias após a emergência, realizou-se a adubação de cobertura com nitrogênio, nos tratamentos correspondentes ao parcelamento do fertilizante nitrogenado. Para tanto foram abertos sulcos de 3 cm de profundidade a aproximadamente 5 cm de distância do colo das plantas de milho. Em cada sulco foram colocados 22,2 g e 44,4 g de uréia, correspondentes a 20 e 40 kg de N/ha, respectivamente. Finalmente a uréia aplicada foi coberta com uma camada de aproximadamente 4 a 5 cm de solo.

Durante o ciclo da cultura foram anotados os dados de precipitação pluviométrica na área experimental.

3.2.3.2. Amostragens de solo

Foram realizadas 3 amostragens de solo para determinação dos teores de N-total, N-NH_4^+ e N-NO_3^- . As amostragens de solo foram realizadas aos 15, 30 e 60 dias após a semeadura. Foram retiradas 2 amostras por sulco, sendo utilizadas as 3 linhas centrais de cada parcela, num total de 6 amostras para cada uma. As amostras foram retiradas com tubo de amostragem de 2,5 cm de diâmetro, na profundidade de 0 - 25cm. Em seguida o solo amostrado foi homogeneizado e acondicionado em sacos plásticos, na base de 200-250 gramas de terra úmida por parcela. O solo amostrado foi armazenado em congelador a -20°C , para posteriormente serem realizadas as análises químicas previstas.

3.2.3.3. Amostragens de folhas

Para diagnose foliar foram realizadas duas amostragens. A primeira no início do florescimento e a segunda quando mais de 50% das plantas já apresentavam as panículas.

A folha amostrada foi a primeira folha oposta e abaixo da espiga superior. Foram amostradas 10 folhas por parcela, as quais foram colocadas em sacos plásticos e imediatamente trazidas ao laboratório.

3.2.3.4. Colheita

Aproximadamente aos 140 dias após a semeadura, realizou-se a colheita do milho. Foram colhidas as 3 linhas centrais de cada parcela. Por ocasião da colheita foram contadas o número de plantas e o número de espigas por parcela. Em seguida procedeu-se às seguintes pesagens: peso de espigas com palha, peso de espigas sem palha e peso de grãos. Os valores obtidos foram convertidos em kg/ha, considerando-se o "stand", após o desbaste, de 125 plantas por parcela (50.000 plantas/ha).

3.2.4. ANÁLISES QUÍMICAS

3.2.4.1. Análises químicas do solo

Nas amostras de solo trazidas ao laboratório foram determinados os teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N-total.

Para as análises de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , as amostras de solo foram descongeladas e destas foram tomadas 10 g de solo úmido, os quais foram agitados com 100 ml de KCl 2 N durante 60 minutos (BREMNER, 1965; BREMNER e KEENEY, 1965. A suspensão foi filtrada em papel de filtro S & S Nº 589, faixa azul; do filtrado tomaram-se alíquotas de 20 ml, nas quais procedeu-se à aplicação do método de "Destilação a Vapor" para determinação de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , seguindo o procedimento proposto por BREMNER (1965) e por BREMNER e EDWARDS (1965).

O solo restante após o descongelamento de cada amostra, foi posto para secar à temperatura ambiente e após a secagem foi moído e passado em peneira de 0,5 mm, para a obtenção da TFSA (terra fina seca ao ar). A extração do nitrogênio total do solo, foi feita seguindo o procedimento proposto por BREMNER (1965). O N-total foi determinado pelo método do "Auto-Analisador", descrito por KRUG (1979).

3.2.4.2. Análises químicas das folhas

Foram retirados os 30 cm centrais da lâmina foliar, eliminando-se a nervura central. Em seguida o material obtido foi colocado para secar, em estufa à 60-70°C, durante 72 horas. A matéria seca obtida foi triturada em moinho Willey com malha 20. Da matéria seca moída, tomou-se 0,5 g que foram submetidos à digestão nítrico-perclórica. O extrato obtido foi completado com água deionizada, em balão volumétrico de 100ml. Foram tomadas alíquotas de 2 ml para determinação de fósforo total pelo método do vanadato-molibdato. Em seguida foi feita a determinação do potássio por fotometria de chama. Tanto para as análises de P-total como para as análises de K nas folhas, seguiu-se o procedimento descrito por LOTT *et alii* (1956).

Para as análises do nitrogênio total, as folhas, foram submetidas à digestão sulfúrica e no extrato obtido determinou-se o teor de N-total segundo o método "semimicro-kjeldahl", descrito por MALAVOLTA (1957).

3.2.4.3. Determinação de N-total nos grãos de milho

Após a pesagem dos grãos de milho obtidos na colheita, foram separados de cada parcela, cerca de 100 g de grãos, os quais foram postos a secar em estufa à 60-70°C durante 72 horas. O material seco foi moído em moinho Willey com

malha 20. Em seguida procedeu-se à determinação do N-total, se guindo o mesmo procedimento adotado para a determinação do elemento nas folhas (item 3.2.4.2., pág. 34, 2º parágrafo).

3.2.5. CÁLCULO DA RELAÇÃO $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$

A relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ do solo, foi calculada com a seguinte relação matemática:

$$\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^- = \frac{\text{N-NH}_4 \text{ (ppm) solo}}{\text{N-NO}_3 \text{ (ppm) solo}}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. TEORES DE N-TOTAL, N-NH_4^+ E N-NO_3^- NO SOLO

Na Tabela 1 são apresentados os dados referentes ao efeito da interação entre doses de nitrogênio e doses de N-Serve, sobre os teores de N-total do solo, nas amostras efetuadas aos 15 e 30 dias, durante o ciclo da cultura do milho. Verificou-se que não houve efeito significativo nem de doses do fertilizante nem de doses de N-Serve, sobre os teores de N-total, dentro de uma mesma amostragem. É provável que a ausência de respostas significativas, das doses de nitrogênio aplicada, esteja relacionada com possíveis perdas por volatilização de NH_3 e lixiviação de NO_3^- e da própria uréia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, abaixo da camada de 0-25 cm.

Observa-se uma leve tendência de resposta ao emprego do fertilizante, quando se compara os teores de N-to-

tal no solo, dos tratamentos com uréia sem nitrapirina. A diferença entre os dados correspondentes aos tratamentos 40 kg de N/ha e 80 kg de N/ha, foi de 31 ppm de N-total, no solo da primeira amostragem e de 23 ppm de N-totoal, no solo da segunda amostragem.

TABELA 1 - Efeito da interação entre doses de nitrogênio e doses de N-Serve (nitrapirina), sobre os teores de N-total, presente no solo em 2 épocas distintas, após a semeadura.

kg de N/ha	kg de N-Serve por ha	ppm de nitrogênio	
		Aos 15 dias	Aos 30 dias
40	0	360	408
	1	379	402
	2	393	429
	3	368	407
80	0	391	431
	1	351	438
	2	367	413
	3	353	390
Testemunha sem nitrogênio		353	380
CV%		9,2	9,5
F		1,9 (ns)	0,8 (ns)
DMS a 5%		-	-

A Tabela 2 mostra o efeito da interação entre doses de nitrogênio e doses de N-Serve, sobre os teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- no solo, aos 15, 30 e 60 dias após a semeadura do milho.

Não houve diferença significativa entre os teores de N-NH_4^+ do solo, aos 15 dias após a semeadura e o mesmo ocorreu com os teores de N-NO_3^- . Segundo IDRIS *et alii* (1974) e FASSBENDER (1978), o tempo de hidrólise da uréia no solo, varia com as condições climáticas, com o tipo de solo e com o teor de umidade do mesmo. O ensaio foi instalado em uma época, precedida de uma longa estiagem e mesmo durante o desenvolvimento do experimento ocorreram problemas de quantidade e distribuição de chuvas (Quadro 3 e Figura 1). Portanto é provável que a baixa umidade do solo, decorrente da falta de chuva, diminuiu a taxa de conversão do N-amídico para N-amônia - cal e conseqüentemente o aumento do teor de N-NH_4^+ no solo, não foi suficiente para evidenciar o efeito dos tratamentos. Assim como não houve diferenças significativas entre os teores de N-NH_4^+ na primeira amostragem, também não houve diferença significativa entre os teores de N-NO_3^- no mesmo período, uma vez que a nitrificação é intensamente afetada pela quantidade de substrato (NH_4^+) disponível aos microrganismos nitrificadores (ALEXANDER, 1965).

TABELA 2 - Efeito da interação entre doses de nitrogênio e doses de N-Serve (nitrapirina), sobre os teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- presentes no solo, em 3 épocas distintas, após a sementeira do milho (a).

kg de N/ha	kg de N-Serve/ha	ppm de N-NH_4				ppm de N-NO_3			
		Aos 15 dias		Aos 30 dias		Aos 15 dias		Aos 30 dias	
		(b)		(b)		(b)		(b)	
40	0	12,0	15,4 b	6,4 a	7,9	7,9	7,9 b	3,4 b	
	1	12,2	8,0 a	7,9 ab	8,1	3,6 ac	2,9 a		
	2	12,5	13,3 b	5,1 a	9,6	3,8 ac	2,6 a		
	3	11,0	9,9 a	9,3 b	8,9	4,3 ac	2,3 a		
80	0	12,5	10,4 ab	6,9 a	9,6	4,4 ac	4,2 b		
	1	12,0	9,6 a	8,5 b	7,5	4,8 c	4,5 b		
	2	13,9	8,3 a	8,7 b	8,9	2,2 a	2,8 a		
	3	10,9	9,0 a	7,9 ab	7,6	2,3 a	2,0 a		
CV%		25,7	14,5	19,1	14,9	25,4	23,6		
F		0,17(ns)	13,4**	5,8**	3,2(ns)	9,3**	3,5*		
DMS a 5%		-	5,0	2,9	-	2,5	1,3		

(a) Os números com mesma letra não diferem estatisticamente.

(b) Médias de 3 repetições.

QUADRO 3 - Dados de precipitação e de evapotranspiração para a localidade de Anhumas, no período de 27/11/1980 a 08/04/1981.

Período (dias)	P ^(a)	EP	P - EP	ER
	mm			
0-5	74	21,6	52,4	21,6
6-10	48	22,0	26,0	22,0
11-15	19	22,0	- 3,0	21,0
16-20	40	22,0	18,0	22,0
21-25	41	22,0	19,0	22,0
26-30	13	22,0	9,0	22,0
31-35	8	20,0	-12,0	18,0
36-40	6	20,0	-14,0	16,0
41-45	49	20,0	29,0	20,0
46-50	43	20,0	23,0	20,0
51-55	8	20,0	-12,0	18,0
56-60	75	21,9	53,1	21,9
61-65	2	21,9	-19,9	17,0
66-70	20	21,9	- 1,9	21,0
71-75	49	21,9	27,1	21,9
76-80	0	21,9	-21,9	17,0
81-85	0	21,9	-21,9	11,0
86-90	35	24,0	11,0	24,0
91-95	0	24,0	-24,0	13,0
96-100	1	24,0	-23,0	10,0
105-105	7	24,0	-17,0	14,0
106-110	67	24,0	43,0	24,0
111-115	46	24,0	22,0	24,0
116-120	0	10,0	-10,0	8,0
121-125	18	10,0	8,0	10,0
126-130	0	10,0	-10,0	8,0

(a) P = precipitação; EP = evapotranspiração potencial;
ER = evapotranspiração real.

BALANÇO HÍDRICO - THORNTHWAITE E MATHER - 1955

CAO: 40 mm

FIGURA 1 - Balanço hídrico, segundo THORNTHWAITE e MATHER (1955), para a localidade de Anhumas, SP, no período de 27/11/80 à 08/04/81.

Na amostragem realizada aos 30 dias, não houve variação significativa entre os teores de N-NH_4^+ dos solos, onde foram aplicadas as duas doses de nitrogênio, sem o inibidor da nitrificação. Não houve efeito da nitrapirina sobre os teores de N-NH_4^+ das parcelas adubadas com 80 kg de N/ha. Porém nas parcelas tratadas com 40 kg de N/ha, verificou-se que as doses de 1 e 3 kg de nitrapirina/ha reduziram significativamente o teor de N-NH_4^+ do solo e paradoxalmente não houve efeito da dose de 2 kg de nitrapirina/ha.

É provável que a irregularidade das precipitações pluviométricas, tenha sido a causa dos teores de N-NH_4^+ não apresentarem as tendências esperadas. Além disso deve-se ressaltar, que a variação dos níveis de N-inorgânico e a intensidade dos processos de transformações do nitrogênio no solo apresentam grande variação dentro de uma mesma área.

As variações das precipitações pluviométricas tiveram um efeito marcante sobre os resultados obtidos. Basta mencionar que durante os 130 dias em que a cultura permaneceu no campo, houve uma precipitação total de 670 mm de chuva e neste período, 79 dias apresentaram precipitações inferiores a 2 milímetros. A irregularidade das precipitações pluviométricas podem ser observadas na Figura 1. e no Quadro 3).

A análise dos dados referentes aos teores de N-NO_3^- , aos 30 dias após a semeadura, não apresenta os problemas encontrados com os teores de N-NH_4^+ na mesma amostragem. Verifica-se que a presença do N-Serve, associado com 40 kg de

N/ha do solo reduziu significativamente os teores de N-NO_3^- do solo. Esta diminuição também foi observada com as doses de 2 e 3 kg de nitrapirina, quando associadas com 80 kg de N/ha.

A composição granulométrica do solo (Quadro 2, pág. 25), colaborou para evidenciar o efeito desfavorável da irregularidade das chuvas sobre os resultados obtidos, visto que o solo utilizado apresenta uma baixa capacidade de retenção de água. Os efeitos das características do solo e das precipitações pluviométricas, sobre as perdas de nitrogênio e sobre a eficiência dos fertilizantes nitrogenados foram mencionados por SCOTT *et alii* (1975), CHRISTY (1976) e THOMAS (1977).

O efeito inibidor da nitrificação foi mais evidente, quando utilizou-se, para essa avaliação, os dados referentes a quantidade de N-NO_3^- , presente no solo, aos 30 dias e aos 60 dias após a adubação. Nestas duas amostragens pode-se verificar que os teores de N-NO_3^- do solo diminuem com a presença de inibidor, indicando que o N-Serve causou certa inibição da nitrificação.

4.2. RELAÇÃO $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ DO SOLO

Pelos resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que houve efeito da interação entre doses de nitrogênio e doses de nitrapirina, sobre a relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ do

solo, aos 30 e 60 dias após a adubação de plantio. A ausência de efeito dos tratamentos, aos 15 dias, pode ser justificada considerando-se que este período não foi suficiente para que todo o N da uréia aplicada se transformasse em N-NH_4^+ (esse fato foi mencionado no item 4.1., pág. 38).

A relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ do solo, correspondente ao tratamento com 3 kg de nitrapirina/ha, foi significativamente maior que a relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ dos tratamentos correspondentes às doses 0, 1 e 2 kg de nitrapirina/ha. Este efeito da maior dose de N-Serve, foi observado tanto para a dose de 40 kg de N/ha como para a dose de 80 kg de N/ha, nas duas últimas amostragens.

As relações $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ dos tratamentos com 1 e 2 kg de nitrapirina/ha, não apresentaram diferenças significativas evidenciando que a nitrapirina (N-Serve) somente atuou quando foi utilizada a dose de 3 kg do inibidor/ha.

Os valores das relações $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ do solo, obtidos com a aplicação da nitrapirina (N-Serve), oscilaram entre 1,2 e 5,7, durante o período de 15 a 60 dias. NORRIS (1972) encontrou valores que variam dentre 1,25 e 15, num espaço de tempo compreendido entre 28 a 168 dias.

A Figura 2 ilustra muito bem o efeito das doses de N-Serve sobre a relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ do solo, durante os primeiros 60 dias do ciclo da cultura. Nesta figura pode-se notar nitidamente a superioridade dos efeitos da dose de 3 kg

de N-Serve/ha sobre as demais doses experimentadas, sobretudo no período compreendido entre a segunda e a terceira amostra gens.

TABELA 3 - Efeito da interação entre doses de nitrogênio e doses de nitrato de amônio sobre a relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ no solo, em 3 épocas distintas após a semeadura (a).

Dose de N kg/ha	Dose de N-Serve kg/ha	Relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$		
		Aos 15 dias	Aos 30 dias	Aos 60 dias
40	0	1,5	3,2 a	1,8 a
	1	1,5	2,0 a	2,9 ac
	2	1,6	2,5 a	2,1 ac
	3	1,5	5,7 b	3,9 bc
80	0	1,4	1,7 a	1,6 a
	1	1,5	2,4 a	2,0 ac
	2	1,3	2,2 a	3,3 ab
	3	1,2	5,6 b	5,1 b
CV%		25,0	30,0	31,0
F		0,7 (ns)	16,1**	3,1*
DMS a 5%		-	2,0	1,9

(a) Os números com mesma letra não diferem estatisticamente.

FIGURA 2 - Variação da relação $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ do solo, nas 3 épocas de amostragem (médias dos tratamentos com N-Serve, independente da dose de nitrogênio).

4.3. TEORES DE N, P E K NAS FOLHAS DE N-TOTAL NOS GRÃOS DE MILHO

Observando-se os dados apresentados na Tabela 4, verifica-se que não houve efeito da interação entre doses de nitrogênio e doses de nitrapirina, sobre os teores de N, P e K nas folhas amostradas.

A média dos teores de N, P e K, encontrados nas folhas da primeira amostragem foram, respectivamente: 2,61% N, 0,22% P e 2,01% K. Utilizando-se da mesma folha, mesma variedade e na mesma época de amostragem, ANDRADE *et alii* (1976) obtiveram os seguintes teores de N, P e K: 2,65% N, 0,28% P e 2,66% K. Estes teores de nutrientes os autores correlacionaram com uma produção de 6.414 kg de milho/ha. Porém as condições de clima e solo em que se desenvolveu o trabalho citado, foram completamente diferentes das condições em que foram obtidos os dados da tabela 4. Uma discussão mais detalhada sobre o efeito das condições em que foram obtidos os resultados do presente ensaio, encontra-se no item 4.4., pág. 50.

O efeito das interações entre doses de N, modos de aplicação e doses de N-Serve, sobre o teor de N-total, nos grãos de milho, são apresentados na Tabela 5. Não houve efeito dos tratamentos sobre a quantidade de nitrogênio translocado para os grãos de milho. As justificativas para a ausência de respostas aos tratamentos, podem ser as mesmas apresentadas no item 4.4., pág.50.

TABELA 4 - Efeito da interação entre doses de nitrogênio e doses de nitrapirina (N-Serve) sobre os teores de N, P e K na folha do milho, em duas épocas distintas do ciclo da cultura.
(a)

DOSE DE N kg/ha	DOSE DE N-SERVE kg/ha	1ª AMOSTRAGEM			2ª AMOSTRAGEM		
		N(%)	P(%)	K(%)	N(%)	P(%)	K(%)
40	0	2,01	0,23	1,99	1,6	0,17	2,30
	1	1,90	0,22	2,04	1,7	0,19	2,31
	2	2,02	0,21	2,04	1,5	0,15	2,10
	3	2,10	0,23	1,99	1,8	0,18	2,36
80	0	2,31	0,22	1,96	1,7	0,17	2,21
	1	2,30	0,22	2,09	1,7	0,17	2,24
	2	2,30	0,23	2,00	1,9	0,18	2,28
	3	2,31	0,23	1,98	1,7	0,17	2,24
CV%		8,0	1,9	3,7	8,7	2,0	4,9
F		2,0 (ns)	0,9 (ns)	0,1 (ns)	1,7 (ns)	1,4 (ns)	0,6 (ns)
DMS a 5%		-	-	-	-	-	-

(a) Médias de 3 repetições-

TABELA 5 - % de nitrogênio nos grãos de milho, após a colheita.^(a)

Dose de N kg/ha	Dose de N-Serve kg/ha	Modo de Aplicação	N-total nos grãos de milho %
40	0	Tudo no plantio	1,66
	1		1,79
	2		1,74
	3		1,76
80	0	Tudo no plantio	1,87
	1		1,83
	2		1,87
	3		1,79
40	0	1/2 no plantio	1,89
	1	1/2 em cobertura	1,75
	2		1,80
	3		1,76
80	0	1/2 no plantio	1,87
	1	1/2 em cobertura	1,98
	2		1,97
	3		1,87
CV%			6,4
F			1,6 (ns)

(a) Médias de 3 repetições.

Somente o comprometimento do ensaio pelas irregularidades das chuvas podem justificar o fato dos teores de N-total nos grãos de milho, não terem sido influenciado pelos tratamentos. Na literatura, existem muitos trabalhos relatado que dentro de certos limites, o aumento de proteína nos grãos de milho é decorrente da maior absorção de fertilizantes nitrogenados (WARREN *et alii*, 1980) e da aplicação tardia deste nutriente (NEPTUNE, 1977).

4.4. A PRODUÇÃO DE MILHO

Os dados de produção de milho são apresentados nas Tabelas 6 a 8. Não houve efeito dos tratamentos na produção do milho.

Com as quantidades de nitrogênio aplicadas, esperava-se que, pelo menos com a dose de 80kgN/ha, ocorresse um aumento na produção. Sobretudo considerando-se, que a adubação básica com 120 kg de P_2O_5 /ha e 80 kg de K_2O /ha, deve ser suficientemente alta, para que estes elementos não representem um fator limitante ao desenvolvimento das plantas. Também não foi observado na área experimental ataque de pragas ou doenças que pudessem comprometer a cultura. Assim sendo, pode-se supor que a causa das baixas produções e a ausência de resposta à adubação nitrogenada, foi uma consequência da irregularidade das precipitações pluviométricas.

tricas. Na Figura 1, observa-se que durante o período em que o experimento permaneceu no campo a precipitação ocorrida foi irregular, e desde a sua instalação houverem déficits hídricos, pequenos no início, em meados de dezembro e janeiro, acentuando-se da metade para o final do ciclo; sendo que do septuagésimo sexto ao centésimo quinto dia foi o período mais extenso de deficiência hídrica.

A Figura 1 descreve o balanço hídrico do local, elaborado para uma capacidade de água disponível (CAD) de aproximadamente 40 mm.

Considerando-se que o solo em questão apresenta uma baixa capacidade de retenção de água, os déficits hídricos ocorridos entre o 76º e 105º dia exerceram grande influência na produção final da cultura; pois nesse período ocorre o florescimento e a formação dos grãos. E uma deficiência hídrica nessa época, pode ser extremamente prejudicial à produção.

Dados apresentados por ANDRADE *et alii* (1976), revelaram que a produção máxima teórica da variedade "Piranã", é de 7.931 kg/ha. A produção obtida no presente trabalho, variou entre 2.194 e 3.499 kg/ha) (Tabelas 6, 7 e 8). Portanto essas produções foram inferiores a 50% da produção máxima teórica.

Na Tabela 6, observa-se que as produções dos tratamentos correspondentes ao parcelamento do nitrogênio foram maiores que aqueles dos tratamentos com todo o nitro

gênio aplicado no plantio.

Na Tabela 7, verifica-se que as produções correspondentes às doses 0, 1, 2 e 3 kg de N-Serve/ha, associada com o parcelamento do nitrogênio foram maiores que aquelas correspondentes às mesmas doses de N-Serve associadas com a aplicação de todo o nitrogênio no plantio.

Na Tabela 8, percebe-se que a produção de grãos de milho cresceu com o aumento das doses de nitrapirina (N-Serve).

TABELA 6 - Efeito da interação entre doses de nitrogênio e modo de aplicação sobre a produção de grãos de milho.

Dose de N kg/ha	Modo de Aplicação	Produção de grãos de milho
40	Tudo no plantio	2.459
40	1/2 no plantio	2.969
	1/2 em cobertura	
80	Tudo no plantio	2.263
80	1/2 no plantio	2.716
	1/2 em cobertura	
Testemunha sem N		2.349
CV%		25
F		0,02 (ns)

TABELA 7 - Efeito da interação entre modo de aplicação do adubo e de doses do N-Serve (nitrapirina), sobre a produção de grãos de milho.

Modo de Aplicação do Adubo	Dose do Inibidor (kg/ha)	Produção de grãos de milho (kg/ha)
Tudo no plantio	0	2.194
	1	2.272
	2	2.500
	3	2.478
1/2 no plantio	0	2.458
1/2 em cobertura	1	2.551
	2	2.862
	3	3.499
CV%		25
F		0,9 (ns)

TABELA 8 - Efeito da interação entre doses de nitrogênio e doses de N-Serve (nitrapirina) sobre a produção de grãos de milho.

Dose de N (kg/ha)	Dose de N-Serve (kg/ha)	Produção de grãos de milho (kg/ha)
40	0	2.471
	1	2.404
	2	2.923
	3	3.057
80	0	2.181
	1	2.419
	2	2.439
	3	2.919
CV%		25
F		0,3 (ns)

FIGURA 3 - Produção relativa de grãos de milho (efeito de doses do inibidor e doses de adubo).

* I₀ = sem N-Serve; I₁ = 1 kg de N-Serve/ha; I₂ = 2 kg de N-Serve/ha; I₃ = 3 kg de N-Serve/ha.

FIGURA 4 - Produção relativa de grãos de milho (efeito de doses do inibidor e modos de aplicação do adubo).

* I₀ = sem N-Serve; I₁ = 1 kg de N-Serve/ha; I₂ = 2 kg de N-Serve/ha; I₃ = 3 kg de N-Serve/ha

Essas tendências mostram que realmente o uso de inibidores da nitrificação, associado com a prática do parcelamento do nitrogênio, podem apresentar efeitos benéficos sobre a produção do milho e de outras culturas. Efeitos semelhantes foram obtidos por vários autores, os quais já foram mencionados na revisão de literatura (item 2.4. pág. 4). Porém, as tendências não permitem nenhuma afirmação segura, visto que os valores obtidos não diferem estatisticamente.

Assim sendo, calculou-se as produções relativas, atribuindo-se à produção do tratamento sem nitrapirina, o valor 1. Os resultados obtidos são apresentados nas Figuras 3 e 4.

Na Figura 3, pode-se verificar que não houve diferença entre as produções obtidas com 40 e 80 kg de N/ha, sem N-Serve. Porém observa-se que ocorreu um aumento na produção, quando a uréia foi associada com o N-Serve. Quando o inibidor foi aplicado com 40 kg de N/ha, somente as doses de 2 e 3 kg de nitrapirina/ha, causaram aumento na produção. Nos tratamentos com 80 kg de N/ha, as três doses de nitrapirina aumentaram a produção, porém não houve diferença entre as doses 1 e 2.

O efeito do N-Serve sobre a produção do milho também pode ser observado na Figura 4. Nesta Figura verifica-se que houve um pequeno aumento na produção, quando a adubação nitrogenada foi parcelada em duas vezes. Pode-se notar também, que quando todo o N foi aplicado no plantio, somente as doses de 2 e 3 kg de N-Serve/ha aumentaram a produção. Quando asso-

ciou-se a nitrapirina com o parcelamento da adubação nitrogenada, o efeito do inibidor da nitrificação foi mais evidente e neste caso percebe-se que houve um acréscimo na produção com o aumento de doses de N-Serve.

A análise dos dados de produção relativa (Figuras 3 e 4) evidenciaram as tendências observadas nas Tabelas 6, 7 e 8, permitindo uma interpretação mais segura dos resultados obtidos. Assim como, sugerem que outras pesquisas sejam efetuadas, em outras condições, para comprovação desses resultados.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do experimento e à luz dos dados obtidos, pode-se tirar as seguintes conclusões:

1. A aplicação de 40 e 80 kg de N/ha, em um Latossol Vermelho escuro - textura média, não causou aumento significativa na concentração de N-total do solo.
2. As doses correspondentes a 2 e 3 kg de nitrapirina, associadas com uréia, diminuíram a quantidade de N-NO_3^- do solo, aos 30 a 60 dias após a adubação.
3. A relação $\text{N-NH}_4/\text{N-NO}_3$ foi um bom parâmetro para avaliar o efeito de inibidores da nitrificação. Maior relação $\text{N-NH}_4/\text{N-NO}_3$ foi obtida quando da aplicação de 3 kg de nitrapirina/ha.

4. A associação de uréia com nitrapirina aumentou a produção da cultura do milho (*Zea mays* L.).
5. As maiores produções foram obtidas com a aplicação de 3 kg de nitrapirina/ha, associada com o parcelamento da uréia.
6. As doses de 40 e 80 kg de N/ha, associadas ou não com nitrapirina, não aumentaram os teores de N-total nos grãos de milho.
7. Não houve efeito das doses de nitrapirina sobre os teores de N, P e K na folha do milho.

6. LITERATURA CITADA

- AE, N., 1980. Loss of Nitrogen in the Soil Surface Layer in Japanese Grassland During the Heavy Rainfall Season and Its Enhancement by the Root Mat. *Plant and Soil*, 55(I): 147-151.
- ALEXANDER, M., 1965. Nitrification. In: BARTHOLOMEW, W.V. e CLARK, F.E., eds. *Soil Nitrogen*. Wisconsin, USA, American Society of Agronomy, p.309-335.
- ANDRADE, A.G.; H.P. HAAG; G.D. OLIVEIRA e J.R. SARRUGE, 1976. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho. III - Diagnose foliar. *Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciências do Solo*, Campinas. p.277-281.
- BENGTSON, G.W., 1979. Nutrient Losses from a Forest Soil as Affected by Nitrapyrin Applied with Granular Urea. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43: 1029-1033.

- BOSWELL, F.C.; J.G. FUTRAL e O.E. ANDERSON, 1974. Comparison of Fall-Applied N under Formed Beds with Conventional Spring N Application for Corn Production. *Agronomy Journal*, 66: 374-376.
- BREMNER, J.M., 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK *et alii* (eds.). *Methods of Soil Analysis*. Wisconsin, USA. American Society of Agronomy, p.1179-1273.
- BREMNER, J.M. e R.D., KEENEY, 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chim. Acta*, 32: 485-495.
- BREMNER, J.M. e A.P. EDWARDS, 1965. Determination and Isotope-Ratio Analysis of Different Forms of Nitrogen in Soils: I. Apparatus and Procedure for Distillation and Determination of Ammonium. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29: 504-507.
- BREMNER, J.M. e A.M. BLACKNER, 1978. Nitrous oxide: Emission from Soils During Nitrification of Fertilizer Nitrogen. *Science*, 199: 295-296.
- BREMNER, J.M.; A.M. BLACKMER e L.G. BUNDY, 1978. Problems in use of nitrapyrin (N-Serve) to inhibit nitrification in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 10: 441-442.
- BUNDY, L.G. e J.M. BREMNER, 1973. Inhibition of nitrification in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37: 396-398.
- BUNDY, L.G. e J.M. BREMNER, 1974. Effects of nitrification inhibitors on transformations of urea nitrogen in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 6: 369-376.
- CHRISTY, C.M., 1976. Nitrification Inhibitors. *Soils and Crops*, 4(7).

- DOW CHEMICAL USA, 1962. Fertilizer Additive Cuts Nitrogen Loss. *Chemical and Engineering News*, 40(19): 56-57.
- DOW CHEMICAL USA, 1967. N-Serve. Technical Bulletin, 20p.
- DOW CHEMICAL USA, 1969. N-Serve nitrogen stabilizers - Formulation and application manual, 21p.
- DOW CHEMICAL USA, 1977a. N-Serve nitrogen stabilizers - questions and answers, 2p.
- DOW CHEMICAL USA, 1977b. Characteristics and use of N-Serve nitrogen stabilizers - questions and answers, 6p.
- DOW CHEMICAL USA, 1977c. N-Serve nitrogen stabilizers - use recommendations and applications handbook, 2p.
- DOW CHEMICAL USA, 1978. Nitrogen stabilizer increases cotton yields, 2p.
- EL WALI, A.M.O.; F. LE GRAND e G.J. GASCHO, 1980. Nitrogen leaching from soil and uptake by sugarcane from various urea-based fertilizers. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44(1):
- FASSBENDER, H.W., 1978. *Química de Suelos*. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 398p.
- FERNANDES, M.S. e R.O.P. ROSSIELLO, 1979. ⁸⁰Uso de NH_4^+ e de um inibidor de nitrificação na adubação nitrogenada do milho (*Zea mays* L.). *R. bras. Ci. Solo*, 3: 77-82.
- GASSER, J.K.R. e A. PENNY, 1965. Experiments with nitrogen fertilizers. *Rep. Rathamst. exp. stn.*, 53p.

- GASSER, J.K.R., 1970. Nitrification Inhibitors - Their occurrence, production and effects of their use on crop yields and composition. *Soils and Fertilizers*, 33: 547-553.
- GERWING, J.R.; A.C. CALDWELL e L.L. GOODROAD, 1979. Fertilizer Nitrogen Distribution under Irrigation between Soil, Plant and Aquifer. *J. Environ. Qual.*, 8(3): 281-284.
- GORING, C.A.I., 1962a. Control of Nitrification by 2-Chloro-6-(Trichloromethyl) Pyridine. *Soil Sci.*, 93: 211-218.
- GORING, C.A.I., 1962b. Control of Nitrification of Ammonium Fertilizers and Urea by 2-Chloro-6-(Trichloromethyl) Pyridine. *Soil Sci.*, 93: 431-439.
- GORING, C.A.I. e H.H. SCOTT, 1976. Control of Nitrification by Soil Fumigants and N-Serve Nitrogen Stabilizers. *Down to Earth*, 32(3): 14-17.
- GUTHRIE, T.F. e A.A. BOMKE, 1980. Nitrification inhibition by N-Serve and ATC in soils of varying texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44: 314-320.
- HAQUE, I., 1979. Timing the application of N to maize in Sierra Leone. *Expl. Agric.*, 15: 247-251.
- HARMSSEN, G.W. e G.J. KOLENBRANDER, 1965. Soil Inorganic Nitrogen. In: BARTHOLOMEW, W.V. e F.E. CLARK, eds. *Soil Nitrogen*. Wisconsin, USA, **American Society of Agronomy**, p.43-71.

- HARRISON, R.P.; D.A. SEVERSON e R. CRABTREE, 1977. Results from Fall Applied N-Serve Nitrogen Stabilizers with Ammonium Nitrogen Fertilizers on Winter Wheat in the Northwest. *Down to Earth*, 33(1): 1-5.
- HENDRICKSON, L.L.; D.R. KEENEY; L.M. WALSH e E.A. LIEGEL, 1978a. Evaluation of Nitrapyrin as a Means of Improving N Efficiency in Irrigated Sands. *Agronomy Journal*, 70: 699-703.
- HENDRICKSON, L.L.; L.M. WALSH e D.R. KEENEY, 1978b. Effectiveness of Nitrapyrin in Controlling Nitrification of Fall and Spring-Applied Anhydrous Ammonia. *Agronomy Journal*, 70: 704.
- HUBER, D.M.; G.A. MURRAY e J.M. CRANE, 1969. Inhibition of Nitrification as a Deterrant to Nitrogen Loss. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 33: 975-976.
- HUBER, D.M. e R.D., WATSON, 1972. Nitrogen form and plant disease. *Down to Earth*, 27(4): 14-15.
- IDRIS, M.; F.A. CHOUDLHURY e S.D.K. KARKAR, 1974. Tranformation of nitrogen from urea placed different depths in soil. *Indian J. Agric. Sci.*, 44(9): 590-593.
- JUNG, P.E.; L.A. PETERSON e L.E. SCHRODER, 1972. Responsable of irrigated corn to time rate and source of applied N on Sandy Soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 31: 668-670.
- KAPUSTA, G. e E.C. VARSA, 1972. Nitrification Inhibitors do they work? *Down to Earth*, 28: 21-23.

- KRUG, F.J., 1979. Modificação do método industrial nº 218-72A da Technicon. Mimeografado. Seção de Radioquímica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP. Piracicaba-SP.
- LAKHDIVE, V.A. e R. PRASAD, 1970. Yield of tall and dwarf indica rice as affected by fertilizer nitrogen, with and without nitrification inhibitors. J. Agric. Sci., Camb., 75: 375-379.
- LASKOWSKI, D.A. e H.D. BIDLACK, 1977. Nitrification Recovery in Soil after Inhibition by Nitrapyrin. Down to Earth, 33(1): 12-17.
- LIMA F.F., S.A., 1978. Efeitos da aplicação de N-NO_3^- e N-NH_4^+ na produção de massa, nas concentrações de nitrato em *Glycine max* (L.) Merr., *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Brachia-ria decumbens* (L.) e *Lactuca sativa* (L.) e na lixiviação do nitrato. Dissertação de Mestrado, ESALQ/USP. São Paulo, Brasil, 101p.
- LINVILLE, K.W. e G.E. SMITH, 1971. Nitrate content of soil corn from corn plots after repeated nitrogen fertilization. Soil Sci., 112: 249-255.
- LOJO, A.M., 1964. Preliminary studies on the use of N-Serve in the conservation of nitrogen in soils. Sugar News, 49(9): 554-560.
- LOTT, W.L.; J.P. NERY; J.R. GALLO e J.C. MEDCALF, 1956. A técnica de Análise Foliar aplicada ao cafeeiro. Bolm. nº 79, Instituto Agronômico, Campinas.

- LUDWICK, A.E.; J.E. RESUS e E.J. LANGIN, 1976. Soil nitrates following four years continuous corn and as a surveyed in irrigated farm fields of central and eastern Colorado. *J. Environ. Qual.*, 5: 82-86.
- LUND, L.J.; D.C. ADRIANO e P.F. PRATT, 1974. Nitrate concentrations in deep soil cores as related to soil profile characteristics. *J. Environ. Qual.*, 3: 78-82.
- MALAVOLTA, E., 1957. Contribuição ao estudo da alimentação nitrogenada do arroz (*Oryza sativa* L.). Tese. Piracicaba, São Paulo.
- MCCALL, P.J. e R.L. SWANN, 1978. Nitrapyrin Volatility from Soil. *Down to Earth*, 34(3): 21-27.
- MEIKLE, R.W., 1978. Prediction of Ammonium Nitrogen Fertilizer Disappearance from Soils in the Presence and Absence of N-Serve Nitrogen Stabilizers. *Down to Earth*, 34: 6-10.
- MEIKLE, R.W.; A.D. LASKOWSKI; J.A. REGOLI e C.T. REDERMANN, 1978. The Hydrolysis and Photolysis of nitrapyrin in Dilute Aqueous Solution. *Arch. Environm. Contam. Toxicol.*, 7: 149-158.
- MOORE III, F.D., 1973. N-Serve Nutrient Stabilizer - a Nitrogen Management Fool for Leafy Vegetables. *Down to Earth*, 28: 4-7.
- MULLISON, W.R. e M.G. NORRIS, 1976. A Review of the Toxicological, Residual, and Environmental Effects of Nitrapyrin and its Metabolite 6-chloropicolinic Acid. *Down to Earth*, 32(1): 22-27.

- MURRAY, G.A., 1976. N-Serve and its Potential Use in Northern Idaho. **Current Information Series (313)**.
- NELSON, L.B. e R.D. HAUCK, 1965. Nitrogen Fertilizers: Progress and Problems. **Agric. Sci. Rev.**, 3: 38-47.
- NEPTUNE, A.M.L., 1977. Efeito de diferentes épocas e modos de aplicação do nitrogênio, na produção do milho, na quantidade de proteína, na eficiência do fertilizante e na diagnose foliar, utilizando o sulfato de amônio - ^{15}N . **Anais Esc. Superior Agric. "Luiz de Queiroz"**, 34: 515-539.
- NEPTUNE, A.M.L.; A.P. CRUZ e T. MURAOKA, 1980. Lixiviação de nitrato de colunas de solo tratado com sulfato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e N-Serve 24E (nitrapirina). **Anais da ESALQ**, 37: 991-1008.
- NEPTUNE, A.M.L.; T. MURAOKA e A.P. CRUZ, 1981. Efeito do N-Serve 24E (nitrapirina) sobre a nitrificação do sulfato de amônio e da uréia em dois solos do Estado de São Paulo. **Anais da ESALQ** (no prelo).

- NORRIS, M.G., 1972. N-Serve Nitrogen Stabilizers... A Practical Approach to Better Fertilizer Management. *Down to Earth*, 28(2): 5-9.
- NOTTON, B.A.; E.F. WATSON e E.J. HEWITT, 1979. Effects of N-Serve (2-Chloro-6-(Trichloromethyl) Pyridine) formulations on Nitrification and Loss of Nitrate in Sand Culture Experiments. *Plant Soil*, 51(1): 1-12.
- PARR, J.F., 1967. Biochemical considerations for Increasing the Efficiency of Nitrogen Fertilizers. *Soils and Fertilizers*, 30(3): 207-213.
- PRASAD, R.; B.B. TURKHEDE e U.K. DAS, 1966. 2-chloro-6-(trichloromethyl) pyridine for reducing nitrogen losses from upland paddy soils. *Current Science (India)*, 35: 312-313.
- PRASAD, R. e S.S. BAINS, 1968. Nitrification inhibitors for increasing the efficiency of fertilizer nitrogen in paddy soils. *Fert. News*, 13(5): 37-8.
- PRATT, P.F.; W.W. JONES e V.E. HUNSAKER, 1972. Nitrate in deep soil profiles in relation to fertilizer rates and Leaching volume. *J. Env. Qual.*, 1: 97-102.
- REDEMANN, C.T.; R.W. MEIKLE e J.G. WIDOFISKY, 1964. The loss of 2-chloro-(trichloromethyl) pyridine from soil. *Agric. Food Chem.*, 12: 207-209.
- REHM, G.W. e R.A. WIESE, 1975. Effect of method of nitrogen application on corn (*Zea mays* L.) grown on irrigated sandy soils. *Soil Sci. Am. Proc.*, 39: 1217-1220.

- SAHRAWAT, K.L., 1980. On the criteria for comparing the Ability of compounds for retardation of nitrification in Soil. *Plant acid Soil*, 55(3): 487-490.
- SAITO, S.M.T., 1974. Efeito da matéria orgânica e de um inibidor da nitrificação na absorção de $^{15}\text{NH}_4$ e $^{15}\text{NO}_3$ pelo milho. Piracicaba, ESALQ/USP, 75p. (Dissertação de Mestrado).
- SAITO, S.M.T. e A.M.L., 1977. Efeito da matéria orgânica e de um inibidor da nitrificação na absorção de $^{15}\text{NH}_4^+$ e $^{15}\text{NO}_3^-$ pelo milho. Boletim Científico nº 044. CENA/USP/CNEN.
- SCHUMAN, G.E.; T.M. McCALL; K.E. SAXTON e H.T. KNOX, 1975. Nitrate Movement and its Distribution in the Soil Profile of Differentially Fertilized Corn Watersheds. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 39: 1192-1196.
- SCOTT, D.H.; C.D. SPIES; D.M. HUBER; H.L. WARREN; D.W. NELSON e D.R. GRIFFITY, 1975. Potential for Nitrogen Stabilizers. Purdue University Indiana, USA, ID-102: 1-4.
- SHARMA, S.N. e R. PRASAD, 1980. Effect of rates of nitrogen and relative efficiency of sulfur - coated urea and nitrapyrin - treated urea in dry matter production and nitrogen uptake by rice. *Plant and Soil*, 55(3): 389-396.
- SINGH, B. e G.S., SEKHON, 1976. Some measures of reducing leaching loss of nitrates beyond potential rooting zone. I. Paper co-ordination of nitrogen splitting with water management. *Plant Soil*, 44: 193-200.

- SMIKA, D.E. e D.G. WATTS, 1978. Residual Nitrate-N in fine Sand as influenced by N fertilizer and water management practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42(6): 923-926.
- SRIVASTAVA, S.C., 1966. The effect of telodrin on nitrification of ammonia in soil and its implication on nitrogen nutrition of sugarcane. *Plant and Soil*, 25: 471-473.
- STANFORD, G.; C.B. ENGLAND e A.W. TAYLOR, 1970. Fertilizer use and water quality. USDA - ARS, 51-168.
- SWEZEY, A.W. e G.O. TURNER, 1962. Crop experiments on the effect of 2-chloro-6-(trichloromethyl) pyridine for the control of nitrification of Ammonium and urea fertilizers. *Agron. J.*, 54: 532-535.
- TAKAHASHI, D.T., 1967. Fate of Applied Fertilizer Nitrogen as Determined by the Use of N¹⁵. I. Sumer and Fall plant and ratoon crops on the Itamakua Coast of Hawaii. *Hawaii Planters Rec.*, 57(3): 237-266.
- THOMAS, P.A., 1977. Broadcast Applications of N-Serve. Dow Chemical USA, 5p.
- TOUCHTON, J.T.; R.G. HOEFT e L.F. WELCH, 1978. Effect of Nitrapyrin on Nitrification of Fall and Spring - Applied Anhydrous Ammonia. *Agronomy Journal*, 70: 805-810.
- TURNER, G.O. e A. NILSEN, 1964. Results of Demonstrations with N-Serve Nitrogen Stabilizer on Cotton in California and Arizona in 1963. *Down to Earth*, 15-19.

TURNER, G.O. e C.A.I. GORING, 1966. N-Serve ... a Status Report. *Down to Earth*, 19-25.

WARREN, H.L.; D.M. HUBER; C.Y. TSAI e D.W. NELSON, 1980. Effect of Nitrapyrin and N Fertilizer on Yield and Mineral Composition of Corn. *Agronomy Journal*, 72: 729-732.

WELLS, B.R., 1977. Nitrapyrin (2-chloro-6-(trichloromethyl) pyridine) as a nitrification for paddy rice. *Down to Earth*, 32(4): 28-32.