

NUTRIÇÃO AMONIAL COM E SEM N-SERVE: EFEITOS SOBRE O CRESCIMENTO RADICULAR DE MILHO¹

FILOMENA L.I.M. DA SILVA², ROBERTO O.P. ROSSIELLO³
e MANLIO S. FERNANDES⁴

RESUMO - Foi feito um experimento, em casa de vegetação, para avaliar o efeito de uma fonte amoniacal de N ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) na ausência ou presença do inibidor de nitrificação N-Serve sobre características do crescimento radicular de milho. Usou-se um solo Brunizem, que foi cultivado em vasos, durante 58 dias. O N ($90 \mu\text{g N-NH}_4/\text{g solo}$) foi aplicado parceladamente, aos treze, 28 e 43 dias após plantio, sem (SNS) ou com (CNS) ($30 \mu\text{g/g solo de N-Serve}$). Em cada data de colheita, foram registrados os pesos fresco e seco das raízes, o seu volume e comprimento total e a CTC. Foram calculados a área superficial e o raio médio. Todas as variáveis de crescimento ajustaram-se de forma altamente significativa a um modelo exponencial. Os tratamentos CNS mostraram taxas de crescimento relativas (R) menores que os tratamentos SNS, sendo que as maiores diferenças ocorreram para comprimento e área superficial. Valores de R baseados em peso fresco e seco, nos tratamentos CNS, foram afetados negativamente em 20%. Essas diferenças foram evidenciadas entre os 43 e 58 dias, não havendo diferenças significativas aos 28 dias. Esses resultados sugerem um efeito de toxidez crônica do NH_4 , em decorrência de sua absorção contínua num período prolongado.

Termos para indexação: inibidor de nitrificação, CTC de raízes.

AMMONIUM-N NUTRITION, WITH AND WITHOUT N-SERVE: ITS EFFECTS ON THE GROWTH OF CORN ROOTS

ABSTRACT - Under greenhouse conditions, an experiment was made to study the effects of ammonium-N ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) with and without the nitrification inhibitor N-Serve on the growth patterns of corn roots. Corn plants were grown for 58 days on pots containing a Brunizem soil material. $\text{NH}_4\text{-N}$ was applied at 13, 28 and 43 days after sowing at $30 \mu\text{g/g}$ rate. At each of the three dates, plants were harvested and its root fresh and dry weight, volume, total length and CEC determined. Surface area and average root radius were calculated. Root growth characteristics, throughout the experimental period, were closely related to an exponential model. Regression coefficients were used to calculate relative growth rates of roots. There was a general trend for N-Serve to depress the relative growth rate of roots, markedly, total length and surface area. Relative growth rates (R) calculated on dry and fresh weight basis were reduced 20% by N-Serve. These differences were more pronounced at the 43 and 58 days after planting. N-Serve seemed to affect the water relations of the plants. CEC was not affected by the nitrification inhibitor, and decreased only slightly with age.

Index terms: root CEC, nitrification inhibitors, $\text{NH}_4\text{-N}$ nutrition.

INTRODUÇÃO

O uso de inibidores de nitrificação, especialmente do Nitrapirin (N-Serve) tem sido intensamente estudado nos últimos anos (Gerônimo et al. 1973, Meisinger et al. 1980, Sahrawat & Keeney

1984). Estes estudos têm como objetivo melhorar a eficiência da adubação nitrogenada. A manutenção do nitrogênio (N) do solo, sob forma amoniacal por longos períodos resulta em menores perdas de N por lixiviação e/ou desnitrificação, principalmente em solos de textura leve (Dibb & Welch 1976, Kurtz 1980). Por outro lado, vários estudos têm focalizado o efeito da inibição de nitrificação sobre a produção e qualidade das culturas, especialmente de cereais. Estes efeitos podem ser diretos (níveis fitotóxicos dos inibidores), ou indiretos (acúmulos de N-NH_4^+ no solo). Neste último caso incluem-se os estudos básicos dos efeitos de N-NH_4^+ versus N-NO_3^- sobre o crescimento e metabolismo das plantas, embora, como observam Sahrawat & Keeney (1984), os efeitos de uma ou outra

¹ Aceito para publicação em 8 de agosto de 1986. Contribuição do Dep. de Solos da Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Km 47, Antiga Rodovia Rio-São Paulo, CEP 23460 Seropédica, RJ.

² Zoota., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH), Caixa Postal 07.0218, CEP 70359 Brasília, DF.

³ Eng. - Agr., M.Sc., Prof.-Adjunto, Dep. de Solos da UFRRJ.

⁴ Eng.-Agr., Ph.D., Prof.-Adjunto, Dep. de Solos da UFRRJ.

forma de N não sejam estritamente comparáveis com os causados pelos inibidores, que, por períodos limitados, determinam o predomínio de uma forma de N (NH_4^+) no solo, sem contudo eliminar a presença da outra (NO_3^-).

A presença de níveis elevados de NH_4^+ no solo causa efeitos metabólicos variados nas plantas (Givan 1979, Hageman 1980). Estes efeitos dependem da persistência do inibidor no solo (Keeney 1980), da espécie vegetal (Mills & Jones Junior 1979, Sahrawat & Keeney 1984) e das condições ambientais (Fernandes et al. 1981, Bendix et al. 1982).

Em trabalhos anteriores, com milho em casa de vegetação, Fernandes & Rossiello (1978, 1979) observaram que a absorção preferencial de N- NH_4^+ , induzida pela aplicação de N-Serve não afetou o peso seco das plantas, em relação aos tratamentos sem N-Serve. Entretanto, a absorção preferencial de N- NH_4^+ resultou em acentuado aumento dos níveis de N-solúvel (especialmente N-amino e N- NH_4^+), e em modificações na composição mineral de plantas (principalmente em virtude da absorção de P). Em um estudo semelhante, Luisi et al. (1983b) observaram reduções de 20% no peso seco das plantas de milho aos 30 dias de idade, quando submetidas a 100 ppm de N- NH_4^+ com 20 ppm de N-Serve. Este efeito negativo foi revertido pela aplicação de K, indicando que a redução de peso resultara da absorção de um excesso de N- NH_4^+ .

Neste trabalho, estuda-se especificamente o efeito da aplicação em doses parceladas de N- NH_4^+ com N-Serve, sobre as características de crescimento e a CTC de raízes de milho, durante sua fase exponencial de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, durante os meses de abril e maio de 1982. As condições ambientais médias de radiação global, temperatura do ar e umidade relativa vigentes na casa de vegetação, e sua distribuição horária, são mostradas na Fig. 1. Usou-se a camada superficial (0 cm - 20 cm, horizonte Ap, franco argiloso) de um solo Bruzinem avermelhado (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1980), coletado na localidade de Vila Kennedy, município do Rio de Janeiro. A análise química revelou a seguinte composição: $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$: 3,1; Ca^{+2} : 9,8; Mg^{2+} : 5,7; K^+ : 0,13; Na^+ : 0,09 meq/100 g respectivamente; P: 5,0; NH_4^+ : 15,7 e NO_3^- : 20,9 $\mu\text{g/g}$ res-

pectivamente, pH em água (1:2,5): 6,3, e condutividade elétrica: 0,39 mmhos/cm.

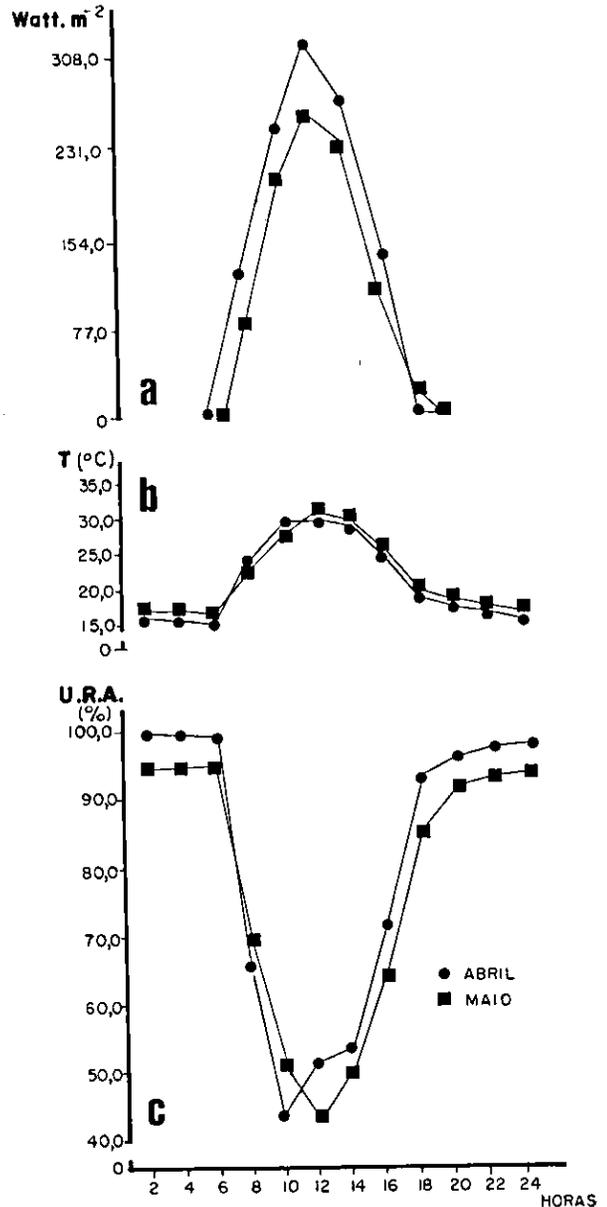


FIG. 1. Condições ambientais vigentes na casa de vegetação (campus da UFRRJ, Itaguaí, RJ) durante o período experimental (abril-maio de 1982). a) Radiação global; b) Temperatura do ar; c) Umidade do ar. Cada ponto horário representa a média mensal.

Os métodos analíticos foram os recomendados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979) e os teores de N-mineral foram determinados segundo Bremner & Keeney (1965). O solo foi destorroado e peneirado para obtenção da fração TFSA (2 mm). Foram usados 5 kg de TFSA por vaso. O nível de P foi corrigido para 16 $\mu\text{g/g}$ (com $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e o de K^+ para 118 $\mu\text{g/g}$ (com KCl).

Foram plantadas cinco sementes de milho (cv. IPEACS sintético) em cada pote. A irrigação foi feita diariamente repondo-se a água necessária para manter o nível de umidade em torno de 80% da capacidade de campo (26,2% p/p). A emergência das plântulas foi uniforme e treze dias após o plantio (d.a.p.) foi feito um desbaste, deixando-se duas plantas por pote. Previamente, foi feita aplicação do inseticida Fostion 60 (1,0 ml/l) para evitar o ataque de lagartas. Na data do desbaste, foi dado início ao período experimental. Nessa ocasião aplicaram-se 30 $\mu\text{g-N/g}$ de solo na forma de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Adicionou-se (tratamento CNS) ou não (tratamento SNS) 20 $\mu\text{g/g}$ de N-Serve 24 (22,2% de 2-cloro-6 triclorometil-piridina), em suspensão aquosa. Duas aplicações subsequentes de N (30 $\mu\text{g/g}$) foram feitas nas quinzenas seguintes (28 e 43 d.a.p.), totalizando 90 $\mu\text{g N/g}$ para cada tratamento. Nessas datas o N-Serve foi aplicado à dose de 5 $\mu\text{g/g}$, totalizando 30 $\mu\text{g/g}$ durante o período experimental. O experimento foi disposto de forma totalmente casualizada, com três repetições.

Foram realizadas três colheitas, aos 28, 43 e 58 d.a.p. Em cada data, as plantas foram colhidas e separadas sob jato de água corrente, em raízes e parte aérea. As raízes foram enxugadas e determinado o seu peso fresco Pfr (g/planta) e o seu volume Vr ($\text{cm}^3/\text{planta}$), pelo deslocamento de água numa proveta graduada (Böhm 1979). O comprimento radicular total (Cr; cm/planta) foi medido pelo método de intersecção (Tennant 1975).

O peso seco do sistema radicular (Psr; g/planta) foi registrado após secagem por 48 horas, a 70°C em estufa com circulação de ar. Na última colheita (58 d.a.p.) as raízes foram previamente classificadas, visualmente, em grossas e finas (Böhm 1979) e tiveram todas as medições feitas separadamente. O raio médio das raízes calculado a partir do comprimento e volume; a área superficial (Ar, $\text{cm}^2/\text{planta}$) a partir do raio e comprimento pelas fórmulas (Hallmark & Barber 1981): $r = (V/\pi L)^{1/2}$ e $A = 2\pi rL$, onde r é o raio médio das raízes, V o seu volume, L o comprimento total e A a sua área superficial. A capacidade de troca catiônica das raízes (CTC) foi determinada em subamostras de raízes secas e moídas (Crooke 1964). Os valores numéricos observados ou calculados para as diferentes variáveis foram ajustados em uma mesma função exponencial, na fórmula:

$$Y = a \cdot \exp(Rt) \dots (1)$$

onde Y é Pfr, Psr, Ar, Cr, Vr e a e R são constantes obtidas por regressão linear, após a transformação de (1) (Hunt 1978) em:

$$\ln Y = \ln a + Rt \dots (3)$$

onde R representa a taxa de variação relativa da variável considerada, expressa em forma diária e t o tempo (d.a.p.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores observados para Pfr, Psr, Ar, Cr e Vr, assim como as respectivas curvas de ajuste para os tratamentos com e sem inibidor (CNS e SNS) são mostrados nas Fig. 2 (A e B) 3, 4 e 5. Na Tabela 1 são mostrados os valores dos parâmetros a e R das equações exponenciais que descrevem a evolução das variáveis estudadas durante o período 28-58 d.a.p.

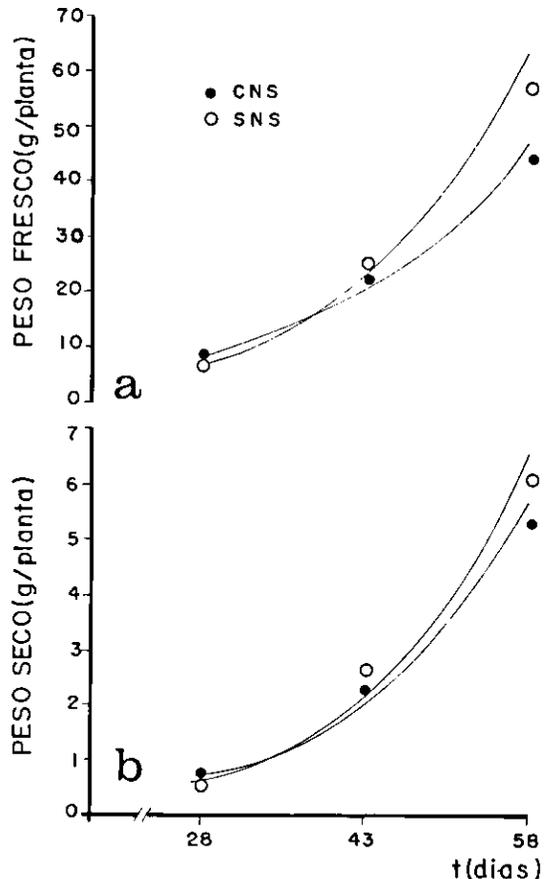


FIG. 2. Variação do peso fresco (a) e peso seco (b) de raízes de milho, em resposta à aplicação de 90 μg de NH_4^+ /g de solo, na ausência (SNS) ou presença (CNS) de N-Serve, durante o período 28-58 d.a.p.

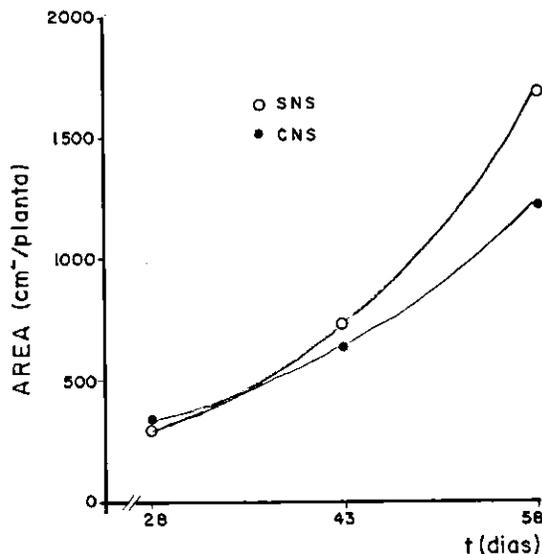


FIG. 3. Variação da área superficial de raízes de milho, em resposta à aplicação de $90 \mu\text{g}$ de NH_4^+ /g de solo, na ausência (SNS) ou presença de N-Serve, durante o período 28-58 d.a.p.

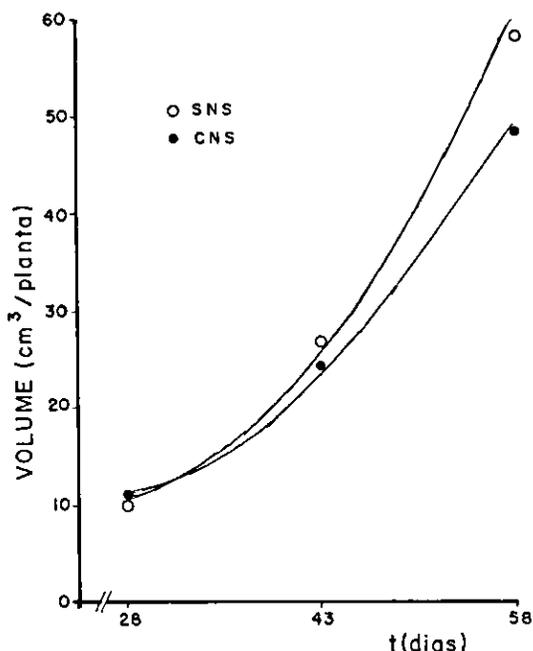


FIG. 5. Variação do volume de raízes de milho, em resposta à aplicação de $90 \mu\text{g}$ de NH_4^+ /g de solo, na ausência (SNS) ou presença de N-Serve, durante o período 28-58 d.a.p.

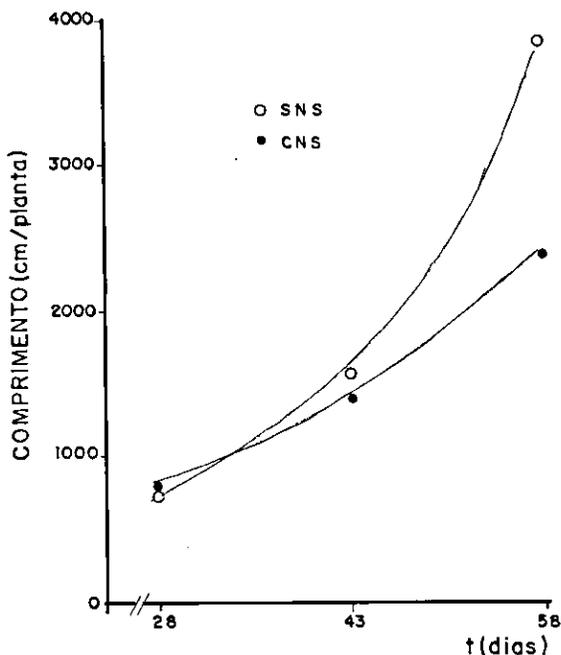


FIG. 4. Variação do comprimento total de raízes de milho, em resposta à aplicação de $90 \mu\text{g}$ de NH_4^+ /g de solo, na ausência (SNS) ou presença de N-Serve, durante o período 28-58 d.a.p.

Com a exceção das equações para Pf e Ps, todas as outras apresentam valores de r^2 acima de 0,99 e baixos erros padrão de regressão (Tabela 1). De modo geral, observa-se que as diferenças entre os valores dos indicadores de crescimento tornam-se evidentes entre os 43 e 58 d.a.p. sendo que no período quinzenal anterior (28-43 d.a.p.) não existem diferenças significativas (Fig. 2-5). Aos 58 d.a.p. todas as diferenças atingem significação aos 5% (Tukey).

Em todos os casos os valores para os tratamentos CNS resultam menores que aos correspondentes SNS. As diferenças em Pf são mais acentuadas que as em Ps (Fig. 2A e B), sendo que o componente mais afetado foi o Cr seguido de Ar (Fig. 3 e 4). As diferenças em Vr foram menores (Fig. 5). O valor R, na Tabela 1, representa a taxa de crescimento relativa, que no caso particular da equação exponencial significa tanto o valor médio como o instantâneo, dentro do período considerado (Hunt 1978).

O valor observado para R (com base em peso se-

TABELA 1. Valores de a e R, coeficientes de determinação (r²) e erros padrão (Sy.x) de regressão para o ajuste das variáveis radiculares à função Y = a.exp. (R.t).

Variável	Símbolo	a		R		r ²		Sy.x	
		CNS	SNS	CNS	SNS	CNS	SNS	CNS	SNS
Peso fresco (g)	Pfr	1,7945	1,107	0,05633	0,06948	0,984	0,986	2,29	3,18
Peso seco (g)	Psr	0,1103	0,0653	0,06782	0,08080	0,982	0,974	0,33	0,47
Área superficial (cm ²)	Ar	96,22	62,396	0,04366	0,05673	0,999	0,999	3,38	1,82
Comprimento total (cm)	Cr	306,46	150,40	0,03540	0,05544	0,995	0,999	0,59	17,76
Volume (cm ³)	Vr	2,49	2,0893	0,05168	0,05782	0,997	0,995	1,04	1,66

co) para o tratamento SNS (0,0808 g.g⁻¹ dia⁻¹) coincide com o determinado para esta mesma cultivar, crescida em casa de vegetação sob condições similares de ambiente, com 80 µg de N-NO₃/g de solo (Rossiello et al. 1981). A quantificação do nível de superioridade dos tratamentos SNS surge quando se calcula a relação percentual entre os respectivos valores de R para ambos os tratamentos (Tabela 2). Em termos relativos, a taxa de extensão radicular foi o parâmetro mais afetado pela adição do inibidor (36%) enquanto que a taxa de crescimento com base em volume foi a menos afetada (10%). Reduções no peso seco de raízes de milho da ordem de 25%-33% para tratamentos CNS foram observadas por Luisi et al. (1983b) em comparação com plantas crescidas sob NO₃, aos quinze dias pós-emergência.

TABELA 2. Relação percentual entre as taxas de crescimento relativos (R) de milho, bases em peso, área, comprimento e volume radiculares, durante o período 25-58 d.a.p. na presença (CNS) ou ausência (SNS) de inibidor de nitrificação.

Variável	Unidade de R	R (%)		Variação
		CNS	SNS	
Pfr	g.g ⁻¹ dia ⁻¹	81,1	81,1	-18,9
Psr	g.g ⁻¹ dia ⁻¹	83,9	83,9	-16,1
Ar	cm ² .cm ⁻² .dia ⁻¹	77,0	77,0	-23,0
Cr	cm.cm ⁻¹ .dia ⁻¹	63,9	63,9	-36,1
Vr	cm ³ .cm ⁻³ .dia ⁻¹	89,4	89,4	-10,6

Na Tabela 3 são mostrados os valores correspondentes à distribuição percentual de raízes, previamente divididas em grossas e finas (diâmetro de raízes frescas ≤ 2 mm), aos 58 d.a.p. Há maior

percentagem de raízes grossas tomando-se por base Pf e Ps nos tratamentos CNS. Os raios médios dessas raízes foram 1,03, e 1,14 mm para tratamentos CNS e SNS respectivamente. Ao maior peso em raízes finas do tratamento SNS (57%, base Ps) com relação ao CNS (33%) corresponde uma fração maior do Cr atribuível a essas raízes. O raio médio das raízes finas foi de 0,73 (CNS) e 0,57 mm (SNS). A contribuição percentual de raízes finas foi muito menor para Ar (CNS: 70,2; SNS: 75,9%) e praticamente igual para Vr (Tabela 3).

TABELA 3. Distribuição de raízes grossas e finas de plantas de milho crescidas em casa de vegetação, sob adubação amoniacal, com (CNS) e sem (SNS) inibidor de nitrificação, 58 dias após o plantio.

Variável	CNS		SNS	
	r. grossas	r. finas	r. grossas	r. finas
	%			
Pfr	50,9	49,1	34,2	65,8
Psr	67,1	32,9	43,0	57,0
Vr	37,5	62,5	38,2	61,8
Ar	29,8	70,2	24,1	75,9
Cr	23,1	76,9	14,0	86,0

Durante o período de 43-58 d.a.p., a taxa média de extensão radicular (por unidade de Psr) foi de 52,65 e 37,74 cm.g⁻¹.dia⁻¹ para os tratamentos SNS e CNS. Em concordância, a densidade radicular aos 58 dias, foi superior nos tratamentos SNS (0,78 vs 0,47 cm.g⁻¹ de solo para o tratamento CNS). Portanto, é claro que durante a última quinzena (43-58 d.a.p.), as plantas SNS alocaram uma proporção maior de matéria seca no seu sistema radicular, que, em consequência, alongou-se com maior velocidade, resultando numa propor-

ção maior de raízes mais finas, com maior área superficial em comparação com plantas provenientes do tratamento CNS (Tabelas 1 e 3 e Fig. 2 e 4).

Neste trabalho não foi observado efeito diferencial do inibidor sobre a CTC das raízes, que em ambos os tratamentos mostrou um ligeiro declínio com a idade, da ordem de 5,3% (SNS) e 11% (CNS), respectivamente. Os valores médios durante o período (28-58 d.a.p.) foram de $10,0 \pm 0,16$ e $9,91 \pm 0,37$ meq. 100 g^{-1} de raízes secas para os tratamentos SNS e CNS respectivamente.

Luisi et al. (1983a) sugeriram que uma acidificação moderada do pH do rizocilindro (pHr) estimula a taxa de crescimento relativo de raízes de milho, até valores em torno de pHr 4,6. No presente caso os valores de pHr foram medidos, (resultados não apresentados), mas observou-se pouca diferença entre épocas e tratamentos. No tratamento CNS houve ligeira acidificação do meio, em consequência da absorção preferencial de NH_4^+ , o mesmo ocorrendo com os tratamentos SNS, nesse caso, em virtude da nitrificação do NH_4^+ adicionado.

A depressão nos valores de R associada ao tratamento CNS pode ser atribuída, então, às alterações metabólicas ocasionadas pela absorção preferencial de NH_4^+ por um período relativamente prolongado (Givan 1979, Fernandes 1983). Essa situação origina uma toxidez crônica em decorrência do íon NH_4^+ , associada à progressiva depleção de carboidratos de reserva e dos ácidos orgânicos necessários à detoxificação do NH_4^+ acumulado. No bloqueio do NH_4^+ absorvido ocorre subtração de esqueletos de carbono da respiração mitocondrial,

com redução da energia disponível para crescimento (Givan 1979, Hageman 1980).

Como contrapartida, acumula-se N-solúvel nos tecidos, particularmente N-amida e N-amido (Fernandes & Rossiello 1979, Fernandes et al. 1981, Bendix et al. 1982). Simultaneamente a esse efeito específico do íon NH_4^+ sobre o metabolismo, atua o seu efeito antagonístico sobre a absorção de cátions, especialmente Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ (Dibb & Welch 1976, Arruda et al. 1984), afetando, portanto, o balanço iônico da planta. Esses efeitos combinados determinam que a tolerância das plantas à absorção de doses elevadas de NH_4^+ seja acompanhada de uma redução na taxa de crescimento se comparadas com plantas supridas com NO_3^- .

No presente caso, o efeito inibitório não está restrito ao sistema radicular, mas afeta também o crescimento total da planta. Os tratamentos SNS produzem significativamente mais matéria seca total do que os tratamentos CNS aos 43 e 58 dias (Tabela 4).

Por outro lado, entre 43 e 58 d.a.p., verificou-se um aumento na demanda transpirativa na casa de vegetação. Esse fato pode ser parcialmente inferido a partir da Fig. 1, onde observam-se valores menores de umidade relativa e maiores de temperatura do ar, no mês de maio (particularmente entre as onze e quinze horas) em comparação com o mês de abril.

Na Tabela 4 são mostrados os valores da relação peso fresco/peso seco (Pf/Ps, g.g^{-1}) observados nas três datas de colheita. Existe, para ambos os tratamentos, uma redução progressiva dessa relação

TABELA 4. Produção de matéria seca total e relação peso fresco/peso seco de plantas de milho em resposta à adubação amoniacal com (CNS) e sem (SNS) inibidor de nitrificação.

Dias após plantio	Matéria seca total (g/planta)		Relação Pf/Ps (g.g^{-1})			
	CNS	SNS	Planta inteira		Raiz	
			CNS	SNS	CNS	SNS
28	2,80cC ¹	2,32cC	9,80	10,99	12,0	11,82
43	9,21bC	10,23bB	7,30	7,02	9,59	9,79
58	22,26aB	24,29aA	6,82	7,34	8,50	9,78

¹ Na mesma coluna, média seguidas por letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre dias a $P < 0,05$; médias na mesma linha seguidas de letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre tratamentos a $P < 0,05$ pelo teste de Tukey.

(tanto para a planta inteira como para as raízes, isoladamente) dependente da idade. Entretanto, o tratamento SNS mostra valores superiores, particularmente aos 43 e 58 d.a.p. Essa tendência parece refletir o fato de que nesse período, o tratamento CNS sofreu um nível de estresse híbrido maior do que o tratamento SNS.

Embora as diferenças na relação Pf/Ps possam parecer pequenas, foram observados, previamente (Rossiello et al. 1981), que aumentos similares da demanda evapotranspirativa na casa de vegetação, causam, nesta cultivar, reduções significativas na turgência e extensão foliar, acúmulo de carboidratos solúveis e redução na taxa de assimilação líquida.

Bennett et al. (1964) observaram que concentrações elevadas de NH_4^+ em solução nutritiva causaram murchamento severo, raízes danificadas e rendimentos significativamente menores em plantas de milho em comparação com plantas cultivadas sob NO_3^- . Reduções de peso fresco e murchamento visível, em decorrência da mesma razão, foram observadas em plantas de tomate (Pill & Lambeth 1977) e girassol (Ragab 1980).

O maior ritmo de acumulação de matéria seca no tratamento SNS durante o período 43-58 d.a.p. pode ser explicado como decorrência da absorção preferencial de NO_3^- , o que evita as alterações de metabolismo radicular associadas à nutrição amoniacal, permitindo maior densidade radicular, capaz de absorver água em taxas compatíveis com a demanda evapotranspirativa.

Ragab (1980) sugere que o efeito inibitório do íon NH_4^+ sobre a absorção de água pode envolver dois mecanismos: um, de curto prazo, de interferência direta com a integridade das membranas e reversível por NO_3^- , e outro de longo prazo, resultante de mudanças anatômicas e fisiológicas que levam a uma redução irreversível da permeabilidade da membrana celular. Por outro lado, o efeito pode decorrer da interferência do NH_4^+ com a absorção de K^+ , induzindo decréscimos no potencial osmótico e na condutividade hídrica das células da raiz (Quebedeaux & Ozbun 1973, Pill & Lambeth 1977).

CONCLUSÕES

1. Houve uma redução nas taxas de crescimento

na área, volume, comprimento e peso radicular do milho em decorrência da aplicação de N sob forma de NH_4^+ junto com um inibidor de nitrificação (CNS), em comparação com o tratamento sem inibidor (SNS).

2. Os efeitos negativos do tratamento CNS podem ser atribuídos às perturbações metabólicas decorrentes da absorção de NH_4^+ por um período prolongado (45 dias), caracterizando uma situação de toxidez "crônica". Em particular, o excesso de NH_4^+ , absorvido parece ter interferido com as relações hídricas das plantas.

3. Os efeitos negativos ocasionados pelos tratamentos CNS foram evidentes 30 dias após a aplicação do N-Serve, o que permite supor que a depressão de crescimento radicular nesses tratamentos não foi em consequência de um efeito fitotóxico per se do inibidor.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, M.L.R.; FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. Effects of N-carriers and Al-levels on dry matter production and nutrient content of two pasture grasses. *Turrialba*, 34:509-15, 1984.
- BENDIX, M.E.S.; FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos de la nutrición nitrogenada de *Paspalum notatum* Flüggé, em respuesta a fuentes de nitrógeno e inhibición de nitrificación. *Turrialba*, 32: 33-41, 1982.
- BENNETT, W.F.; PESEK, J.; HANWAY, J.J. Effect of nitrate and ammonium on growth of corn in nutrient sand culture. *Agron. J.*, 56:342-5, 1964.
- BOHM, W. Root parameters and their measurement. In: *METHODS of studying root systems*. Berlin, Springer, 1979. p.125-38 (Ecological studies, 33)
- BREMNER, J.M. & KEENEY, D.R. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chim. Acta*, 32:485-95, 1965.
- CROOKE, W.N. The measurement of the cation-exchange capacity of plant roots. *Plant Soil*, 21:43-9, 1964.
- DIBB, D.W. & WELCH, L.F. Corn growth as affected by ammonium vs. nitrate absorbed from soil. *Agron. J.*, 68:89-94, 1976.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. *Levantamento semi-detalhado e aptidão agrícola dos solos do município do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 1980. p.204-10. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim técnico, 66)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979.

- FERNANDES, M.S. N-Carriers, light and temperature influences on the free amino acid pool composition of rice plants. *Turrialba*, 33:297-301, 1983.
- FERNANDES, M.S.; DIDONET, H.R.; ROSSIELLO, R.O.P. Respostas de quatro cultivares de arroz à aplicação de nitrogênio amoniacal com um inibidor de nitrificação. *Pesq. agropec. bras.*, 16(3):303-7, 1981.
- 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 Res. 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.
- GERONIMO, J.; SMITH JUNIOR, L.L.; STOCKDALE, G.D.; GORING, C.A.I. Comparative phytotoxicity of nitrpyrin and its principal metabolite, 6-chloropicolinic acid. *Agron. J.*, 65:689-92, 1973.
- GIVAN, C.V. Metabolic detoxification of ammonia in tissues of higher plants. *Phytochemistry*, 18:375-82, 1979.
- HAGEMAN, R.H. Effect of form of nitrogen on plant growth. In: MEISINGER, J.J., ed. *Nitrification inhibitors-potentials and limitations*. Madison, American Society of Agronomy, 1980. p.47-62. (ASA special publication, 38)
- HALLMARK, W.B. & BARBER, S.A. Root growth and morphology, nutrient uptake and nutrient status of soybean as affected by soil K and bulk density *Agron. J.*, 73:779-82, 1981.
- HUNT, R. *Plant growth analysis*. London, E. Arnold, 1978. (Studies in biology, 96)
- KEENEY, D.R. Factors affecting the persistence and bioactivity of nitrification inhibitors. In: MEISINGER, J.J.; RANDALL, G.W.; VITOSH, M.L., ed. *Nitrification inhibitors-potentials and limitations*. Madison, American Society of Agronomy, 1980 p.33-46. (ASA special publication, 38)
- KURTZ, L.T. Potential for nitrogen loss. In: MEISINGER, J.J.; RANDALL, G.W.; VITOSH, M.L., ed. *Nitrification inhibitors potentials and limitations*. Madison, American Society of Agronomy, 1980. p.1-17. (ASA special publication, 38)
- LUISI, M.V.V.; ROSSIELLO, R.O.P.; FERNANDES, M.S. Acidificação do rizocilindro de milho em resposta à absorção de nutrientes e sua relação com o crescimento radicular. *R. bras. Ci. Solo*, 7:69-74, 1983a.
- LUISI, M.V.V.; ROSSIELLO, R.O.P.; FERNANDES, M.S. Formas de nitrogênio e níveis de potássio sobre a absorção de fósforo por milho. *Pesq. agropec. bras.*, 18(4):343-50, 1983b.
- MEISINGER, J.J.; RANDALL, G.W.; VITOSH, M.L., ed. *Nitrification inhibitors-potentials and limitations*. Madison, American Society of Agronomy, 1980. (ASA special publication, 38)
- MILLS, H.A. & JONES JUNIOR, J.B. Nutrient deficiencies and toxicities in plants: nitrogen. *J. Plant Nutr.*, 1:101-2, 1979.
- PILL, W.G. & LAMBERTH, V.N. Effect of NH_4 and NO_3 nutrition with and without pH adjustment on tomato, ion composition, and water relations. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 102:78-81, 1977.
- QUEBEDEAUX, B. & OZBUN, J.L. Effect of ammonium nutrition on water stress, water uptake and root pressure in *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Physiol.*, 52:677-9, 1973.
- RAGAB, S.M. Water uptake and trans-potential in sunflower roots as influenced by ammonium ions. *J. Agric. Sci.*, 94:145-50, 1980.
- ROSSIELLO, R.O.P.; FERNANDES, M.S.; FLORES, J.P.O. Efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e acumulação de carboidratos solúveis de milho. *Pesq. agropec. bras.*, 16(4):561-6, 1981.
- SAHRAWAT, K.L. & KEENEY, D.R. Effects of nitrification inhibitors on chemical composition of plants; a review. *J. Plant Nutr.*, 7:1251-88, 1984.
- TENNANT, D.A. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.*, 63:995-1001, 1975.