

RESPOSTAS DE QUATRO CULTIVARES DE ARROZ À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIAICAL COM UM INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO¹

MANLIO S. FERNANDES², HERMETO R. DIDONET³ e ROBERTO O.P. ROSSIELLO⁴

RESUMO - Estudo, em casa de vegetação, sobre o efeito de nitrogênio amoniacal, em uma aplicação única ou parcelada, com e sem inibidor de nitrificação, sobre a produção de matéria seca e os teores de nitrogênio e açúcares solúveis, em quatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.): Pratão precoce, IR-L63, IAC-25 e De Abril. A aplicação do N-NH₄, (150 ppm) em dose única por ocasião da semeadura ou em três aplicações (0, 23 e 38 dias após a semeadura) com o inibidor de nitrificação, resultou em uma redução drástica do peso seco das plantas. Nos tratamentos sem inibidor, as plantas acumularam mais matéria seca que nos tratamentos com inibidor. A cv. De Abril revelou uma resistência sensivelmente maior a doses elevadas de N-NH₄ no solo, com ou sem o inibidor. A queda de pH do solo (Δ pH) foi maior nos tratamentos sem inibidor. Atribui-se essa diferença à acidez provocada pela nitrificação, enquanto que nos tratamentos com inibidor, a queda de pH estaria controlada basicamente pela extrusão de H⁺, provocada pela absorção de um excesso de cátions (NH₄⁺) em relação a ânions. As plantas dos tratamentos sem inibidor acumularam maiores teores de amino-N livre que as plantas dos tratamentos com inibidor. Inversamente, as plantas dos tratamentos com inibidor apresentaram menores teores de açúcares livres, em relação às plantas dos tratamentos sem inibidor. Observou-se uma correlação negativa (-0,67**), entre a relação raiz/parte aérea e a acumulação de matéria seca das plantas dos tratamentos com inibidor de nitrificação. Sugere-se que a fertilização de solos com formas reduzidas de N em arroz de sequeiro pode ser feita com a aplicação simultânea de um inibidor de nitrificação. Dependendo da variedade usada e dos métodos de aplicação, as perdas de N por lixiviação e as quedas de pH do solo podem ser sensivelmente reduzidas.

Termos para indexação: inibição de nitrificação, absorção de N-amoniacal, N-amino livre, pH da rizosfera, extrusão de H⁺.

EFFECTS OF SOIL APPLIED AMMONIUM PLUS NYTRAPIRIN, ON GROWTH AND METABOLISM OF FOUR RICE CULTIVARS

ABSTRACT - A study made in a greenhouse on the effects of soil applied ammonium-N with and without a nitrification inhibitor on dry matter accumulation, nitrogen and free-sugar contents of four rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. The rice cultivars were Pratão precoce, IR-L63, IAC-25 and De Abril. N-NH₄ (150 ppm) was either applied once at seeding or split in three applications (0, 23 and 38 days after seeding). Plants had a higher dry weight in the treatments without than in those with the nitrification inhibitor. Application of 150 ppm of N-NH₄ plus a nitrification inhibitors at seeding, drastically reduced plant dry weight. Among cultivars, De Abril, showed the highest resistance to high levels of N-NH₄ in soils, with or without nitrification inhibitor. Decrease in soil pH was higher in the treatments without inhibitor than in the treatments with inhibitor. Nitrification in the former is assumed to be responsible for this lower pH, while in the later, pH drop may be caused mainly by H⁺-extrusion, due to higher cation than anion uptake. Plants without a nitrification inhibitor had higher levels of free amino-N than plants with the inhibitor, the reverse was true for the free sugars levels. There was a negative (-0,67**) correlation between the root/shoot relationship and dry matter accumulation of plants under the NH₄ plus a nitrification inhibitor treatments. It is suggested that, under proper conditions, NH₄-N and a nitrification inhibitor could be used in upland rice fertilization, with a reduction in N- losses and pH drop.

Index words: nitrification inhibitor; ammonium-N uptake; free amino-N; rizosphere pH; H⁺-extrusion.

¹ Aceito para publicação em 23 de março de 1980. Contribuição do Departamento de solos da UFRRJ, 23.460 - Seropédica - km 47 - Itaguaí-RJ. Apresentado na II Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz - Goiânia - Fevereiro de 1980.

² Eng.º Agr.º, Ph.D., Prof. Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRRJ - km 47, Antiga Rodovia Rio/S. Paulo, CEP 23.460 - Seropédica, RJ.

³ Eng.º Agr.º, Bolsista do CNPq - UFRRJ.

⁴ Eng.º Agr.º, M.Sc., Prof. Assistente - Dept.º de Solos - UFRRJ.

INTRODUÇÃO

A cultura de arroz, no Brasil e na América Latina, é feita, em sua grande maioria (80 e 75% da área cultivada respectivamente), pelo sistema de sequeiro (Fernandes 1976; Howeller & Cadavid 1976). Nestas condições (sequeiro), nitrato (NO₃) é a forma dominante de nitrogênio (N) disponível para as plantas durante a maior parte do seu ciclo

de vida. Embora NO_3 seja uma melhor fonte de N para as plantas do que amônio (NH_4), sob uma ampla gama de condições ambientais (Fernandes 1976), existem sérias limitações ao seu uso como fertilizante, especialmente nas condições dos trópicos úmidos, onde as perdas por lixiviação são intensas (Eira et al. 1968). Essas perdas assumem maior relevo quando se considera a adubação nitrogenada como fator de extrema importância nas novas técnicas de manejo que se pretende adotar na agricultura tropical. Por essas razões, a possibilidade de se manter o N do solo sob forma amoniacal ($\text{NH}_4\text{-N}$) por períodos suficientemente longos para cobrir algumas fases do ciclo da planta é bastante atraente.

A aplicação, ao solo, de N-NH_4 junto com inibidores de nitrificação, tem sido experimentada recentemente, e seu efeito sobre solo e planta tem sido estudado (Radín & Sell 1975, Boswell et al. 1976, Boswell 1977, Fernandes & Rossiello 1979).

Fernandes & Rossiello (1979) observaram uma resposta hiperbólica do peso seco do milho à aplicação de doses crescentes de N-NH_4 e um inibidor de nitrificação, com o máximo de acumulação de matéria seca em torno de 60 ppm de N. Dibb & Welch (1976), por outro lado, observaram um efeito negativo quando da exposição de milho a NH_4 e um inibidor de nitrificação por períodos longos (52 dias) no solo. Redução do pH do solo devido à absorção diferencial de NH_4 tem sido observada por vários autores (Dibb & Welch 1976, Boswell et al. 1976, Fernandes & Rossiello 1978). Fernandes & Rossiello (1978) obtiveram uma correlação positiva e altamente significativa entre as variações do pH do solo (ΔpH) e o peso seco de milho. Os mesmos autores observaram também uma correlação positiva entre o ΔpH e o N-total das plantas. Os autores atribuíram a variação de pH à extrusão de H^+ pelas plantas, quando da absorção diferencial de cátions (NH_4^+) sobre ânions.

Embora o arroz possa utilizar NO_3 ou NH_4 como fontes de N (Fernandes 1978), doses elevadas de N-NH_4 (150 ppm) mostraram-se tóxicas para arroz (Fernandes 1976). O efeito negativo do NH_4 sobre o crescimento das plantas foi atribuído, pelo autor, a condições desfavoráveis à fotossíntese.

No presente trabalho, procura-se estudar o efeito

da aplicação de uma dose elevada de N-NH_4 (150 ppm), aplicada com e sem um inibidor de nitrificação, sobre quatro cultivares de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, nos meses de novembro e dezembro de 1978. Usou-se a camada superficial (0 - 20 cm) de um Planossolo (Abruptic Arenic Ochraquult, Ramos et al. 1973). O solo apresentou as seguintes características: pH em água: 5,7; P: 6 ppm; K: 30 ppm; Ca: 0,8 mEq/100 cm^3 ; Mg: 0,6 mEq/100 cm^3 ; Al: 0,3 mEq/100 cm^3 ; C: 0,33%. O solo, depois de seco ao ar, foi destorroado, passado em peneira de 2 mm e acondicionado em potes plásticos, de 4,5 kg. Usaram-se quatro cultivares de arroz: Pratão precoce, IR-L63, IAC-25 e De Abril.

Os tratamentos são os relacionados a seguir:

Tratamento	N-NH ₄ (ppm)	Forma de aplicação	Inibidor de nitrificação
I	150	No plantio	-
II	150	Parcelado	-
III	150	No plantio	+
IV	150	Parcelado	+

Em todos os tratamentos, N-NH_4 foi aplicado como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Nos tratamentos II e IV, a dose de N (150 ppm) foi parcelada em três aplicações de 50 ppm: no plantio e 23 e 38 dias após o plantio. Todos os potes receberam uma adubação de 50 ppm de K e 100 ppm de P. O potássio foi aplicado na forma de KH_2PO_4 e P, parcialmente nessa forma e parcialmente como $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Junto com a adubação básica os tratamentos III e IV receberam 30 ppm do inibidor de nitrificação 2-cloro-6 (triclorometil) piridina (N-SERVE), aplicado segundo Fernandes & Rossiello (1978). Foram plantadas 20 sementes por pote, dispostos na casa de vegetação de forma completamente casualizada. Usaram-se 10 plantas por pote. Durante o período de crescimento, as plantas receberam irrigação diariamente, de forma a manter o conteúdo hídrico do solo aproximadamente a 80% da "capacidade de campo".

Cinquenta e três dias após o plantio, fez-se a colheita das plantas. As raízes foram cuidadosamente separadas do solo, ao qual se adicionou uma gota de tolueno. Após a secagem, determinou-se o pH em água (1:2,5) e o teor de N-NO_3 , segundo o método descrito por Bremner (1965).

O parâmetro ΔpH foi calculado como a diferença entre o pH inicial do solo (antes do plantio) e o pH final (após a colheita das plantas) (Fernandes & Rossiello 1978).

Um grama de tecido fresco da parte aérea foi homogeneizado em etanol a 80% e extraído de acordo com a técnica descrita por Fernandes (1976). O restante do material (parte aérea e raízes) foi secado em estufa com cir-

culação de ar a 60°C, por 48 horas. No extrato obtido do material fresco, foram determinados os teores de N-amino livre (Yem & Cocking 1955) e carboidratos solúveis (Yem & Willis 1954) e N-NO₃ (Fernandes et al. 1978). O material seco em estufa (parte aérea) foi passado num moinho Wiley (30 mesh) e usado para determinação de N total, pelo método de microkjeldahl (Bremner & Keeney 1965) e de P total (Leece & Short 1967). Cada tratamento teve três repetições, e todas as determinações analíticas foram feitas em duplicado.

Para efeitos do cálculo dos coeficientes de correlação entre os parâmetros estudados, os tratamentos foram agrupados sem inibidor (I e II) e com inibidor (III e IV), independentemente da forma de aplicação de N.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos da aplicação única ou parcelada de NH₄, com ou sem N-SERVE, sobre a acumulação de matéria seca por quatro cultivares de arroz são mostrados na Tabela 1. Os tratamentos sem inibidor, independentemente da forma de aplicação, acumularam significativamente mais matéria seca que os tratamentos com N-SERVE. As médias para tratamentos na Tabela 1 mostram que a aplicação de N-NH₄ com N-SERVE em uma única dose (tratamento III) foi a mais negativa em termos de peso seco. A cultivar De Abril revelou-se sensivelmente mais resistente a altos teores de NH₄ no solo. Mesmo no tratamento III, que provocou a

TABELA 1. Efeitos da aplicação de N-NH₄ ao solo, com e sem inibidor de nitrificação, sobre o peso de quatro cultivares de arroz.

Cultivares	Tratamentos				Média das cultivares DMS = 1,4 (0,05)
	I	II	III	IV	
	(Peso seco g. (P. aérea + raiz))				
Pratão precoce	6,2	6,4	3,5	5,7	5,4
IR-L63	6,1	7,2	3,9	5,3	5,6
IAC-25	6,7	6,9	1,6	4,1	4,8
De Abril	8,2	8,2	6,3	7,2	7,5
Média dos tratamentos					
DMS = 1,4 (0,05)	6,8	7,2	3,8	5,6	

maior queda de peso entre todos os tratamentos, o peso seco da cultivar De Abril foi semelhante ao peso seco das outras cultivares nos tratamentos I e II. Por outro lado, a Tabela 1 também indica uma maior sensibilidade da cultivar IAC-25 aos efeitos tóxicos de altas doses de NH₄. Há uma correlação positiva e altamente significante (Tabela 2) entre o ΔpH do solo e o peso seco das plantas dos tratamentos III e IV, enquanto que para as plantas dos tratamentos I e II, a correlação é menor. A Fig. 1 mostra as curvas de regressão entre o peso seco e a variação de pH do solo (ΔpH), para os tratamentos com e sem inibidor de nitrificação. As retas da Fig. 1 são semelhantes às obtidas por Fernandes & Rossiello (1978) para milho, usando doses crescentes de N-NH₄, com e sem um inibidor de nitrificação.

A Tabela 2 mostra que há uma correlação posi-

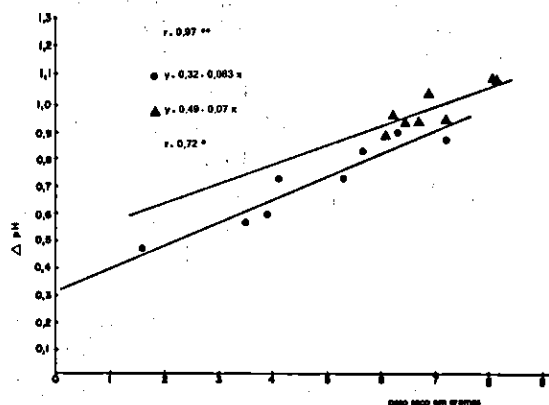


FIG. 1. Efeitos sobre o ΔpH do solo, da acumulação de matéria seca por arroz, em resposta à aplicação de 150 ppm de NH₄-N, com (●) e sem (▲) inibidor de nitrificação.

TABELA 2. Coeficientes de correlação linear entre pH, N-total (parte aérea) e peso seco total, nos tratamentos sem e com inibidor de nitrificação (I - II e III - IV, respectivamente).

Fator	Tratamento			
	I e II		III e IV	
	N-total	pH	N-total	pH
Peso seco	0,96**	0,72*	0,99**	0,98**
N-total	—	0,64ns	—	0,94**

*, **Significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente.
ns — não-significativo

tiva e altamente significativa entre o N-total da parte aérea das plantas e o Δ pH do solo nos tratamentos com inibidor (III e IV), enquanto que para as plantas sem inibidor (I e II) a correlação é menor e não-significativa. As variações do pH do solo (Δ pH) no caso dos tratamentos com inibidor, podem ser devidas à extrusão de H^+ , causada pela absorção não balanceada de cátions (NH_4^+ basicamente) em relação a ânions (Raven & Smith, 1973). A determinação de N-total das raízes poderia modificar estes resultados, embora Fernandes & Rossiello (1979), tenham determinado, em milho, que, sob condições semelhantes, apenas 30% do N-total das plantas estava na raiz. Os teores finais de NO_3 do solo (dados não apresentados) são de 58,3 ppm e 45,0 ppm para os tratamentos I e II, e de 32,2 ppm e 19,8 ppm para os tratamentos III e IV, respectivamente. Estes resultados, ainda que de difícil interpretação devido à grande variação entre repetições, indicam que, de modo geral, embora aparentemente a inibição da nitrificação não tenha sido completa, maiores níveis de nitratos foram produzidos nos tratamentos I e II. Por outro lado, os teores de N- NO_3 na parte aérea das plantas foram pequenos, ($30,5 \pm 5$ ppm) e não houve diferenças significativas entre cultivares ou tratamentos.

A Fig. 2 mostra o pH do solo ao fim do experimento. O maior índice de acidez final nos tratamentos I e II é consistente com a idéia de que ocorreu maior nitrificação nestes tratamentos. Na oxidação de NH_4 a NO_3 ocorre a liberação de $2H^+$, enquanto que, nas situações em que o processo de acidificação é dominado pelo mecanismo de extrusão de H^+ , existe uma relação de troca de 1 : 1 ($NH_4^+ : H^+$), aproximadamente (Breteler 1973). Assim, quando a variação de pH é fortemente dependente do mecanismo de extrusão de H^+ , o pH final deve ser maior do que quando o processo é dependente, no todo ou em parte, da nitrificação do NH_4 aplicado ao solo.

Não houve diferenças significativas na concentração de N e P (% de matéria seca) entre cultivares ou entre tratamentos (dados não apresentados). A ausência de diferenças significativas no N% da parte aérea das plantas, pode explicar as altas correlações encontradas entre este parâmetro e o peso seco total das plantas, embora com a ressalva de

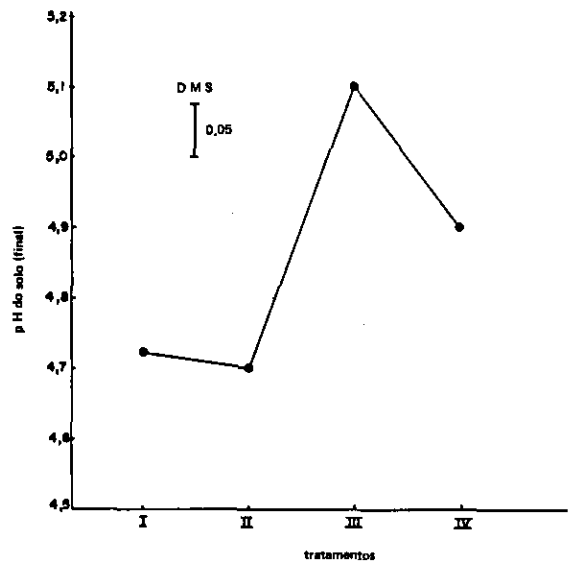


FIG. 2. Efeitos da aplicação de NH_4 -N (150 ppm), com e sem inibidor de nitrificação (tratamentos III-IV e I-II, respectivamente), sobre o pH final de um solo, sob culturas de arroz.

que o peso seco das raízes está incluído neste último parâmetro, enquanto que o N-total das raízes não foi determinado. Aparentemente, a absorção de N, mesmo na forma amoniacal, está na estreita dependência dos níveis de luz e temperatura. Nas condições da casa de vegetação usada, o primeiro parâmetro (luz) é grandemente reduzido (40 a 50%), enquanto que o aumento diurno da temperatura é menor (10 a 15%) (Rossiello 1978). Uma absorção acelerada de NH_4 pelas plantas resultaria em grande acúmulo de amino-ácidos livres e amidas (Fernandes 1976 e 1978). Os teores elevados de amino-N, em duas cultivares no tratamento I, estariam de acordo com essa hipótese. Resultados semelhantes foram obtidos por Fernandes et al. (1978), quando usaram NO_3 e NH_4 simultaneamente, como fontes de N, em *Brachiaria sp.* Entretanto, em duas outras cultivares do tratamento I, os níveis de amino-N não são tão elevados (Tabela 3).

A Tabela 3 mostra também a variação dos teores de açúcares solúveis na parte aérea das plantas. A cultivar De Abril apresenta os teores mais elevados de açúcares solúveis nos tratamentos I e II. No tratamento III, as cultivares IR-L63 e IAC-25

TABELA 3. Efeitos da aplicação de $N-NH_4$ ao solo, com e sem inibidor de nitrificação, sobre o teor de amino-N e açúcares solúveis da parte aérea de quatro cultivares de arroz.

Cultivares	Tratamentos			
	I	II	III	IV
<u>Amino-N, em μ moles/g de peso fresco</u>				
Pratão precoce	56,0	18,9	18,5	20,0
IR-L63	23,1	11,9	7,9	19,4
IAC-25	74,7	30,0	25,5	22,5
De Abril	39,1	31,4	11,4	37,4
DMS (0,05) = 5,6				
<u>Açúcares solúveis como % do peso fresco</u>				
Pratão precoce	1,4	1,6	1,5	1,1
IR-L63	1,1	1,4	0,9	0,9
IAC-25	1,5	1,6	0,5	1,1
De Abril	2,0	1,9	1,4	1,1
DMS (0,05) = 0,26				

apresentam os menores teores de açúcares solúveis, enquanto que no tratamento IV, as diferenças não são significativas entre cultivares. A aplicação de NH_4 com inibidor de nitrificação resultou em queda no teor de açúcares solúveis (tratamentos III e IV), exceto para a cultivar Pratão precoce, no tratamento III. A drástica redução em açúcares solúveis, e o nível mais elevado de amino-N para IAC-25 do que para as outras cultivares do tratamento III, mostram a sensibilidade dessa cultivar a doses elevadas de NH_4 . Aparentemente, a atividade fotossintética de IAC-25 não produziu esqueletos de carbono suficientes para a assimilação de $N-NH_4$ em proteínas (Fernandes 1978).

Foi observada, ainda, uma correlação negativa (- 0,67 **) entre a relação raíz/parte aérea e o peso seco total das plantas dos tratamentos com inibidor, indicando que um menor crescimento radicular pode ser uma característica diferencial em arroz, de resistência a altos níveis de NH_4 no solo.

REFERÊNCIAS

BOSWELL, F.C. Seasonal anhydrous ammonia compar-

- son for corn with and without a nitrification inhibitor. *Agron. J.*, 69 : 103-60, 1977.
- BOSWELL, F.C.; NELSON, L.R. & BITZER, M.J. Nitrification inhibitor with fall-applied vs. split nitrogen applications for winter wheat. *Agron. J.*, 68 : 89-90, 1976.
- BREMNER, J.M. Inorganic forms of nitrogen. In: Black, C.A. *Methods of soil analysis*. 1965. v.2, p.1185-212. (ASA, 9).
- BREMNER, J.M. & KEENEY, D.R. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chim. Acta*, 32 : 485-95, 1965.
- BRETELER, H. A comparison between ammonium and nitrate nutrition of young sugar-beet plants grown in nutrient solutions of constant acidity. I. Production of dry matter, ionic balance and chemical composition. *Neth. J. Agric. Sci.*, 21 : 227-44, 1973.
- DIBB, D.W. & WELCH, L.F. Corn growth affected by ammonium vs. nitrate absorbed from soil. *Agron. J.*, 68 : 89-94, 1976.
- EIRA, P.A., ALMEIDA, D.L. & ALVAHYDO, R. Movimento do ion nitrato em solos da série Itaguaí, nas condições naturais de campo. *Pesq. agropec. bras.*, 3 : 267-73, 1968.
- FERNANDES, M.S. Absorção e metabolismo de nitrogênio em plantas. UFRRJ, Instituto de Agronomia, 1978. 50p. (Boletim Técnico, 1).
- FERNANDES, M.S. Interação entre N-amoniacal e energia ambiental, na nutrição nitrogenada de arroz. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, 1976. Anais... p.229-32.
- FERNANDES, M.S.; FERREIRA, M.B. & FREIRE, L.R. Efeitos da interação de $N-NO_3$ e $N-NH_4$ na atividade da nitrato-redutase e acumulação de N-protéico em *Brachiaria sp.* Turrialba, 28: 187-91, 1978.
- FERNANDES, M.S. & ROSSIELLO, R.O.P. Effects of NH_4 and a nitrification inhibitor on soil pH and phosphorus uptake by corn (*Zea mays* L.). *Cereal Research Comm.*, 6 : 183-91, 1978.
- FERNANDES, M.S. & ROSSIELLO, R.O.P. Uso de NH_4^+ e de um inibidor de nitrificação na adubação nitrogenada do milho (*Zea mays* L.) R. Bras. Ci. Solo, 3 : 77-82, 1979.
- HOWELLER, R.H. & CADAVID, L.F. Screening of rice varieties for tolerance to Al toxicity in nutrient solutions as compared with field screening. *Agron. J.*, 68 : 551-5, 1976.
- LEECE, D.R. & SHORT, C.C.A. A routine procedure for the nutrient element analysis of peach leaves utilizing atomic absorption spectroscopy. s.l. New South Wales Dept. of Agr. Division of Scientific Services. 1967. (Che. Branch. Bulletin.)
- RADIN, L.W. & SELL, C.R. Growth of cotton plants on nitrate and ammonium. *Crop. Sci.*, 15 : 707-10, 1975.
- RAMOS, D.P.; CASTRO, A.F. & CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. *Pesq. agropec. bras., Sér. Agron.*, 8 : 1-27, 1973.
- RAVEN, J.A. & SMITH, F.A. The regulation of intracellular pH as a fundamental biological process. In: ANDERSON, W.P. *Ion transport in plants*. s.l., Academic Press, 1973. p.271-278.
- ROSSIELLO, R.O.P. Indicadores de deficiência hídrica em três variedades de milho (*Zea mays* L.). UFRRJ, 1978. 201p. Tese Mestrado.
- YEM, E.W. & COCKING, E.C. The determination of aminoacids with ninhydrin. *Analyst*, 80 : 209-13, 1955.
- YEM, E.W. & WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plants extracts by antrone. *Biochem. J.*, 57 : 508-14, 1954.