

FONTES DE NITROGÊNIO MINERAL (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺) NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE GRÁPIA (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride)**MINERAL NITROGEN SOURCES (N-NO₃⁻ AND N-NH₄⁺) ON GROWTH OF GRÁPIA (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride) SEEDLINGS**

Fernando Teixeira Nicoloso¹ Lucas Sartori² Gladis de Oliveira Jucoski³
Lisandra Saldanha de Abreu⁴ Fernando Ginepro Cervi⁵

RESUMO

A grápia (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride) é uma espécie de grande interesse madeireiro, encontrando-se, atualmente, bastante dizimada por causa da exploração extrativista, sem haver reposição pelo reflorestamento. O presente estudo objetivou avaliar o efeito de fontes de nitrogênio mineral no crescimento de mudas de grápia. Foram avaliados cinco variações da concentração de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ (5:0, 4:1, 2,5:2,5, 1:4 e 0:5 mM de N) num arranjo experimental inteiramente casualizado com 16 repetições. A parcela experimental foi constituída de um vaso com 3,0 kg de um ARGISSOLO VERMELHO Distrófico arênico e duas plantas, sob condições de casa de vegetação. De quatro repetições escolhidas aleatoriamente, o crescimento das plantas e o pH do solo foram avaliados mensalmente a partir dos 60 até os 150 dias após a adubação (DAA). Independentemente da fonte de nitrogênio usada, o pH do solo diminuiu, sendo que aos 150 DAA a menor variação foi de 0,33 e a maior de 0,47 unidades de pH, respectivamente, nos tratamentos com 5 N-NO₃⁻:0 N-NH₄⁺ e 0 N-NO₃⁻:5 N-NH₄⁺. A presença de N-NH₄⁺, partindo de 1 até 5 mM, provocou necrose nas folhas mais velhas e sua posterior abscisão. Aos 150 DAA, na presença de 5 mM N-NH₄⁺, a sobrevivência das plantas foi reduzida em 31%. O efeito das fontes de N no crescimento da grápia pareceu depender da idade da planta e/ou das suas transformações no solo. Aos 120 DAA, a presença de N-NH₄⁺ partindo da dose 2,5 mM proporcionou redução no número de nós do caule, altura de planta, diâmetro do caule, matéria seca da folha, do caule, de raízes e total da planta. Porém, em função da recuperação na taxa de crescimento, essas diferenças não foram constatadas aos 150 DAA, com exceção da razão entre a matéria seca das raízes e da parte aérea que diminuiu na presença exclusiva de N-NH₄⁺. A razão adequada entre as fontes de N-NO₃⁻:N-NH₄⁺ na adubação para a produção de mudas de grápia, não deve ultrapassar, respectivamente, o valor de 4:1.

Palavras-chave: espécie florestal; Leguminosae; nutrição mineral; pH do solo.

ABSTRACT

Grápia (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride) is an important native forest species that has been in extinction process. The aim of this study was to evaluate the effect of mineral nitrogen source on growth of grápia seedlings. Five variations in the concentration of N-NO₃⁻ and N-NH₄⁺ (5:0, 4:1, 2,5:2,5, 1:4, and 0:5 mM of N) were tested in an entirely random statistical design with 16 replicates. The experimental unity consisted of a vessel containing 3,0 kg of a Paleudalf soil and two plants, under glasshouse conditions. From 60 to 150 days after fertilization (DAF), the plant growth and soil pH were monthly analyzed from four replicates randomly taken. Independently of the nitrogen source used, the soil pH decreased, and on 150 DAF the smallest pH variation was 0.33 and the largest one was 0.47 pH units, respectively, on treatments with 5 N-NO₃⁻:0 N-NH₄⁺ and 0 N-NO₃⁻:5 N-NH₄⁺ ratios. The presence of N-NH₄⁺, from 1 to 5 mM, induced necrosis in old leaves and their ulterior abscission. To 150 DAF, in the presence of 5 mM N-NH₄⁺, the plant

1. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, CEP: 97119-390, Santa Maria (RS). nicoloso@base.ufsm.br.
2. Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Agrônômica, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP: 97119-390, Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq/PIBIC-UFSM.
3. Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP: 97119-390, Santa Maria (RS). Bolsista da FAPERGS.
4. Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Agrônômica, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP: 97119-390, Santa Maria (RS).
5. Acadêmico do curso de graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP: 97119-390, Santa Maria (RS).

Recebido para publicação em 29/04/2002 e aceito em 11/07/2005.

survival was reduced to 31%. The effect of nitrogen sources on plant growth appeared to be depended on plant age and/or of their transformations in the soil. To 120 DAF, the presence of N-NH_4^+ from 2,5 to 5 mM reduced the number of stalk nodes, plant height, stem diameter, dry weight of leaves, of stem, of roots, and of the whole plant. However, to 150 DAF, because of the regain on the growth rate, these differences were not observed, with exception of the root/shoot dry weight ratio that was reduced on the exclusive presence of N-NH_4^+ . The suitable $\text{N-NO}_3^-:\text{N-NH}_4^+$ ratio in the fertilization to grow grápia seedlings, can not exceed, respectively, 4:1.

Key words: forest specie; Leguminosae; mineral nutrition; soil pH.

INTRODUÇÃO

A grápia (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride) é uma espécie florestal que apresenta ampla distribuição geográfica no território brasileiro, porém atualmente se acha bastante descontínua, por cauda da devastação intensa das matas e da falta de reposição pelo reflorestamento (Mattos e Guaranha, 1983). Apresenta madeira de lei de primeira qualidade, portanto, de grande importância para o setor madeireiro. Outros usos relevantes são fonte de energia, medicinal, ornamental, reflorestamento ambiental e produção de substâncias tanantes (Carvalho, 1994). Segundo Reitz *et al.* (1988), em face de suas múltiplas aplicações, a grápia deve ser considerada como uma das mais valiosas madeiras do Estado e, conseqüentemente, merece uma atenção especial nos estudos sobre a viabilidade de seu reflorestamento em larga escala.

Segundo Brasil (1973), no estado do Rio Grande do Sul, a área ocupada por essa espécie é pequena, encontrando-se nas partes mais altas do noroeste do planalto onde o solo é fértil, profundo e úmido, e em pontos esparsos na Depressão Central. Carvalho (1994) observou que em plantios experimentais no estado do Paraná, a grápia tem-se desenvolvido melhor em solo com nível de fertilidade média a elevada, bem drenado e com textura franca a argilosa.

O uso da fertilização nitrogenada em um solo contendo 1% de matéria orgânica (Argissolo Vermelho distrófico arênico) proporcionou resposta positiva nos estágios iniciais de crescimento da grápia (Nicoloso *et al.*, 1999 e 2001). Segundo Nicoloso *et al.* (2001), a máxima eficiência técnica estimada à adubação nitrogenada na produção de matéria seca da grápia é de 70 mg kg^{-1} de solo. Entretanto, a fonte preferencial de absorção e de utilização do nitrogênio mineral (N-NO_3^- e/ou N-NH_4^+) por essa espécie ainda não é conhecida.

A maioria das espécies vegetais crescem melhor se tiverem acesso ao nitrogênio nas principais formas de sua disponibilidade (N-NO_3^- e N-NH_4^+). O pH da rizosfera e a idade da planta podem ser importantes fatores influenciando a sensibilidade dos vegetais à nutrição amoniacal (Claussen e Lens, 1995). Se a fonte principal de N for o NH_4^+ , efeitos adversos têm sido constatados, tais como a fitotoxicidade por altas concentrações, acidificação do solo, deslocamento de cátions dos colóides do solo e desequilíbrio do balanço iônico do solo (Pearson e Stewart, 1993). A fonte de N da adubação nitrogenada influencia o pH do substrato de cultivo. He *et al.* (1999) observaram que a aplicação de 112 kg de N-NH_4^+ ha^{-1} ano^{-1} , por quatro anos consecutivos num pomar de *Citrus paradisi*, decresceu o pH de um solo arenoso na faixa de 0,7 a 1,7 unidades.

Em razão da grápia ser medianamente exigente em N (Nicoloso *et al.*, 2001), o presente estudo objetivou avaliar os efeitos de fontes de nitrogênio mineral (N-NO_3^- e N-NH_4^+) no crescimento de mudas de grápia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 25 de março de 2001, na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Rurais, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS.

Foram avaliados cinco tratamentos de fontes de nitrogênio mineral pela variação da concentração entre N-NO_3^- e N-NH_4^+ , respectivamente, nas seguintes razões: 5:0, 4:1, 2,5:2,5, 1:4, 0:5 mM de nitrogênio (correspondendo a concentração final de 70 mg de N kg^{-1} de solo). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 16 repetições. As unidades experimentais consistiram de vasos contendo 3,0 kg de solo seco ao ar e duas plantas, as quais foram submetidas a rodízio periódico para evitar algum efeito de localização na casa de vegetação.

Realizou-se uma adubação suplementar de P (100 mg kg⁻¹), K (120 mg kg⁻¹), Ca (80 a 113 mg kg⁻¹), Mg (40 a 56 mg kg⁻¹) e S (20 mg kg⁻¹). As fontes de nutrientes foram Ca(NO₃)₂.4H₂O, NH₄H₂PO₄, NH₄Cl, Ca(H₂PO₄)₂.H₂O, MgSO₄.7H₂O, MgCl₂.6H₂O, KH₂PO₄, KCl, KNO₃, CaCl₂.2H₂O. Todos nutrientes foram aplicados sob forma de solução nutritiva em dose única, aos 5 dias após a emergência da plantas.

O substrato utilizado no experimento foi o Argissolo Vermelho Distrófico arênico coletado de 3 a 65 cm de profundidade, correspondente ao horizonte A, sob vegetação de campo nativo. Como resultados das análises físicas e químicas do solo obteve-se: 17% de argila (método do densímetro); 1% de matéria orgânica; pH 4,6 em água (1:1); 1,1 cmol_cL⁻¹ de Al⁺³ trocável; 3,9 cmol_c L⁻¹ de H + Al⁺³; 51% de saturação de Al⁺³ (m%), 21% de saturação por bases (V%), 2,2 cmol_c L⁻¹ de CTC efetiva; 0,8 cmol_c L⁻¹ de Ca⁺²; 0,2 cmol_c L⁻¹ de Mg; 4,8 mg L⁻¹ de P; 22 mg L⁻¹ de K; 32,4 mg L⁻¹ de Fe; 32,6 mg L⁻¹ de Mn; 2,4 mg L⁻¹ de Zn; e 0,9 mg L⁻¹ de Cu. Para as determinações de Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ usou-se o extrator KCl 1 N, de P e K o extrator de Mehlich, de Zn e Cu o extrator HCl 0,1 N, de H + Al⁺³ o extrator KCl 1 N, de Mn extrator KCl 1 N + HCl 0,1 N e de Fe o extrator oxalato de amônio 0,2 M a pH 3,0.

Os vasos foram forrados internamente com sacos plásticos para evitar a perda de água e de nutrientes pela drenagem. Para reposição da água evapotranspirada foi realizada irrigação, com água deionizada, sobre a superfície ou através de canos de PVC perfurados e introduzidos no solo, mantendo-se a umidade do solo em torno de 30 a 40% da capacidade de campo até a aplicação da adubação e, no restante do período experimental, entre 50 e 60%, sempre por meio de aferições diárias por pesagem.

As sementes usadas foram coletadas no mês de março de 2000, proveniente do município de Seara, SC. As sementes sofreram escarificação química com H₂SO₄ concentrado durante 15 min, segundo a metodologia descrita por Nicoloso *et al.* (1997), seguido de tratamento com solução fungicida à base de Benlate a 0,2% p/v e, posteriormente, foram colocadas em caixas de germinação, tendo papel filtro como substrato, por um período de 3 dias. Na seqüência, procedeu-se à semeadura de quatro sementes pré-germinadas diretamente nos vasos. Após 5 dias da emergência, fez-se a seleção deixando-se duas por vaso.

Mensalmente, a partir dos 30 dias após a adubação (DAA) até aos 150 DAA, das 16 repetições por tratamento, quatro foram tomadas aleatoriamente para a avaliação da altura de planta, número de folhas, número de nós do caule e o diâmetro do caule (a 1cm do nível do solo). Aos 60, 90, 120 e 150 DAA, quatro repetições foram colhidas e analisadas quanto ao pH do solo (utilizando-se a proporção de 2:1 v/v de água:solo; deixando a amostra repousar durante 45 minutos antes da determinação), o comprimento das raízes (Tennant, 1975), a produção de matéria seca do caule, das folhas, das raízes e total da planta, a razão entre a matéria seca das raízes e da parte aérea bem como a taxa de crescimento relativo diária (TCR) de todos os parâmetros, segundo a seguinte fórmula: $TCR = (\ln W_t - \ln W_o) / t$, em que: Ln = logaritmo neperiano; W_t = valor do parâmetro analisado no tempo final; W_o = valor do parâmetro analisado no tempo inicial; t = tempo em dias. Durante todo período experimental, foram realizadas avaliações do aspecto visual das partes aéreas e da percentagem de sobrevivência das plantas.

Os dados foram submetidos à análise de variância bem como à análise de regressão (fator época) e comparação de médias pelo teste de Duncan (fator fonte de nitrogênio mineral dentro de cada época), em nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SOC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas cultivadas exclusivamente com N-NH₄⁺ (5 mM) apresentaram, a partir dos 20 dias após a adubação (DAA), necrose na borda dos folíolos das folhas mais velhas, geralmente em forma de V, sendo que esta começou no ápice do folíolo e expandiu-se por toda a superfície foliar, até a sua posterior abscisão. Aos 50 DAA, constatou-se morte de 21% das plantas e aos 150 DAA, a percentagem de plantas mortas aumentou para 31%. Nos demais concentrações de N-NH₄⁺, a partir de 1 até 4 mM, não houve morte das plantas, porém, verificou-se, apesar da menor intensidade, clorose seguida de necrose de algumas folhas adultas.

A nutrição com N-NH₄⁺ tende a acidificar o citosol das células radiculares e a rizosfera. Adaptações a tais processos foram observadas em *Zea mays*, mas não em *Vicia faba* (Schubert *et al.*, 1990). Para Schubert e Yan (1997), esses processos requerem uma adaptação da enzima H⁺-ATPase e das propriedades de transporte que são essenciais para evitar a acidificação citoplásmica de longa duração e os distúrbios metabólicos relacionados. Portanto, os sintomas de toxidez observados em plantas jovens de grábia

demonstram que elas não apresentaram, em parte, as adaptações requeridas para superar os problemas advindos da alta concentração de $N-NH_4^+$.

Até aos 90 DAA não se observou resposta às variações das fontes de nitrogênio no número de folhas, número de nós do caule, altura de planta, comprimento de raízes, matéria seca de folhas, do caule, de raízes e total da plantas (Tabelas 1 e 2), com exceção do diâmetro do caule, aos 30 DAA, que foi maior na presença de 4 mM $N-NO_3^-:1\text{ mM }N-NH_4^+$ (Tabela 1).

TABELA 1: Número de folhas e de nós do caule, altura da planta e diâmetro do caule de grápia (*Apuleia leiocarpa*), avaliados em diferentes épocas, após a aplicação de cinco fontes de nitrogênio mineral ($N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$).

TABLE 1: Number of leaves and of stalk nodes, plant height and stem diameter of grápia (*Apuleia leiocarpa*) evaluated at different times after addition of five mineral nitrogen ($N-NO_3^-$ and $N-NH_4^+$) sources.

Tratamentos de adubação (mM)	N. DE FOLHAS PLANTA ⁻¹				
	30 DAA ¹	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 $NO_3^-:0\text{ }NH_4^+$	4,75 a ²	5,87 a	6,25 a	7,75 ab	7,75 a
4 $NO_3^-:1\text{ }NH_4^+$	5,13 a	6,62 a	6,50 a	8,37 a	8,87 a
2,5 $NO_3^-:2,5\text{ }NH_4^+$	4,87 a	5,87 a	5,25 a	5,87 ab	9,12 a
1 $NO_3^-:4\text{ }NH_4^+$	5,00 a	6,12 a	5,50 a	6,25 ab	8,37 a
0 $NO_3^-:5\text{ }NH_4^+$	5,25 a	6,12 a	5,75 a	5,50 b	8,50 a
Média	5,00	6,12	5,85	6,75	8,53
C.V. (%)	6,05	10,69	16,37	24,75	20,02
Tratamentos de adubação (mM)	Nº DE NÓS DO CAULE PLANTA ⁻¹				
	30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 $NO_3^-:0\text{ }NH_4^+$	5,87 a	7,62 a	8,50 a	10,87 a	9,75 a
4 $NO_3^-:1\text{ }NH_4^+$	6,37 a	8,12 a	9,00 a	11,25 a	10,62 a
2,5 $NO_3^-:2,5\text{ }NH_4^+$	6,12 a	8,25 a	8,00 a	9,12 b	10,87 a
1 $NO_3^-:4\text{ }NH_4^+$	6,00 a	8,00 a	7,25 a	9,25 b	10,62 a
0 $NO_3^-:5\text{ }NH_4^+$	6,12 a	8,00 a	8,37 a	9,37 b	10,67 a
Média	6,10	8,00	8,22	9,95	10,50
C.V. (%)	7,02	5,23	9,89	8,99	13,94
Tratamentos de adubação (mM)	ALTURA DA PLANTA (cm)				
	30 DAA	60DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 $NO_3^-:0\text{ }NH_4^+$	8,91 a	11,19 a	12,47 a	18,60 a	22,25 a
4 $NO_3^-:1\text{ }NH_4^+$	9,79 a	12,33 a	13,67 a	20,61 a	23,15 a
2,5 $NO_3^-:2,5\text{ }NH_4^+$	9,90 a	12,98 a	11,32 a	13,55 b	22,62 a
1 $NO_3^-:4\text{ }NH_4^+$	8,24 a	11,68 a	11,71 a	14,45 b	20,00 a
0 $NO_3^-:5\text{ }NH_4^+$	9,35 a	11,13 a	12,34 a	14,24 b	20,12 a
Média	9,24	11,86	12,31	16,29	21,71
C.V. (%)	12,06	15,33	15,95	16,50	28,41
Tratamentos de adubação (mM)	DIÂMETRO DO CAULE (mm)				
	30 DAA	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 $NO_3^-:0\text{ }NH_4^+$	1,11 b	1,35 a	1,72 a	2,03 a	2,54 a
4 $NO_3^-:1\text{ }NH_4^+$	1,30 a	1,37 a	1,73 a	2,19 a	2,79 a
2,5 $NO_3^-:2,5\text{ }NH_4^+$	1,10 b	1,45 a	1,42 a	1,66 b	2,63 a
1 $NO_3^-:4\text{ }NH_4^+$	1,05 b	1,38 a	1,41 a	1,69 b	2,52 a
0 $NO_3^-:5\text{ }NH_4^+$	1,06 b	1,33 a	1,59 a	1,69 b	2,38 a
Média	1,12	1,38	1,57	1,85	2,58
C.V. (%)	10,17	7,91	14,68	12,86	19,45

Em que: ¹DAA = dias após a adubação; ²Tratamentos com médias não ligadas por mesmas letras na vertical, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A razão entre a matéria seca de raízes e da parte aérea, aos 90 DAA, foi menor na presença exclusiva

de N-NH₄⁺, indicando maior crescimento da parte aérea em relação às raízes (Tabela 2). Resultados semelhantes foram verificados em *Peltophorum dubium* por Nicoloso *et al.* (2000). Esses autores, utilizando a mesma metodologia do presente trabalho, constataram que tanto o número de folhas por planta, aos 90 DAA, como a razão entre a matéria seca de raízes e da parte aérea, aos 60 DAA, apresentaram tendência de serem menores em todos tratamentos contendo N-NH₄⁺.

Aos 120 DAA, a presença de N-NH₄⁺ partindo da dose 2,5 mM proporcionou menor número de nós do caule, altura de planta, diâmetro do caule, matéria seca da folha, do caule, de raízes e total das plantas (Tabelas 1 e 2). Dentre esses parâmetros, o mais afetado foi a matéria seca de raízes. Nessa mesma época, o número de folhas (Tabela 1) apenas tendeu ao menor crescimento na presença exclusiva de N-NH₄⁺ (Tabela 1). Aos 150 DAA, essas diferenças desapareceram. Isso sugere que as plantas se recuperaram dos efeitos deletérios do excesso de NH₄⁺ (Tabelas 1 e 2). O único parâmetro de crescimento afetado aos 150 DAA foi a razão entre matéria seca de raízes e da parte aérea (Tabela 2).

TABELA 2: Comprimento de raízes, massa seca das folhas, do caule, das raízes e total da planta e razão entre a matéria seca de raízes e da parte aérea de grápia (*Apuleia leiocarpa*), avaliados em diferentes épocas, após a aplicação de cinco fontes de nitrogênio mineral (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺).

TABLE 2: Root length, dry weight of leaves, stem, roots and of the whole plant and root/shoot dry weight ratio of grápia (*Apuleia leiocarpa*) evaluated at different times after addition of five mineral nitrogen (N-NO₃⁻ and N-NH₄⁺) sources.

Tratamentos de adubação (mM)	COMPRIMENTO DE RAÍZES (cm planta ⁻¹)			
	60 DAA ¹	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 NO ₃ ⁻ :0 NH ₄ ⁺	321,28 a ²	351,44 a	514,43 a	755,15 a
4 NO ₃ ⁻ :1 NH ₄ ⁺	326,29 a	421,29 a	455,48 a	599,13 a
2,5 NO ₃ ⁻ :2,5 NH ₄ ⁺	343,48 a	396,44 a	340,83 a	697,47 a
1 NO ₃ ⁻ :4 NH ₄ ⁺	367,26 a	347,21 a	313,81 a	568,96 a
0 NO ₃ ⁻ :5 NH ₄ ⁺	277,46 a	423,75 a	326,68 a	536,71 a
Média	327,15	388,03	390,25	636,47
C.V. (%)	27,62	34,19	34,15	42,51
Tratamentos de adubação (mM)	MATÉRIA SECA DAS FOLHAS (g planta ⁻¹)			
	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 NO ₃ ⁻ :0 NH ₄ ⁺	0,17 a	0,23 a	0,49 a	0,62 a
4 NO ₃ ⁻ :1 NH ₄ ⁺	0,17 a	0,26 a	0,50 a	0,62 a
2,5 NO ₃ ⁻ :2,5 NH ₄ ⁺	0,20 a	0,17 a	0,23 b	0,66 a
1 NO ₃ ⁻ :4 NH ₄ ⁺	0,17 a	0,18 a	0,25 b	0,59 a
0 NO ₃ ⁻ :5 NH ₄ ⁺	0,15 a	0,28 a	0,24 b	0,54 a
Média	0,17	0,22	0,34	0,61
C.V. (%)	25,55	38,48	33,23	45,31
Tratamentos de adubação (mM)	MATÉRIA SECA DO CAULE (g planta ⁻¹)			
	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 NO ₃ ⁻ :0 NH ₄ ⁺	0,04 a	0,07 a	0,17 a	0,22 a
4 NO ₃ ⁻ :1 NH ₄ ⁺	0,05 a	0,08 a	0,19 a	0,25 a
2,5 NO ₃ ⁻ :2,5 NH ₄ ⁺	0,05 a	0,05 a	0,09 b	0,26 a
1 NO ₃ ⁻ :4 NH ₄ ⁺	0,04 a	0,05 a	0,10 b	0,20 a
0 NO ₃ ⁻ :5 NH ₄ ⁺	0,04 a	0,08 a	0,08 b	0,18 a
Média	0,04	0,07	0,12	0,22
C.V. (%)	22,16	37,30	30,08	45,36

Continua ...

TABELA 2: Continuação ...

TABLE 2: Continued ...

Tratamentos de adubação (mM)	MATÉRIA SECA DE RAÍZES (g planta ⁻¹)			
	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 NO ₃ ⁻ :0 NH ₄ ⁺	0,11 a	0,16 a	0,34 ab	0,55 a
4 NO ₃ ⁻ :1 NH ₄ ⁺	0,13 a	0,16 a	0,37 a	0,49 a
2,5 NO ₃ ⁻ :2,5 NH ₄ ⁺	0,13 a	0,13 a	0,19 c	0,54 a
1 NO ₃ ⁻ :4 NH ₄ ⁺	0,11 a	0,12 a	0,22 bc	0,46 a
0 NO ₃ ⁻ :5 NH ₄ ⁺	0,12 a	0,16 a	0,16 c	0,25 a
Média	0,12	0,148	0,26	0,47
C.V. (%)	21,7	34,72	32,32	38,99
Tratamentos de adubação (mM)	MATÉRIA SECA TOTAL (g planta ⁻¹)			
	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 NO ₃ ⁻ :0 NH ₄ ⁺	0,31 a	0,47 a	1,00 a	1,39 a
4 NO ₃ ⁻ :1 NH ₄ ⁺	0,32 a	0,51 a	1,06 a	1,35 a
2,5 NO ₃ ⁻ :2,5 NH ₄ ⁺	0,38 a	0,35 a	0,51 b	1,46 a
1 NO ₃ ⁻ :4 NH ₄ ⁺	0,32 a	0,37 a	0,57 b	1,25 a
0 NO ₃ ⁻ :5 NH ₄ ⁺	0,29 a	0,52 a	0,63 b	0,97 a
Média	0,33	0,44	0,755	1,30
C.V. (%)	23,66	35,45	30,88	40,53
Tratamentos de adubação (mM)	RAZÃO MATÉRIA SECA RAÍZ/PARTE AÉREA			
	60 DAA	90 DAA	120 DAA	150 DAA
5 NO ₃ ⁻ :0 NH ₄ ⁺	0,51 a	0,53 ab	0,54 a	0,63 a
4 NO ₃ ⁻ :1 NH ₄ ⁺	0,62 a	0,52 ab	0,54 a	0,59 a
2,5 NO ₃ ⁻ :2,5 NH ₄ ⁺	0,51 a	0,62 a	0,62 a	0,62 a
1 NO ₃ ⁻ :4 NH ₄ ⁺	0,54 a	0,55 ab	0,62 a	0,61 a
0 NO ₃ ⁻ :5 NH ₄ ⁺	0,53 a	0,46 b	0,49 a	0,40 b
Média	0,54	0,54	0,56	0,58
C.V. (%)	16,5	17,9	14,3	22,5

Em que: ¹DAA = dias após a adubação; ²Tratamentos com médias não-ligadas por mesmas letras na vertical, diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

Avaliações do crescimento de *Eucalyptus grandis* mostraram não haver diferença significativa em relação as fontes de nitrogênio utilizadas (Locatelli, 1984). Para Novais *et al.* (1990), a dificuldade de interpretar estes resultados prende-se ao fato de que as alterações das formas de N que ocorrem no solo não-esterilizado é de tal magnitude e velocidade que fica difícil saber qual forma realmente havia à disposição da planta ao longo de seu crescimento.

Respostas semelhantes àquelas verificadas em grápia foram registradas para outras espécies florestais. Pereira *et al.* (1998) observaram em *Colvillea racemosa*, aos 100 dias após o transplante, que a matéria seca da raiz, a razão entre matéria seca de raízes e da parte aérea e a altura das plantas foram maiores nos tratamentos com N-NO₃⁻.

Também se tem verificado respostas variadas entre espécies do mesmo gênero. Grespan *et al.* (1998) observaram que a medida que aumentava a concentração do N-NO₃⁻ na solução nutritiva, o tamanho das plantas diminuía para *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita*, já para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, os melhores resultados foram encontrados quando as duas fontes se encontravam a 50% da concentração. Esses mesmos autores observaram que a menor produção de biomassa de raízes ocorreu em meio contendo N-NH₄⁺ para *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus grandis*. Além disso, verificaram que aumentando a proporção de N-NO₃⁻, aumentou a produção de raízes, sendo esse efeito mais evidente para *Eucalyptus grandis* e para *Eucalyptus cloeziana*. Da mesma forma, o aumento de N-NO₃⁻ na solução decresceu a produção de biomassa de caule e folhas de *Eucalyptus pellita* e aumentou para *Eucalyptus cloeziana*. Já o *Eucalyptus grandis* mostrou-se como a espécie de maior “plasticidade” frente as fontes de N.

Partindo da adição da adubação até aos 150 dias, o pH do solo diminuiu independentemente da fonte

de nitrogênio usada, sendo a menor variação de 0,33 e a maior de 0,47 unidades de pH, respectivamente, nos tratamentos com 5 N-NO₃⁻:0 N-NH₄⁺ e 0 N-NO₃⁻:5 N-NH₄⁺. Na presença de 4 e 5 mM de N-NO₃⁻ verificou-se uma pequena variação do pH ao longo do tempo. Já aos 150 DAA, observou-se que o pH diminuiu significativamente pela presença de N-NH₄⁺, sendo o decréscimo proporcional à concentração dessa fonte (Figura 1).

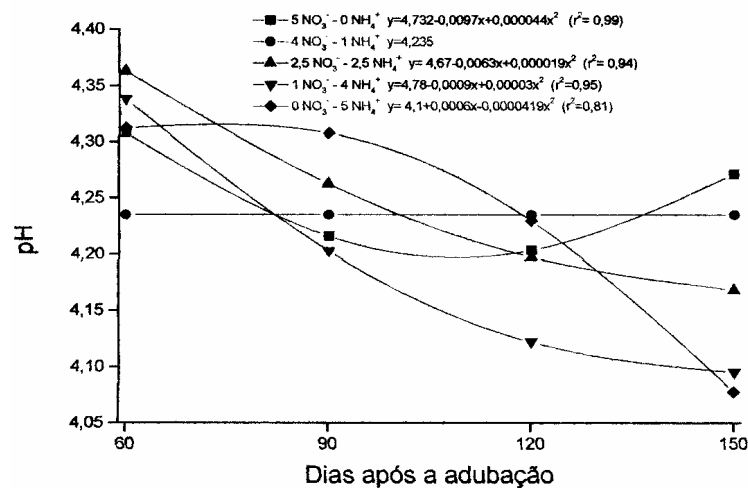


FIGURA 1: pH do solo cultivado com grápia (*Apuleia leiocarpa*), avaliados em diferentes épocas, após aplicação de cinco fontes de nitrogênio mineral (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺).

FIGURE 1: Soil pH cultivated with grápia (*Apuleia leiocarpa*), evaluated at different times, after addition of five mineral nitrogen (N-NO₃⁻ and N-NH₄⁺) sources.

No mesmo tipo de solo, porém usando uréia como a principal fonte de N-NH₄⁺ no cultivo de *Peltophorum dubium*, Nicoloso *et al.* (2000) registraram resultados semelhantes. A acidificação do solo causada pela rotina da adubação tem sido relatada em diferentes partes do mundo, porém a aplicação das formas ácidas dos fertilizantes nitrogenados, tais como NH₄NO₃, (NH₄)₂SO₄ e NH₂-CO-NH₂, tem induzido alterações maiores (Nielsen *et al.*, 1994; He *et al.*, 1999), com conseqüências na disponibilidade de outros nutrientes (He *et al.*, 1999).

Outras razões para justificar as diferentes respostas das plantas às fontes de N são diversas. Serna *et al.* (1992) constataram em *Citrus* que a absorção de fósforo geralmente aumentou quando N-NH₄⁺ substituiu o N-NO₃⁻ da adubação. Em *Allium cepa*, Abbès *et al.* (1995) embora não tenham encontrado deficiência nutricional em qualquer razão N-NO₃⁻:N-NH₄⁺ aplicada, verificaram maior absorção de fósforo, mesmo que a presença de amônio tenha reduzido a absorção de cátions. Segundo Mehne-Jacobs e Gulpen (1997), houve redução no crescimento em altura, menores concentrações de Mg e clorofila nas folhas de *Picea abies* quando N-NH₄⁺ predominou como fonte de N. Esses autores sugerem que os efeitos negativos pelo aumento do suprimento de N-NH₄⁺ nas concentrações de Mg e de outros cátions podem ser atribuídos à inibição da absorção desses cátions pelo antagonismo iônico e/ou pelo menor crescimento das raízes. No presente experimento, também se verificou que a produção de matéria seca das raízes (Tabela 2) foi marcadamente afetada pela presença de N-NH₄⁺, mesmo que o comprimento de raízes (Tabela 1) somente tenha apresentado tendência de ser menor, quando adubado com essa fonte de N. Entretanto, a razão entre a matéria seca de raízes e da parte aérea (Tabela 2) confirma que, na presença de N-NH₄⁺, as plantas tiveram distribuição de biomassa favorecendo a parte aérea.

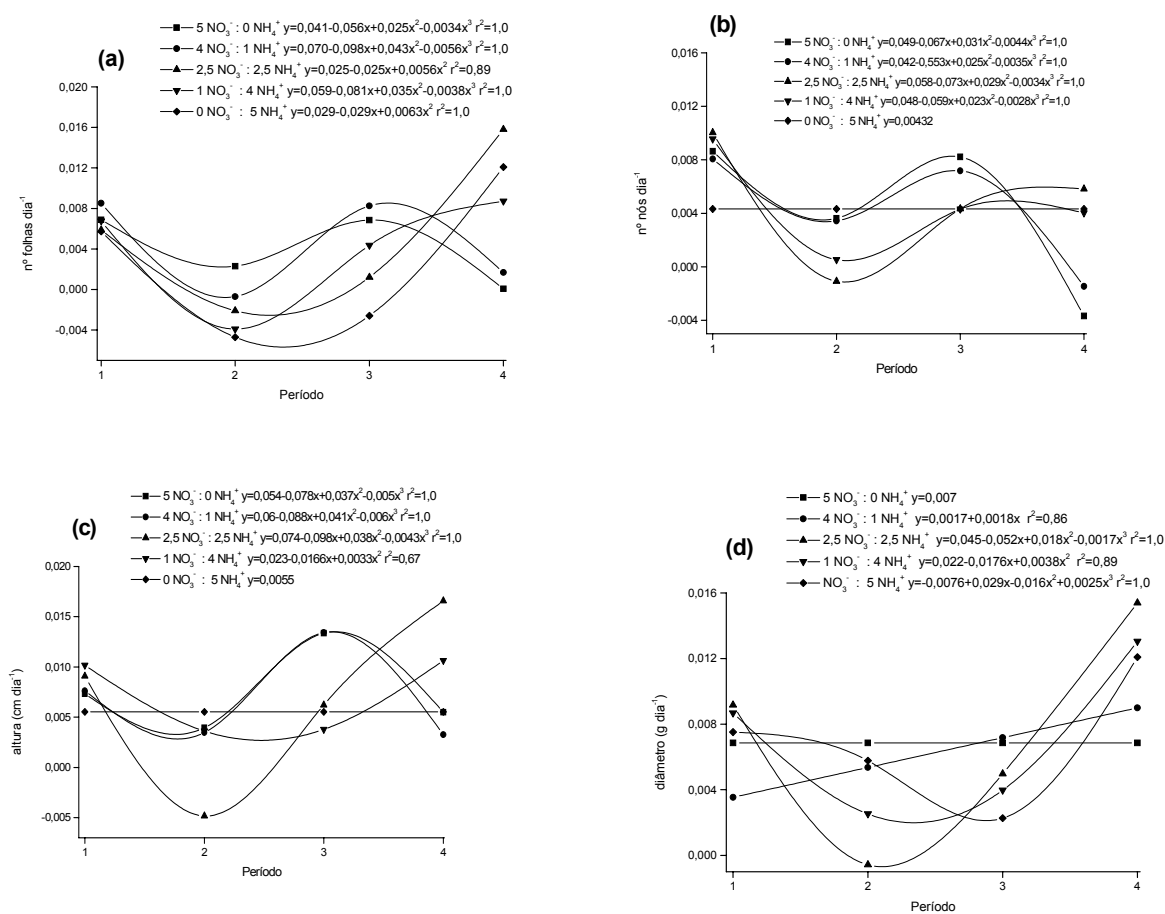


FIGURA 2: Taxa de crescimento relativo diária do número de folhas (a), número de nós do caule (b), altura da planta (c) e diâmetro do caule (d) de grápia (*Apuleia leiocarpa*) avaliadas no 1º período (30 aos 60 dias após a adubação – DAA), 2º período (60 aos 90 DAA), 3º período (90 aos 120 DAA) e 4º período (120 aos 150 DAA), após a aplicação de cinco fontes de nitrogênio mineral (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺).

FIGURE 2: Daily relative growth rate of number of leaves(a), number of stalk nodes (b), plant height (c), and stem diameter (d) of grápia (*Apuleia leiocarpa*) evaluated at 1st period (30 to 60 days after fertilization – DAF), 2nd period (60 to 90 DAF), 3rd period (90 to 120 DAF), and 4th period (120 to 150 DAF) after addition of five mineral nitrogen (N-NO₃⁻ and N-NH₄⁺) sources.

Observou-se efeito significativo do fator épocas de avaliação e da interação entre as épocas e tratamentos de adubação na taxa de crescimento relativa diária (TCR) de todos parâmetros de crescimento analisados. No período compreendido entre 90 e 120 DAA, verificaram-se maiores TCR para a altura da planta, comprimento de raízes, matéria seca do caule e total da planta (Figuras 2 e 3) na presença de N-NO₃⁻ em concentrações de 4 a 5 mM. Já as TCR para o diâmetro do caule, número de folhas, matéria seca de folhas e de raízes (Figuras 2 e 3), foram maiores nos tratamentos contendo de 1 a 5 mM de N-NO₃⁻. No período entre 120 e 150 DAA, houve uma inversão marcante de comportamento em relação à fonte de N, no qual a presença de N-NH₄⁺, nas concentrações de 2,5, 4 e 5 mM, aumentou as TCR da maioria dos parâmetros de crescimento analisados (Figuras 2 e 3), com exceção da altura de planta, número de nós do caule e matéria seca de raízes, os quais não apresentaram alteração de TCR durante todo período experimental na presença de 5 mM N-NH₄⁺ (Figuras 2 e 3). Os mais altos valores de TCR, para a maioria dos parâmetros de crescimento avaliados, nesse mesmo período, foram obtidos na presença de N-NH₄⁺ variando de 2,5 a 4 mM. Desse modo, fica demonstrado que as mudas de grápia apresentaram modificações no seu crescimento na presença de diferentes fontes de N, porém isso parece depender da idade da planta e/ou das

transformações do N-NH₄⁺ em N-NO₃⁻ no solo.

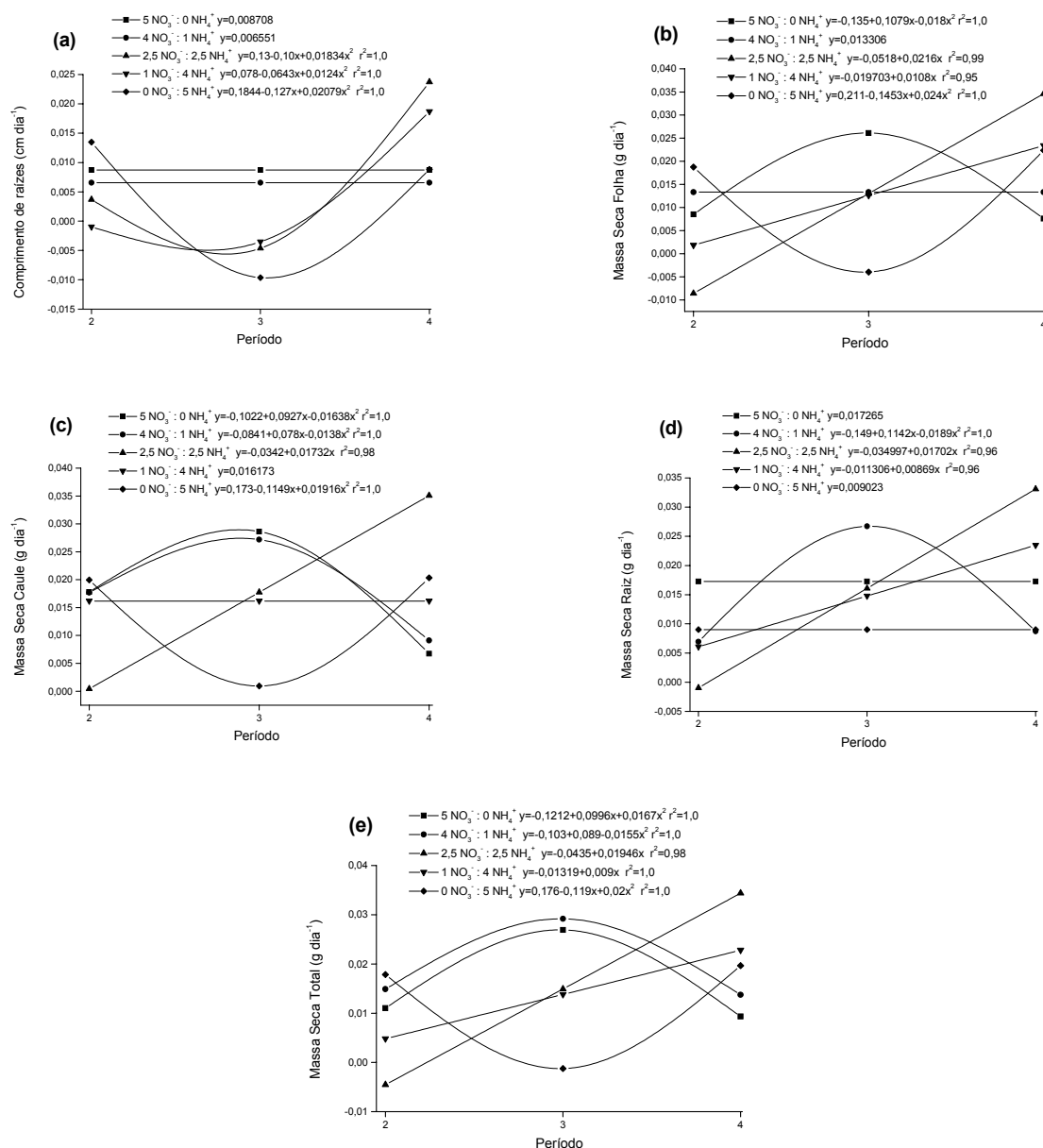


FIGURA 3: Taxa de crescimento relativo diária do comprimento de raízes (a), matéria seca das folhas (b), do caule (c), das raízes (d) e total da planta (e) de grápia (*Apuleia leiocarpa*) avaliadas no 2º período (60 aos 90 dias após a adubação – DAA), 3º período (90 aos 120 DAA) e 4º período (120 aos 150 DAA), após a aplicação de cinco fontes de nitrogênio mineral (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺).

FIGURE 3: Daily relative growth rate of root length(a), dry weight of leaves (b), of stem (c), of roots (d), and of the whole plant (e) of grápia (*Apuleia leiocarpa*) evaluated at 2nd period (60 to 90 days after fertilization – DAF), 3rd period (90 to 120 DAF), and 4th period (120 to 150 DAF) after addition of five mineral nitrogen (N-NO₃⁻ and N-NH₄⁺) sources.

A recuperação da taxa de crescimento observada entre 120 e 150 DAA, bem como a diminuição do número de plantas mortas a partir dos 90 DAA, pode ser em consequência da transformação do N-NH_4^+ em N-NO_3^- pelo processo de nitrificação por meio de bactérias aeróbias (Crawford e Chalk, 1993). A condição de umidade do solo utilizada após a adubação foi de 50 a 60% da capacidade de campo, situação que deve ter favorecido consideravelmente as bactérias nitrificadoras. Entretanto, o menor valor de pH do solo aos 150 DAA (Figura 1) naqueles tratamentos contendo N-NH_4^+ , por um lado, sugere não caracterizar uma maior absorção de N-NO_3^- pelas plantas, fato que aumentaria o pH do meio externo pelo consumo de H^+ pelo processo de co-transporte tipo simporte e pela redução do NO_3^- no meio intracelular, que consome H^+ diminuindo a atividade da H^+ -ATPase e, conseqüentemente, contribuiria para a alcalinização da rizosfera (Schubert e Yan, 1997). Contudo, é conhecido o fato de que em quase todos os casos o N-NH_4^+ , no meio externo, fortemente inibe a absorção do N-NO_3^- . Em *Picea abies*, foi observado que a absorção do N-NO_3^- somente ocorreu quando a concentração do N-NH_4^+ diminuiu para valores inferiores a $100 \mu\text{M}$ (Marschner *et al.*, 1991). Portanto, mesmo que tenha ocorrido uma considerável transformação do amônio em nitrato pelo processo de nitrificação, fato sugerido pela diminuição da necrose foliar durante o período experimental, fica a dúvida a respeito do grau de impedimento da absorção do nitrato pelo amônio.

CONCLUSÃO

O crescimento de mudas de grábia é afetado pela presença de ambas as formas de nitrogênio mineral (N-NO_3^- e N-NH_4^+) na adubação, sendo que a razão adequada entre essas fontes não deve ultrapassar, respectivamente, o valor de 4:1, pois concentrações maiores do que 1 mM de N-NH_4^+ provocam necrose foliar.

AGRADECIMENTOS

À FAPERGS, CNPq e FIPE/UFMS pelo financiamento parcial deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBÈS, C.; PARENT, L.E.; KARAN, A. *et al.* Effect of $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios on growth and nitrogen uptake by onions. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 171, p. 289-296, 1995.
- BRASIL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura – Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária – Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras, recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPq/SPI, 1994. 640p.
- CLAUSSEN, W.; LENS, F. Effect of ammonium and nitrate on net photosynthesis, flower formation, growth and yield of eggplants (*Solanum melongena* L.). **Plant and Soil**, Netherlands, v. 171, p. 267-274, 1995.
- CRAWFORD, D.M.; CHALK P. M. Sources of N uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.) and N transformation in soil treated with a nitrification inhibitor. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 149, p. 59-72, 1993.
- GRESPLAN, S.L.; DIAS, L.E.; NOVAIS, R.F. Crescimento e parâmetros cinéticos de absorção de amônio e nitrato por mudas de *Eucalyptus spp* submetidas a diferentes relações amônio/nitrato na presença e ausência de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 667-674, 1998.
- HE, Z.L.; ALVA, A.K.; CALVERT, D.V. *et al.* Effects of nitrogen fertilization of grapefruit trees on soil acidification and nutrient availability in a Riviera fine sand. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 206, p. 11-19, 1999.
- LOCATELLI, M. **Efeito de formas, fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden)**. 1984. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.
- MARSCHNER, H.; HAUSSLING, M.; GEORGE, E. Ammonium and nitrate uptake rates and rhizosphere-pH in non-mycorrhizal roots of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). **Trees**, Berlin, v. 5, p. 14-21, 1991.
- MATTOS, N.F.; GUARANHA, J. **Contribuição ao estudo da grábia (*Apuleia leiocarpa*)**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis “AP”, 1983. 25p. (Boletim Técnico, 12).
- MEHNE-JAKOBS, B.; GULPEN, M. Influences of different nitrate to ammonium ratio on chlorosis, cation concentration and binding forms of Mg and Ca in needles of Mg-deficient Norway spruce. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 188, p. 267-277, 1997.

- NEILSEN, G.H.; PARACHOMCHUK, P.; HOGUE, E.J. *et al.* Response of apple-trees to fertilization-induced soil acidification. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, p. 347-351, 1994.
- NICOLOSO, F.T.; GARLET, A.; ZANCHETTI, F. *et al.* Efeito de métodos de escarificação na superação da dormência de sementes e dois substratos na germinação e no desenvolvimento da grápia (*Apuleia leiocarpa*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, p. 419-424, 1997.
- NICOLOSO, F.T.; ZANCHETTI, F.; GARLET, A. *et al.* Exigências nutricionais da grápia (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbride) em solo podzólico vermelho amarelo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 225-231, 1999.
- NICOLOSO, F.T.; SARTORI, L.; JUCOSKI, G.O. *et al.* Variações da fonte de nitrogênio mineral (NO₃⁻ e NH₄⁺) no crescimento da canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51., 2000, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: SBB, 2000. p. 37.
- NICOLOSO, F.T.; FOGAÇA, M.A. de F.; ZANCHETTI, F. *et al.* Nutrição mineral de mudas de grápia (*Apuleia leiocarpa*) em argissolo vermelho distrôfico arênico: (I) efeito da adubação NPK no crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 991-998, 2001.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do Eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. cap. 2, p. 25-98.
- PEARSON, J.; STEWART, G.R. The deposition of atmospheric ammonia and its effects on plants. **New Phytologist**, Cambridge, v. 125, p. 283-305, 1993.
- PEREIRA, E.G.; SANTOS, D.R. dos; LIMA, A.S. *et al.* Relação nitrato (N-NO₃⁻) amônio N-NH₄⁺) em couvilea (*Colvillea racemosa*). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998. Caxambu, MG. **Resumos...** Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 330.
- REITZ, R., KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Corag, 1988. 525p.
- SERNA, M.D.; BORRAS, R.; LEGAZ, F. *et al.* The influence of nitrogen concentration and ammonium/nitrate ratio on N-uptake, mineral composition and yield of Citrus. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 147, p. 13-23, 1992.
- SCHUBERT, S.; YAN, F. Nitrate and ammonium nutrition of plants: effects on acid/base balance and adaptation of root cell plasmalemma H⁺ ATPase. **Zeitschrift fuer Pflanzenernahrung und Bodenkunde**, Weinheim, v. 160, p. 275-281, 1997.
- SCHUBERT, S.; SCHUBERT, E.; MENGEL, K. Effect of low pH of the root medium on proton release, growth, and nutrient uptake of field beans (*Vicia faba*). **Plant and Soil**, Netherlands, v. 124, p. 239-244, 1990.
- TENNANT, D.A. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 63, n. 3, p. 995-1001, 1975.