

**EFEITO DA TIGMOMORFOGÊNESE NA MORFOMETRIA DE MUDAS DE  
*Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch.**

**EFFECT OF THE THIGMOMORPHOGENESIS IN THE MORPHOMETRY OF  
*Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch. SEEDLINGS**

Cátia Raquel Volkweis<sup>1</sup> João Alexandre Lopes Dranski<sup>2</sup> Priscilla Oro<sup>3</sup>  
Ubirajara Contro Malavasi<sup>4</sup> Marlene de Matos Malavasi<sup>5</sup>

**RESUMO**

O presente estudo objetivou quantificar alterações morfológicas decorrentes de estímulos mecânicos por flexões caulinares na fase de rustificação de mudas de espinheira-santa [*Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch.]. O experimento foi conduzido em casa de sombra sob delineamento experimental inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 2 x 5, formado por mudas divididas em duas classes quanto à altura da parte aérea e cinco intensidades de flexões caulinares (0, 5, 10, 20 e 40) efetuadas diariamente durante trinta dias, em quatro repetições de dez mudas. O efeito dos estímulos mecânicos foi quantificado pelos incrementos na altura, no diâmetro do coleto, assim como pela mensuração da biomassa de raiz e da parte aérea com os quais se determinou a taxa de crescimento absoluto. Complementarmente, foi mensurada a perda de eletrólitos de raízes. Os dados foram submetidos à análise de regressão a 5%. Os resultados indicaram que o aumento do número de flexões caulinares induziu a redução no incremento em altura, no extravasamento de eletrólitos dos tecidos radiculares e, no aumento do incremento no diâmetro do coleto e na biomassa de raízes em mudas classificadas por altura. A biomassa da parte aérea de mudas com maiores dimensões aumentou com até 20 flexões mesmo com a redução linear na altura e, conseqüentemente, elevou a taxa de crescimento. Estímulos mecânicos por meio de flexões caulinares é uma opção para promover alterações morfológicas em mudas de *Maytenus ilicifolia* elevando a rusticidade e a qualidade das mudas aptas ao plantio.

**Palavras-chave:** espinheira-santa; estímulo mecânico; produção de mudas; perda de eletrólitos de raízes.

**ABSTRACT**

The present study aimed to quantify morphological changes due to mechanical stimuli by stem bending in the hardening phase of 'espinheira-santa' [*Maytenus ilicifolia* [(Schrad.) Planch.] seedlings. The experiment was conducted at shade house as a completely randomized factorial design (2 x 5) formed by seedlings of two height classes and five stem bending intensities (0, 5, 10, 20 and 40) performed daily for thirty days,

1 Bióloga, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon (PR), Brasil. cvolkweis@hotmail.com

2 Biólogo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon (PR), Brasil. joadranski@yahoo.com.br

3 Bióloga, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon (PR), Brasil. pri\_oro@hotmail.com

4 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon (PR), Brasil. biramalavasi@yahoo.com.br

5 Engenheira Agrônoma, Dr<sup>a</sup>., Professora Associada do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon (PR), Brasil. marlenemalavasi@yahoo.com.br

with four replicates of ten seedlings. The effect of mechanical stimuli was quantified by the increments in height, stem diameter as well as root and shoot biomass to calculate the absolute growth rate. In addition, root electrolyte leakage was measured. The data was submitted to regression analysis at 5%. The results indicated that increasing the frequency of stem bending induced a reduction in height increment, electrolyte leakage from root tissues and an increase in stem diameter increment and root biomass in seedlings classified by height. The shoot biomass of seedlings with larger dimensions increased a frequency of 20 stem bending even with the linear reduction in seedling height, and consequently increased growth rate. Mechanical stimulus is an option to promote morphological changes in *Maytenus ilicifolia* seedlings which increases hardiness and seedlings quality for out planting.

**Keywords:** espinheira-santa; mechanical stimulus; seedling production; root electrolyte leakage.

## INTRODUÇÃO

A qualidade das mudas influencia diretamente o estabelecimento e o desenvolvimento inicial pós-plantio (CARNEIRO, 1995; JACOBS e LANDIS, 2009). O “choque pós-plantio” é frequentemente usado para descrever as respostas visuais do crescimento vegetal relacionadas aos diferentes mecanismos ou processos fisiológicos (CLOSE et al., 2005), podendo ser reduzido com a rustificação das mudas ao final do ciclo de produção (JACOBS e LANDIS, 2009).

A rustificação de mudas objetiva aumentar a resistência aos estresses advindos do transporte, manejo, plantio e pós-plantio. As práticas de rustificação compreendem a redução da densidade de mudas, a monda das mudas para áreas com diferentes regimes de luz e temperatura, a redução da frequência de regas, a redução da fertilização, ou ainda a poda da raiz ou da parte aérea com vistas a potencializar o balanço entre aquelas. Contudo, a prática adotada deve refletir as condições ambientais e edáficas em que as mudas estarão propensas após o plantio (JACOBS e LANDIS, 2009), no qual, as mudas devem estar preparadas para suportar as adversidades climáticas (MUNISHI e CHAMASHAMA, 1994; GUO, 1999; PELTOLA et al., 2000; CLOSE et al., 2005).

Jaffé (1980) definiu a tigmomorfogênese como o crescimento resposta de plantas ao estímulo mecânico, promovendo alterações nos padrões de crescimento. In the wild, these patterns can be evinced by wind, raindrops, and rubbing by passing animals. Quando induzido mecanicamente, ou pela ação biótica e abiótica, a resposta tigmomorfogenética primária corriqueiramente observada é a redução do alongamento do caule e uma estimulação do crescimento radial (GARNER e BJÖRKMAN, 1996; TELEWSKI e PRUYN, 1998; PRUYN et al., 2000; CHERAB et al., 2009).

O estresse mecânico, principalmente causado pelo vento, como também pela neve ou pela chuva pode levar à quebra do caule após o plantio. Caramori et al. (1986) estudaram os efeitos do vento em mudas de *Coffea arabica* cv. Mundo Novo e Catuaí-Vermelho e reportaram redução significativa na altura, área foliar, comprimento dos internódios, e matéria seca e um aumento no diâmetro do caule quando submetidas a vento com velocidade superior a  $2 \text{ m s}^{-1}$ .

Na produção de mudas por sementes de espécies lenhosas nativas, a heterogeneidade do crescimento aéreo é corriqueiramente observada, dada a variabilidade genética entre matrizes, que resultam em sementes com diferentes níveis de vigor. O manejo no viveiro potencializa este comportamento diferenciado de crescimento e desenvolvimento gerando mudas com diferentes classes quanto à altura, onerando em classificação prévia para atender aos limites pré-estabelecidos para a muda-alvo.

A altura da muda exerce influência direta na sobrevivência e crescimento no campo (CARNEIRO, 1995). Figueiredo et al. (2011) reportaram que mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* com maiores dimensões de altura e diâmetro, provenientes da mesma data de semeadura, apresentaram maior crescimento inicial no primeiro ano em sítios de diferentes condições edafoclimáticas, mas as diferenças tenderam a desaparecer ao longo do tempo. Del Campo et al. (2010) descreveram que a sobrevivência de mudas de *Quercus ilex* no campo foi correlacionada positivamente com o diâmetro do coleto e negativamente com a altura das mudas expeditas para o plantio.

*Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch. é uma espécie arbórea nativa do sul do Brasil, Uruguai, Paraguai, norte da Argentina

(NASCIMENTO et al., 2005), Chile e Bolívia (CORDEIRO et al., 1999) sendo popularmente conhecida como espinheira-santa apresentando-se útil em tratamentos medicinais (JORGE et al., 2004).

Este trabalho objetivou quantificar os efeitos da tigmomorfogênese induzida através de flexões caulinares na morfometria em mudas de *Maytenus ilicifolia* ao final do ciclo de produção.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e observado nos meses de agosto de 2010 a fevereiro de 2011, em casa de vegetação com 50% de sombreamento, estando esta, situada na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Marechal Cândido Rondon nos meses de agosto de 2010 a fevereiro de 2011. A temperatura média do ambiente propagativo manteve-se a  $27,0 \pm 3,0^\circ\text{C}$ , e a umidade relativa do ar em  $90,0 \pm 7,0\%$ . Mudas de *Maytenus ilicifolia* (RNC: 24421) foram propagadas via sementeira direta em tubetes de  $120\text{ cm}^3$  preenchidos com uma mistura 4:1 (v.v) de substrato comercial à base de casca de pinus e solo local com a incorporação de fertilizante de liberação controlada (18N: 5P: 9K) na proporção de 50 g para 25 kg da mistura utilizada como substrato, acomodados em suportes plásticos com capacidade de ocupação para 96 tubetes. As irrigações foram efetuadas vespertinamente durante o período de condução do ensaio.

Os tratamentos consistiram de flexões caulinares durante 30 dias através de cinco intensidades (0, 5, 10, 20 e 40 flexões diárias). Cada tratamento foi aplicado em mudas classificadas de acordo com a altura (maior ou menor do que 15,0 cm) obtidas a partir do mesmo lote de produção (Tabela 1).

As flexões foram realizadas uma vez ao dia numa única direção não mais do que  $45^\circ$  da vertical

com uma estrutura de ferro sobre rolamentos e de um cano de PVC (Figura 1) sempre no mesmo horário à tarde. O cano de PVC colidiu com o caule das mudas a 5,0 cm da gema apical para cada classe de altura. Os movimentos foram realizados a uma velocidade de  $0,10\text{ m seg}^{-1}$ . A estrutura foi construída a partir de adaptações de um modelo proposto por Jacobs e Landis (2009).

Ao final dos tratamentos, as mensurações incluíram os incrementos na altura e no diâmetro do coleto de dez mudas por repetição, bem como na quantificação dos incrementos na massa seca de raiz (MSR) e na massa seca da parte aérea (MSPA) obtidos pelo método de secagem em estufa a  $65^\circ\text{C}$  por 72 h de quatro mudas por repetição. Os resultados da biomassa foram utilizados nas estimativas da taxa de crescimento absoluto (TCA) expressos em  $\text{g dia}^{-1}$ . Adicionalmente, o efeito dos tratamentos foi estimado com o teste da perda de eletrólitos das raízes (PER). Para a quantificação do PER, as raízes de cada muda foram lavadas com água corrente para remoção de partículas do solo, e posteriormente com água deionizada para remoção de íons das superfícies. A porção central do sistema radicular foi removida e descartada. Utilizou-se aproximadamente 0,2 g de raízes finas ( $< 2\text{ mm}$ ), retiradas do terço superior que foram acondicionadas em recipientes de vidro contendo 20 mL de água deionizada, e mantidas a temperatura de  $20^\circ\text{C}$  por 24 horas (WILNER, 1955). Após este período, a condutividade elétrica da solução ( $C_{\text{viva}}$ ) foi obtida com condutivímetro termocompensado. Em seguida, as mesmas raízes foram autoclavadas a  $100^\circ\text{C}$  por 10 minutos, e recolocadas em solução renovada nas mesmas condições anteriormente descritas. A condutividade elétrica da solução ( $C_{\text{morta}}$ ) foi quantificada da mesma maneira da  $C_{\text{viva}}$ . O valor de PER resulta da razão  $C_{\text{viva}}/C_{\text{morta}}$  multiplicada por 100.

TABELA 1: Altura (H), diâmetro do coleto (D), número de folhas (NF), massa seca de raízes (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) de mudas de *Maytenus ilicifolia* classificadas em função da altura.

TABLE 1: Height (H), stem diameter (DC), number of leaves (NF), root dry matter (RDM) and shoot dry mass (SDM) of *Maytenus ilicifolia* seedlings classified due to the height.

Classificação das mudas	H	D	NF	MSR	MSPA
	cm	mm	Folhas muda <sup>-1</sup>	g muda <sup>-1</sup>	g muda <sup>-1</sup>
Maior que 15,0 cm	17,0	2,84	15	0,45	1,42
Menor que 15,0 cm	12,8	2,52	13	0,46	1,04

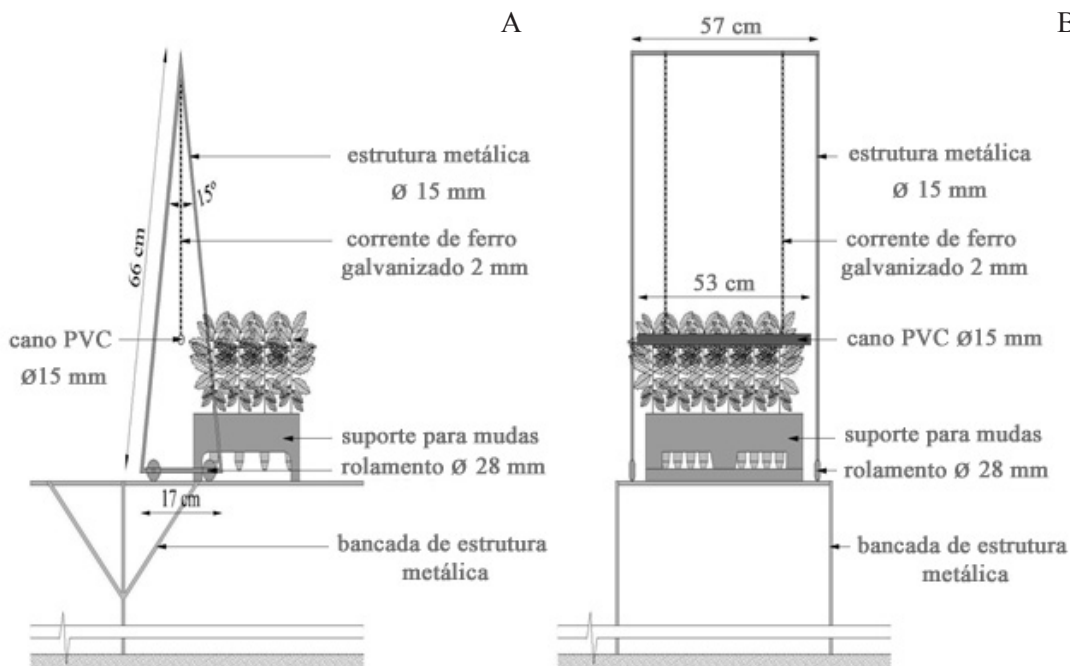


FIGURA 1: Representação gráfica do equipamento construído para efetuar as flexões caulinares em mudas de *Maytenus ilicifolia*. A: vista lateral; B: vista frontal.

FIGURE 1: Graphical representation of the equipment constructed for make the stem bending in *Maytenus ilicifolia* seedlings. A: side view; B: frontal view.

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso em arranjo fatorial (5 x 2) com quatro repetições de dez mudas cada. Os dados foram averiguados quanto à normalidade da distribuição dos resíduos pelo teste de Lilliefors, e quanto à homogeneidade da variância pelo teste de Cochran e Bartlett. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância com o auxílio do *software* estatístico Sistema para Análises Estatísticas, versão 9.1 (SAEG, 2007). Quando da existência de diferenças estatisticamente significativas, os dados foram submetidos à análise de regressão a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As flexões caulinares em mudas de *Maytenus ilicifolia* proporcionaram redução no incremento em altura e aumento no incremento em diâmetro do coleto independente da altura da muda (Figura 2-a e 2-b). De acordo com as regressões calculadas, a indução de 23 flexões caulinares em mudas com altura menor que 15 cm resultou em um aumento no crescimento em diâmetro de até 69% e em uma redução no incremento em altura de 50% comparados as mudas controle (sem flexões

caulinares). Em mudas com altura maior que 15 cm, a imposição de 40 flexões resultou em aumento no crescimento do diâmetro de até 49%.

Em estudo de dose resposta por flexões caulinares, Telewski e Prunyn (1998) observaram em mudas de *Ulmus americana* submetidas a flexões caulinares efetuadas manualmente, durante três semanas, a redução no crescimento em altura e aumento no diâmetro do coleto com a aplicação de até 40 flexões diárias. Resultado semelhante foi reportado por Prunyn et al. (2000) com mudas de dois híbridos de *Populus trichocarpa* × *Populus deltoides* submetidas a 20 flexões caulinares diárias durante 60 dias, que foram eficientes para promover a redução de 8% no incremento altura e ganho de 34% de incremento no diâmetro do coleto. Logo, os resultados observados na Figura 2 corroboram com a redução no alongamento, seguido do incremento na alongação celular, respostas tigmomorfogênicas primárias de mudas submetidas à perturbação mecânica.

A massa seca da raiz apresentou um aumento diretamente proporcional à frequência das flexões caulinares em ambos os tamanhos de mudas testados (Figura 3-a). De acordo com Binotto (2007), um sistema radicular mais desenvolvido em

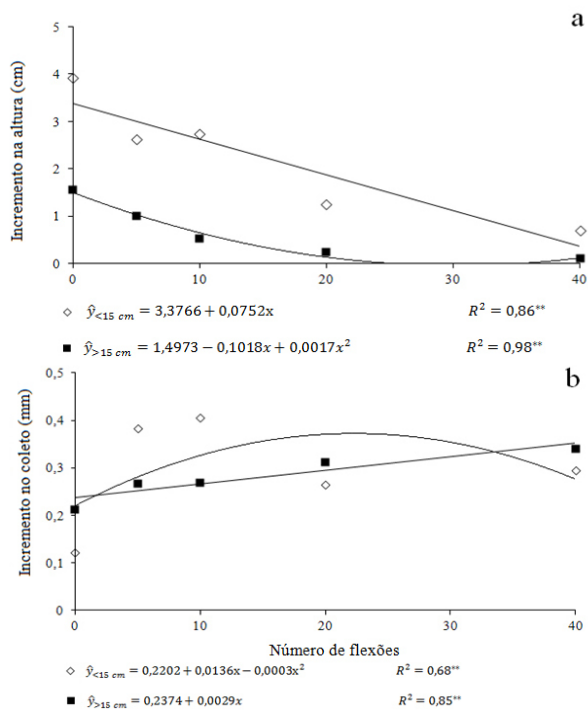


FIGURA 2: Incremento na altura (a) e no diâmetro do coleto (b) em mudas de *Maytenus ilicifolia* com diferentes alturas submetidas a estímulo mecânico. \*\*, ns Significativo a 1% ou não significativo pelo teste F.

FIGURE 2: Increments in shoot height (a) and stem diameter (b) of *Maytenus ilicifolia* seedlings with different heights subjected to mechanical stimulus. \*\*, ns Significant at 1 % or not significant by F test.

mudas de espécies lenhosas assegura uma melhor sobrevivência a campo.

A massa seca da parte aérea reagiu indiferentemente da frequência dos estímulos em mudas menores que 15 cm de altura ( $P > 0,05$ ), externando média de 0,841 g. Por outro lado, em mudas maiores que 15 cm, houve maior incremento da massa seca da parte aérea com 20 flexões, apresentando redução na massa conforme aumento da frequência dos estímulos (Figura 3-b). Vegetais submetidos a oscilações similares àquelas da movimentação atmosférica reduzem o crescimento primário e aumentam o crescimento secundário (NEEL e HARRIS, 1971; 1972; MITCHELL e MYERS, 1995; OSLER et al., 1996).

Segundo Telewski e Jaffe (1986), a redução no crescimento das plantas sujeitas a maior carga

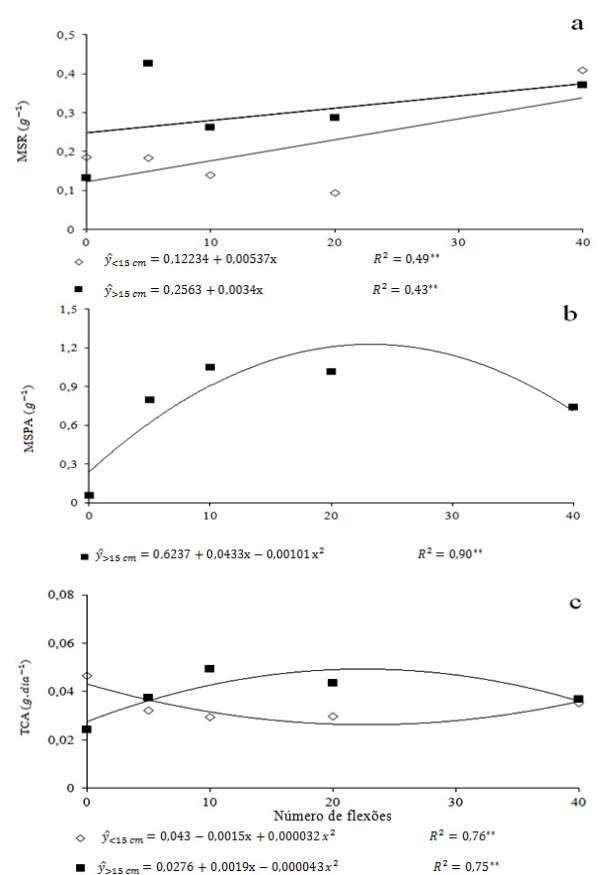


FIGURA 3: a) Incremento na massa seca de raiz (MSR); b) incremento na massa seca da parte aérea (MSPA); c) taxa de crescimento absoluto (TCA), em mudas de *Maytenus ilicifolia* com diferentes alturas submetidas ao estresse mecânico. \*, \*\*, ns Significativo a 5%, 1% ou não significativo pelo teste F.

FIGURE 3: a) Increment in root dry mass (RDM); b) in shoot dry mass (SDM), c) absolute growth rate (AGR) of *Maytenus ilicifolia* seedlings of different heights subjected to mechanical stimulus. \*, \*\*, ns Significant at 5 %, 1 % or not significant by F test.

mecânica pode estar associada à diminuição da área foliar e, conseqüentemente, à redução da capacidade fotossintética. Para Gomes e Paiva (2004), o peso da matéria seca da parte aérea indica a rusticidade e correlaciona-se diretamente com a sobrevivência e desempenho inicial das mudas após o plantio a campo.

A análise dos dados da taxa de crescimento

absoluto, com mudas maiores ou menores que 15 cm de altura (Figura 3-c), revelou que em até 20 flexões diárias ocorreu aumento na velocidade de crescimento tanto dos tecidos aéreos como dos radiculares. A taxa de crescimento absoluto indica a velocidade média de crescimento ao longo do período de observação (BENINCASA, 2003).

O estímulo da tigmomorfogênese varia entre os indivíduos da espécie e entre as espécies vegetais, tendo em vista que organismos adaptados a ambientes com movimentação atmosférica (vento) expressam resposta maior aos estímulos mecânicos do que outras não adaptadas (TELEWSKI e PRUYN, 1998). Plantas sem células sensoriais especializadas respondem também à perturbação mecânica. No entanto, aquelas reagem lentamente ao longo do tempo, alterando a morfologia bem como a taxa de crescimento (CHERAB et al., 2009).

Tecidos vegetais submetidos a qualquer situação de estresse apresentaram um aumento na atividade da peroxidase desencadeando processos fisiológicos que culminam na proteção celular contra reações oxidativas, na lignificação da parede celular, na oxidação de compostos fenólicos, na biossíntese de etileno, e na manutenção da integridade das membranas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O aumento no número de flexões caulinares resultou na redução linear da perda de eletrólitos das raízes (PER) em mudas de *Maytenus ilicifolia* (Figura 4). Um valor baixo de PER indica alta viabilidade dos tecidos radiculares permitindo a absorção de água para amenizar o choque pós-plantio. Mudas com altura maior ou menor que 15 cm submetidas a 40 flexões caulinares diárias mostraram redução no extravasamento de eletrólitos de até 24% e 38%, respectivamente, em contraste com as mudas do tratamento controle.

A distinção entre classes das mudas em função da altura pela perda de eletrólitos de raízes foi efetiva após 20 flexões caulinares diárias, cujas discrepâncias entre classes foram mais evidentes. Mudas categorizadas como pequenas (altura menor que 15 cm) por apresentarem menor valor para perda de eletrólitos de raízes, evidenciaram menor integridade das membranas em comparação com as mudas categorizadas como grandes (altura maior do que 15 cm), pois o sistema de reparo de membranas foi mais efetivo naquela classe, dado pela maior magnitude na redução do extravasamento de íons.

A degradação ocasionada pelo estresse leva à perda da capacidade da permeabilidade seletiva da membrana celular de tecidos radiculares

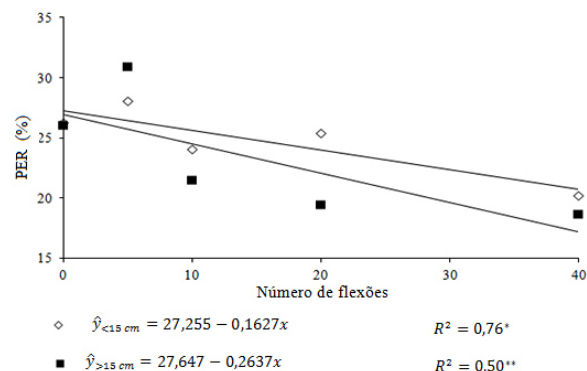


FIGURA 4: Perda de eletrólitos de raízes (PER) em mudas de *Maytenus ilicifolia* de diferentes alturas submetidas ao estresse mecânico. \*, \*\* Significativo a 5%, 1% pelo teste F.

FIGURE 4: Root electrolyte leakage (REL) of *Maytenus ilicifolia* seedlings of different heights subjected to mechanical stimulus. \*, \*\* Significant at 5 %, 1 by F test.

e, conseqüentemente, a de reter íons. Portanto, a quantificação dos íons que extravasam através das membranas celulares dos tecidos radiculares estima as condições de integridade celular dos mesmos (PALTA et al., 1977; FERNADES e SOUZA, 2006). O estímulo mecânico induz a uma deposição de substâncias osmoticamente ativas no sistema radicular como prolina e açúcares solúveis os quais conferem maior tolerância ao estresse por meio do ajustamento osmótico (GUO et al., 1999).

O estresse mecânico aplicado por meio de flexões caulinares durante a fase de rustificação de mudas é uma opção para promover a melhoria na qualidade de mudas, pela capacidade de manipulação das relações entre parte aérea e sistema radicular. Contudo, torna-se necessário investigar se as respostas observadas no viveiro mediante estudos de dose-resposta refletem em melhoria no estabelecimento das mudas a campo, além de torná-lo o método exequível para outras espécies e replicável em grandes áreas de produção de mudas.

## CONCLUSÕES

Flexões caulinares induzem alteração na morfometria de mudas de *Maytenus ilicifolia*, independentemente da altura inicial. A alteração na morfometria, aferida pelo teste da perda de

eletrólitos das raízes (PER), sugere maior rusticidade das mudas frente a estresses abióticos. Mudas de *Maytenus ilicifolia* com altura maior que 15 cm apresentaram maior velocidade no crescimento, redução no alongamento da parte aérea, e maior crescimento radial quando submetidas a 20 flexões caulinares diárias.

## AGRADECIMENTOS

Externamos nossos **agradecimentos** a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e CNPq pela concessão de bolsas de estudos e apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003, 41 p.
- BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii*- Engelm.** 2007. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.
- CORDEIRO, P. J. M.; VILEGAS, J. H. Y.; LANÇAS, F. M. HRGC-MS Analysis of terpenoids from *Maytenus ilicifolia* and *Maytenus aquifolium* (“espíneira santa”). **Journal of Brazilian Chemical Society**, v. 10, n. 6, p. 523-526, 1999.
- CARAMORI, P. H. et al. Efeitos do vento sobre mudas de caféiro mundo novo e catuaí vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 11, p. 1113-1118, 1986.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/UENF/FUPEF, 1995. 451 p.
- CHEHAB, E. W.; EICH, E.; BRAAM, J. Thigmomorphogenesis: a complex plant response to mechano-stimulation. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 1, p. 43-56, 2009.
- CLOSE, D. C.; BEDLE, C. L.; BROWN, P. H.; The physiological basis of containerised tree seedling ‘transplant shock’: a review. **Australian Forestry**, v. 68, n. 2, p. 112-120, 2005.
- DELCAMPO, A. D.; NAVARRO, R. M.; CEACERO, E. C. J. Seedling quality and field performance of commercial stocklots of containerized holm oak (*Quercus ilex*) in Mediterranean Spain: an approach for establishing a quality standard. **New Forests**, v. 39, n. 1, p. 19-37, 2010.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2006. p. 116-152.
- FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. et al. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 01, p. 01-11, 2011.
- GARNER, L. C.; BJORKMAN, T. Mechanical conditioning for controlling excessive elongation in tomato transplants: sensitivity to dose, frequency, and timing of brushing. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 121, n. 6, p. 894-900, 1996.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros Florestais - propagação sexuada** 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.
- GUO, Y. F. Ice storm damage to a sweetgum plantation fertilized with nitrogen and phosphorus. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 23, n. 4, p. 224-229, 1999.
- JACOBS, D. F. et al. (Eds.). **Nursery manual for native plants: Guide for tribal nurseries**. v. 1. United States Department of Agriculture, Forest Service, 2009. p. 217-228.
- JAFFE, M. J. Morphogenetic responses of plants to mechanical stimuli or stress. **Bioscience**, v. 30, n. 4, p. 239-243, 1980.
- JORGE, R. M. et al. Evaluation of antinociceptive, anti-inflammatory and antiulcerogenic activities of *Maytenus ilicifolia*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 94, n. 1, p. 93-100, 2004.
- MITCHELL, C. A.; MYERS, P. N. Mechanical stress regulation of plant growth and development. **Horticultural Reviews**, v. 17, p. 01-42. 1995.
- MUNISHI, P. K. T.; CHAMSHAMA, S. A. O. A study of wind damage on *Pinus patula* stands in southern Tanzania. **Forest Ecology and Management**, v. 63, n. 1, p. 13-21, 1994.
- NASCIMENTO, V. T. et al. Controle de qualidade de produtos à base de plantas medicinais comercializados na cidade do Recife-PE: erva-doce (*Pimpinella anisum* L.), quebra-pedra (*Phyllanthus spp.*), espíneira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart.) e camomila (*Matricaria recutita* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 7, n. 3, p. 56-64, 2005.
- NEEL, P. L.; HARRIS, R. W. Motion-induced inhibition of elongation and induction of dormancy in Liquidambar. **Science**, v. 173, n. 3991, p. 58-59, 1971.

- NEEL, P. L.; HARRIS, R. W. Tree seedling growth: effects of shaking. **Science**, v. 175, p. 918-919. 1972.
- OSLER, G. H. R.; WEST, P. W.; DOWNES, G. M. Effects of bending stress on taper and growth of stems of young *Eucalyptus regnans* trees. **Trees**, v. 10, n. 4, p. 239-246. 1996.
- PALTA, J. P.; LEVITT, J.; STADELMANN, E. J. Freezing injury in onion bulb cells. Evaluation of the conductivity method and analysis of ion and sugar efflux from injured cells. **Plant Physiology**, v. 60, n. 3, p. 393-397, 1977.
- PELTOLA, H. et al. Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: analysis of tree-pulling experiments in Finland. **Forest Ecology and Management**, v. 135, n. 1-3, p. 143-153, 2000.
- PRUYN, M. L.; EWERS, B. J.; TELEWSKI, F. W. Thigmomorphogenesis: changes in the morphology and mechanical properties of two *Populus* hybrids in response to mechanical perturbation. **Tree Physiology**, v. 20, n. 8, p. 535-540, 2000.
- SAEG. **Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TELEWSKI, F. W.; JAFFE, M. J. Thigmomorphogenesis: Anatomical, morphological and mechanical analysis of genetically different sibs of *Pinus taeda* in response to mechanical perturbation. **Physiologia Plantarum**, v. 66, n. 2, p. 219-226, 1986.
- TELEWSKI, F. W.; PRUYN, M. L. Thigmomorphogenesis: a dose response to flexing in *Ulmus americana* seedlings. **Tree Physiology**, v. 18, n. 1, p. 65-68, 1998.
- WILNER, J. Results of laboratory testes for winter hardiness of woody plants by electrolyte methods. **Proceedings American Society for Horticultural Science**, v. 66, p. 93-99, 1955.