

RESPOSTA DE ESPÉCIES FLORESTAIS À BAIXA DISPONIBILIDADE DE OXIGÊNIO. II. ALTERAÇÕES NA PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE MATÉRIA SECA¹

CLAUDINÉIA REGINA PELACANI², LUIZ EDSON MOTA DE OLIVEIRA³ e JAILSON LOPES CRUZ⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a produção e distribuição de matéria seca e o desenvolvimento de estruturas morfológicas de espécies florestais exóticas e nativas em condições de baixa disponibilidade de oxigênio no meio de cultivo, e identificar as que apresentam melhor adaptação a essas condições. Utilizaram-se plantas jovens das espécies de sesbânia (*Sesbania sesban*), ameixa (*Eriobotrya japonica*), seringueira (*Hevea brasiliensis*) e jacarandá-mineiro (*Macchaerium villosum*). O estudo foi realizado em casa de vegetação, e os tratamentos foram constituídos de dois níveis de disponibilidade de oxigênio no meio de cultivo em quatro repetições. O substrato utilizado foi areia grossa lavada, irrigada com solução nutritiva. Apesar do efeito negativo sobre as características avaliadas, todas as espécies sobreviveram à baixa disponibilidade de oxigênio, enquanto durou o estresse (55 dias). O desenvolvimento de raízes adventícias e lenticelas na região submersa do caule foi maior nas plantas de sesbânia e de ameixa, o que favoreceu sua sobrevivência, mas não a produção de matéria seca. As plantas de seringueira, além de terem sobrevivido, não apresentaram reduções significativas na sua produção de matéria seca total em face do estresse aplicado.

Termos para indexação: anoxia, inundação, produção de matéria seca, partição.

REACTION OF FOREST SPECIES TO LOW OXYGEN AVAILABILITY. II. EFFECTS ON DRY MATTER YIELD AND DISTRIBUTION

ABSTRACT - This work was carried out aiming to evaluate dry matter yield and distribution and development of morphological structures of exotic and indigenous forest trees from Alto Rio Grande, MG, Brazil, under low oxygen availability in the growing medium, and to identify those showing adaptation to those conditions. The evaluated species were *Sesbania sesban*, *Eriobotrya japonica*, *Hevea brasiliensis* and *Macchaerium villosum*. The trial was conducted under greenhouse conditions, with two oxygen levels in the growing medium; four replicates were used for each treatment. Growing medium consisted of coarse sand irrigated with nutrient solution. Although low oxygen availability caused negative effects on the evaluated characteristics, all plants were still alive by the end of the stress period (55 days). Development of adventitious roots and lenticels in the submerged region of the stem was greater in *S. sesban* and *E. japonica*, but did not favor dry matter production on these species. On the other hand, *H. brasiliensis* besides remaining alive showed no significant decreases on total dry matter production due to oxygen stress.

Index terms: flooding, anoxia, dry matter yield, partitioning.

¹ Aceito para publicação em 26 de agosto de 1997.

² Bióloga, M.Sc., Profª Assistente, Dep. de Biologia, UEFS, Km 3, BR 116, CEP 44031-460 Feira de Santana, BA.

³ Eng. Agr., Dr., Prof. Titular, Dep. de Biologia, UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

⁴ Eng. Agr., M.Sc., Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola, Rua Dr. Edmundo Leite, 212, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA.

INTRODUÇÃO

O grau de tolerância das plantas cultivadas em solo encharcado varia com as espécies (Pelacani et al., 1995) e entre genótipos da mesma espécie (Gill, 1970). Além disso, a idade em que a planta for submetida ao estresse, bem como a sua duração, são fatores importantes em estudos de tolerância ao encharcamento (Newsome et al., 1982). Muitas espécies arbóreas e herbáceas conseguem sobreviver em condições de estresse gasoso durante a fase de crescimento vegetativo, enquanto outras morrem nas primeiras semanas de inundação do sistema radicular.

Em terreno inundado ocorrem decréscimos na taxa fotossintética das plantas (Vu & Yelenoski, 1991), com negativas conseqüências para a produção e translocação de fotoassimilados para as áreas de intenso consumo,

como as raízes (Leopold & Kridman, 1975) e as regiões de crescimento da parte aérea (Olien, 1987). Barta (1987), trabalhando com plantas de *Medicago sativa* e *Lotus corniculatus* em situação de anoxia, observou que a translocação de fotoassimilados para atender a demanda metabólica das raízes e da parte aérea foi significativamente afetada, uma vez que a incorporação de ^{14}C em compostos orgânicos, como proteínas e componentes estruturais, foram menores. Observou, ainda, que a razão ATP/ADP também foi diminuída sob baixa concentração de oxigênio no meio.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção e distribuição de matéria seca e o desenvolvimento de estruturas morfológicas de algumas espécies florestais em condições de baixa disponibilidade de oxigênio no meio de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em casa de vegetação, com plantas jovens de três a cinco meses de idade, a saber: sesbânia (*Sesbania sesban*), ameixa (*Eriobotrya japonica*), jacarandá-mineiro (*Macchaerium villosum*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*). Os tratamentos compreenderam dois níveis de disponibilidade de oxigênio, distribuídos em blocos casualizados, em quatro repetições. Cada vaso contendo duas plantas constituiu uma parcela. Na escolha das espécies, foram considerados os indicativos de sua tolerância e sensibilidade em solo inundado, conforme o local de sua ocorrência.

O cultivo inicial das plantas se deu em vasos de plástico contendo areia grossa lavada. Foram adotados vasos grandes (7,1 kg de areia) para o cultivo das plantas de sesbânia, e vasos pequenos (4,3 kg de areia) para as outras espécies. Primeiramente, a areia contida nos vasos foi irrigada com um volume inicial de 1,5 e 2,5 litros de solução nutritiva, de tal forma que após a irrigação houvesse um excedente de 500 mL, que era drenado por um orifício lateral na porção inferior do vaso, e recolhido num “prato”. Esse excesso era aumentado para 1,5 e 2,5 litros com água destilada, guardado, e, posteriormente, utilizado nas irrigações posteriores, que diariamente se realizavam às 8 e às 16 horas. A solução nutritiva dos vasos era renovada de cinco em cinco dias. Antes da renovação adicionavam-se dois e quatro litros de água destilada aos vasos pequenos e grandes, respectivamente, para que, ao se efetuar a lavagem do substrato, não se deixasse nenhum resíduo da solução anteriormente colocada. Em seguida, adicionava-se aos vasos 1,5 e 2,5 litros de uma nova solução nutritiva, com pH 6,5.

A solução nutritiva utilizada foi a de Oliveira (1979), modificada, e continha a seguinte concentração de nutrientes, em ppm: N=105; P=31; K=97,5; Ca=40; Mg=24; S=32; Fe=1,12; B=0,27; Mn=0,11; Zn=0,131; Cu=0,032; Mo=0,05 e Cl=1,77.

Cinquenta dias após o transplântio, foram induzidos os seguintes tratamentos: a) sem estresse gasoso, no qual os procedimentos de cultivo das plantas foram os mesmos adotados até o 50º dia; e b) plantas cultivadas com estresse gasoso, induzido pela manutenção diária de uma lâmina de, aproximadamente, dois centímetros de solução nutritiva acima da superfície da areia. Após o início do estresse não houve troca de solução nutritiva para as plantas cultivadas sob inundação. Este procedimento teve a finalidade de evitar qualquer possibilidade de oxigenação do meio de cultivo.

O experimento foi encerrado 55 dias após a indução do estresse. As plantas colhidas foram separadas em parte aérea e raízes. As raízes foram lavadas e classificadas como principal, secundárias e adventícias ou superficiais. Todo o material foi levado para a secagem em estufa com circulação forçada de ar durante 48 horas, e, posteriormente, pesado, para a quantificação da produção e distribuição de matéria seca. As observações visuais quanto ao desenvolvimento de alterações morfológicas, especialmente da ocorrência de raízes adventícias e da formação de lenticelas na região submersa do caule, foram efetuadas regularmente durante todo o período de estresse.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A baixa disponibilidade de oxigênio no substrato de cultivo reduziu significativamente a produção de matéria seca total em todas as espécies estudadas, exceto nas plantas de seringueira (Fig. 1). A diminuição da produção de matéria seca total em plantas inundadas, em comparação com as não inundadas, foi mais acentuada nas plantas de jacarandá-mineiro e ameixa, com uma redução média de 78,6% e 74,5%, respectivamente (Tabela 1). Observando-se a produção de matéria seca da parte aérea, nota-se que todas as plantas foram afetadas pela deficiência de oxigênio no meio de cultivo, porém a espécie mais afetada foi o jacarandá-mineiro, que produziu apenas 17,7% em relação à obtida pelo controle (Fig. 1). Quanto à produção de matéria seca do sistema radicular, as plantas de seringueira e jacarandá-mineiro não apresentaram reduções significativas (Fig. 1).

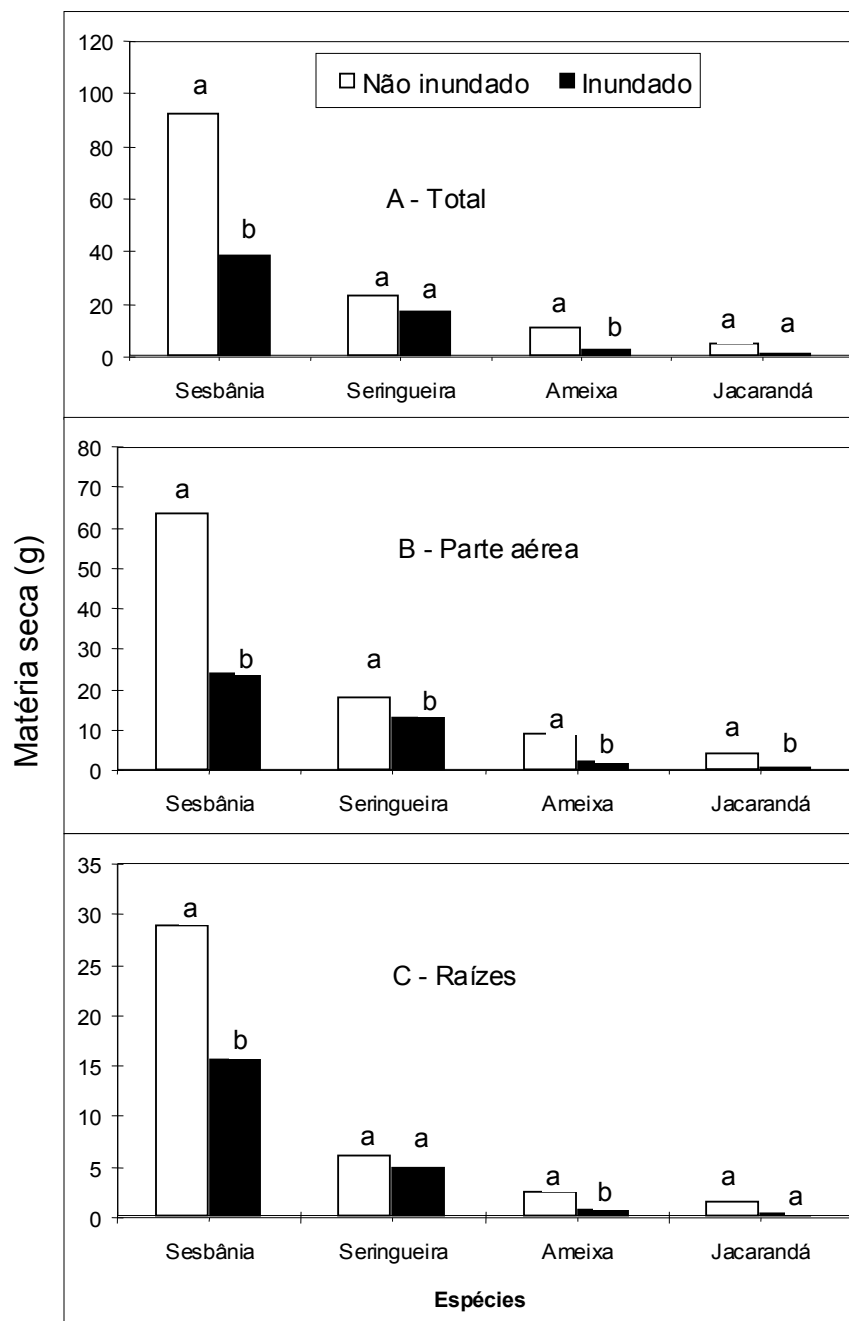


FIG. 1. Produção de matéria seca total (A), da parte aérea (B) e das raízes (C) das espécies cultivadas com e sem inundação. Letras iguais significam que as médias não diferem entre si pelo teste de F ($p < 0,05$).

Com relação à produção de matéria seca dos componentes da parte aérea, notou-se que a matéria seca da lâmina foliar e a do caule + pecíolo, foram significativamente reduzidas nas plantas inundadas de sesbânia, ameixa e jacarandá-mineiro (Fig. 2). Nas plantas de seringueira, apenas a produção de matéria seca da lâmina foliar foi afetada. As maiores quedas na produção de lâmina foliar foram encontradas nas plantas inundadas de jacarandá-mineiro e ameixa, com reduções médias de 91% e 82%, respectivamente (Tabela 1). Quanto à produção de caule + pecíolo, as maiores reduções foram encontradas nas plantas inundadas de jacarandá-mineiro, com 65,7%, enquanto as plantas inundadas de seringueira praticamente mantiveram os mesmos níveis de produção destes componentes em comparação com os das plantas não inundadas.

Considerando a partição de matéria seca do sistema radicular, observou-se que apenas as plantas inundadas de seringueira não apresentaram reduções significativas na produção de raiz principal (Fig. 3 e Tabela 1). Já as plantas de jacarandá-mineiro apresentaram significativa redução de 72,5%.

TABELA 1. Valores da produção de matéria seca das diferentes partes das plantas, expressos em relação aos das plantas cultivadas sem a inundação do sistema radicular.

Espécies	Matéria seca relativa (% do controle)						
	Na parte aérea			No sistema radicular			Na planta
	Lâmina foliar	Caule + pecíolo	Total	Raiz principal	Raiz lateral	Total	Matéria seca total
Sesbânia	21,5	44,0	37,2	60,0	23,2	53,0	42,1
Seringueira	30,0	99,3	72,9	88,9	56,4	81,1	75,0
Ameixa	18,0	44,4	23,1	42,0	9,5	34,3	25,5
Jacarandá	9,0	34,3	17,7	27,5	-	30,6	21,4

A baixa disponibilidade de oxigênio no meio de cultivo reduziu significativamente a produção de raízes laterais nas plantas de sesbânia e de ameixa, sendo mais acentuada nesta última, com redução de, aproximadamente, 80,5% (Tabela 1). Já as plantas de jacarandá não desenvolveram nenhum tipo de raiz lateral. Observou-se, ainda, que todas as espécies cultivadas em condições de deficiência de oxigênio no meio desenvolveram raízes adventícias, porém a produção foi muito maior nas plantas de sesbânia (Fig. 3 e Tabela 1). As plantas de sesbânia também foram as primeiras a emitir raízes adventícias (aproximadamente sete dias após a indução do estresse), enquanto nas plantas de seringueira elas só começaram a se desenvolver no final do período experimental, o que sugere que esta espécie ainda poderia sobreviver por mais um período considerável em condições de baixa disponibilidade de oxigênio. Em todas as plantas, as raízes adventícias se apresentavam com geotropismo negativo e poucas ramificações, sendo mais suculentas e de coloração mais esbranquiçada do que as raízes normais. Essa perda de polaridade por parte das raízes adventícias ocorre pela produção acelerada de etileno nos tecidos radiculares em resposta ao metabolismo de plantas sob inundação (Kozlowski, 1984). Além disso, notou-se que a baixa disponibilidade de oxigênio no meio de cultivo induziu mudanças morfo-anatômicas na região basal do caule (pouco acima do nível da lâmina d'água), em todas as espécies avaliadas. O desenvolvimento de lenticelas e a formação de aerênquimas foram mais proeminentes nas plantas de sesbânia.

Os resultados mostraram que as plantas cultivadas em baixa disponibilidade de oxigênio diminuíram o crescimento de algum componente da parte aérea ou das raízes. Esse decréscimo pode ter sido consequência da menor quantidade de energia disponível para os processos de crescimento, já que em condições de baixo nível de oxigênio as plantas passam a respirar anaerobicamente, resultando em uma redução na carga energética do metabolismo celular (baixa produção de ATP), além do decréscimo na produção e translocação de fotoassimilados para a respiração (Webb & Armstrong, 1983; Sharkey, 1985; Olien, 1987); há evidências, ainda, de que este tipo de estresse provoca redução na síntese e translocação de substâncias reguladoras do crescimento, entre elas as giberelinas e as citocininas, do sistema radicular para a parte aérea do vegetal (Atwell & Steer, 1990), e um consequente acúmulo de inibidores nas raízes que podem alterar o crescimento da planta (Jackson & Drew, 1984). Outro fato citado por Smit et al. (1989), e que também é responsável pela redução de crescimento, é o decréscimo na taxa de assimilação de CO₂ em razão do fechamento estomático em plantas sob cultivo em solos inundados.

Os resultados sugerem, ainda, que ocorreu maior distribuição de fotoassimilados para as raízes, principalmente para as adventícias nas plantas de sesbânia e ameixa, e para a raiz principal nas plantas de seringueira e jacarandá-mineiro. Embora haja questionamentos sobre a importância da formação de raízes adventícias para a sobrevivência de plantas submetidas a inundação, o desenvolvimento dessas estruturas em regiões mais oxigenadas do meio, e também de lenticelas e aerênquimas, foi de fundamental importância para que as plantas de sesbânia, e, em menor nível de ameixa, conseguissem manter a absorção de água e nutrientes da solução, como resposta à ineficiência da atividade das raízes originais. Do ponto de vista morfo-anatômico, apenas o desenvolvimento de lenticelas e aerênquimas contribuiu para a sobrevivência das plantas inundadas de seringueira e jacarandá-mineiro.

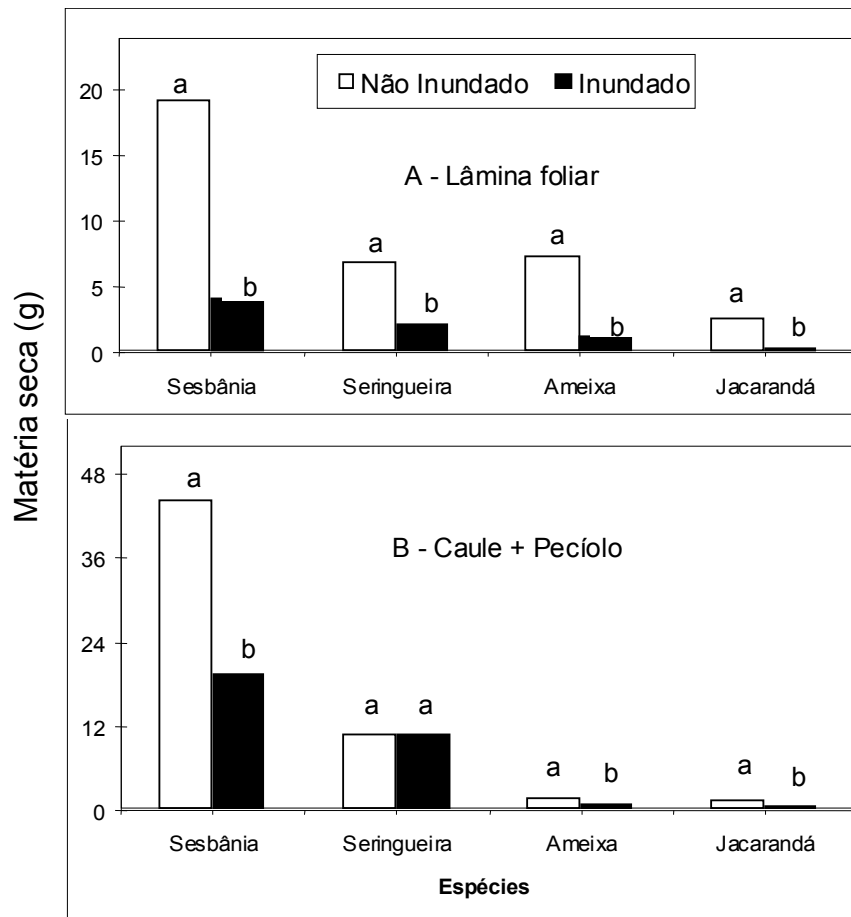


FIG. 2. Produção e distribuição de matéria seca da parte aérea das espécies cultivadas com e sem inundação. Letras iguais significam que as médias não diferem entre si pelo teste de F ($p < 0,05$).

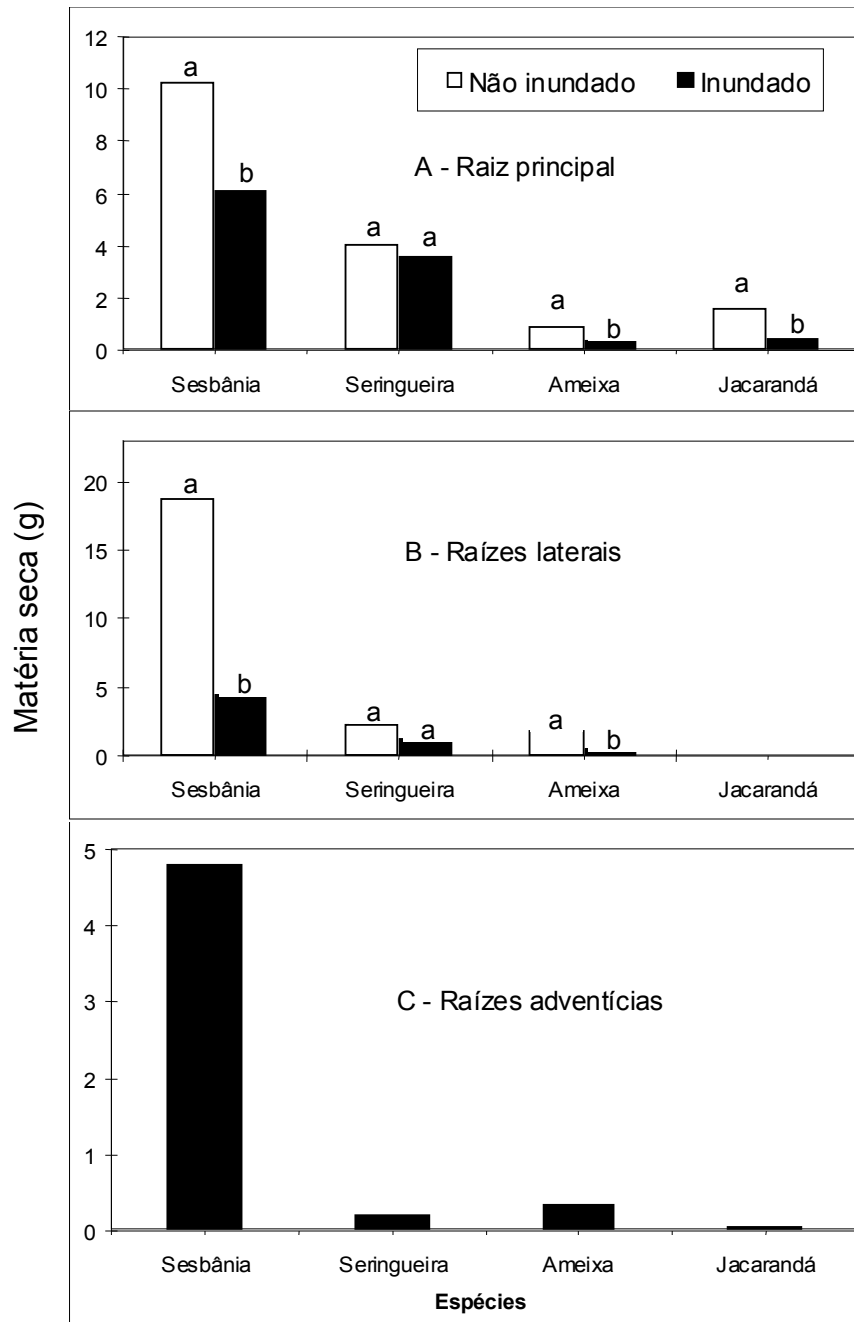


FIG. 3. Produção e distribuição de matéria seca das raízes das espécies cultivadas com e sem inundação. Letras iguais significam que as médias não diferem entre si pelo teste de F ($p < 0,05$).

CONCLUSÃO

O desenvolvimento de lenticelas e de raízes adventícias é de fundamental importância para a sobrevivência das espécies, principalmente, das plantas de sesbânia e ameixa, em condições de baixa disponibilidade de oxigênio no meio de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ATWELL, B.J.; STEER, B.T. The effect of oxygen deficiency on uptake and distribution of nutrients in maize plant. **Plant and Soil**, v.122, n.1, p.1-8, Feb. 1990.
- BARTA, A.L. Supply and partitioning of assimilates to roots of *Medicago sativa* L. and *Lotus corniculatus* L. under anoxia. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.10, p.151-156, 1987.
- GILL, C.J. The flooding tolerance of woody species - A review. **Forestry Abstract**, Oxford, v.31, n.4, p.671-688, Oct. 1970.
- JACKSON, M.B.; DREW, M.C. Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Flooding and plant growth**. San Diego: Academic Press, 1984. p.47-128.
- KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Flooding and plant growth**. San Diego: Academic Press, 1984. 355p.
- LEOPOLD, C.A.; KRIDMAN, P.E. **Plant growth and development**. 2.ed. New York: MacGraw-Hill, 1975. 545p.
- NEWSOME, R.D.; KOZLOWSKI, T.T.; TANG, Z.C. Responses of *Ulmus americana* seedlings to flooding of soil. **Canadian Journal of Botany**, v.60, n.9, p.1688-1695, Sept. 1982.
- OLIEN, W.C. Effects of seasonal soil waterlogging on vegetative growth and fruiting of apples trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.112, n.2, p.209-214, Mar. 1987.
- OLIVEIRA, L.E.M. **Crescimento e comportamento nutricional de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) submetidas a níveis de alumínio**. Viçosa: UFV, 1979. 50p. Tese de Mestrado.
- PELACANI, C.R.; OLIVEIRA, L.E.M.; CRUZ, J.L. Dry matter production and distribution in plant of Ingá (*Inga vera* Wild.) and Açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) grown root system under flooded conditions. **Acta Horticulturae**, n.370, p.181-187, Sept. 1995.
- SHARKEY, T.D. Photosynthesis in intact leaves of C3 plants: physics, physiology, and rate limitations. **Botanic Review**, v.51, n.1, p.53-105, Jan./Mar. 1985.
- SMIT, B.; STACHONIAK, M.; VOLKENBURGH, E.V. Cellular processes limiting leaf growth in plants under hypoxic roots stress. **Journal of Experimental Botany**, v.40, n.210, p.89-94, Jan. 1989.
- VU, J.V.C.; YELENOSKI, G. Photosynthetic responses of citrus trees to soil flooding. **Physiologia Plantarum**, v.81, n.1, p.7-14, Jan. 1991.
- WEBB, I.; ARMSTRONG, W. The effects of anoxia and carbohydrates on the growth and viability of rice, pea and pumpkin roots. **Journal of Experimental Botany**, v.34, n.142, p.579-583, May 1983.