

ABSORÇÃO E UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO EM PLANTA DE SORGO CULTIVADO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA.

Vera Lúcia B. Fernandes¹
Luiz Alfredo P. Nunes²
Maurício M. Filho²
Valdemar L. de Sousa² e
Mário B. Fernandes³

RESUMO

Foi conduzido um experimento no Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, sob condições de casa de vegetação, com o objetivo de estudar o comportamento do sorgo, cultivar EA 116, quanto à absorção e utilização do nitrogênio. As plantas foram cultivadas até aos 45 dias de idade em solução nutritiva, continuamente arejada e não renovada, que recebeu os seguintes tratamentos: 30, 60, 120 e 240 mgN/l de solução. Inicialmente, o pH da solução nutritiva foi ajustado em $5,0 \pm 0,2$ e as suas variações durante o crescimento das plantas foram registradas em dias alternados. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. As doses de nitrogênio com 120 mg/l de solução permitiram um maior crescimento das plantas medido pela altura da planta, diâmetro do colmo e peso de matéria seca da parte aérea e das raízes. A eficiência de absorção e de utilização do nitrogênio pelas plantas caíram à medida que os níveis de nitrogênio aumentaram.

PALAVRAS-CHAVE: Nitrogênio em plantas, solução nutritiva, eficiência de N, absorção de N, utilização de N, Sorghum bicolor.

SUMMARY

An experiment was carried out under greenhouse conditions, at the Soil Science Department of Federal University of Ceará, in order to study nitrogen uptake and utilization by sorghum plants (cultivar EA 116).

1 Professora do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

2 Engenheiro Agrônomo, aluno do Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará.

3 Professor da Escola Superior de Agricultura de Moçoró.

The plants were continuously grown in solution for 45 days, without solution replenishment, with the following treatments: 30, 60, 120 and 240 mgN/l. Initially the solution pH was adjusted for $5,0 \pm 0,2$ and its variations were recorded throughout the plant growth period. The statistical design consisted of entirely randomized blocks with four replications. Concentrations of 120 mgN per liter of solution resulted in the best plant growth performance as measured by plant height, stem diameter and dry matter weights of both aerial parts and roots. The both plant nitrogen uptake and utilization efficiencies decreased with increasing nitrogen concentration of the growth solution.

KEY WORDS: Plant nitrogen, mineral growth solution, nitrogen efficiency, nitrogen uptake, nitrogen utilization, sorghum bicolor.

INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo, disseminada em todo o país, tem uma importância relevante para a nossa agropecuária. Representa um grande potencial na produção de alimentos para o gado e o homem podendo, ainda, ser utilizada para a produção de energia, além de apresentar-se como uma alternativa viável em regiões adversas como aquelas caracterizadas pela aridez ou ainda em áreas prejudicadas quer pelo excesso de acidez quer pela elevada salinidade. Nessas condições a cultura do milho é mais sensível, podendo ser substituída pelo cultivo do sorgo como fonte energética para os animais, uma vez que possui composição química semelhante à do milho embora o seu valor nutritivo seja inferior.

O Nordeste brasileiro apresenta condi-

ções favoráveis à cultura pois o sorgo resiste às baixas e irregulares precipitações pluviométricas que ocorrem nessa região. Associe-se ainda a possibilidade da obtenção de duas colheitas num único plantio, bem como, a sua exploração após os cultivos anuais tradicionais. Entretanto, com todo esse potencial, a produção dessa cultura ainda é reduzida necessitando-se de esforço no sentido de difundí-la e incentivá-la, sobretudo, através do incremento em sua produtividade, que depende, dentre outros fatores, da nutrição mineral, na qual está inserido o elemento nitrogênio. Com relação a esse nutriente, a sua disponibilidade é importante, já que afeta diretamente a sua absorção e utilização pelas plantas, processos estes, responsáveis pelo melhor desenvolvimento da cultura (FURLANI et alii³).

Em relação a cultura do milho, o processo de utilização do nitrogênio pelas plantas, revelou-se ser fator mais significativo que o processo de absorção, no crescimento diferencial das linhagens (FURLANI et alii⁴).

MARANVILLE et alii⁶ avaliaram doze híbridos de sorgo quanto à produção de matéria seca total por unidade de nitrogênio absorvido e detectaram uma diferença de 20% entre o melhor e pior híbrido.

França (1983), citado por FURLANI et alii⁴, cultivando o sorgo em solução nutritiva, verificou diferença entre genótipos de sorgo na produção de matéria seca, na adsorção, na distribuição e na utilização do nitrogênio em diferentes idades da planta.

Embora poucos estudos tenham sido desenvolvidos com sorgo nesse sentido, existem evidências de que ocorrem diferenças genéticas na absorção e utilização do nitrogênio pela planta.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento de um cultivar de sorgo no que concerne à absorção e utilização do nitrogênio em condições de solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODO

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. Utiliza-

ram-se vasos de 6 litros, revestidos com plástico preto. As tampas foram confeccionadas em isopor, revestidas com plástico preto e perfuradas (um furo central e quatro furos laterais). O furo central recebeu o tubo de aeração e em cada furo lateral foi introduzida uma plântula sustentada e protegida por uma tira de esponja ao redor do caulículo.

As sementes de sorgo do cultivar EA 116 foram germinadas em rolos de papel germiteste. As plântulas, com cinco dias de idade, foram transplantadas para um vaso coletivo onde receberam solução nutritiva semi-concentrada (em relação a menor dose de nitrogênio) por um período de 08 dias. Em seguida foram transferidas para os vasos contendo solução nutritiva com a seguinte composição (mg/l): Ca-200; K-200; Mg-40; P-8; Mn-0,5; Cu-0,018; Zn-0,047; Mo-0,01; B-0,5; Fe-5,0. O nitrogênio foi aplicado nos níveis de 30, 60, 120 e 240mg de N/1 de solução, na proporção $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+ = 4/1$. Esses nutrientes foram adicionados na forma dos seguintes sais: CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, K_2SO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , H_3BO_3 , $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Fe-EDTA. A solução nutritiva teve, inicialmente, seu pH ajustado para $5,0 \pm 0,2$ e suas variações durante o cultivo foram registradas em dias alternados. A solução foi continuamente arejada durante o decorrer do experimento, não sendo renovada, e o volume dos vasos completado diariamente com água destilada. As médias das temperaturas máximas e mínimas ocorridas na casa de vegetação durante o período de ensaio variaram entre 30 a 38°C.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 16 vasos, com quatro plantas/vaso.

As plantas foram colhidas aos 45 dias de idade o que equivaleu a 32 dias em solução nutritiva contendo os tratamentos. As plantas colhidas foram separadas em parte aérea e raízes e determinados os seguintes parâmetros: altura da planta, diâmetro do colmo, peso seco da parte aérea

e das raízes, relação parte aérea/raízes, teor e conteúdo de nitrogênio na parte aérea e nas raízes, eficiência de absorção e relação de eficiência (produção de matéria seca total por unidade de nitrogênio absorvido). O material vegetal foi seco em estufa a 40°C, pesado, moído e submetido à análise química do nitrogênio segundo o método Kjeldahl.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Altura da Planta e Diâmetro do Colmo

Os dados de crescimento de planta de sorgo, medidos através da altura da planta, diâmetro do colmo, peso seco da parte aérea e das raízes e relação parte aérea/raízes do peso seco encontram-se na Tabela 1. Analisando-se esses dados verifica-se que o aumento nos níveis de nitrogênio teve efeito positivo sobre a altura da planta e o diâmetro do colmo até o nível de 120mgN/l de solução, ocorrendo uma redução de 26% e 4%, respectivamente, quando a quantidade de nitrogênio foi duplicada. Essas variações podem ser explicadas por meio de equações do 2o. grau (Tabela 2). De acordo com a função estimada, o nível de 120mg/l de solução confere uma maior altura da planta e um maior diâmetro de colmo. É de interesse que as plantas mais altas tenham colmos de maior diâmetro para se tornarem mais resistentes ao acamamento.

Peso de Matéria Seca da Parte Aérea e das Raízes

Observou-se os efeitos dos níveis crescentes de nitrogênio sobre a produção da matéria seca das plantas (Tabela 1), verifica-se que o comportamento é semelhante àquele observado em relação a altura da planta e ao diâmetro do colmo. A produção da matéria seca, tanto da parte aérea como das raízes, cresceu em proporção semelhantes, até a dose de 120mgN/l de solução, ocorrendo uma redução de 16% e 15% no peso da matéria seca da parte aérea e das raízes, respectivamente, quando esse nível foi duplicado. Apreciando-se esses dados, observa-se que toda a planta

foi igualmente afetada pelo nível mais elevado de nitrogênio. Como um quarto do nitrogênio é oferecido à planta sob a forma amoniacal, provavelmente, o excesso de íons NH_4^+ tenha reduzido o crescimento das raízes, o que se refletiu num menor crescimento da parte aérea. Segundo FURLANI⁵, os íons NH_4^+ fazem baixar o pH da solução porque são trocados por íons H^+ pelas raízes das plantas e são absorvidos preferencialmente a outros cátions. As plantas submetidas ao nível de 240mgN/l de solução estiveram durante metade do seu período de crescimento sob valores de pH variando entre 4,1 a 3,3 (Figura 1). Esses baixos valores de pH podem ter afetado a absorção de nutrientes pelas plantas. No caso específico do nitrogênio, a eficiência da sua absorção no nível mais elevado de nitrogênio foi apenas 38% (Tabela 3).

O nível de nitrogênio que permite a maior produção que permite a maior produção de matéria seca da parte aérea, segundo a função estimada, é 142 mgN/l de solução e, das raízes, é 148 mgN/l de solução (Tabela 2). Esses valores também produziram plantas mais altas e de colmos de maior diâmetro. As variações relativas no peso da matéria seca da parte aérea e das raízes foram semelhantes, o que ocasionou a constância na relação parte aérea/raízes do peso da matéria seca, conforme os dados da Tabela 1.

Os incrementos no crescimento, medidos pela altura da planta, diâmetro do colmo e peso de matéria seca da parte aérea e das raízes decresceram à medida que os níveis de nitrogênio aumentaram, atingindo valor negativo para o nível mais elevado. Os maiores incrementos ocorreram com 60 mgN/l de solução (Tabela 1). Nesse nível, o pH da solução nutritiva esteve, durante todo o período de crescimento das plantas, dentro da faixa ótima (Figura 1), o que pode explicar esses resultados.

Foi observada uma maior variabilidade no peso da matéria seca das raízes ($CV = 22,96\%$) e um baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,29$) para a função estimada. As dificuldades na coleta do sistema radicular podem explicar essas variações.

TABELA 1 - Altura da Planta (cm), Diâmetro do Colmo (cm) e Peso de Matéria Seca da Parte Aérea e das Raízes de Plantas de Sorgo (g), Cultivar EA 116, Crescidas em Solução Nutritiva com Níveis Crescentes de Nitrogênio, até aos 45 Dias de Idade.

Níveis de N (mg/l)	Altura da Planta (cm %)		Diâmetro do Corte (cm %)		Peso de Matéria Seca				
					Parte aérea (g/4pl %)		Raízes (g/4pl %)		Relação Parte Aérea/Raízes
30	45,92	100,0	0,96	100,0	18,75	100,0	5,48	100,0	3,42
60	51,66	112,5	1,10	114,6	24,49	130,6	7,22	131,8	3,57
120	53,78	104,1	1,24	112,7	27,60	112,7	8,10	112,2	3,46
240	39,82	74,0	1,19	96,0	23,28	84,0	6,91	85,0	3,42

TABELA 2 - Equação de Regressão das Variáveis Analisadas em Plantas de Sorgo, Cultivar EA 116, Crescidas em Solução Nutritiva com Níveis Crescentes de Nitrogênio, até aos 45 Dias de Idade.

Variáveis analisadas	Equação de regressão	C.V.	R ²	Estimativa da dose máxima (mgN/l)
Altura da planta(cm)	$Y = 40,16 + 0,24x - 1.10^{-3}x^2$	11,95	0,53**	120
Diâmetro do colmo(cm)	$Y = 0,81 + 6.10^{-3}x - 2.10^{-5}x^2$	9,42	0,56*	150
Peso seco da parte aérea(g)	$Y = 13,91 + 0,2x^{-7}.10^4x^2$	15,65	0,46*	142
Peso seco da raiz(g)	$Y = 4,07 + 59.10^3x^{-2}.10^{-4}x^2$	22,96	0,29*	148
Teor de N na parte aérea(%)	$Y = 0,385 + 0,93.10^{-4}x$	20,65	0,84*	
Teor de N nas raízes(%)	$Y = 0,39 + 4.10^{-3}x$	8,54	0,98*	

Obs: Y = variável analisada; X= níveis de nitrogênio; C.V. = coeficiente de variação e R² = coeficiente de determinação; * = significativo ao nível de 5%; ** = significativo ao nível de 1%.

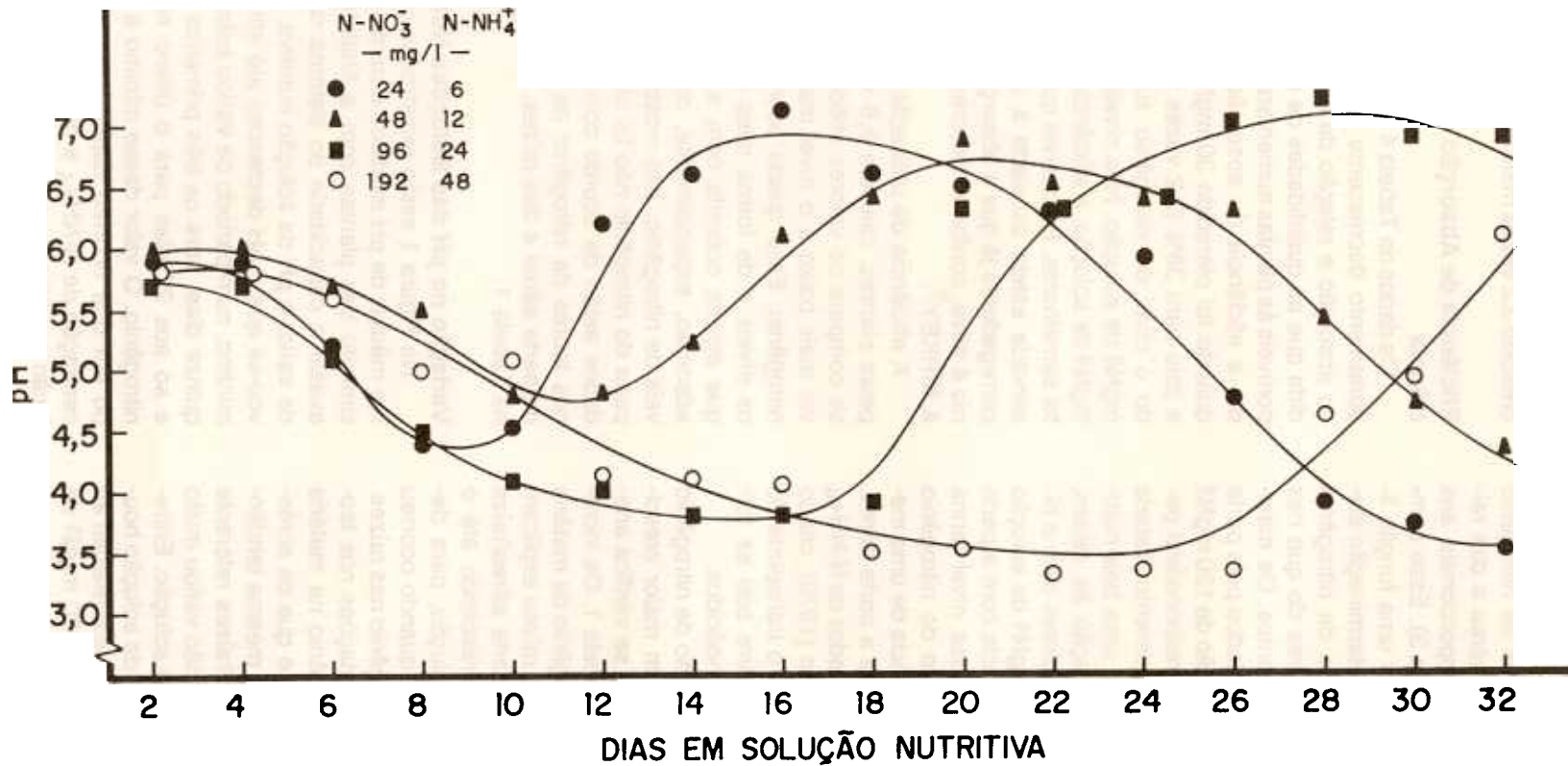


FIGURA 1

Variação do pH na Solução Nutritiva Durante o Crescimento de Planta de Sorgo, CV. EA 116 em Função dos Níveis de N. (Médias de Quatro Repetições)

Teor e Conteúdo de Nitrogênio na Matéria Seca

As variações nos teores de nitrogênio na matéria seca da parte aérea e das raízes foram diretamente proporcionais aos níveis de nitrogênio (Tabela 3). Esse comportamento é explicado por uma função linear, com coeficiente de determinação elevado (Tabela 2). Os teores de nitrogênio foram maiores na parte aérea do que nas raízes em todos os tratamentos. Os maiores incrementos experimentados pela parte aérea ocorreram com a adição de 120 mgN/l de solução, nível também responsável pelos maiores índices de crescimento (Tabela 1), sendo isto o reflexo de uma boa nutrição nitrogenada. Com relação às raízes, esses acréscimos foram maiores com o nível de nitrogênio de 240 mgN/l de solução não havendo correspondência com a parte aérea. É provável que nesse nível tenha ocorrido um maior acúmulo de nitrogênio nas raízes como consequência de uma menor translocação deste para a parte aérea, provocada pelos teores elevados de $N-NH_4$ absorvidos. Segundo Martin (1970), citado por MENGEL & KIRKBY⁷, o transporte do nitrogênio pelo xilema ocorre sob as formas de $N-NO_3$ ou de aminoácidos.

Essa maior concentração de nitrogênio nas raízes não refletiu num maior crescimento da planta, conforme se verifica analisando-se os dados da Tabela 1. Os incrementos nos teores de nitrogênio da matéria seca da parte aérea e das raízes explicam as variações na relação parte aérea/raízes referente ao teor de N, crescendo até o nível de 120 mgN/l de solução, para decrescer na dose seguinte, quando ocorreu um maior acúmulo de nitrogênio nas raízes.

Comparando-se as variações nos teores e conteúdos de nitrogênio na matéria seca (Tabela 3), observa-se que os acréscimos relativos seguiram a mesma tendência. A relação parte aérea/raízes referente ao conteúdo de nitrogênio não variou muito até o nível de 120 mgN/l de solução. Entretanto, o nível de 240 mgN/l de solução houve um decréscimo de 15,6% em relação ao nível imediatamente inferior (120 mgN/l de solução). Isso pode ser justificado em ra-

ção do conteúdo do nitrogênio nas raízes que receberam o nível mais elevado ter crescido 3,2 vezes mais que na parte aérea.

Eficiência de Absorção e Relação de Eficiência

Os dados da Tabela 4 mostram um comportamento decrescente para a eficiência de absorção e relação de eficiência à medida que as quantidades de nitrogênio disponíveis às plantas aumentaram. Assim sendo, a eficiência de absorção atingiu 86% quando foi oferecido 30 mgN/l de solução e caiu para 38% (2,2 vezes menos) quando o nível de nitrogênio subiu para 240 mgN/l de solução. Nos níveis de 60 a 120 mgN/l de solução, a eficiência de absorção foi semelhante. É possível que a queda observada esteja associada à saturação dos carregadores já que a absorção do nitrogênio é ativa, conforme descrevem MENGEL & KIRKBY⁷.

A eficiência de utilização do nitrogênio pelas plantas, caiu em 2,8 vezes quando se compara os valores obtidos entre o nível mais baixo e o nível mais elevado de nitrogênio. Essa queda ocorreu em todos os níveis e de forma mais acentuada do que aquela ocorrida com a eficiência de adsorção, especialmente, nos últimos níveis de nitrogênio. Isto mostra que grande parte do nitrogênio não foi utilizado. Esses dados estão de acordo com as variações nos teores de nitrogênio na matéria seca da parte aérea e das raízes, apresentadas na Tabela 1.

Variação no pH das Soluções Nutritivas

Na Figura 1 estão registrados os valores médios de pH medidos durante o crescimento das plantas com a finalidade de avaliar a capacidade do sistema radicular de variar o pH da solução nutritiva. Observou-se que o pH decresceu até atingir um mínimo, num período de variou entre dez a quinze dias, para os três primeiros níveis, e só aos 22 dias para o último nível de nitrogênio. O valor desse mínimo e o tempo em que ocorreu dependeram da concentração de $N-NH_4$ e de $N-NO_3$ na solução nutritiva, sendo tanto menor e mais

TABELA 3 - Teor e Conteúdo de Nitrogênio na Matéria Seca de Plantas, de Sorgo, Cultivar EA 116, Crescidas em Solução Nutritiva com Níveis Crescentes de Nitrogênio, até aos 45 Dias de Idade (média das quatro repetições).

Níveis do N mg/l	Teor de N				Conteúdo de N					
	Parte Aérea	Raízes	Relação Parte Aérea/Raízes		Parte Aérea	Raízes	Relação Parte Aérea/Raízes			
	mg/l	%	g	%	g	%	g	%		
30	0,68	100,0	0,54	100,0	1,26	0,126	100,0	0,029	100,0	4,30
60	0,86	126,5	0,62	114,8	1,34	0,201	159,5	0,043	148,2	4,70
120	1,36	158,1	0,98	158,1	1,39	0,398	198,0	0,088	104,7	4,50
240	1,97	144,9	1,68	171,4	1,16	0,436	109,5	0,115	130,7	3,80

TABELA 4 - Eficiência de Absorção e Relação de Eficiência de Plantas de Sorgo, Cultivar EA 116, Crescidas em Solução Nutritiva com Níveis Crescentes de Nitrogênio, até aos 45 Dias de Idade (média das quatro repetições).

Níveis de N mg/l	Eficiência de Absorção* %	Relação de Eficiência mg M.S./mg N
30	86	156
60	68	130
120	68	73
240	38	55

$$\frac{\text{N matéria seca}}{\text{N tratamento}} \times 100$$

demorado quanto mais elevada era a concentração do pH. A seguir, houve uma elevação do pH, bastante acentuada, atingindo o valor $7,0 \pm 0,2$ por um intervalo de 2 dias, quando ocorreu um novo decréscimo. O tempo necessário para alcançar esse máximo foi inversamente proporcional ao nível de nitrogênio. No nível de 240 mgN/l de solução o tempo não foi suficiente para atingi-lo pois a elevação do pH só teve início às vésperas da colheita. Nesse nível

mais elevado o pH manteve-se inferior a 4,5 durante a maior parte do período de crescimento das plantas. Isso pode explicar as quedas observadas nos índices de crescimento das plantas e na eficiência de absorção e utilização do nitrogênio (Tabelas 1 e 4).

Os autores são unânimes em afirmar que esta queda inicial do pH é consequência da presença de N-NH_4^+ na solução nutritiva, devido à absorção preferen-

cial desses íons que são trocados por H^+ . Com o seu esgotamento, as plantas passam a absorver o $N-NO_3$ e o pH sobe, pois a troca iônica, nesse caso, é por OH^- ou HCO_3^- (BERNARDO et alii¹, CLARK²). FURLANI et alii³ afirmam que, no final, quando se esgota o $N-NO_3$ da solução, ocorre nova redução do pH em função da mudança no equilíbrio da absorção, passando a predominar a absorção de outros cátions.

CONCLUSÕES

O crescimento de plantas de sorgo, cultivar EA 116, em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio, por um período de 45 dias, permitiu as seguintes conclusões:

- . Os níveis de nitrogênio da ordem de 120 mg/l de solução foram responsáveis pelo maior crescimento das plantas medido em termo de altura da planta, diâmetro do colmo e peso de matéria seca da parte aérea e das raízes;
- . O nível de 240 mgN/l de solução prejudicou o crescimento das plantas, mantendo os valores de pH da solução nutritiva muito baixos durante todo o período do ensaio;
- . A eficiência de absorção e de utilização do nitrogênio pelas plantas caíram à medida que os níveis de nitrogênio aumentaram, sendo esta mais prejudicada do que aquela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. BERNARDO, L.M.; CLARK, R.B. & MARANVILLE, J.W. Effect of nitrate/ammonium ratios of sorghum. **Agron. Abstracts**, 1982, p. 92.
02. CLARK, R.B. Nutrient solution growth of sorghum and corn in mineral nutrition studies. **J. Plant Nutr.** New York, 5:1039-1057. 1982.
03. FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C. & AZZINI, L.E. Comportamento diferencial de linhagens de arroz na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva. **R. bras. Ci. Solo**, 10:51-59, 1986.
04. FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C. & LIMA, M. Diferenças entre linhagens de milho cultivares em solução nutritiva quanto à absorção e utilização de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, 44(2):599-618, 1985.
05. FURLANI, A.M.C. & FURLANI, P.R. Composição de pH de solução nutritivas para estudos fisiológicos e seleção de plantas em condições nutricionais adversas. **B. Téc. Inst. Agron.**, Campinas, 121, 1988.
06. MARANVILLE, J.W.; CLARK, R.B. & ROSS, W.M. Nitrogen efficiency in grain sorghum. **J. of Nutrition**, 2(5):577-589, 1980.
07. MENGEL, K. & E.A. KIRKBY. **Principles of Plant Nutrition**. Internacional Potash Institute. Berna. 3a. ed. 1982; p. 351-359.