

## EFEITO DA MATÉRIA ORGÂNICA E DE UM INIBIDOR DA NITRIFICAÇÃO NA ABSORÇÃO DE $^{15}\text{NH}_4$ E $^{15}\text{NO}_3$ PELO MILHO \*

SIU MUI TSAI SAITO \*\*

ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE \*\*\*

### RESUMO

O presente experimento, conduzido em casa de vegetação, teve como objetivo verificar o efeito das formas  $^{15}\text{NH}_4$  e  $^{15}\text{NO}_3$  em presença ou ausência de matéria orgânica e de um inibidor da nitrificação "AM" (2-amino-4-cloro-6-metil-pirimidina) na produção de massa e no teor de nitrogênio na planta proveniente do solo e do fertilizante. A planta indicadora foi o milho híbrido Centralmex.

Os adubos  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  e  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ , foram adicionados em dois níveis: 40 e 120 kg N/ha, sendo o primeiro com 1,02% de  $^{15}\text{N}$  em excesso e o segundo com 1,48% de  $^{15}\text{N}$  em excesso.

Três solos de características físicas e químicas diferentes foram usados: Regossol "intergrade", Latossol Roxo e Podzolizado de Lins e Marília var. Marília.

Pelos resultados obtidos, a forma nítrica apresentou melhor efeito na absorção de nitrogênio do que a forma amoniacal, quando ambas as formas estavam em presença da matéria orgânica.

A presença da matéria orgânica contribui para aumentar o aproveitamento do fertilizante nos solos Regossol e Podzolizado, não apresentando porém efeito significativo no Latossol Roxo.

O inibidor da nitrificação "AM" não foi efetivo nem para a produção de matéria seca, nem aumentou a eficiência do fertilizante.

Há evidências também de que a presença da matéria orgânica contribui para um aumento no Valor "A" do Latossol Roxo e Podzolizado, não acontecendo porém para o Regossol, pois o uso apenas do nitrato superou os tratamentos com matéria orgânica e "AM".

A forma amoniacal do fertilizante foi superior à nítrica somente no Latossol Roxo, no aumento da disponibilidade do nitrogênio existente no solo.

Os altos Valores "A" obtidos no experimento podem ser atribuídos, em parte, ao curto período do experimento. Ele pode pois, não exprimir o potencial nutritivo real do nitrogênio do solo.

\* Trabalho realizado com o auxílio da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Entregue para publicação em 30.12.1976.

\*\* Pesquisador do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) ESALQ, USP.

\*\*\* Departamento de Solos e Geologia e Divisão de Ciências do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura — ESALQ, USP.

## 1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio, elemento essencial para todos os organismos vivos do nosso planeta, está envolvido na formação de proteínas, enzimas, aminoácidos, amidas, imidas e muitos produtos intermediários que fazem parte da síntese de ácidos nucleicos e transferência de energia (VIETS, 1965).

Devido à complexidade do nitrogênio no solo, muitos estudos foram realizados levando em consideração vários aspectos deste elemento, visando a uma maior eficiência na sua absorção pelas plantas. Estudos sobre a fixação, mineralização, imobilização e desnitrificação foram desenvolvidos como também aqueles relativos às formas, doses, localizações e tempo de ação dos adubos nitrogenados.

Desde Liebig, muitos pesquisadores estudaram os problemas de absorção e utilização das formas de nitrogênio nítrico e amoniacal pelas plantas. Pensava-se que o nitrato era preferido pelas plantas por causa dos efeitos dos sais ácidos de amônio (ZSOLDOS, 1971). Sabe-se atualmente, que as duas formas de nitrogênio são absorvidas pelas plantas. Porém, ao que parece, certas plantas preferem uma forma mais do que a outra.

Com o uso de  $^{15}\text{N}$  nos estudos de Nutrição de Plantas, a partir de 1940, e com a técnica de enriquecimento isotópico introduzida por UREY em 1941, tornou-se possível compreender mais facilmente alguns fenômenos, tais como: absorção, migração e metabolismo do nitrogênio nas plantas.

Trabalhos de vários pesquisadores mostraram que a absorção do nitrogênio na forma amoniacal em geral decresce com a idade da planta, ao passo que a absorção do nitrato aumenta com a idade da mesma (NAFTEL, 1931; STAHL e SHIVE, 1933; WADLEIGHT et al., 1937; JACKSON e VOLK, 1966; ROTINI et al., 1972). Além disso, foram encontrados diversos fatores que podem influir nesta absorção. Entre eles temos: aeração, temperatura, luz, pH, presença de produtos carbonáceos e de inibidores da nitrificação (MICHAEL et al., 1965; FRIED et al., 1965; CHANDRA e BOLLEN, 1959; SWEZEY e TURNER, 1962).

Usando altas concentrações de nitrato de amônio, LOO, 1931, citado por NELSON, 1956, notou que o amônio era muito mais absorvido que o nitrato por "seedlings" de milho em solução nutritiva. Porém, em baixas concentrações do sal, o nitrato era mais absorvido. NIELSEN e CUNNINGHAM, 1964, também constataram que a absorção do amônio era maior quando altas concentrações de nitrogênio (200 ppm) eram fornecidas em plantas e a do nitrato era maior com baixas doses de nitrogênio. NEPTUNE e PATELLA, 1970, num experimento com trigo no Rio Grande do Sul, demonstraram que a produção de matéria seca,

o peso das espigas e a altura das plantas nos tratamentos com  $^{15}\text{NO}_3$  foram superiores aos dos tratamentos com  $^{15}\text{NH}_4$ . Os teores totais de nitrogênio, fósforo e potássio foram também superiores nesses mesmos tratamentos. Quando o  $^{15}\text{NO}_3$  era parcelado em três vezes, a produção foi máxima. MURAOKA, 1973, usando  $^{15}\text{N}$  em trigo não encontrou diferenças na absorção do  $\text{N-NH}_4$  ou  $\text{N-NO}_3$  quando as duas formas eram aplicadas na semeadura. Porém, quando a aplicação se dava no perfilhamento, o trigo utilizou mais nitrogênio na forma nítrica.

Existem preocupações e controvérsias no que diz respeito ao papel dos fertilizantes nitrogenados e fosfatados na poluição das águas naturais, principalmente nos países onde altas doses de fertilizantes são aplicadas. Acredita-se que os fertilizantes podem prejudicar a qualidade da água por “eutroficação” ou “eutrofia” e pela acumulação de concentrações de  $\text{NO}_3^-$ , que podem chegar a níveis tóxicos para os seres humanos e o gado. Existem também uma grande perda de nitratos por lixiviação, e para reduzi-la, utilizam-se os inibidores de nitrificação, os fertilizantes de lenta libertação do nitrogênio e outros (COMMONER, 1968; NELSON, 1970).

Os inibidores de nitrificação, como o próprio nome indica, são produtos efetivos no retardamento da oxidação microbiana do amônio para nitrato. Consequentemente, haverá maior acumulação de amônio, diminuição na perda de nitrato por lixiviação ou desnitrificação, tornando possível uma maior economia do nitrogênio no solo e uma diminuição no nível da poluição (RAJALE e PRASAD, 1970; NELSON, 1970). Através das pesquisas por cientistas indianos, grandes contribuições foram obtidas no estudo da economia do fertilizante nitrogenado com o uso do inibidor na cultura do arroz, milho e outras gramíneas. DAS, 1965, utilizando “N-Serve”, conseguiu maiores produções em milho híbrido. Produções altas também foram obtidas em arroz de sequeiro (PRASAD, TURKHEDE e DAS, 1966; PRASAD e BAINS, 1968).

Similarmente experimentos em campo com uréia tratada com “AM” mostraram que tanto o arroz transplantado como o diretamente semeado produziram mais de 12% da produção normal (Toyo Koatsu Industries Inc., 1965). Em campos experimentais em Nova Delhi, a uréia tratada com “AM” produziu consideravelmente mais grãos e palha em relação ao fertilizante não tratado (PRASAD e RAINS, 1968).

Por outro lado, sabe-se que a matéria orgânica, fornecedora de vários nutrientes, é também fixadora em potencial do amônio trocável através de seus colóides orgânicos constituintes do humus. Ela influi consideravelmente no balanço do nitrogênio no solo, promovendo a assimilação do nitrogênio disponível, afetando a nitrificação e desnitrificação (CHANDRA e BOLLEN, 1959). Além disso, aumenta de certo modo a disponibilidade da água e a estrutura do solo (ABDOU et al., 1969). Solos ricos em matéria orgânica tendem a reter melhor o nitrogênio (ROBERTSON e JAUSEN, 1959). A fixação do  $\text{N-NH}_4$  ocorre

constantemente, como foi verificada por VOITS-VOITKOVYAKH, 1967; MAAS, 1969; OLIVER e BANG, 1970. Em nove anos de trabalho, MIRANDA et al., 1964, não encontrara efeito da matéria orgânica per se, mas notaram um certo aumento de elementos nutritivos para as plantas.

Em vista disso, procuramos com este trabalho estudar o efeito da nutrição amoniacal e nítrica em presença ou ausência de matéria orgânica e de um inibidor da nitrificação, no que diz respeito à produção de matéria seca, aos teores de nitrogênio total, porcentagens de nitrogênio proveniente do fertilizante, eficiência dos fertilizantes utilizados e a determinação do Valor "A".

Em vista disso, procuramos com este trabalho estudar o efeito da do Estado de São Paulo e utilizando o milho com planta indicadora.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi instalado na casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, utilizando vasos plásticos, os quais receberam 2 kg de solo cada um.

### 2.1. Solos

#### 2.1.1. Classificação dos solos utilizados

Três solos de características físicas e químicas distintas foram usados. São classificados de acordo com a Comissão de Solos do Estado de São Paulo, 1960, em:

RPV-Regossol "intergrade" para Podzólico Vermelho Amarelo.  
(Km 35 — estrada para Anhembi).

LR-Latossol Roxo (Rio das Pedras).

Pml-Solo Podzolizado de Lins e Marília — var. Marília  
(Km 20 estrada para Echapura — Município de Bauru).

Quadro I — Características Químicas dos Solos Utilizados

	pH	N Inorg. ppm	N Total (%)	C (%)	(emg/100 g de solo)				
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
RPV hor.	5,5	40	0,07	0,61	0,45	0,09	0,02	0,13	0,01
LR hor.	5,3	52	0,16	2,73	1,15	0,77	0,20	0,10	0,07
Pml hor.	4,7	40	0,06	0,29	0,60	0,07	0,04	0,58	0,01

QUADRO II — Composição Granulométrica e Classificação Textural

	Composição Granulométrica				Classificação Textural
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
RPV	33,3	57,2	1,7	1,8	Areia
LR	8,2	25,5	13,3	53,0	Areia
Pml	23,6	66,7	3,5	6,2	Argila

### 2.1.2. Análises mecânicas e químicas

A classificação textural dos solos foi feita de acordo com MONIZ, 1972, o valor pH foi determinado usando-se a relação solo: água igual a 1:2,5; o nitrogênio inorgânico ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ) foi determinado pelo método de BREMNER e KEENEY, 1966; o nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, descrito por BREMNER, 1965; a matéria orgânica pelo método de Walkley - Black, descrito por JACKSON, 1958. O cálcio e o magnésio foram determinados por Espectrofotometria de Absorção Atômica, o potássio por Espectrofotometria de Chama, o alumínio pelo método descrito por BRAUNER, CATANI e BITTENCOURT, 1966 e o fósforo pelo método descrito em CATANI e NAKAMURA, 1971.

### 2.2. Híbrido de milho utilizado

Plantou-se o Híbrido Centralmex, fornecido pelo Instituto de Genética da Escolha Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

### 2.3. Fertilizantes Nitrogenados Marcados

Foram utilizados o  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  com 1,02% de  $^{15}\text{N}$  em excesso e o  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$  com 1,48% de  $^{15}\text{N}$  em excesso.

### 2.4. Inibidor

O inibidor usado foi o “AM” (2-amino-4-cloro-6-metilpirimidina), produzido pela Toyo Koatsu Ind. Inc., Japan.

### 2.5. Adubo Orgânico Utilizado

Um composto formado de estrume de cavalo curtido e bagacilho de cana foi bem homogeneizado, sendo depois moído. Na análise química do composto obtivemos:

água	60,2%
matéria orgânica	15,4%
cinzas	24,4%
nitrogênio	0,45%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20%
K <sub>2</sub> O	0,65%

## 2.6. Adubação Básica

Para adubação básica, o NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e o KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> foram usados como fontes de fósforo e potássio.

## 2.7. Delineamento Experimental

Foram feitos treze tratamentos com quatro repetições (para cada tipo de solo), distribuídos na seguinte ordem:

1. Testemunha (sem adubo)
2. Fósforo + Potássio (PK)
3. PK + (<sup>15</sup>NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1.<sup>a</sup> dose)
4. PK + (<sup>15</sup>NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2.<sup>a</sup> dose)
5. PK + Na<sup>15</sup>NO<sub>3</sub> (1.<sup>a</sup> dose)
6. PK + Na<sup>15</sup>NO<sub>3</sub> (2.<sup>a</sup> dose)
7. PK + (<sup>15</sup>NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1.<sup>a</sup> dose) + "AM"
8. PK + (<sup>15</sup>NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2.<sup>a</sup> dose) + "AM"
9. PK + (<sup>15</sup>NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1.<sup>a</sup> dose) + M.O.
10. PK + (<sup>15</sup>NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2.<sup>a</sup> dose) + M.O.
11. PK + Na<sup>15</sup>NO<sub>3</sub> (1.<sup>a</sup> dose) + M.O.
12. PK + Na<sup>15</sup>NO<sub>3</sub> (2.<sup>a</sup> dose) + M.O.
13. M.O.

Observação: "AM" = Inibidor da nitrificação (2-amino-4-cloro-6-metil-pirimidina)

M.O. = Material Orgânico

A 1.<sup>a</sup> dose dos adubos nitrogenados correspondeu a 40kg N/ha e a 2.<sup>a</sup> dose a 120 kg/ha.

A adubação básica recebida em cada tratamento correspondeu a 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha e a 40 kg K<sub>2</sub>O/ha.

O "AM" foi adicionado na base de 60 ppm do solo. Esse valor foi usado baseado no trabalho (não publicado) de MUI e NEPTUNE, 1971.

Nesse experimento, doses de 15, 30, 60 e 120 ppm de "AM", foram comparadas. A dosagem de 60 ppm foi a que melhor e mais tempo inibiu.

O "composto" como fonte de matéria orgânica foi adicionado na base de 40 ton/ha, trinta dias antes do início do experimento, com regas periódicas até 60% da capacidade de retenção da água pelo solo, a fim de facilitar a decomposição do material orgânico adicionado.

## 2.8. Plantio e Colheita

O experimento foi iniciado no dia 1.º de dezembro de 1971 em casa de vegetação. As plantas foram colhidas após seis semanas do plantio e as partes aéreas das plantas (quatro por vaso) foram cortadas a 1 cm do nível do solo e secas em estufas a 60-70°C por três dias. Na primeira e na terceira semana depois do plantio, foram necessárias duas pulverizações de Sevin a 7,5% para controle da Lagarta Militar (*Lafygma frugiperda*), segundo indicações de MARICONI, F.A.M., 1968. As palhas foram então pesadas e moídas em micro moinho Wiley, peneira malha 20. Sobre 100 mg de material vegetal de cada vaso preparou-se o extrato com solução digestora de ácido sulfúrico, de acordo com a técnica descrita por BREMNER, 1965.

## 2.9. Análise do Material Vegetal

### 2.9.1. Determinação do Nitrogênio Total

Foi feita pelo método semimicro Kjeldahl a partir do extrato obtido em 2.8. e destilação com NaOH (BREMNER, 1965).

### 2.9.2 Determinação da Relação Isotópica $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$

Ela foi feita no Espectrômetro de Massa Atlas MET (Bremen) modelo CH-4, pertencente ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (ESALQ/USP/CNEN).

Segundo RITTENBERG, 1946, a análise do  $^{15}\text{N}$  consiste dos seguintes passos:

- a) Conversão do nitrogênio enriquecido para amônia.
- b) Conversão da amônia para  $\text{N}_2$ .
- c) Determinação da composição isotópica do  $\text{N}_2$  por análise no Espectrômetro de Massa.

A fórmula

$$\frac{100}{2R + 1},$$

descreve a abundância isotópica em termos de átomos por cento de isótopo. R é a relação da intensidade entre os picos

$$\frac{{}^{14}\text{N} \quad {}^{14}\text{N}}{{}^{14}\text{N} \quad {}^{15}\text{N}}$$

Deve-se subtrair do valor da abundância presente na amostra, a abundância natural de  ${}^{15}\text{N}$  (0,369%). No presente experimento, esse valor de abundância natural foi encontrado nas plantas de milho que não receberam o adubo marcado com  ${}^{15}\text{N}$ . O cálculo das porcentagens de nitrogênio na planta proveniente dos fertilizantes (% NPPF) foi feito através da seguinte expressão:

$$\% \text{ NPPF} = \frac{\text{Átomos de } {}^{15}\text{N} \text{ em excesso na planta}}{\text{Átomos de } {}^{15}\text{N} \text{ em excesso no adubo}}$$

A eficiência do uso dos fertilizantes pelas plantas foi calculada através da seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\text{Quant. de N na planta proveniente do fertilizante (NPPF)}}{\text{Quantidade de N adicionado}} \times 100$$

Para a determinação do  ${}^{15}\text{N}$  nas amostras dos fertilizantes  $({}^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  e  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ , seguiram-se as técnicas de RITTENBERG, 1964 e BREMNER, 1965. Para as amostras das plantas, utilizou-se o método de Dumas modificado, empregado de maneira rotineira no Centro de Energia Nuclear na Agricultura e descrito por TRIVELIN et al., 1973.

## 2.10. Valor "A"

O conceito do valor "A", proposto por FRIED e DEAN, 1952, é usado para determinar a disponibilidade de um nutriente existente no solo. É baseado no fato de que quando duas fontes de um dado nutriente estão presentes no solo, a planta absorverá quantidades disponíveis proporcionais a cada uma delas. É fácil calcular o nutriente existente no solo através da adição de uma fonte conhecida do nutriente (fertilizante marcado), sendo esse nutriente medido nas mesmas unidades do fertilizante. Esse valor "A" do solo é calculado através da seguinte expressão:

$$A = B \frac{(1 - y)}{y}$$



sendo:

- A = quantidade em mg do nitrogênio disponível no solo.
- B = quantidade em mg do nitrogênio aplicado.
- y = fração do nitrogênio na planta proveniente do fertilizante.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Produção de Matéria Seca

Os resultados obtidos quanto à produção de matéria seca estão contidos na Tabela I.

Pelas análises de variância e conjunta verifica-se que, apesar de haver interação significativa entre Tratamentos versus Solos, o que indica um comportamento diferente das plantas de um solo para outro, há ainda efeitos gerais dos tratamentos que se sobressaem a essas variações, permitindo-nos indicar os melhores tratamentos para maiores produções.

Para os três solos, os tratamentos com  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  e  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$  ambas a 120 kg N/ha em presença de matéria orgânica acusaram aumento de produção de matéria seca. No Regossol (R P V) e no Podzolizado (P m l), o tratamento 12, correspondente ao tratamento com  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$  (2.<sup>a</sup> dose) em presença de matéria orgânica, foi superior ao tratamento 10, tratamento com  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (2.<sup>a</sup> dose), em presença de matéria orgânica.

Pela análise conjunta dos dados, observamos que o Regossol (RPV) foi o que melhor contribuiu para a produção de matéria seca, vindo em seguida o Latossol Roxo (L R). O Podzolizado (P m l) em relação aos dois anteriores, foi bem inferior. Isto pode ser explicado pelo fato deste último solo ser mais pobre em matéria orgânica e apresentar baixo valor pH.

No Regossol, os tratamentos 12, 8, 6 e 4 superaram significativamente a 1% os seus respectivos dos outros solos. Todos os tratamentos, com exceção do 5 e 13, diferiram a 1% de probabilidade dos seus correspondentes no Podzolizado, menos do tratamento 11, que diferiu a 5% de probabilidade.

No Latossol Roxo, todos os tratamentos, com exceção do 5, foram superiores aos tratamentos correspondentes do Podzolizado. O tratamento 13 deste solo foi o único a superar os correspondentes dos outros solos (a 5% de probabilidade).

Tabela I — Produção de matéria seca em g/vaso/2 kg. de solo (Média de quatro repetições).

Tratamento	Solos		
	RPV	LR	Pml
1. Testemunha	4,91	3,85	0,72
2. PK	5,76	4,38	1,39
3. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose)	7,57	6,21	1,93
4. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose)	12,23	7,58	1,91
5. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose)	6,10	5,53	4,07
6. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose)	12,42	7,69	6,15
7. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + "AM"	8,30	7,05	2,99
8. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + "AM"	11,55	6,46	1,40
9. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	14,69	12,35	9,37
10. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	20,90	18,39	15,05
11. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	11,62	12,05	8,92
12. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	28,17	19,96	16,48
13. M.O.	6,16	9,10	6,38
F (1%)	117,81**	60,23**	465,36**
Média	11,45	9,28	5,91
C.V.	11,00%	14,10%	8,20%
dms (Tukey 5%)	2,93	3,04	1,12
dms (Tukey 1%)	3,34	3,47	1,28

### Análise Conjunta

F (Tratamento)	25,87**
F (Solo)	30,03**
F (Tratamento x Solo)	12,00**
Média	8,92
C.V.	12,11%
dms (Tukey a 5%)	2,58
dms (Tukey a 1%)	2,97

Para os três solos, o tratamento 5 foi igual, não obtendo resultados significativos.

### 3.2. Nitrogênio na Planta

#### 3.2.1. Concentração de Nitrogênio Total na Planta

As médias dos tratamentos estão incluídas na Tabela II.

Do mesmo modo que para a produção de matéria seca, podemos distinguir os tratamentos que se sobressaíram para aumento do teor de nitrogênio, apesar de terem sido obtidos resultados significativamente diferentes utilizando diferentes solos.

Pela análise de variância feita para cada solo, observamos que no Regossol (R P V), os tratamentos 8, 7, 2, 4 e 13 superaram significativamente (a 1% de probabilidade) os tratamentos 10, 12, 5, 9 e 3. O tratamento 8, que apresentou o maior teor, somente não diferiu significativamente dos tratamentos 7, 2 e 4.

No Latossol Roxo (L R), os tratamentos 8, 4 e 7 superaram significativamente a 1% de probabilidade aos demais, exceto os tratamentos 6, 5 e 1, os quais foram superiores aos tratamentos 12, 13, 11, 9 e 10 (a 1% de probabilidade).

No Podzolizado (P m l), os tratamentos 4, 8 e 7 superaram os demais a 1% de probabilidade. Os tratamentos 1, 3 e 6 também se destacaram dos restantes, com menores diferenças significativas.

Na análise conjunta, o Latossol Roxo apresentou as maiores concentrações em nitrogênio, seguido depois pelo Podzolizado (P m l) e por último pelo Regossol (R P V).

No Latossol Roxo, os tratamentos 6 e 7 diferiram a 1% dos correspondentes do Regossol e Podzolizado. Além disso, os tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 8 diferiram a 1% de probabilidade dos respectivos do Regossol.

No Podzolizado, somente o tratamento 4 foi superior aos correspondentes dos outros solos, sendo a 1% de probabilidade ao Regossol e a 5% de probabilidade ao Latossol Roxo, respectivamente. Além disso, os tratamentos 1, 3, 6, 7 e 8 foram significativamente superiores a 1% de probabilidade aos seus correspondentes do Regossol, exceto o tratamento 6, que o foi a 5% de probabilidade.

Para os três solos, os tratamentos 9, 10, 11, 12 e 13 não diferiram significativamente entre si.

Comparando os resultados obtidos quanto ao peso das plantas e ao teor de nitrogênio, observamos que, quanto maior é o peso, menor é o teor de nitrogênio total. Isso talvez seja explicado pelo fenômeno da diluição do elemento no material vegetal.

Tabela II — Teor de nitrogênio total na planta (porcentagem de nitrogênio ou mg N/100mg de matéria seca). Média de quatro repetições.

Tratamento	RPV		LR		Pml	
	% N	Arc sen	% N	Arc sen	% N	Arc sen
	$\sqrt{\%}$		$\sqrt{\%}$		$\sqrt{\%}$	
1. Testemunha	0,57	4,33	1,09	6,01	0,89	5,38
2. PK	0,68	4,72	0,96	5,58	0,61	4,48
3. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose)	0,51	4,07	0,89	5,46	0,92	5,
4. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose)	0,61	4,49	1,67	7,17	1,88	7,96
5. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose)	0,51	4,08	0,98	6,08	0,56	4,28
6. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose)	0,53	4,20	1,25	6,14	0,77	5,01
7. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + "AM"	0,69	4,75	1,51	7,00	1,17	6,22
8. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + "AM"	0,70	4,79	1,93	7,96	1,89	7,92
9. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	0,51	4,08	0,56	4,28	0,50	4,04
10. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	0,52	4,11	0,83	4,01	0,53	4,16
11. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	0,53	4,18	0,58	4,33	0,43	3,77
12. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	0,52	4,11	0,63	4,55	0,46	3,87
13. M.O.	0,60	4,45	0,60	4,44	0,47	3,90
F (1%)	17,20**		21,22**		124,11**	
Média	4,34		5,71		5,11	
C.V.	3,08%		8,90%		5,10%	
dms (Tukey 5%)	0,30		1,17		0,60	
dms (Tukey 1%)	0,34		1,33		0,69	

### Análise Conjunta

F (Tratamento)	4,73**
F (Solo)	9,84**
F (Tratamento x Solo)	20,54**
Média	5,03
C.V.	6,57%
dms (Tukey a 5%)	0,78
dms (Tukey a 1%)	0,90

#### 3.2.2. Extração do Nitrogênio pela Planta

As médias da extração do nitrogênio pela planta para os solos estão incluídas na Tabela III.

No Regossol (R P V), verificou-se pela análise de variância, que o tratamento 12 superou todos os outros tratamentos (a 1% de probabilidade), como aconteceu na produção de matéria seca. Em seguida,

temos o tratamento 10, que diferiu de modo significativo do restante dos tratamentos (a 1% de probabilidade). O tratamento 4 com a 2.<sup>a</sup> dose de  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  diferiu a 5% de probabilidade do tratamento 7 com a 2.<sup>a</sup> dose de  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  em presença de “AM”, e a 1% dos tratamentos 3, 13, 2, 5 e 1. Do mesmo modo, o tratamento 11 foi superior aos cinco últimos tratamentos citados. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos 9, 6, 11, 13, 2, 5 e 1.

No Latossol Roxo (L R), o tratamento 10 apresentou a maior média, não se diferenciando significativamente dos tratamentos 12, 4 e 8, que se diferenciaram entre si, mas superaram significativamente a 1% de probabilidade os tratamentos 11, 9, 3, 13, 5, 2 e 1.

No Podzolizado (P m l), os tratamentos 10 e 12 foram os que obtiveram as maiores extrações de nitrogênio. Não se diferenciaram entre si, mas diferiram dos restantes a 1% de probabilidade.

As maiores concentrações de nitrogênio em relação à testemunha foram encontrados nos tratamentos 10 e 12, para os três solos. O tratamento 10

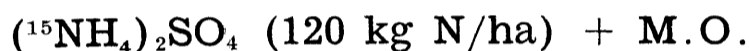


Tabela III — Extração d nitrogênio total pela planta (em mg N)

Tratamento	Solo		
	RPV	LR	Pml
1. Testemunha	10,54	20,81	3,94
2. PK	17,95	21,03	4,27
3. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose)	19,14	27,62	8,81
4. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose)	37,40	62,57	17,93
5. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose)	15,46	27,22	11,41
6. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose)	33,40	48,26	22,93
7. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + “AM”	28,61	52,25	17,54
8. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + “AM”	40,46	62,22	13,23
9. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	37,23	34,41	23,25
10. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	53,73	79,94	39,66
11. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	30,93	34,43	19,33
12. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	72,61	62,94	37,72
13. M.O.	18,59	27,29	14,84
F (1%)	87,48**	28,89**	79,29**
Média	32,01	42,92	18,07
C.V.	11,48%	16,35%	13,71%
dms (Tukey 5%)	8,60	16,43	5,79
dms (Tukey 1%)	9,81	18,75	6,60

nos solos Latossol Roxo e Podzolizado, apesar de não ter sido significativo, foi ligeiramente superior ao tratamento 12



No Regossol, o tratamento 12 superou significativamente o tratamento 10.

#### Análise Conjunta

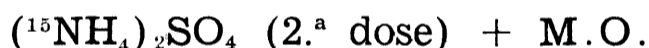
F (Tratamento)	10,78**
F (Solo)	33,17**
F (Tratamento x Solo)	10,60**
Média	31,00
C.V.	15,45%
dms (Tukey a 5%)	11,44
dms (Tukey a 1%)	13,17

### 3.3. Utilização de Nitrogênio do Fertilizante ( $^{15}\text{N}$ ) pela Planta

#### 3.3.1. Porcentagem de Nitrogênio na Planta Proveniente do Fertilizante

As médias das porcentagens do nitrogênio do fertilizante dos tratamentos que receberam  $^{15}\text{N}$  estão colocadas na Tabela IV.

No Regossol, o tratamento com  $\text{N-NH}_4^+$  na 2.<sup>a</sup> dose (tratamento 4), obteve a maior média, não superando significativamente somente o tratamento 10

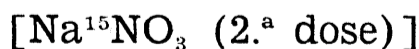


O tratamento 12, com  $\text{N-NO}_3$  (2.<sup>a</sup> dose) + M.O., foi superado somente pelo tratamento 4 a 5% de probabilidade. Os tratamentos 10, 12, 8, 6 e 11, 9 e 7 não variaram significativamente entre si.

Os tratamentos dos fertilizantes com matéria orgânica superaram ligeiramente os tratamentos com inibidor.

O efeito do inibidor não foi significativo, sendo superado pelo tratamento com  $\text{N-NH}_4$ , porém foi superior ao tratamento com  $\text{N-NO}_3$  (1.<sup>a</sup> dose) quando o "AM" era adicionado com o  $\text{N-NH}_4$  (1.<sup>a</sup> dose). O  $\text{N-NO}_3$  mostrou ter efeito inferior na absorção do nitrogênio do fertilizante que o  $\text{N-NH}_4$  em ambas as doses.

No Latossol, o tratamento 6



apesar de ter contribuído com a maior média, não superou significativamente o tratamento 4

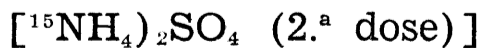


Tabela IV — Porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (mg  $^{15}\text{N}/100$  mg N total). Média de quatro repetições.

Tratamento	RPV		LR		Pml	
	% N	Arc sen	% N	Arc sen	% N	Arc sen
	$\sqrt{\%}$		$\sqrt{\%}$		$\sqrt{\%}$	
1. Testemunha	—	—	—	—	—	—
2. PK	—	—	—	—	—	—
3. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose)	9,64	18,07	10,23	18,60	19,33	26,08
4. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose)	21,95	27,95	21,44	27,59	25,18	36,36
5. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose)	3,31	10,45	10,79	19,15	21,57	27,66
6. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose)	16,96	24,30	24,07	29,38	33,02	35,08
7. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + “AM”	5,76	13,89	6,45	14,74	8,34	16,69
8. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + “AM”	17,20	24,51	19,68	26,32	22,42	28,26
9. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	6,30	14,56	5,05	12,98	9,24	17,65
10. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	18,96	25,84	13,86	21,83	20,21	26,69
11. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	7,71	17,10	7,31	15,67	12,27	20,50
12. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	18,09	25,12	17,86	24,99	24,98	28,98
13. M.O.	—	—	—	—	—	—
F (1%)	120,32**		177,27**		96,39**	
Média	20,18		21,12		26,50	
C.V.	5,49%		4,10%		5,11%	
dms (Tukey 5%)	2,67		2,09		3,25	
dms (Tukey 1%)	3,19		2,49		3,89	

O inibidor “AM” não apresentou efeito positivo, como podemos observar comparando-se os tratamentos 4 com 8 e 3 com 7. Nestes dois últimos tratamentos, o tratamento com  $\text{N-NH}_4$  superou significativamente a 1% de probabilidade o adicionado juntamente com “AM”.

Não houve efeito da matéria orgânica na absorção do nitrogênio do fertilizante.

Podemos colocar em ordem decrescente de influência na absorção do nitrogênio do fertilizante no Latossol Roxo:

$\text{N-NO}_3 > \text{N-NH}_4 > \text{N-NH}_4 + \text{“AM”} > \text{N-NO}_3 + \text{M.O.} > \text{N-NH}_4 + \text{M.O.}$

No Podzolizado, como no Regossol o tratamento 4 [ $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  2.<sup>a</sup> dose] apresentou a maior absorção do nitrogênio proveniente do fertilizante. O tratamento com  $\text{N-NO}_3$  (2.<sup>a</sup> dose), apesar de ter sido um pouco inferior, não apresentou diferença significativa com o tratamento anterior. Esses dois tratamentos superaram todos os demais a 1% de probabilidade.

Não houve efeito nem da matéria orgânica, nem do inibidor na absorção do nitrogênio do fertilizante.

Comparando-se a absorção de  $N-NO_3$  e  $N-NH_4$  temos, de um modo geral, um ligeiro aumento nas porcentagens de nitrogênio nos tratamentos com  $N-NO_3$  (com M.O., com "AM" e com apenas N).

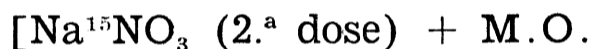
Analisando os três solos conjuntamente, observamos que ocorreu maior porcentagem de nitrogênio proveniente do fertilizante no Podzolizado.

Os valores de F para Tratamento, Solo e para interação Tratamento versus Solos foram significativos a 1%. Podemos dizer que os resultados foram influenciados tanto pelo solo como pelo tratamento, assim como pelos dois conjuntamente.

### 3.3.2 Quantidade de Nitrogênio na Planta Proveniente do Fertilizante

Como se pode observar na Tabela V, ocorreram diferenças significativas na quantidade do nitrogênio na planta proveniente do fertilizante.

No Regossol (R P V), o tratamento 12



apresentou a maior quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante, superando os demais a 1% de probabilidade. Comparando os tratamentos com  $N-NO_3$  (2.ª dose) em presença ou ausência de matéria orgânica (tratamentos 12 e 6), observamos que a adição do composto aumentou a quantidade do nitrogênio do fertilizante e superando os tratamentos com  $N-NH_4$  (2.ª dose) com ou sem inibidor e matéria orgânica. Este fato ocorreu também para os tratamentos com a 1.ª dose de  $N-NO_3$  (40 kg N/ha) com ou sem matéria orgânica (tratamentos 11 e 5). O efeito da matéria orgânica nos tratamentos com  $N-NH_4$  foi superior ao do inibidor (a 1% de probabilidade), como podemos observar comparando-se os tratamentos 10 e 8; porém não superou significativamente o tratamento com  $N-NH_4$  apenas.

No Latossol Roxo (L R), não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos com matéria orgânica e inibidor, em ambas as formas. O efeito do inibidor foi um pouco superior ao da matéria orgânica, apesar de não ter sido significativo.

No Podzolizado (P m l), como no Regossol, o tratamento 12



apresentou a maior quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante, porém não se diferenciou significativamente dos tratamentos



10 [N-NH<sub>4</sub> (2.<sup>a</sup> dose) + M.O.] e 6 [N-NO<sub>3</sub> (2.<sup>a</sup> dose)].

Também como no Regossol, o efeito da matéria orgânica neste solo foi superior ao do inibidor. Neste solo, o tratamento 10, com N-NH<sub>4</sub> (2.<sup>a</sup> dose) + M.O., foi ligeiramente superior ao tratamento 4, onde se usou apenas o N-NH<sub>4</sub> (2.<sup>a</sup> dose); este por sua vez foi superior a 1% de probabilidade do tratamento 8

[N-NH<sub>4</sub> (2.<sup>a</sup> dose) + "AM"]

Tabela V — Quantidade de nitrogênio proveniente do Fertilizante (em mg N)

Tratamento	Solos		
	RPV	LR	Pml
1. Testemunha	—	—	—
2. PK	—	—	—
3. PK + (15NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1. <sup>a</sup> dose)	3,68	5,50	3,42
4. PK + (15NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2. <sup>a</sup> dose)	16,44	25,84	12,66
5. PK + Na <sup>15</sup> NO <sub>3</sub> (1. <sup>a</sup> dose)	0,80	5,84	4,94
6. PK + Na <sup>15</sup> NO <sub>3</sub> (2. <sup>a</sup> dose)	11,78	23,24	15,26
7. PK + (15NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1. <sup>a</sup> dose) + "AM"	3,30	6,74	2,96
8. PK + (15NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2. <sup>a</sup> dose) + "AM"	13,90	24,50	5,92
9. PK + (15NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	4,68	3,48	4,30
10. PK + (15NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	20,40	21,36	16,18
11. PK + Na <sup>15</sup> NO <sub>3</sub> (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	6,80	4,96	4,72
12. PK + Na <sup>15</sup> NO <sub>3</sub> (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	26,16	22,48	18,80
13. M.O.	—	—	—
F (1%)	72,81**	64,13**	40,36**
Média	10,77	14,41	8,93
C.V.	18,15%	16,79%	21,48%
dms (Tukey 5%)	4,66	5,78	4,46
dms (Tukey 1%)	5,58	6,90	5,46

### Análise Conjunta

F (Tratamento)	12,19**
F (Solo)	5,50**
F (Tratamento x Solo)	12,71**
Média	11,36
C.V.	18,57%
dms (Tukey a 5%)	4,86
dms (Tukey a 1%)	5,68

Todos os tratamentos com a 1.<sup>a</sup> dose de nitrogênio não se diferenciaram entre si.

Na análise conjunta dos três solos, as maiores médias foram encontradas, de um modo geral, no Latossol Roxo (L R) e as menores no Podzolizado. No Latossol Roxo, os tratamentos 4, 6 e 8 superaram os correspondentes dos outros dois solos. O efeito do inibidor foi maior no Latossol Roxo e menor no Podzolizado, com diferenças significativas. A matéria orgânica apresentou efeito ligeiramente superior no Regossol (R P V e no Podzolizado (P m l); porém, no Latossol Roxo, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos com e sem inibidor. É provável que no último solo, cujas características físicas e químicas são melhores que nos outros solos, o efeito da matéria orgânica não chegou a influir de modo marcante.

### 3.3.3. Eficiência do Fertilizante Utilizado

Os resultados quanto à eficiência das duas fontes de nitrogênio estão contidos na Tabela VI.

Tabela VI — Eficiência do Fertilizante utilizado (%)

Tratamento	Solos		
	RPV	LR	Pml
1. Testemunha	—	—	—
2. PK	—	—	—
3. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose)	11,53	17,23	10,69
4. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose)	17,13	26,93	13,19
5. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose)	3,19	18,29	15,45
6. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose)	11,75	24,21	15,91
7. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + "AM"	10,37	21,07	9,29
8. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + "AM"	14,47	25,53	6,21
9. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	14,63	10,93	13,05
10. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	21,27	22,27	16,87
11. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	21,27	15,55	14,75
12. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	27,27	23,45	19,59
13. M.O.	—	—	—
F (1%)	14,71**	10,27**	9,95**
Média	15,29	20,54	13,50
C.V.	23,20%	15,16%	18,43%
dms (Tukey 5%)	8,52	7,46	5,96
dms (Tukey 1%)	10,18	8,92	7,14

No Regossol (R P V), a presença da matéria orgânica nos tratamentos com as duas formas de nitrogênio (tratamentos 12, 10 e 11) contribuiu para aumentar a eficiência do uso dos fertilizantes. A matéria orgânica também superou o efeito do inibidor. Supomos que a matéria orgânica tenha melhorado as condições físico-químicas do solo (maior absorção de umidade, melhor estrutura). Os tratamentos com inibidor não apresentaram diferenças significativas entre si.

No Latossol Roxo (L R), não houve diferença significativa entre os tratamentos com ou sem inibidor e matéria orgânica. Ocorreu aumento na eficiência nos tratamentos somente com as formas amoniacais e nítricas em relação àqueles onde a matéria orgânica e o inibidor estão presentes. Neste solo, o efeito do inibidor foi ligeiramente superior ao da matéria orgânica, apesar de não ter sido significativo.

#### Análise Conjunta

F (Tratamento)	1,74
F (Solo)	5,78**
F ((Tratamento x Solo)	9,77**
Média	16,44
C.V.	18,79%
dms (Tukey a 5%)	7,08
dms (Tukey a 1%)	8,28

No Podzolizado, o efeito da matéria orgânica foi superior ao do inibidor (a 1% de probabilidade). A matéria orgânica contribuiu para as maiores eficiências no uso do fertilizante, enquanto que o inibidor foi superado para todos os outros tratamentos.

Pela análise conjunta, observamos que as maiores eficiências no uso do fertilizante foram encontradas, de um modo geral, no Latossol Roxo e as maiores no Podzolizado. Podemos atribuir a essa baixa eficiência às condições mais desfavoráveis do pH do Podzolizado em relação aos outros solos.

Os tratamentos 4, 6, 7 e 8 do Latossol Roxo superaram os seus correspondentes dos outros solos. No Regossol, o tratamento 5 apresentou a mais baixa eficiência em relação a todos os tratamentos, daquele e dos outros dois solos. Porém o tratamento 12

[Na<sup>15</sup>NO<sub>3</sub> (2.<sup>a</sup> dose) + M.O.]

do mesmo solo, apresentou a mais alta eficiência no uso do fertilizante.

O inibidor "AM" não teve efeito significativo na eficiência do  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Supomos que seja devido ao efeito fitotóxico, como aliás já foi mencionado pelo trabalho descrito pela TOYO KOATSU. Como observamos na Tabela I, os pesos dos tratamentos 7 e 8 para os três solos não superaram os tratamentos com amônio, porém sem inibidor.

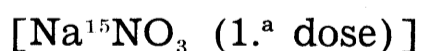
### 3.3.4 Valor "A"

Os valores "A" dos tratamentos estão contidos na Tabela VII.

O valor "A", calculado através de uma expressão onde a única variável independente é a porcentagem do nutriente proveniente do fertilizante, não pode representar fielmente o estado nutritivo do solo estudado. Segundo FRIED e DEAN, 1952, esse valor representa a fração do nutriente disponível no solo que se apresenta na mesma forma que o adicionado através de fertilizantes. Assim, espera-se que não ocorram reações que possam modificar o estado do solo, para haver a mesma taxa de absorção do nutriente pelas plantas. Porém, tal fato não ocorre nem para o fósforo, nem para o nitrogênio. Sabe-se no caso do nitrogênio que a imobilização e a mineralização ocorrem assim que o fertilizante é adicionado ao solo, assim como as formas em que se encontram no solo passam por transformações dinâmicas. Quando o adubo nitrogenado marcado é aplicado ao solo, os microorganismos utilizam este nitrogênio disponível marcado e liberam o nitrogênio não marcado. O Valor "A" deveria refletir a intensidade da atividade microbiana, como também a disponibilidade do nutriente no solo. Aliás, KETCHESON e JAKOVJLJEVIE, 1968, afirma que o Valor "A" seria mais real se a forma do nutriente adicionado se mantivesse constante.

O uso do inibidor "AM" no nosso experimento foi principalmente para manter por mais tempo a forma amoniacal, uma tentativa de se obter um Valor "A" mais real, podendo assim fazer melhores comparações com a disponibilidade dos solos tratados com a forma nítrica. BROADRENT, 1970, também sugere que o Valor "A" é mais válido para o nitrato, pois o nitrato do fertilizante é equilibrado mais rapidamente com o nitrato do solo que o amônio.

Os resultados do nosso experimento mostraram que o tratamento 5



do Regossol apresentou o maior Valor "A", superando significativamente a 1% de probabilidade os demais tratamentos, que não se distinguiram entre si, exceto o tratamento 7, que se diferenciou a 5% do tratamento 3. O tratamento com  $\text{N-NO}_3$  (1.ª dose) foi o que melhor contribuiu para aumentar a disponibilidade do nitrogênio do Regossol.

Tabela VII — Valor “A” (mg N/vaso)

Tratamento	Solos		
	RPV	LR	Pml
1. Testemunha	—	—	—
2. PK	—	—	—
3. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose)	300,32	286,42	133,60
4. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose)	341,04	351,36	176,88
5. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose)	967,52	269,44	116,72
6. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose)	474,48	302,40	196,80
7. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + “AM”	529,28	464,80	369,52
8. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + “AM”	461,76	391,44	332,64
9. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	476,88	605,28	318,96
10. PK + $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	412,32	596,88	385,20
11. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (1. <sup>a</sup> dose) + M.O.	340,64	413,84	229,52
12. PK + $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ (2. <sup>a</sup> dose) + M.O.	445,44	441,12	288,00
13. M.O.	—	—	—
F (1%)	20,28**	40,22**	18,14**
Média	474,96	412,28	254,78
C.V.	17,54%	9,09%	17,93%
dms (Tukey a 5%)	193,45	90,39	110,13
dms (Tukey a 1%)	231,17	108,02	131,61

## Análise Conjunta

F (Tratamento)	0,536
F (Solo)	5,55**
F (Tratamento x Solo)	22,67**
Média	380,68
C.V.	15,50%
dms (Tukey a 5%)	135,70
dms (Tukey a 1%)	158,71

No Latossol Roxo (L R), o tratamento 9

[ $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  1.<sup>a</sup> dose) + M.O.]

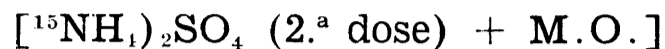
apresenta o maior Valor “A”, porém não se distinguiu do tratamento 10

[ $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (2.<sup>a</sup> dose) + M.O.]

Esses mesmos tratamentos (9 e 10), superaram aqueles com inibidor e com  $\text{N-NO}_3$  (2.<sup>a</sup> dose) em presença da matéria orgânica. Notamos também uma superioridade dos tratamentos com  $\text{N-NH}_4$  em relação

àquelas com N-NO<sub>3</sub> (com ou sem matéria orgânica) no aumento da disponibilidade do nitrogênio do solo.

No Podzolizado (P m 1), o tratamento 10



apresentou o maior Valor "A". Porém não se diferenciou significativamente dos tratamentos 7, 8, 9 e 12. A matéria orgânica e o inibidor contribuíram para aumentar a disponibilidade do nitrogênio do solo, como podemos observar comparando-se os tratamentos 10, 7 e 8 com o tratamento 4. O tratamento com N-NO<sub>3</sub> (1.ª dose) + M.O. foi superior ao tratamento com N-NO<sub>3</sub> (1.ª dose a 5% de probabilidade. Quando as formas N-NO<sub>3</sub> e N-NH<sub>4</sub> foram usadas sozinhas, não foram encontradas diferenças significativas. Isto vem comprovar o trabalho de RENNIE, 1970, que trabalhando com <sup>32</sup>P, observou aumento do Valor "A" quando era adicionada palha de trigo juntamente com o fertilizante.

Analisando conjuntamente os três solos, observamos que os maiores resultados foram encontrados no Regossol (R P V) e os menores no Podzolizado (P m 1). Os tratamentos 3, 4, 5 e 6 do Regossol foram superiores aos correspondentes dos outros solos e exceto os tratamentos 6, 7 e 8, todos os outros tratamentos do Latossol Roxo foram superiores aos seus correspondentes do Podzolizado. O Regossol se caracteriza por apresentar ótimas condições físicas, porém más condições químicas. Com a adição do fertilizante, tal problema é em parte resolvido, tornando esse solo bom para as culturas.

Diversos autores encontraram alguns fatores que podem influir no Valor "A". São eles: doses de fertilizante (ALEKSIC et al., 1968; BROADBENT, 1970); taxa de nitrificação, forma do nutriente, localização do adubo (BROADBENT, 1970). Para doses crescentes altas do nutriente foram encontrados Valores "A" decrescentes. Já outros autores não encontraram relação do Valor "A" com doses, formas ou localização do adubo, divergindo assim as opiniões a respeito do Valor "A" (LEGG e ALLISON, 1959; HUNTER e CARTER, 1965; LEGG e STANFORD, 1967).

RENNIE, 1970, observou que o Valor "A" pode ser um índice da influência de muitos fatores do solo e do ambiente na disponibilidade do nutriente do solo e de fertilizante. Correlacionou variações do Valor "A" com a localização do adubo em relação à semente, à umidade e temperatura do solo e doses do fertilizante. Tais fenômenos não invalidam o conceito do Valor "A", mas podem evidenciar mudanças do sistema do solo.

No nosso trabalho, apesar de ser relativamente baixa a concentração de nitrogênio (16 e 48 ppm), ocorreram algumas variações nos Valores "A", de acordo com a forma e com a dose. Para a forma amoniacal, o Valor "A" foi maior do que para a forma nítrica somente

no Latossol Roxo. Segundo BROADBENT, 1970, a forma nítrica é mais facilmente assimilada que a amoniacal, já que a última é facilmente fixada e necessita ser antes liberada. Solos mais argilosos, tais como Latossol Roxo, têm maior capacidade de fixação do amônio, podendo influir no Valor "A".

Observamos que no nosso experimento, os Valores "A" foram altos. Esse fato talvez seja devido à curta duração do mesmo, uma vez que as plantas de milho foram escolhidas aos 42 dias de idade.

Podemos dizer que o Valor "A" não pode descrever o estado nutritivo definitivo de um solo, mas somente serve para comparações relativas.

A utilidade do Valor "A" poderia ser válida em experimento utilizando apenas um solo e diferentes culturas.

#### 4. CONCLUSÕES

Pelo presente trabalho, podemos apresentar as seguintes conclusões:

1. O tratamento com  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$  a 120 kg N/ha em presença da matéria orgânica contribuiu para as maiores produções de massa em relação aos outros tratamentos, nos três solos estudados. O Regossol apresentou as maiores produções de material vegetal.

2. Os tratamentos tanto com amônio quanto com nitrato a 120 kg N/ha em presença da matéria orgânica contribuíram para as maiores extrações de nitrogênio pelas plantas nos solos Latossol Roxo e Podzolizado de Lins e Marília var. Marília. No Regossol, o tratamento com nitrato a 120 kg N/ha, em presença da matéria orgânica superou a todos os outros.

3. Há evidências de diluição do nitrogênio no material vegetal, isto é, quanto maior a massa vegetal, menor o teor de nitrogênio por unidade de peso.

4. As maiores absorções de nitrogênio do fertilizante foram encontradas nos tratamentos com apenas amônio ou nitrato no Latossol Roxo e Podzolizado. No Regossol, os tratamentos com amônio tanto em presença ou ausência da matéria orgânica apresentaram as maiores absorções de nitrogênio.

5. A adição da matéria orgânica junto às formas amoniacais e nítricas (120 kg N/ha) contribuiu para melhor aproveitamento do fertilizante nos solos Regossol e Podzolizado. Porém não teve efeito significativo no Latossol Roxo.

6. De um modo geral, a forma nítrica, quando em presença da matéria orgânica, apresentou melhor efeito que a amoniacal.

7. A matéria orgânica e o "AM" contribuíram para aumento do Valor "A" do Latossol Roxo e do Podzolizado, não tendo porém semelhante efeito no Regossol.

8. A forma amoniacal do fertilizante foi superior à nítrica no aumento da disponibilidade do nutriente do solo somente no Latossol Roxo.

9. O Valor "A" no nosso experimento foi muito alto devido ao curto período do experimento conduzido em casa de vegetação. Ele pode pois, não exprimir o potencial nutritivo real do solo.

10. O inibidor de nitrificação "AM" não foi efetivo nem para produção de matéria seca, nem aumentou a eficiência do fertilizante.

## 5. SUMMARY

### EFFECT OF ORGANIC MATTER AND OF A NITRIFICATION INHIBITOR "AM" ON THE UPTAKE OF $^{15}\text{NH}_4$ AND $^{15}\text{NO}_3$ BY MAIZE

The present experiment, carried out in greenhouse, had the aim to verify the effect of the forms  $^{15}\text{NH}_4$  and  $^{15}\text{NO}_3$  in presence or absence of organic matter and of the nitrification inhibitor "AM" (2-amino-4-chloro-6-methyl-pyrimidine) in dry matter weight and nitrogen content of the plant derived from soil and from fertilizer. The test plant was the hibrid maize Centralmex.

The fertilizers  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  and  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ , were added in two levels: 40 and 120 kg N/ha, with 1,02% of  $^{15}\text{N}$  and 1,4% of  $^{15}\text{N}$  in excess, respectively.

Three soils of different physical and chemical characteristics were used: Regossol «intergrade», Latossol Roxo and Podzolizado de Lins e Marília var. Marília.

The results showed a better effect of the nitrate form, mainly in the presence of the organic matter, on the absorption of nitrogen by the plants.

The presence of organic matter contributed to increase the use of the nitrogen fertilizer in the soils Regossol and Podzolizado, but did not show any significative effect in the Latossol Roxo.

The nitrification inhibitor "AM" was neither effective on dry matter weight nor increased the efficiency of the fertilizer.

There are also evidences that the presence of the organic matter increased the "A" Value of Latossol Roxo and Podzolizado, but this did not happen in the Regossol, because in this soil, the use of nitrate form alone was better than the treatments with organic mater and "AM".

The high "A" Values obtained in the experiment can be attributed, in part, to the short period of the experiment. The "A" Value may not express the real nutritive potential of the soil nitrogen.



## 6. LITERATURA CITADA

- ABDOU, F.M., METWALLY, S.Y., HAMDI, H. et al., 1969. The effect of manuring on soil properties and yield of corn. *J. Soil Sci. Un. Arab. Repub.* **9**: 121-131.
- ALEKSIC, A., BROESHART, H. e MIDDLEBOE, B., 1968. The effect of nitrogen fertilization on the release of soil nitrogen. *Plant and Soil* **29**: 474-478.
- ALEMÁN, A.E., TORRES, E.O. e AGUILERA, N., 1966. Movimiento y nitrificación de fertilizantes nitrogenados en algunos suelos de Mexico. *Agrociência*, **1**(1): 116-132.
- ALESSI, J. e POWER, J.F., 1973. Effect of source and rate of nitrogen on N uptake and fertilizer efficiency by spring wheat and barley. *Agron. J.*, **65**: 53-55.
- ALLISON, F.E., 1966. The fate of nitrogen applied to soils. *Adv. in Agronomy*, **18**: 219-258.
- ARNON, D.I., 1937. Ammonium and nitrate nutrition of barley at different seasons in relation to hydrogen-ion concentration, manganese, copper, and oxygen supply. *Soil Sci.* **44**: 91-121.
- BARKER, A.V., VOLK, R.J. e JACKSON, W.A., 1966. Growth and nitrogen distribution patterns in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) subjected to ammonium nutrition: I. Effects of carbonate and acidity control. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **30**(2): 228-232.
- BASSIONI, N. e IKONOMOVA, E., 1971. On the mechanism of nitrate uptake. II. A study of the time course of nitrogen influx by the use of <sup>15</sup>N. *Plant and Soil* **35**(2): 305-309.
- BEEVERS, L., SCHRADER, L.E., FLESHER, D. e HAGEMAN, R.H., 1965. The role of light and nitrate in the induction of nitrate reductase in radish cotyledons and maize seedlings. *Plant Physiol.*, **40**: 691-698.
- BENNETT, W.F., PESEK, J. e HANWAY, J.J., 1964. Effect of nitrate and ammonium on growth of corn in nutrient solution in nutrient solution sand culture. *Agronomy Journal* **56**(3): 342-345.
- BERLIER, Y. e GUIRAUD, G. 1966. Absorption et utilisation par des graminées de l'azote nitrique ou amoniacal marqué à l'azote-15. *Isotopes in Plant Nutrition and Physiology*, Proc. of a Symposium IAEA/FAO. 145-156.
- BLAIR, G.J., MILLER, M.H. e MITCHELL, W.A., 1970. Nitrate and ammonium as sources of nitrogen for corn and their influence on the uptake of other ions. *Agron. J.*, **62**: 530-532.
- BLAIR, A.W. e PRINCE, A.L., 1933. Influence of organic matter on crop yield and on carbon-nitrogen ratio and nitrate formation in the soil. *Soil Sci.* **35**(3) 209-219.
- BORNHAK, H. e RAUHE, K., 1970. The utilization of <sup>15</sup>N-labelled mineral fertilizer in pot experiments, in relation to soil organic-matter content. *Albrecht-Thaer-Arch.*, **14**: 925-935.
- BRAUNER, CATANI, R.A. e BITTENCOURT, W., 1966. Extração e determinação do alumínio trocável do solo. *Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, **23**: 54-73.
- BREMNER, J.M., 1965. Isotope-ratio analysis of nitrogen in nitrogen-15 tracer investigations. *IN* C.A. Black et al., (ed.). *Methods of Soil Analysis*. *Agronomy* **9**, Part **2**: 1256-1286. Amerc. Soc. of Agron., Madison, Wis.
- BREMNER, J.M., 1965. Total Nitrogen. *Agronomy* **9**, Part **2**: 771-1149.

- BREMNER, J.M. e KEENEY, D.R., 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3. Exchangeable ammonium, nitrate, and nitrite by extraction — distillation methods. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **30**: 577-82.
- BROADBENT, F.E., 1970. Variables affecting A value as a measure of soil nitrogen availability. *Soil Sci.* **110**(1): 19-23.
- BUNDY, L.G. e BREMNER, J.M., 1973. Inhibition of nitrification in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **37**: 396-398.
- CAIN, J.C., 1952. A comparison of ammonium and nitrate nitrogen for blueberries. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* **59**: 161-167.
- CATANI e NAKAMURA, 1971. Extração do fósforo nativo e do adicionado ao solo com várias soluções. *Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz"*, **28**: 297-312.
- CHANDRA, P. e BOLLEN, W.B., 1959. Effect of nitrogen sources, wheat straw, and sawdust on nitrogen transformations in a sub-humid soil under greenhouse. *J. Indian Soc. Soil Sci.* **7**: 115-122.
- CHOWDHURY, I.R. e XUBRISKI, J.C., 1973. Effects of temperature and nitrogen fractions in Barley. *Agron. J.*, **65**: 529-532.
- COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. *Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas*, n.º 12.
- COMMONER, B., 1968. Threats to the integrity of the nitrogen cycle: Nitrogen compounds in soil, water, atmosphere, and precipitation. Annual Meeting. Amer. Assoc. Adv. Sci., Dallas, Texas.
- DAS, U.K., 1965. A study on efficiency of utilizing of nitrogen from different sources by hybrid maize and losses of nitrogen from soil during growth period of the crop. M. Sc. Thesis. Division of Agronomy, IARI, New Delhi.
- DIJKSHOORN, W. e ISMUNADJI, M., 1972. Nitrogen nutrition of rice plants measured by growth and nutrient content in pot experiments. 2. Uptake of ammonium and nitrate from a waterlogged soil. *Nether. J. of Agric. Sci.* **30**(1): 44-57.
- EPSTEIN, E., 1972. Mineral Nutrition of plants: Principles and Perspectives. John Wiley and Sons, Inc. 412 p. ilustr.
- EVANS, H.J. e WEEKS, M.E., 1947. The influence of N, K and Mg salts on the composition of burley tobacco. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **12**: 315-322.
- FRIED, M. e DEAN, L.A., 1952. A concept the measurement of available soil nutrients. *Soil Sci.* **73**: 263-271.
- FRIED, M., ZSOLDOS, F., VOSE, P.B. e SHATOKHIN, I.L., 1965. Characterizing the  $\text{NO}_3$  and  $\text{NH}_4$  uptake process of rice roots by use of  $^{15}\text{N}$  labelled  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . *Physiol. Plant.* **18**: 313-320.
- GASSER, J.K.R., GREENLAND, D.J. e RAWSON, R.A.G., 1967. Measurement of losses from fertilizer N during incubation in acid sandy soils and during subsequent growth of rye-grass, using  $^{15}\text{N}$ -labelled nitrogen. *J. Soil Sci.* **18**: 289-300.
- GASSFR, J.K.R. e IORDANOU, I.G., 1967. Effects of ammonium sulfate and calcium nitrate on the growth, yield and nitrogen uptake of barley, wheat and oats. *J. Agric. Sci. Comb.* (1967). **68**: 307-316.
- GASSER, J.K.R. e PENNY, A., 1964. "N-Serve". Rep. Rothamsted exp. Sta. **1964**: 54-55.

- GHOSH, B.P. e BURRRIS, R.H., 1949. Utilization of nitrogen compounds by plants. *Soil Sci.* **70**: 187-203.
- 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.
- GUPTA, Y.P. e DAS, B., 1961. Nutritive value of maize as influenced by manures and fertilizers. II. Vitamins and aminoacids. *Indian J. Agric. Sci.* **31**: 47-52.
- HAMISSAR, R. e HANDI, H., 1961. The comparative rates of nitrogen transformation in some natural and synthetic organic manures. *J. Soil Sci. UAR* **1**: 13-22.
- HOLLEY, K.T., PICKETT, T.A. e DULIN, T.G., 1931. A study of ammonia and nitrate nitrogen for cotton. I. Influence on absorption of other elements. *Georgia Agr. Exp. Sta. Bul.* **169**.
- HUNTER, A.S. e CARTER, D.L., 1965. Studies of methods for measuring forms of available soil nitrogen. *Soil Sci.* **100**: 112-117.
- ISMUNADJI, M. e DIJKSHOORN, W., 1971. Nitrogen nutrition of rice plants measured by growth and nutrient content in pot experiments. 1. Ionic balance and selective uptake. *Nether. J. of Agric. Sci.* **19**(4): 223-236.
- JACKSON, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. 498 p .
- JACKSON, W.A. e VOLK, R.J. 1966. Physiological aspects of ammonium nutrition of selected higher plants. *IN Isotopes in plant nutrition and physiology. Proc. of a Symposium, 159-178, IAEA/FAO-Vienna.*
- KETCHESON, J.W. e JAKOVJLJEVIĆ, M., 1968. Transformations of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^-$  in soils. pp. 125-130. *IN Proc. of the Symp. on the use of Isotopes and Radiation in Soil Organic — Matter Studies IAEA/FAO/ISSS — Vienna.*
- KORENKOV, D.A., 1968. Use of  $^{15}\text{N}$  in studies of the conversion of fertilizer nitrogen in the soil. *IN Proc. of the Symposium on the Use of Isotopes and radiation in Soil Organic — Matter Studies, IAEA — Vienna.*
- KOTER, Z., 1971. The influence of different forms of nitrogen and of a nitrification inhibitor on the green matter yield of rye and on the nitrate accumulation. *Pam. Pul.* **47**: 79-95.
- LAKHDIVE, V.A. e PRASAD, R. 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.
- LATKOVICS, I. e VARGA, G., 1971. Ammonium and nitrate nitrogen uptake by young maize plants as indicated by the use of  $^{15}\text{N}$ . *Agrokemia es Talajtan* **20**(4): 559-565.
- LEEG, J.O. e ALLISON, F.E., 1959. Recovery of  $\text{N}^{15}$ -tagged nitrogen from ammonium-fixing soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* **23**: 131-134.
- LEGG, J.O. e STANFORD, G., 1967. Utilization of soil on fertilizer N by oats in relation to the available N status of soils. *Soil Sci. Am. Proc.* **31**: 215-219.
- LORENZ, O.A. e JOHNSON, L.M., 1953. Nitrogen fertilization as related to the availability of phosphorus in certain California soils. *Soil Sci.* **75**: 119-129.

- LUGO, J.C., 1970. Determinación de la eficiencia de uso del nitrógeno por el cultivo del trigo, empleando la técnica de los fertilizantes isotopicamente marcados. Ministério da Agricultura, Lima, Peru.
- MAASS, G., 1969. Soil Analysis for levels of mineral N and CO<sub>2</sub> evolution after N fertilizing with fully — and partially — decomposed green rye. *Wiss. Zeit. Univ. Rostock.* **18**(3/4): 387-391.
- Mac VIGAR, R., 1957. Nitrogen-15 as a tracer of nitrogen metabolism of plants. Atomic Energy and Agriculture, American Ass. for the Adv. of Sci., Pub. n.º 49, Ed. C.L. Comar.
- MALAVOLTA, E., 1957. Contribuição ao estudo da alimentação nitrogenada do arroz (*Oryza sativa*, L.). Tese de Concurso para Professor Catedrático. ESALQ/USP. 172 p.
- MARICONI, A.M.F., 1968. Insetos daninhos às plantas cultivadas. São Paulo, Liv. Nobel, 124 p. ilustr.
- McFEE, W.W. e STONE, E.L., 1967. Ammonium and nitrate as nitrogen sources for *Pinus radiata* and *Picea glauca*. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **32**: 879-884.
- MEVIUS, W., 1928. Bedeutung der Reaktion für die Wirkung der Ammoniumsalze auf das Wachstum von *Zea mays*. *Z. Pflanzenernähr. Dung u. Bodenk.* **10**: 208-218.
- MICHAEL, G., MARTIN, P. e OWASSIA, I., 1970. The uptake of ammonium and nitrate from labelled ammonium nitrate in relation to the carbohydrate supply of the roots. *IN "Nitrogen Nutrition of the Plant"*, pag. 22-29.
- MICHAEL, G., SCHUMACHER, H. e MARSCHNER, H., 1965. Uptake of ammonium and nitrate — nitrogen from labeled ammonium nitrate and distribution within the plant. *Z. Pflanzenernähr. Dung* **110**: 255-238.
- MIRANDA, L.T. de, VIEGAS, G.P. e FREIRE, E.S., 1964. Adubação do milho. XXIV. Resultados de um ensaio permanente com esterco, calcário e NPK mineral. *Bragantia* **23**(15): 153-177.
- MONIZ, A.C., 1972. Elementos de pedologia, coordenado por A.C. Moniz, autores, H. Penna Medina/e outros/. São Paulo, Polígono, Ed. da Univ. de São Paulo, 459 p. ilustr.
- MURAOKA, T., 1973. Efeitos da forma fonte e parcelamento do nitrogênio (<sup>15</sup>N) na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) Diss. Mestrado — ESALQ/USP. 68 p.
- NAFTEL, J.A., 1931. The absorption of ammonium and nitrate nitrogen by various plants at different stages of growth. *Journal of the Am. Soc. Agron.* Vol. **23**: 142-158.
- NELSON, L.B., 1956. The mineral nutrition of corn as related to its growth and culture. *Adv. in Agronomy* **8**: 321-375.
- NELSON, L.B., 1970. Research needed to resolve the plant nutrient water quality issue. *IN Nutrient mobility in soils, accumulation and loss.* Published by the Soil Sci. Soc. of Amer., Inc., Madison, Wis. USA.
- NEPTUNE, A.M.L. e PATELLA, J.F., 1970. Co-ordinated wheat fertility programme using fertilizer containing labelled nutrient elements. Joint FAO/IAEA — CENA (ESALQ). Final report on 1968/1969 exp.
- NIELSEN, K.F. e CUNNINGHAM, R.K., 1964. The effect of soil temperature and form and level of growth and chemical composition of italian rye-grass. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **28**: 210-218.

- OERTLI, J.J., 1963. Effect of the form of nitrogen and pH on growth of blueberry plants. *Agron. J.* **55**: 305-307.
- OLIVER, R. e BANG, N.C., 1970. Effet de la fumure azotée minérale ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) et de l'apport de paille sur l'azote minéralisable des sols. *L'Agronomie Tropicale*, n.º 12, 1068-78.
- ORTEGA, B.C., HERMANDO, V. e CONDE, M.P.S., 1967. Diferencias entre las acciones del ácido húmico extraído de um estiércol y el extraído de una turba sobre las plants de maíz. *IN "Isotopes and radiation in Soil Organic — Matter Studies, IAEA — Vienna.*
- PATRICK, W.M.H., PETERSON, F.J. e TURNER, F.T., 1968. Nitrification inhibitors for lowland rice. *Soil Sci (105)*: 103-105.
- PIMENTEL GOMES, F., 1970. Curso de Estatística Experimental. Ed. Universidade de São Paulo. 4.a ed. 430 p.
- POWER, J.F., ALESSI, J., REICHMAN, G.A. e Grunes, D.L., 1972. Effect of nitrogen source on corn and bromegrass production, soil pH, and inorganic soil nitrogen. *Agron. J.*, Vol. **64**: 341-344.
- PRASAD, R., 1968. Dry-matter production and recovery of fertilizer nitrogen by rice as affected by nitrification retarders "N-Serve" and "AM". *Pl. Soil* **29**: 327-330.
- PRASAD, R. e BAINS, S.S., 1968. Nitrification inhibitors for increasing the efficiency of fertilizer nitrogen in paddy sols. *Fert. News* **13(5)**: 37-8.
- PRASAD, R., TURKHEDE, B.B. e DAS, U.K., 1966. 2-chloro-6-(trichloromethyl) pyridine for reducing nitrogen losses from upland paddy soils. *Current Science (Índia)* **35**: 312-313.
- RAJALE, G.B e PRASAD, R., 1970. Nitrification/mineralization of urea as affected by nitrification retarders "N-Serve" and "AM" *Curr. Sci.* **39**: 211-212.
- RENNIE, D.A., 1970. The significance of the "A" Value concept in field fertilizer studies. *IN Isotopes and radiation in investigations of fertilizer and water use efficiency. IAEA*, **120**: 132-145.
- RITTENBERG, D., 1946. Preparation and measurement of the isotopic tracers. D.W. Wilson, A.D.C. Nier e S.P. Raman ed. p. 31, J.M. Edwards, and Arbor, Michigan.
- ROBERTSON, L.S. e JAUSEN, C.M., 1959. Losses of ammonia from surface and shallow application of a low pressure fertilizer nitrogen solution. *Mich. agric. Exp. Sta. Quart. Bull.* **42**: 47-51.
- ROTINI, O.T., SEQUI, P., PETRUZZELLI, G., et al., 1972. Uptake of various forms of nitrogen by plants. *Agrochimica* **16(3)**: 189-197.
- SHATTUCK, G.E. Jr. e ALEXANDER, M., 1963. A differential inhibitor of nitrifying microorganisms. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **27**: 600-601.
- SHEN, C., 1969. The induction of nitrate reductase and the preferential assimilation of ammonium in germinating rice seedlings. *Plant Physiol.* **44**: 1650-1655.
- SMIRNOV, P.M., KOBANOVA, N.A. e DEGTYAREVA, N.I., 1968. Effect of nitrification inhibitor on the transformation of nitrogen from ammonia fertilizers in soil and its assimilation by plants. *Biol. Abstr.* 51. 80684. *Dokl. Mosk. Sel'Skokhoz Akad. im. K.A. Timiryazeva* **144**: 25-30.

- SNEDECOR, G.W., 1956. Statistical Methods. Iowa State College Press 5.a ed., Ames, Iowa.
- SPRATT, E.D. e GASSER, J.K.R., 1970. Effect of ammonium and nitrate forms of nitrogen and restricted water supply on growth and nitrogen uptake of wheat. *Can. J. Soil Sci.* **50**: 263-273.
- STAHL, A.L. e SHIVE, J.W., 1933. Studies on nitrogen absorption from culture solutions: I. Oats. *Soil Sci Vol.* **35**: 375-399.
- SWEZEY, A.W. e TURNER, G.O., 1962. Crop experiments on the effect of 2-chloro-6-(trichloromethyl) pyridine for the control of nitrification of ammonia and urea fertilizers. *Agron. Journal* **54**: 52-535.
- TENDILLE, C., GERVAIS, C., COIC, Y. et al., 1972. Effect of the type of nitrogen nutrition on nitrogen compounds in the sap of maize and tomato roots. *Com. Rend. Hedb. des Séances de l'Acad. des Sci.* **274 D(10)**: 1493-1496.
- TOYO KOATSU INDUSTRIES INC., 1965. Toyo Koatsu "AM" nitrification inhibitor. Tokyo, Japan, Tech. Bull. 1 e 2.
- TRIVELIN, P.C.O., SALATI, E. e MATSUI, E., 1973. Preparo de amostras para análise de  $^{15}\text{N}$  por espectrometria de massa. Boletim Técnico — 002 — Centro de Energia Nuclear na Agricultura (ESALQ/USP) 41 p. ilustr.
- TURNER, G.O., WARREN, L.E. e ANDRIESSEN, F.G., 1962. Effect of 2-chloro-6-(trichloromethyl) pyridine on the nitrification of ammonium fertilizers in field soils. *Soil Sci.* **94**: 270-273.
- VIETS, F.G. Jr., 1965. The Plant's need for and use of nitrogen. *Soil Nitrogen, Agronomy* n.º 10. Am. Soc. of Agronomy. 503-549.
- VOITSKI-VOITKOVYAKH, D., 1967. Effect of  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$  and  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  on humification of straw in soil and also on utilization of nitrogen by plants from humified material. *IN "Studies about Humus". Trans. Int. Symp. "Humus et Planta IV", Prague, 50-54.*
- WADLEIGH, C.H., ROBBINS, W.R. e BECKENBACH, J.R., 1937. The relation between the chemical nature of the substrate and the degree of chlorosis in corn. *Soil Sci.*, **43**: 153-175.
- WADLEIGH, C.H. e SHIVE, J.W., 1939. Base content of corn plants as influenced by pH of substrate and form of nitrogen supply. *Soil Sci.* **47(4)**: 273-283.
- WALLACE, 1954. Ammonium and nitrate nitrogen absorption by citrus. *Soil Sci.* **78**: 89-94.
- WEIR, C.C., 1969. The fate of 2-amino-4-chloro-6-methyl pyrimidine (Nitrification Inhibitor) in soil. *Trop. Agriculture, Trin.*, **46**: 233-238.
- WEIR, C.C. e DAVIDSON, J.G., 1968. The effect of retarding nitrification of added fertilizer nitrogen on the yield and N uptake of Pangola grass. *Trop. Agriculture, Trin.* **45(4)**: 301-306.
- ZSOLDOS, F., 1971. Ammonium and nitrate ion uptake by plants. IAEA — PL — 341/7: 81-89.