

Efeitos do confinamento do sistema radicular sobre capim-limão (*Cymbopogon citratus*)¹

Effects of root confinement on lemongrass (*Cymbopogon citratus*)

Cláudia Lopes Prins^{2,*}, Silvério de Paiva Freitas³, Eliemar Campostrini⁴, Geraldo de Amaral Gravina⁵ e
Frabício de Oliveira Reis⁶

Resumo - O confinamento do sistema radicular (CSR) é um fator de estresse que promove alterações no metabolismo e crescimento das plantas. O óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) é utilizado industrialmente como aromatizante de alimentos e bebidas, dentre outras aplicações. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do CSR sobre o crescimento e a atividade fotossintética da espécie. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com 5 repetições por tratamento. Mudanças obtidas através de divisão de touceiras foram cultivadas em vasos de 42; 11; 6; 1,5 e 0,5 L que corresponderam ao fator nível de confinamento do sistema radicular (NC). Aos 60; 90; 120; 150 e 180 dias após o plantio (DAP) foram avaliados: taxa fotossintética líquida, número de perfilhos, área foliar, matéria seca da parte aérea e radicular. Os períodos de avaliação corresponderam ao fator tempo de confinamento do sistema radicular (TC). Observou-se que o CSR reduziu o crescimento do capim-limão principalmente pela inibição do perfilhamento. Plantas sob CSR apresentaram também menores área foliar, matéria seca da parte aérea e radicular. A atividade fotossintética líquida foi reduzida em, aproximadamente, 50% nas plantas crescidas em vasos de 11; 6; 1,5 e 0,5 L, mantendo-se constante em plantas crescidas em vasos de 42 L. Os resultados aqui apresentados alertam sobre o uso de recipientes em ensaios científicos, pois os efeitos dos tratamentos aplicados podem ser confundidos com aqueles oriundos do CSR.

Palavras-chave: *Cymbopogon citratus*. Confinamento. Atividade fotossintética.

Abstract - The root confinement (RC) is a stressful factor that changes metabolic and growth process in plants. Many works have demonstrated reduction in shoot growth when plants are growing in pots. Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) produces essential oil used by industries for vitamin A synthesis and as flavouring, among others. This work aims to evaluate the RC effects on lemongrass growth and photosynthesis. It was used a randomized block design, with a factorial scheme 5 x 5 and 5 replications per treatment. Vegetative tillers were grown in 42; 11; 6; 1.5 and 0.5 L pots, as confinement levels (CL). At 60; 90; 120; 150, and 180 days after planting (DAP) were evaluated: photosynthetic rate, number of tillers, foliage area, shoot and root dry matter. The factor confinement time (CT) was composed by the evaluating periods. It was verified that RC reduced lemongrass growth, mainly, due to tillering inhibition. Plants under RC also showed reduced foliage area, shoot and root dry matter. The photosynthetic rate was reduced in around 50% in plants grown in 11; 6; 1.5 and 0.5 L, while it was constant in plants grown in pots of 42 L. These results alert to the use of pots on scientific experiments, as treatment effects can be confused with those from RC.

Key words: *Cymbopogon citratus*. Photosynthetic activity.

* autor para correspondência

¹ Recebido para publicação em 14/03/2007; aprovado em 08/02/2008

Trabalho extraído de dissertação do primeiro autor para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2007

² Eng. Agrônoma, Mestranda, Universidade Estadual do Norte Fluminense/Laboratório de Fitotecnia, Av. Alberto Lamego, 2000, Prédio P4, Parque Califórnia, CEP: 28023-602, C. dos Goytacazes, RJ, prins@uenf.br

³ Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. da Universidade Estadual do Norte Fluminense, RJ, silverio@uenf.br

⁴ Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. da Universidade Estadual do Norte Fluminense, RJ, campost@uenf.br

⁵ Eng. Agrônomo, D. Sc., Prof. da Universidade Estadual do Norte Fluminense, RJ, gravina@uenf.br

⁶ Eng. Agrônomo, Doutorando, Universidade Estadual do Norte Fluminense, RJ, fareoli@uenf.br

Introdução

A interdependência entre sistema radicular e parte aérea promove uma relação de influência mútua entre esses componentes. Tem sido observado que a restrição do crescimento do sistema radicular é um fator estressante e que promove alterações no metabolismo e crescimento das plantas (NESMITH; DURVAL, 1998). A restrição do crescimento da raiz é uma técnica utilizada no controle do crescimento vegetativo. Pode ser obtida através da alta densidade de plantio, da poda da raiz ou do cultivo em recipientes (ISMAIL; NOOR, 1996). Ensaio com restrição do crescimento do sistema radicular têm demonstrado que, nesta condição, o crescimento da parte aérea é reduzido, ou seja, as plantas apresentam menores valores de biomassa, área foliar e número de folhas, sendo tais inibições mais pronunciadas durante o estágio vegetativo (CARMI; SHALHEVET, 1983). Podem ocorrer efeitos sobre a partição e acúmulo de biomassa, fotossíntese, conteúdo de clorofila, relações hídricas, absorção de nutrientes, respiração e florescimento.

Os efeitos da restrição do crescimento do sistema radicular sobre a taxa fotossintética líquida ainda são pouco conhecidos e variam entre espécies, intensidade de restrição e tempo de duração. Por exemplo, nas espécies *Capsicum annum*, *Curcubita pepo* e *Salvia splendens* verificou-se redução da taxa fotossintética líquida em função do confinamento do sistema radicular, no entanto, nenhuma redução foi observada em *Glicine max* (NESMITH; DURVAL, 1998). Segundo Kharkina et al. (1999), as respostas à restrição do crescimento da raiz são muito específicas em suas causas e conseqüências comparadas com as respostas de outros fatores de estresse. Além disso, a duração e a severidade da restrição são fatores significativos para o estudo do assunto, assim como as características específicas de cada planta.

Capim-limão (*Cymbopogon citratus* – Poaceae) é uma espécie medicinal e aromática, que possui óleo essencial com intenso aroma de limão, sendo por este motivo utilizado na indústria alimentícia como aromatizante de alimentos e bebidas. Seu principal constituinte,

citral, que é uma mistura dos isômeros neral e geranial, é amplamente utilizado para produção de perfumes. Além disso, é também matéria-prima para síntese de α - e β -ionona, compostos utilizados em perfumaria e como precursores na síntese de vitamina A.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do confinamento do sistema radicular sobre o crescimento (perfilhos, área foliar, matéria seca da parte aérea e radicular) e atividade fotossintética de capim-limão.

Material e métodos

Material vegetal e condições de cultivo

O experimento foi conduzido a céu aberto na área da Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) localizada na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ (Latitude 21° 45' Sul; Longitude 41° 18' Oeste), caracterizada com Aw pelo sistema Koppen de classificação climática. O substrato utilizado foi composto de solo, areia e esterco bovino curtido na proporção 1:1:1 (v/v). As análises física e química do substrato são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Análise física do substrato (solo, areia, esterco bovino curtido; 1:1:1 v/v)

Análise Física do Substrato				
Areia (%)			Silte (%)	Argila (%)
grossa	média	fina		
26	29	15	13	17

Mudas de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) foram obtidas por divisão de touceiras a partir de plantas matrizes da coleção de plantas medicinais da UAP. A fim de evitar perda de água foi aplicada cobertura morta sobre o substrato. O fornecimento de água foi realizado diariamente por meio de regador de crivos finos, até o ponto em que começou a sair a água em excesso do vaso, mantendo-se o substrato umedecido.

Tabela 2 - Análise química do substrato (solo, areia, esterco bovino curtido; 1:1:1 v/v)

Análise Química do Substrato												
pH	N	C	V	m	P	K	Ca	Mg	SB	t	T	MO
	%				mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			g dm ⁻³	
6,6	0,23	1,89	81	0	165	960	3,6	3,3	9,7	9,7	11,9	32,6

Delineamento experimental e análise estatística

Foi utilizado delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5. O fator nível de confinamento do sistema radicular (NC) foi composto pelo cultivo das plantas em vasos de 42; 11; 6; 1,5 e 0,5 L, selecionados com base no volume radicular de plantas de capim-limão após um ano de cultivo, cerca de 0,02 m³, estabelecendo-se este como o maior volume e os demais recipientes selecionados de acordo com aqueles comercialmente disponíveis. O fator tempo de confinamento do sistema radicular (TC) foi composto por 5 períodos de avaliação ocorridos aos 60; 90; 120; 150 e 180 dias após o plantio (DAP). Foram utilizadas 5 repetições por tratamento e uma muda por vaso. Após a análise de variância, foram obtidas curvas de regressão, sendo consideradas adequadas aquelas cujo coeficiente apresentou significância (5%) pelo teste F. A representação gráfica dos resultados foi obtida através do uso das curvas de valores esperados.

Análise do crescimento

As plantas foram colhidas nos períodos previamente citados (TC), sempre pela manhã. Após a colheita realizou-se a contagem do número de perfilhos (Pe) e em seguida a mensuração da área foliar (Af) (medidor de área foliar Li-Cor 3100). Por fim, toda a parte aérea foi submetida à secagem (estufa com circulação forçada de ar a 40 °C) para determinação da matéria seca (MSPa). Para avaliação do crescimento do sistema radicular, o volume de substrato de cada vaso foi dividido em frações. Para tanto, o substrato foi retirado do vaso, e ainda mantendo o formato deste foram feitas secções na circunferência inferior. Para o vaso de 42 L utilizou-se 1/16 do volume, para vasos de 11; 6 e 1,5 L foram obtidas secções correspondentes a

1/8 do volume, e para vasos de 0,5 L as secções foram de 1/4 do volume. As frações acima foram submetidas à lavagem em água corrente para retirar o excesso de substrato e permitir a separação das raízes. Em nova lavagem, com uso de peneiras de 2 mm, foram retirados os resíduos de substrato das raízes, que foram submetidas à secagem em estufa (40 °C) até peso constante para obtenção da matéria seca de raízes (MSR).

Medições da taxa fotossintética líquida

A taxa fotossintética líquida (A) foi determinada por meio de um sistema portátil de medições de trocas gasosas, modelo Li-Cor 6200 (LI-COR, Lincoln, NE, USA), utilizando-se fonte de luz externa proveniente de LEDs (Light Emitting Diode - 900 μmol m⁻² s⁻¹). O estudo da taxa fotossintética líquida foi realizado de modo a caracterizar a atividade fotossintética da folha que, no período da avaliação, correspondia à posição III do perfilho principal, contada a partir do interior para o exterior. As avaliações foram realizadas pela manhã iniciando-se às 8:00 h.

Resultados e discussão

O crescimento de capim-limão foi influenciado negativamente pelo confinamento do sistema radicular (CSR). Perfilhamento, área foliar e biomassa aérea foram significativamente reduzidos em plantas submetidas ao CSR, a partir de 90 DAP. Sob o maior nível de confinamento utilizado, ou seja, 0,5 L, não houve emissão de perfilhos (Figura 1). As plantas mantidas nesta condição apresentaram apenas 1 perfilho durante todo o período experimental (180 dias).

A área foliar (Figura 2) de plantas crescidas em vasos de 0,5 L correspondeu, ao final do experimento, a 1% da área verificada em plantas

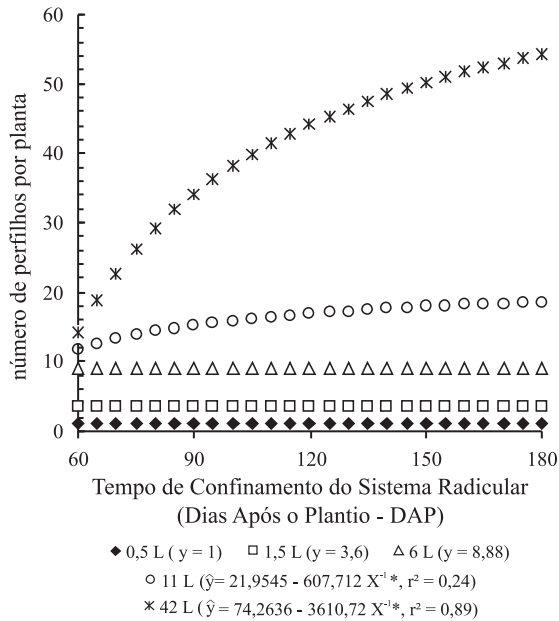


Figura 1 - Número de Perfis por planta (unidades). * Coeficientes estatisticamente significativos pelo teste F (5%)

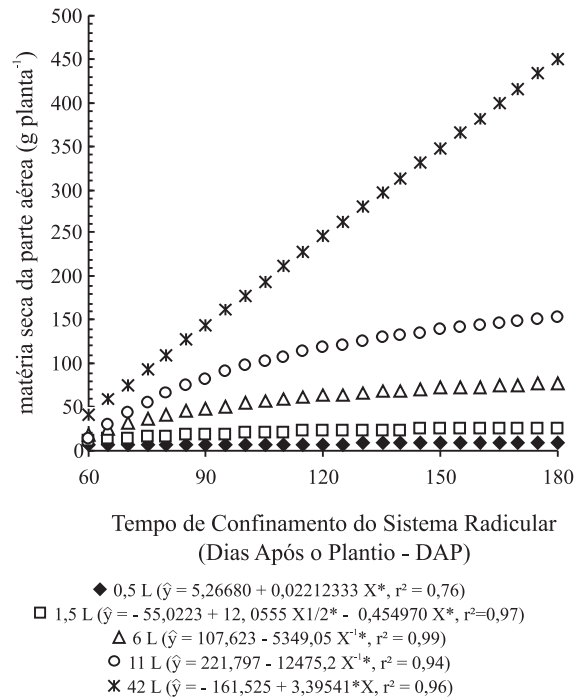


Figura 3 - Matéria Seca da Parte Aérea (g planta⁻¹). * Coeficientes estatisticamente significativos pelo teste F (5%)

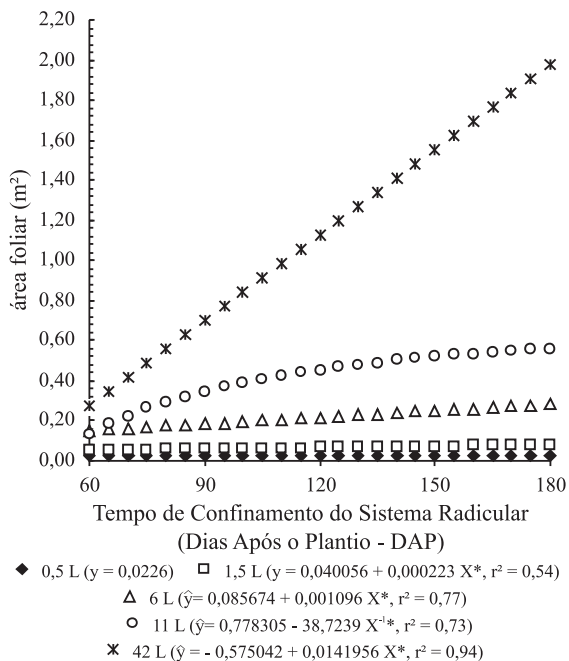


Figura 2 - Área foliar (m²). * Coeficientes estatisticamente significativos pelo teste F (5%)

crescidas em vasos de 42 L (1,84 m²). Verificou-se, ainda, que tais plantas não apresentaram incrementos significativos de biomassa da parte aérea, mantendo em média 7,82 g planta⁻¹ (Figura 3).

Em resumo, observa-se que as plantas crescidas em vasos de 42 L apresentaram incrementos no crescimento da parte aérea durante todo o período experimental. Por outro lado, plantas crescidas nos demais volumes apresentaram expressiva redução do crescimento da parte aérea, indicando que o cultivo de capim-limão em vasos de volume igual ou inferior a 11 L não é recomendado para a espécie (Figura 1; 2 e 3).

A matéria seca de raízes apresentou diferença significativa entre tratamentos a partir de 120 DAP. De maneira geral, houve aumento de matéria seca de raízes para todos os tratamentos, porém o CSR causou expressiva inibição deste. Em plantas crescidas em vasos de 0,5 e 1,5 L houve aumento médio de 2,5 e 3 vezes, respectivamente, da biomassa seca de raízes durante os 180 dias de cultivo, enquanto a MSR em plantas crescidas em vasos de 42 L apresentou incremento médio de 51 vezes no mesmo período (Figura 4).

Verificou-se que a assimilação fotossintética de carbono (A) em plantas crescidas nos vasos de

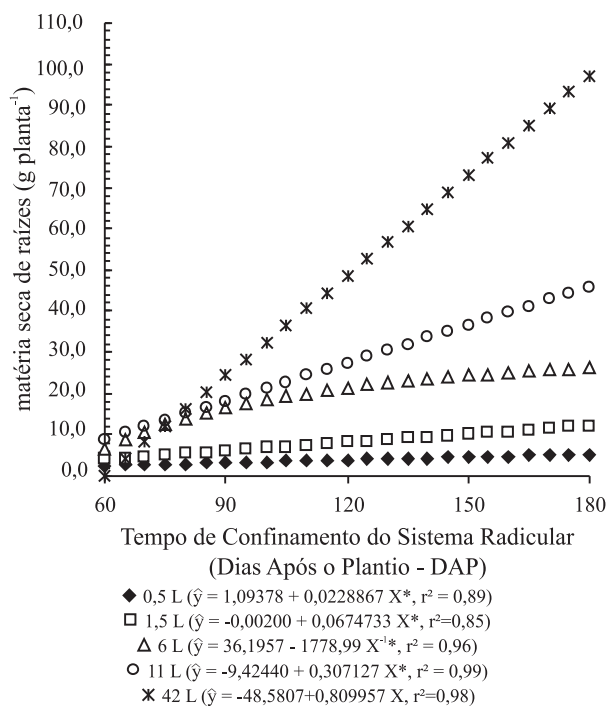


Figura 4 - Matéria seca de raízes (g planta⁻¹). * Coeficientes estatisticamente significativos pelo teste F (5%)

42 L não apresentou variação estatisticamente significativa, mantendo média de $14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ao longo do período experimental. Já para os demais volumes houve redução de aproximadamente 50% de A. Aos 60 DAP a média entre volumes de vasos era de $17,88 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e aos 180 DAP a média era de $9,57 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 5).

Este estudo demonstra claramente que CSR reduziu o crescimento de capim-limão em número de perfilhos, área foliar, matéria seca da parte aérea e radicular, concordando com o verificado em trigo (*Triticum* sp.), milho (*Zea mays*) e outras espécies (WOLFE et al., 1995; LIPIEC et al., 1996; CAMPOSTRINI; YAMANISHI, 2001; ISHAQ et al., 2001; ZHU et al., 2006), demonstrando que a principal consequência do confinamento da raiz é o decréscimo do crescimento da parte aérea, resultado da inibição do perfilhamento.

Embora as respostas de crescimento ao confinamento do sistema radicular sejam bem conhecidas, os fatores responsáveis pelo nanismo das espécies não são claros. No entanto, diversos trabalhos têm demonstrado que os efeitos negativos do confinamento sobre o crescimento

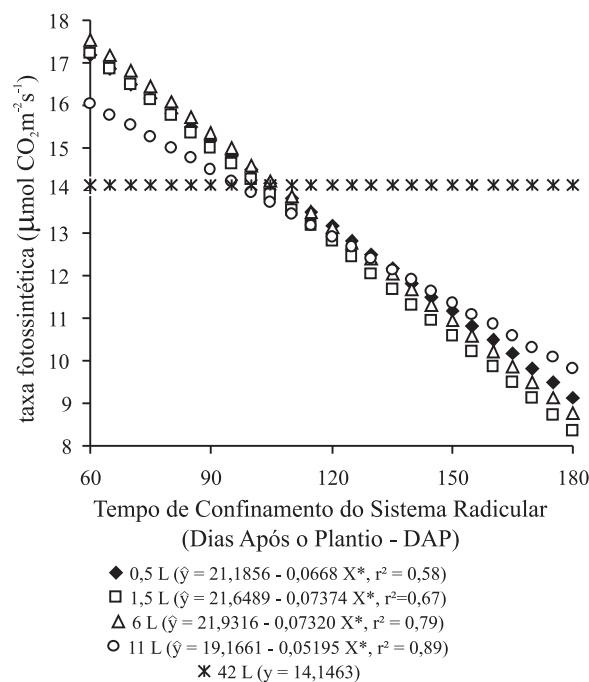


Figura 5 - Taxa fotossintética líquida ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em função do tempo de confinamento do sistema radicular. * Coeficientes estatisticamente significativos pelo teste F (5%)

de plantas podem estar associados aos hormônios vegetais, especialmente pela redução na síntese de citocininas (CARMI; HEUER, 1981; CARMI; STANDEN, 1983; NETTO, 2001). Segundo Gomide (2006), em gramíneas, a citocinina atua sobre o perfilhamento através da quebra da dormência das gemas.

Bertea et al. (2003) verificaram em plantas de *C. citratus* alterações na taxa fotossintética líquida (A) de acordo com a idade da folha, com redução de, aproximadamente, 50% em folhas senescentes. Redução semelhante foi verificada como resposta ao confinamento do sistema radicular no presente trabalho. Tal resultado, portanto, pode ser indicativo da senescência das folhas avaliadas. A senescência pode ser induzida pelo CSR devido às alterações hormonais que este tipo de estresse pode induzir. Em condições de confinamento do sistema radicular a produção de hormônios associados a respostas ao estresse, como etileno e ácido abscísico, pode ser estimulada (SARQUIS et al., 1991; LIV; LATIMER, 2002).

Os resultados apresentados alertam para a importância do dimensionamento do recipiente

em experimentos com capim-limão sob condições controladas. Nestes casos as respostas aos tratamentos aplicados podem ser confundidas e/ou mascaradas pelos efeitos decorrentes do confinamento do sistema radicular. Além disso, como os efeitos se expressam já aos 60 dias após o cultivo, a produção de mudas de capim-limão em recipientes pode comprometer a qualidade das mudas.

Conclusões

De acordo com os resultados obtidos, o confinamento do sistema radicular (i) reduziu o crescimento da parte aérea de capim-limão como resultado da inibição do perfilhamento e (ii) influenciou negativamente a atividade fotossintética de capim-limão.

Referências

- BERTEA, C. M.; et al. The C_4 biochemical pathway, and the anatomy of lemongrass (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf) cultivated in temperate climates. **Plant Biosystems**, v. 137, n. 02, p. 175-184, 2003.
- CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O. K. Influence of mechanical root restriction on gas-exchange of four papaya genotypes. **Revista Brasileira de Fisiologia**, v. 13, n. 02, p. 129-138, 2001.
- CARMI, A.; HEUER, B. The role of roots in control of bean shoot growth. **Annals of Botany**, v. 48, n. 519, p. 519- 527, 1981.
- CARMI, A.; SHALHEVET, J. Root effects on cotton growth and yield. **Crop Science**, v. 23, n. 05, p. 875-878, 1983.
- CARMI, A.; STADEN, J. Role of roots in regulating the growth rate and cytokinin content in leaves. **Plant Physiology**, v. 73, p. 76-78, 1983.
- GOMIDE, C. A. M. **Aspectos relacionados à recuperação de gramíneas forrageiras após desfolhas**. Disponível em: <http://www.forragicultura.com.br>. Acesso em: 15 dez. 2006.
- ISHAQ, M.; et al. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: II. Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. **Soil & Tillage Research**, v. 60, n. 01, p. 153-161, 2001.
- ISMAIL, M. R.; NOOR, K. M. Growth, water relations and physiological process of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) plants under root growth restriction. **Scientia Horticulturae**, v. 66, p. 51-58, 1996.
- KHARKINA, T. G.; OTTOSEN, C. O.; ROSENQVIST, E. Effects of root restriction on the growth and physiology of cucumber plants. **Physiologia Plantarum**, v. 105, n. 03, p. 434-441, 1999.
- LIPIEC, J.; et al. Effects of soil compaction and transient oxygen deficiency on growth, water use and stomatal resistance of maize. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil and Plant Science**, v. 46, p. 186-191, 1996.
- LIV, A.; LATIMER, J. G. Water relations and abscisic acid levels of watermelon as affected by rooting volume restriction. **Journal of Experimental Botany**, v. 46, n. 08, p. 1011-1015, 2002.
- NESMITH, D. S.; DURVAL, J. R. The effect of container size. **Hort Technology**, v. 8, n. 04, p. 495-498, 1998.
- NETTO, A. T. **Ecofisiologia de plantas de Coffea canephora Pierre cultivadas em condições de confinamento do sistema radicular**. 2001. 89 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.
- SARQUIS, J. I.; JORDAN, W. R.; MORGAN, P. W. Ethylene evolution from maize (*Zea mays* L.) seedling roots and shoots in response to mechanical impedance. **Plant Physiology**, v. 96, p. 1171-1177, 1991.
- WOLFE, D. W.; et al. Growth and yield sensitivity of four vegetable crops to soil compaction. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 120, n. 06, p. 956-963, 1995.
- ZHU, L.; et al. Vine growth and nitrogen metabolism of 'Fugiminori' grapevines in response to root restriction. **Scientia Horticulturae**, v. 107, n. 02, p. 143-149, 2006.