

EFEITOS DA URÉIA COBERTA COM ENXOFRE SOBRE A PERDA DE
NITROGÊNIO POR LIXIVIAÇÃO EM UM LATOSSOL ROXO *

JOSÉ CARLOS CHITOLINA **

NADIR ALMEIDA DA GLÓRIA ***

RESUMO

Foi conduzido um experimento a fim de estudar, comparativamente, o efeito da uréia coberta com enxofre (SCU) e uréia não coberta sobre a perda de nitrogênio ($N-NH_4^+$ + $N-NO_3^-$) por lixiviação em um Latossol Roxo que ocorre sob vegetação de cerrado no Município de Botucatu, SP-Brasil, bem como a influência de doses destes fertilizantes e do pH do solo.

Verificou-se que SCU reduziu as perdas de nitrogênio, através do processo de lixiviação, apresentando lenta liberação do elemento. O efeito das doses refletiu-se nas perdas por lixiviação com uma maior per-

* Parte da Dissertação apresentada pelo primeiro autor como um dos requisitos à obtenção do Título de Mestre em solos e Nutrição de Plantas, junto à E.S.A "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP. Entregue para publicação em 28/11/1980

** Departamento de Bioquímica do IBBMA/UNESP e bolsista do CNPq

*** Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

da para a dose mais elevada (120 kg n/ha). Houve influência do pH ocorrendo maiores perdas de N para o valor mais elevado, ou seja, no pH 6,5, para ambos os tipos de uréia, verificando-se também que o pH não influenciou na liberação do N retido no grânulo de SCU.

INTRODUÇÃO

A perda de nitrogênio por lixiviação é considerada um dos processos mais importantes que afeta a fertilidade do solo em agricultura tropical. Dessa forma, o parcelamento da aplicação do nitrogênio é recomendado para a maioria das culturas, com a finalidade de aumentar a sua eficiência de absorção pelas plantas cultivadas.

Uma das fases que ocorrem na mineralização do nitrogênio no solo é a nitrificação. Os resultados encontrados na literatura (CORNFIELD, 1952, 1959; MORRIL & DAWSON, 1967; DANCER *et alii*, 1973; MORAKUL & EL-HAMID, 1975; KIEHL & COBRANETO, 1976; MALAVOLTA, 1976) mostram que com o aumento do pH há um aumento do teor de $N-NO_3^-$ dos solos, resultante de uma maior nitrificação. Com o íon nitrato apresenta carga negativa, o mesmo deverá se perder com relativa facilidade devido a predominância de cargas negativas que os constituintes no solo apresentam.

Essas considerações levam a pensar que quando se procede à calagem nos solos ocorrerá uma perda maior de N, devido à lixiviação do $N-NO_3^-$, em comparação ao solos que não receberam calagem.

A diminuição no teor de nitrato por lixiviação poderá ser mais ou menos acentuada, dependendo das características do solo, particularmente aquelas relacionadas a sua estrutura e textura (KÜPPER *et alii*, 1953; LEAL & ALVAHYDO, 1971).

Também são encontradas altas correlações entre o movimento do nitrogênio para baixo em relação à precipitação (WETSELAAR, 1962; MELO, 1974).

As perdas de N por lixiviação também são influenciadas pelas doses de fertilizantes. Observou-se um aumento nestas perdas com o aumento das doses utilizadas, considerando - se uréia coberta com enxofre, uréia comum e nitrato de amônio (TERMAN & ALLEN, 1970).

Com relação à uréia, encontrou-se que a taxa de hidrólise da uréia, resultando em NH_4^+ , foi diretamente proporcional à quantidade de uréia aplicada, para solos barrento, barro arenoso e arenoso (CARPENA *et alii*, 1966).

Além da lixiviação, o nitrogênio pode perder-se no solo através da volatilização da amônia, desnitrificação, e mesmo por erosão (ALLISON, 1955; PRASAD *et alii*, 1971; MALAVOLTA, 1976).

O reconhecimento desses problemas tem estimulado o interesse da indústria de fertilizantes na modificação química ou física dos fertilizantes nitrogenados convencionais com os objetivos de minimizar as perdas as quais o nitrogênio é submetido, bem como a liberação de uma quantidade adequada de nitrogênio disponível, numa proporção ligeiramente em excesso à demanda do crescimento da planta. Esses objetivos podem ser conseguidos pelo uso de compostos químicos que são lentamente solúveis na solução do solo ou pela aplicação de membranas semipermeáveis que cobrem as partículas de fertilizantes solúveis (ARMY, 1963; PARR, 1967).

Nos últimos anos vários tipos de fertilizantes nitrogenados de lenta liberação têm sido produzidos e testados em seu comportamento no solo. Uréia-formaldeído, oxamida, isobutilidina-diuréia, graniluréia, uréia-acetaldeído, crotonilidina-diuréia, nitrato de amônio coberto com resina e uréia coberta com enxofre podem ser citados como exemplos destes novos fertilizantes (HEILMAN *et alii*, 1966; TERMAN & ALLEN, 1970; PRASAD *et alii*, 1971).

Com relação à uréia coberta com enxofre, este produto foi desenvolvido pelo Tennessee Valley Authority (TVA), nos Estados Unidos, e está sendo testado em vários países.

O processo básico de cobertura envolve a aplicação de

três coberturas para os grânulos de uréia: enxofre, que é o material básico, correspondendo a 15 a 19% do peso total do produto, dependendo da eficiência da cobertura desejada, selante para corrigir as imperfeições da cobertura com enxofre e formar uma barreira à umidade, na base de 2% do peso total e condicionador que absorve o excesso de selante e proporciona boas características de manuseio do produto, contribuindo com 2,5 a 3% do peso total (HUFFMAN *et alii*, 1975). A quantidade de nitrogênio pode variar de 22 a 37% do peso total.

O objetivo do presente trabalho é o estudo comparativo da lixiviação do nitrogênio utilizando-se uréia coberta ou não com enxofre, bem como a influência de doses destes fertilizantes e do pH do solo no processo de lixiviação.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Solo: foi utilizado um solo que ocorre sob vegetação de cerrado no município de Botucatu e classificado como Latossol Roxo (CARVALHO *et alii*, 1973).

As principais características físicas e químicas deste solo são apresentadas na Tabela 1.

Fertilizantes: foram utilizados os fertilizantes uréia, com 45% de N, uréia coberta com enxofre, superfosfato triplo com 46% de P_2O_5 , cloreto de potássio com 60% de K_2O e mistura de micronutrientes.

As características principais da uréia coberta com enxofre, cujo símbolo é SCU são 15,8% de S, 2,5% de condicionador (terra diatomácea) e 36,6% de N, com uma dissolução em água de 14,8% em 7 dias à 38,2°C.

Tubos percoladores: foram utilizados tubos percoladores de plástico (PVC) com 10 cm de diâmetro e 50 cm de altura, sendo que uma de suas extremidades foi colocada em tela de náilon de malha suficientemente fina para manter a terra nos tubos.

Tabela 1 - Características químicas e físicas do Latossol Roxo utilizado no experimento de lixiviação de N(N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻)

Tipo de solo	Profundidade (cm)	Ions trocáveis em e.mg/100 g de terra seca							Saturação em bases		pH	Mat. Org.	
		CTC	Ca	Mg	K	H	Al	Acidez	PO ₄	%			Água 1:2,5
		11,3	0,16	0,64	0,07	8,24	2,16	10,40	0,01	5,8	4,4	4,0	2,9
Latossol Roxo	0-25	Amg	Ag	Am	Af	Amf	Areia	Limo	Argila	Classe textu-		Densidade	
		2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	total	0,05-0,002	mm	mm	mm	g/cm	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
		0,3	3,4	9,5	12,3	3,2	28,7	22,3	49,0	9,4	r	2,87	1,08

Método

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação e mantido à temperatura ambiente (20-25°C). O delineamento empregado foi o de blocos ao acaso com um esquema fatorial, consistindo de três níveis de nitrogênio (0, 60 e 120 kg N/ha) sob forma de uréia coberta com enxofre e uréia não coberta, com três repetições e dois valores de pH, ou sejam, pH original do solo tal como colhido no campo e pH corrigido para um valor mais próximo possível de 6,5. através da adição de carbonato de cálcio.

A colocação da terra, dos fertilizantes e do calcário nos tubos percoladores foi feita da seguinte forma: colocou-se terra passada em peneira de 2 mm de malha até atingir a altura de 30 cm misturada com a proporção adequada de carbonato de cálcio, no caso da modificação do pH, e após os fertilizantes e o carbonato de cálcio restantes foram misturados com uma quantidade de terra suficiente para atingir a altura de 40cm nos tubos, de modo que somente os 10 cm superficiais contivessem os fertilizantes. Dessa forma, através de percolações sucessivas, determinou-se a quantidade de nitrogênio ($N-NH_4^+$ + $N-NO_3^-$) que se perde ou vai além dos 30-40 cm de profundidade. De acordo com este procedimento e considerando a densidade aparente do Latossol Roxo (Tabela 1) a quantidade de terra colocada nos tubos percoladores foi de 3,0 kg.

Maiores detalhes sobre a metodologia empregada poderão ser encontrados em CHITOLINA (1978).

A determinação do nitrogênio amoniacal foi feita por espectrofotometria através do desenvolvimento da cor azul do indofenol, formado pela reação de amônia, hipocloreto e fenol em meio alcalino, em autoanalisador (TECHNICON AUTO ANALYSER II) e a determinação do nitrogênio nítrico foi feita utilizando-se um sistema de eletrodos seletivos de íons em fluxo contínuo (RUZICKA *et alii*, 1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados acumulados, expressos em mg, para as per

das de N, provenientes da soma das perdas do $N-NH_4^+$ + $N-NO_3^-$, em função dos tipos e doses de uréia e do pH do solo, para os seis meses de condução do experimento, são apresentados na Tabela 2. Os resultados obtidos para a análise de variância são apresentados na Tabela 3.

*Efeito dos tipos de uréia na lixiviação de nitrogênio
($N-NH_4^+$ + $N-NH_3^-$)*

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que houve diferenças significativas, com relação ao N($N-NH_4^+$ + $N-NH_3^-$) perdido por lixiviação, entre SCU e uréia não coberta (U) nos 2º, 3º, 4º e 5º meses. A verificação das médias, através da Tabela 4, mostra que as maiores perdas ocorreram com uréia não coberta.

Tal comportamento parece refletir a influência da cobertura com enxofre, com a SCU mostrando-se mais eficiente em reduzir as perdas por lixiviação do nitrogênio ($N-NH_4^+$ + $N-NO_3^-$), que foi semelhante ao verificado em trabalhos comparando nitrato de amônio coberto com resina e não coberto (HEILMAN *et alii*, 1966), e comparando SCU, uréia e nitrato de amônio (TERMAN & ALLEN, 1970).

Nos 1º e 6º meses a perda de N não apresentou diferença significativa entre os tipos de uréia estudados.

Esse fato pode ser explicado, para o 1º mês, devido que, logo após a incubação, colocou-se água nos tubos até atingir a capacidade de campo, esperando-se 30 dias para proceder a primeira coleta de lixiviado, supondo-se que pouco ou nenhum N proveniente do fertilizante colocado nos 10 cm do topo da coluna tenha se movimentado por toda a extensão da mesma, o que pode provavelmente ser evidenciado através da Tabela 3, pois não foi observada diferença significativa entre a testemunha e os tratamentos que receberam fertilizantes, o que pode estar relacionado com a textura do solo, por tratar-se de um solo argiloso (Tabela 1), e com a quantidade de água adicionada. Porém, com nova adição de água, para se proceder à primeira amostragem, o N provavelmente do fertilizante, passível de ser lixiviado, talvez tenha se concentrado numa al-

Tabela 2 - Perdas acumuladas de $N(N-NH_4^+ + N-NO_3^-)$ durante seis meses de amostragem mensal de lixiviado, para um Latossol Roxo (Média de 3 repetições)

Tratamentos	Fertilizantes	Doses kg N/ha	mg acumulado de N perdido por lixiviação					
			1º	2º	3º	4º	5º	6º
original do solo	T*	0	40,31	70,96	90,90	104,55	117,90	129,40
	U**	60	40,96	88,18	119,77	139,32	156,75	172,72
	U	120	55,00	109,67	156,16	180,97	202,03	222,58
	SCU***	60	42,38	77,69	104,06	121,24	136,20	153,66
	SCU	120	44,96	82,23	127,58	149,21	171,46	192,96
	modificado para a valor 6,5	T	0	53,52	95,42	130,94	148,37	164,12
	U	60	65,82	114,48	159,56	180,49	195,79	210,58
	U	120	60,23	140,41	191,25	212,05	223,81	239,32
	SCU	60	59,99	108,30	154,48	175,78	194,97	212,73
	SCU	120	65,23	121,16	170,08	194,83	215,21	233,30

*T = testemunha

**U = uréia não coberta

***SCU = uréia coberta com enxofre

Tabela 3 - Quadrados médios obtidos na análise de variância das partes acumuladas de N(N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻) para seis meses de amostragem mensal de lixiviados, na dependência do pH do solo, tipos e doses de fertilizantes, para um Latos solo Roxo

Causas de Variação	G.L.	Meses					
		1º	2º	3º	4º	5º	6º
pH (pH)	1	1968,30*	6229,73*	12959,24*	13214,89*	13174,20*	12179,47*
Adução (A)	1	270,33	2520,83*	6552,12*	8461,99*	10164,35*	12776,78*
Fertilizante (F)	1	33,44	1191,73*	1866,14*	1949,59*	1374,87*	1035,83*
Dose (D)	1	99,27	1934,29*	4308,64*	5450,82*	6220,72*	7189,54*
pH x A	1	19,00	34,63	4,40	6,35	34,70	96,53
pH x F	1	22,72	11,34	121,99	285,31	651,98	752,97
pH x D	1	107,99	12,50	59,82	130,71	390,67	595,51
F x D	1	0,15	198,72	314,87	147,76	118,77	131,74
pH x F x D	1	185,98	3,62	3,86	211,88	1,90	2,16
Tratamentos	9	300,80	1348,60	2910,12	3296,51	3570,24	3862,28
Blocos	2	24,01	3,85	58,32	38,47	0,79	35,65
Resíduo	18	69,83	120,00	180,74	250,66	274,83	307,66
Total	29						
Coefficiente de Variação	(%)	15,82	10,79	9,57	9,89	9,32	9,02

Tabela 4 - Médias das perdas acumuladas de $N(N-NH_4^+ + N-NO_3^-)$, em seis meses de amos-
tragem mensal de lixiviado, para dois tipos de uréia, aplicados em duas
doses, em dois valores de pH para um Latossol Roxo

Tipos de uréia	Médias mensais (mg N)					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
U*	55,51	113,19a	156,69a	178,14a	194,60a	211,30
SCU**	53,14	99,10b	139,05b	160,27b	179,46b	198,17

Doses de uréia kg N / ha	Médias mensais (mg N)					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
60	52,59	97,17b	134,47b	154,21b	170,93b	187,43b
120	56,36	115,12a	161,27a	184,27a	203,13a	222,04a

Valores de pH	Médias mensais (mg N)					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
4,4	44,72b	87,15b	119,69b	139,06b	156,87b	174,27b
6,5	60,92a	115,97a	161,26a	181,04a	198,78a	214,56a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem ao nível de 5% de probabilidade

* U = uréia não coberta

**SCU = uréia coberta com enxofre

tura da coluna de tal forma que sô na segunda amostragem foi lixiviado, o que parece ser evidenciado pelo fato de se obter diferença significativa entre a testemunha e os tratamentos com fertilizantes, a partir do 2º mês, hipótese que concorda com o trabalho de KÜPPER *et alii* (1953) que, estudando o movimento do íon nitrato em Terra Roxa Misturada, encontrou para o 2º mês, que 70% do N colocado como NO_3^- estava na camada de 0-15 cm. Com relação à quantidade de água necessária para promover a lixiviação de N-NO_3^- , observou-se um movimento de 2,7 cm/cm de precipitação, em solo argiloso (WETSELAAR, 1962), enquanto para Soubês, Garder e Maury, citados por MELO (1974), essa relação era de 2 cm/cm. Estes fatos parecem mostrar que as quantidades de água colocadas para incubação e na primeira amostragem, aproximadamente 24 cm (Tabela 5), não foi suficientes para arrastar o N-NO_3^- que pudesse se originar do fertilizante.

Outra hipótese refere-se à nitrificação. Como a maior parte do nitrogênio que se perde por lixiviação encontra-se na forma nítrica (ALLISON, 1955; WETSELLAR, 1962) e como o nitrogênio colocado foi na forma amídica, supõe-se que o mesmo para ser arrastado pela água de percolação necessita sofrer nitrificação, a qual pode levar quase um mês ou mais para se completar (KÜPPER *et alii*, 1953; LEAL & ALVAHYDO, 1971; MALAVOLTA, 1976).

A obtenção de diferença significativa no 6º mês parece indicar que a lixiviação de $\text{N(N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-)$ proveniente da SCU é maior, pois pode ser perdido o N originado da uréia que ficou retida no grânulo coberto o que pode ser verificado pela subtração das médias, para uma mesma época, apresentadas na Tabela 4.

*Efeito de doses de uréia na lixiviação do nitrogênio
($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$)*

Com relação às doses utilizadas no experimento, pode-se observar, através da Tabela 3, que houve diferenças significativas do 2º ao 6º mês para a quantidade de N perdida por lixiviação, sendo que a não obtenção de diferença significativa no 1º mês já foi explicada anteriormente. A verificação das médias apresentadas na Tabela 4 indica que as maiores

Tabela 5 - Quantidade de água destilada adicionada mensalmente nos tubos percoladores, durante seis meses de amostragem mensal de lixiviado, para um Latosol Roxo (Média de 3 repetições)

Tratamentos	Ferti- zantes	Doses kg N/ha	ml de água adicionada nos tubos percoladores					
			Meses					
pH			1º	2º	3º	4º	5º	6º
original	T*	0	883	618	667	668	645	685
do	U**	60	867	497	650	655	677	682
solo	U	120	855	586	633	637	642	697
	SCU***	60	854	600	618	644	623	673
	SCU	120	876	620	650	645	651	676
modificado	T	0	820	543	589	597	603	692
para o	U	60	847	574	600	593	586	696
valor 6,5	U	120	892	618	666	672	654	683
	SCU	60	847	588	617	623	643	687
	SCU	120	866	620	670	653	648	678

*T = testemunha

**U = uréia não coberta

***SCU = uréia coberta com enxofre

perdas ocorreram com a dose 120 kg N/ha, para ambos os tipos de uréia.

Tais resultados mostram que as doses crescentes dos fertilizantes aplicados refletem-se nas perdas por lixiviação do nitrogênio, concordando com Terman & Allen (1970) e que pode ser resultante da maior taxa de hidrólise da uréia, que é diretamente proporcional à quantidade de uréia aplicada (CARPENA *et alii*, 1966).

*Efeito do pH do solo sobre a lixiviação do nitrogênio
(N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻)*

A análise de variância apresentada na Tabela 3 mostra que houve diferenças significativas com relação à quantidade de N perdida por lixiviação para todos os meses de amostragem, para ambos os tipos de uréia. A comparação das médias apresentadas na Tabela 4 mostra que as maiores perdas ocorreram nos solos onde o pH foi modificado para valores mais elevados, ou seja, 6,5. Este fato deveu-se, provavelmente, à nitrificação intensa em virtude do pH estar próximo do valor 6,5, conforme citam vários autores (CORNFIELD, 1952,1959; MORRIL & DAWSON, 1967; DANCER *et alii*, 1973; MORAKUL & EL-HAMID, 1975; KIEHL & COBRA NETO, 1976; MALAVOLTA, 1976).

Como não foram obtidas interações significativas entre pH e tipos de uréia, para o solo estudado, verifica-se que o pH parece não ter influenciado na liberação do N retido no grânulo da uréia coberta com enxofre, fato que concorda com alguns autores (ARMY, 1963; PRASAD, 1971).

CONCLUSÕES

As seguintes conclusões puderam ser obtidas através deste trabalho, para o Latossol Roxo:

- a) a uréia coberta com enxofre (SCU) reduziu as perdas de N-(N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻), através do processo de lixiviação, em comparação a uréia não coberta.
- b) a SCU apresentou tendência de lenta liberação de nitrogê-

- c) as doses de N aplicado refletiram-se nas perdas por lixiviação, sendo que as maiores perdas ocorreram com as maiores doses, para ambos os tipos de uréia.
- d) o pH influenciou nas perdas, sendo que as mesmas foram maiores para o valor de pH mais elevado (6,5) para ambos os tipos de uréia.
- e) o pH não influenciou na liberação do N retido no grânulo de SCU, quando se considerou esse fertilizante isoladamente.

SUMMARY

LOSSES OF NITROGEN BY LEACHING. EFFECTS OF SULFUR-COATED UREA IN LATOSSOLIC B TERRA ROXA

An experiment was set out to study nitrogen losses in a Latosolic B Terra Roxa after sulfur-coated urea (SCU) and non-coated urea were applied in three different doses and pH adjusted to 6.5 and in a natural soil pH.

Higher losses of nitrogen ($N-NH^+$ + $N-NO^-$) by leaching occurred at higher fertilizer doses, but SCU reduced those losses through slow release of the element.

Nitrogen leaching increased with soil pH independently of the fertilizer used; however no influence of the soil pH on N liberation of SCU pellet was observed.

LITERATURA CITADA

- ALLISON, F.E., 1955. The enigma of soil nitrogen balance sheets. Adv. in Agron. 7: 213-250.
- ARMY, T.L., 1963. Coated fertilizer for the controlled release of plant nutrients. Agric. Chem. 18: 26.
- CARPENA, O.; ORTUÑO, A.; COSTA, F., 1966. Hydrolysis and nitrification of urea in soil. Agrochimica 10: 305-321.

- CARVALHO, W.A.; ESPINDOLA, C.R.; PACOLA, A.A., 1973. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental Lageado. Botucatu Científica (no prelo).
- CHITOLINA, J.C., 1978. Perdas de nitrogênio por lixiviação: efeitos da uréia coberta com enxofre, Piracicaba, ESALQ/USP, 90p. (Dissertação de Mestrado).
- CORNIFIELD, A.H., 1952. The mineralisation of the nitrogen of soil during incubation: influence of pH, total nitrogen and organic carbon contents. J. Sci. Food Agr. 3: 343-349.
- CORNFIELD, A.H., 1959. Mineralisation, during incubation of the organic nitrogen compounds in soils as related to soil pH. J. Sci. Food Agr. 10: 27-28.
- DANCER, W.S.; PETERSON, L.A.; CHESTER, G., 1973. Ammonitrification and nitrification of N as influenced by soil pH and previous N treatments. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison 37: 67-69.
- HEILMAN, M.D.; THOMAS, J.R.; MAMKEN, L.N., 1966. Reduction of nitrogen losses under irrigation by coating fertilizer granules. Agron. J. 58: 77-80.
- HUFFMAN, E.O.; SHIRLEY Jr., A.R.; BLOVIN, G.M.; DANA, B.P., 1975. Experience of TVA with sulfur-coated urea and other controlled-release fertilizer. Seminar on Technical and Economic Aspects of the Fertilizer Industry, Helsinki (Finland), 8p.
- KIEHL, J.C.; COBRA NETO, A., 1976. Nitrificação da amônia em alguns solos do Município de Piracicaba. O Solo, Piracicaba 58: 32-39.
- KÜPPER, A.; GROHMAN, F.; GARGANTINI, H., 1953. Movimento do íons NO_3^- , NH_4^+ , K^+ e PO_4^{3-} em solos Massapé, Roxa Misturada e Arenito Bauru. Camoínas, Instituto Agrônômico (Boletim nº 34).
- LEAL, J.R.; ALVAHYDO, R., 1971. Transformação e deslocamento do

- Íon amônio em solo da série Itaguaí. *Pesq. Agrop. Bras.* **6**: 129-135.
- MALAVOLTA, E., 1976. *Manual de Química Agrícola*, São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 528p.
- MELO, W.J., 1974. Variação do N-amoniaco e N-nítrico em um Latosol Roxo cultivado com milho (*Zea mays* L.) em com lab lab (*Dolichos lablab* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 104p. (Tese de Doutorado).
- MORAKUL, S.; EL-HAMID, W.A., 1975. Studies on quantitative leachability of nitrogen from soil treated with various nitrogen fertilizers. *Acta Agriculturae Scandinavica* **25**: 150-160.
- MORRIL, L.G.; DAWSON, J.E., 1967. Patherns observed for the oxidation of ammonium to nitrate by soil organisms. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison*, **31**: 757-760.
- PARR, J.F., 1967. Biochemical considerations for increasing the efficiency of nitrogen fertilizers. *Soil and Fertilizers* **30**: 207-213.
- PRASAD, R.; RAJALE, G.B.; LAKHDIVE, B.A., 1971. Nitrification retarders and slow-release nitrogen fertilisers. *Adv. in Agron.* **23**: 337-383.
- RUZICKS, J.; HANSEN, E.H.; ZAGATTO, E.A., 1977. Flow injection analysis. Part III. Use of ion-selective electrodes for rapid analysis of soil extracts and blod serum. Determination of potassium, sodium and nitrate. *Anl. Chem. Acta* **88**: 1-16.
- TECHNICON AUTO ANALYSER II, Industrial method 218-72-A, Technicon Tarrytown, Ny.
- TERMAN, G.L.; ALLEN, S.E., 1970. Leaching of soluble and show release N and K fertilizers from labeland sand under grass and fallow. *Soil Crop. Sci. Fla. Proc.* **30**: 130-140.

WETSELAAR, R., 1962. Nitrate distribution in tropical soils.
III. Downward movement and accumulation of nitrate in the
sub soil. Plant and Soil 16: 19-31.

