

MORFOMETRIA E LIGNIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE ÁCIDO JASMÔNICO EM MUDAS DE IPÊ ROXO E GUAJUVIRA

Karina Heberle^{1*}, João Alexandre Lopes Dranski², Marlene de Matos Malavasi³,
Ubirajara Contro Malavasi³

SAP 19837 Data envio: 02/07/2018 Data do aceite: 15/08/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 3, jul./set., p. 317-325, 2018

RESUMO - A rusticificação objetiva expor as mudas a condições mais severas de manejo do que as adotadas na fase de crescimento a fim de torná-las mais tolerantes as adversidades do pós-plantio. Este trabalho objetivou avaliar o efeito da pulverização de concentrações de ácido jasmônico (AJ) em mudas de ipê roxo e guajuvira sobre a morfofisiologia e desempenho no campo. O experimento foi conduzido como delineamento inteiramente casualizado em viveiro e blocos casualizados a campo com mudas pulverizadas com 0,5, 1,0 e 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de ácido jasmônico mais a testemunha, sendo 20 mudas por tratamento, 5 repetições e 4 mudas por repetição. As análises a campo foram realizadas noventa dias após o plantio. Realizaram-se análises morfométricas, índice SPAD, relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, relação da biomassa seca da parte aérea/biomassa seca das raízes e índice de qualidade de Dickson (IQD). As mudas de ipê roxo externaram menor incremento em altura e relação altura e diâmetro para as três concentrações de AJ, comparadas à testemunha. Houve aumento no IQD, na concentração de lignina da parte aérea e da raiz, nas concentrações de 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Para as mudas de guajuvira, as concentrações de 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ incrementaram o diâmetro do coleto. Houve redução da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto para as três concentrações de AJ. Na avaliação do IQD e do teor de lignina da parte aérea, houve aumento com a concentração de 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ. A pulverização de AJ resultou no aumento de lignina nos tecidos aéreos de ambas as espécies e em tecidos radiculares em mudas de ipê roxo. O AJ mostrou-se eficiente na rusticificação e desempenho inicial a campo, sendo que a concentração de 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ resultou em maior qualidade para mudas de ipê roxo e 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ para mudas de guajuvira.

Palavras-chave: *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Patagonula americana* L., qualidade de mudas, regulador de crescimento, espécies lenhosas.

ABSTRACT - Hardening aims to expose seedlings to severe management conditions than those adopted during the growing phase in order to make it more tolerant to post-planting stresses. This work aimed to evaluate the effect of jasmonic acid (JA) on *Handroanthus impetiginosus* and *Patagonula americana* seedlings on the morphophysiology and initial field growth. The experiment consisted of a completely randomized design in the nursery and a randomized block in the field with four treatments (0, 0.5, 1.0 and 1.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ of JA) and five replications of four seedlings each. Ninety day after outplanting morphometric analyzes, SPAD index, shoot/root ratio (H/D), above/below ground dry biomass ratio and Dickson quality index (DQI) were calculated. Seedlings of *H. impetiginosus* showed smaller increment in height and H/D ratio for the three doses of JA compared to the control seedlings. H/D ratio was reduced with all doses of JA. The 1.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ of JA increased DQI and above ground tissue lignin. With guajuvira seedlings, applicatin of 1.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ and 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ increased stem diameter. There was a reduction in the H/D with the three doses of JA. In the evaluation of the DQI and lignin content of aboveground tissues there was an increase with the 1.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ concentracion. Spraying of JA resulted in increased lignin in aboveground tissues of both species and in root tissues of ipê seedlings. The JA proved to be efficient in hardening and initial growth with the 1.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ dose resulting in higher seedlings quality for ipê and the 1.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ dose for guajuvira seedlings.

Key words: *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Patagonula Americana* L., seedling quality, plant growth regulator, wood species.

INTRODUÇÃO

A demanda de mudas de espécies florestais lenhosas da flora nativa deve-se em grande parte à necessidade de reflorestamento e revegetação de áreas desmatadas a fim de minimizar os impactos ambientais e promover a manutenção da biodiversidade (BRASIL, 2017).

A produção de mudas para plantio em áreas ou ambientes adequados e que possuam características específicas, é essencial para a sobrevivência após o plantio, uma vez que as mudas geralmente são frágeis e necessitam de maior proteção inicial e de manejos especiais. Essas medidas visam obter maior uniformização no crescimento, tanto da altura quanto do sistema radicular, que, após o plantio, permitam que as mesmas

¹Bióloga, Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. E-mail: karinaheberle@gmail.com. *Autora para correspondência.

²Professor Doutor, Faculdade Educacional de Medianeira (FACEMED), Medianeira, Paraná, Brasil.

³Professor(a) Doutor(a), Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. E-mail: marlenemalavasi@gmail.com.

possam tolerar as condições adversas do local de plantio, sobrevivam e se desenvolvam adequadamente (GOMES et al., 2002).

A rustificação é a adoção de práticas que podem ser aplicadas isoladas ou conjuntamente durante a produção das mudas no viveiro com a finalidade de aumentar a tolerância das mudas aos estresses decorrentes do transporte, manejo, plantio e do pós-plantio. As práticas comumente adotadas em viveiros durante a rustificação das mudas compreendem a redução da densidade, a manipulação dos regimes de luz e temperatura, a redução da frequência de irrigação, a suspensão da fertilização nitrogenada e a poda de raízes ou da parte aérea (JACOBS; LANDIS, 2009).

Alternativamente, uma das formas encontradas para propiciar maior rusticidade durante a formação de mudas é a aplicação de reguladores vegetais. O ácido jasmônico e seus derivados jasmonatos são reguladores endógenos do crescimento vegetal que modulam a senescência de plantas, abscisão foliar, desenvolvimento de embriões e mecanismo de defesa, agindo como sinalizadores de estresse (KERBAUY, 2013).

A importância da lignina para a vida das plantas terrestres está relacionada à sua função protetora, de sustentação, e disruptiva no crescimento, desenvolvimento e respostas de defesa, dependendo do estresse que acomete a planta (MALAVASI et al., 2016).

A escolha das espécies propagadas para o ensaio justifica-se pelo fato de ambas possuírem importância econômica e florestal. *H. impetiginosus* é a espécie de ipê-roxo mais utilizada na arborização urbana de cidades por ser ornamental quando em floração e indicada em trabalhos de restauração de ecossistemas florestais (LORENZI, 2014). *P. americana* ou guajuvira é considerada de alto valor comercial, indicada para construção civil, obras externas, cabos de ferramentas, no paisagismo em geral, assim como, para reflorestamento (CARVALHO, 2003).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da aplicação exógena de ácido jasmônico na morfometria e no teor de lignina em mudas de ipê roxo e guajuvira.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho utilizou mudas de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC. Mattos) e de guajuvira (*Patagonula americana* L.) obtidas do viveiro da Itaipu Binacional localizado em Foz do Iguaçu (PR) e posteriormente encaminhadas ao viveiro do Refúgio Biológico de Santa Helena (PR). As mudas produzidas pela Itaipu foram obtidas a partir de sementes colhidas de no mínimo dez árvores matrizes de cada espécie, em diferentes locais da região oeste do Paraná.

O experimento foi conduzido em local com altitude média de 258 m e coordenadas geográficas de latitude de 24°51'37''S e longitude de 54°19'58''O. O clima local é caracterizado como subtropical úmido, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência à

concentração de chuvas nos meses de verão (KÖPPEN, 1948).

Em setembro de 2014, mudas com altura média 11 cm foram transferidas para tubetes de 180 cm³, preenchidos com substrato comercial com adição de 4 kg m⁻³ da formulação N₂P₂O₅K₂O (18-05-09) de liberação lenta e mantidas sob sombrite com 50% de sombreamento. Regas manuais foram realizadas uma vez ao dia no período da manhã.

As mudas ao atingirem altura de 15 cm e diâmetro do coleto maior do que 2 mm, as mudas de ambas as espécies foram mensuradas em altura e diâmetro do coleto e submetidas a sete pulverizações decendiais de ácido jasmônico nas concentrações: 0 (controle), 0,5, 1,0 e 1,5 µmol L⁻¹ abrangendo os meses de novembro de 2014 a janeiro de 2015. No preparo da calda acrescentou-se tensoativo não iônico na diluição de 0,3%. Para a aplicação utilizou-se um pulverizador manual sendo aspergido em média 3 mL da calda por muda, nas faces foliares adaxial e abaxial, antes do ponto de escorrimento da calda sobre a folha.

Os valores da umidade relativa e temperatura do ar durante a aplicação dos tratamentos foram obtidos diariamente com o auxílio de um termo higrômetro digital, a qual variou entre 22,8 a 30 °C, e a umidade relativa do ar entre 55 e 87%.

Dez dias após o término da aplicação dos tratamentos (fase de viveiro) mensurou-se novamente as mudas e calculou-se os incrementos na altura, através de régua graduada, e no diâmetro do coleto, mensurado por um paquímetro digital, assim como foi contabilizado o número de folhas e realizou-se a quantificação da biomassa radicular e aérea por meio da secagem em estufa a 65 °C com circulação de ar por 48 h, utilizando dez mudas por tratamento. Ao final da fase de viveiro foi avaliado também o índice SPAD com leituras realizadas na face adaxial em três folhas por muda localizadas no terço superior, médio e inferior. Complementarmente, foram calculados a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (índice de robustez), a relação do peso de matéria seca da parte aérea/ radicular e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

A lignina dos tecidos aéreos e radiculares foi quantificada através do método de extração de lignina por detergente ácido (LDA), proposto por Van Soest (1994) em quatro repetições de 0,5 g de tecido vegetal e os resultados expressos em porcentagem.

Dez dias após a aplicação dos tratamentos, em fevereiro de 2015, realizou-se o plantio de quarenta mudas (correspondentes a dez mudas por tratamento) de cada espécie em área experimental no município de Santa Helena (PR). De acordo com a EMATER (2006), a tipologia do solo é composta por Latossolo roxo eutrófico (45%), terra roxa estruturada eutrófica (45%) e solos litólicos eutróficos (10%).

Na fase do experimento a campo a temperatura média do ar variou de 19,1 a 26,6°C, a umidade média de 75 a 80,6% e a precipitação de 83 a 239,2 mm, de

fevereiro a maio de 2015, de acordo com o Instituto Meteorológico do Paraná (SIMEPAR, 2016).

Para a implantação do experimento foi realizada roçada mecânica da área. No plantio utilizou-se um espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas, em covas de aproximadamente 0,30 m de profundidade com fertilização de base de 100 g por cova de NPK 5-25-25. O controle de plantas daninhas através de roçada mecânica e o coroamento das mudas num raio de 0,60 m foram realizados a cada 30 dias.

Noventa dias após o plantio foram avaliados a porcentagem de sobrevivência e os incrementos na altura e diâmetro do coleto das mudas sobreviventes, bem como calculada a relação entre altura e diâmetro (índice de robustez).

O experimento foi composto por delineamento inteiramente casualizado, conduzido em viveiro e blocos casualizados a campo, contendo 4 tratamentos, sendo 20 mudas por tratamento, 5 repetições e 4 mudas por repetição.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade (Bartlett e qui-quadrado), para posterior análise de variância. A análise dos dados foi realizada com o auxílio do programa estatístico Statistic (STATSOFT, 2005) e os gráficos gerados a partir da análise de variância e as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As aplicações de ácido jasmônico (AJ) em mudas de ipê roxo resultaram em alteração ($p < 0,05$) das variáveis

incremento em altura (IH), relação altura/diâmetro (H/D), índice de qualidade de Dickson (IQD) e teor de lignina. Os valores de 1,39 e 3,10 g foram verificados para as biomassas secas da parte aérea e radicular, respectivamente, com taxa de crescimento em diâmetro de 0,8 mm, média de 9,7 folhas e índice SPAD de 10,73.

O índice relativo de clorofila (SPAD) pode ser relacionado ao monitoramento do aporte de nutrientes das mudas, pois através da medida dos teores de pigmentos pode-se ter uma noção dos teores de nitrogênio da planta, pela intensidade do verde e o teor de clorofila está relacionado com a concentração de N na folha (MARENCO; LOPES, 2007). Portanto, a redução do teor de clorofilas medido pelo índice SPAD nas mudas com ou sem tratamento com AJ, pode estar ligada à deficiência desse nutriente no substrato ou pelo tempo de vida foliar.

Espécies de rápido crescimento, quando comparadas com outras espécies nativas, a exemplo do ipê roxo, possuem baixa longevidade foliar devido ao balanço entre taxa fotossintética saturada pela luz, respiração no escuro, área foliar específica e o conteúdo de nitrogênio disponível (EDWARDS et al., 2014), logo a redistribuição do nitrogênio é uma estratégia de aproveitamento deste nutriente no corpo do vegetal, quando o balanço de carbono após a maturidade da folha torna-se desfavorável a manutenção do órgão.

A análise dos resultados revelou uma redução média no incremento em altura de 54,05% em mudas de ipê roxo com aplicações de AJ (Figura 1) em relação as mudas controle.

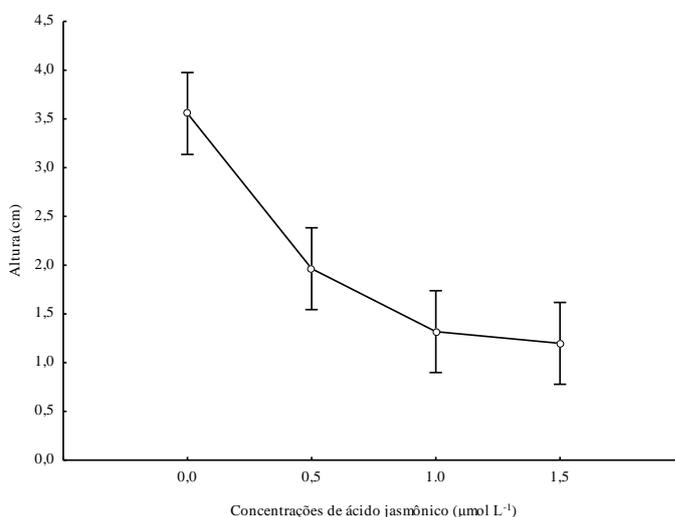


FIGURA 1 - Incremento na altura de mudas de ipê roxo em função das concentrações de ácido jasmônico.

Os resultados do presente experimento são similares aos de Cadorin et al. (2015) que reportaram uma redução de 42% do incremento em altura em relação ao tratamento controle em mudas de louro-pardo [*Cordia trichotoma* ((Vell.) Arrab. ex Steud)] submetidas a metil jasmonato na concentração de 50 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

A altura das mudas exerce importante papel na sobrevivência e desenvolvimento nos primeiros anos após o plantio, sendo que durante a rusticificação são condicionadas ao campo através da redução da velocidade de crescimento aéreo, promovendo equilíbrio com o sistema radicular. Portanto, mudas muito altas apresentam desempenho insatisfatório. Além disso, o diâmetro de

colete deve ser compatível com a altura, para que o desempenho no campo corresponda às expectativas de crescimento e sobrevivência (GOMES et al., 2002).

O ácido jasmônico ao promover a síntese de etileno, induz a alteração da conformidade da parede celular, por inibir o transporte de auxinas na região do alongamento celular, resultando em caules mais curtos (BJÖRKLUND, 2007). Fonseca et al. (2002) afirmaram que a rusticificação de mudas visa a redução na sua altura, sem que haja prejuízos na biomassa produzida, tanto aérea como radicular, como constatado neste trabalho, visto que houve redução do incremento em altura, porém os tecidos aéreos e radiculares não foram afetados pelos tratamentos.

Quanto à relação altura/diâmetro do coleto (H/D) houve redução de 70,06% em comparação as mudas controle, independente da concentração aplicada (Figura 2). A redução dos valores da relação H/D é resultado da redução na taxa de crescimento em altura, que foi significativamente reduzida com a pulverização de ácido jasmônico, tendo em vista que a taxa de crescimento em diâmetro não foi afetada.

Segundo Silva et al. (2007) a tendência dos indivíduos que possuem elevados valores da relação altura/diâmetro é que sejam menos resistentes à sobrevivência em campo, levando em conta as condições que são impostas pelos fatores ambientais.

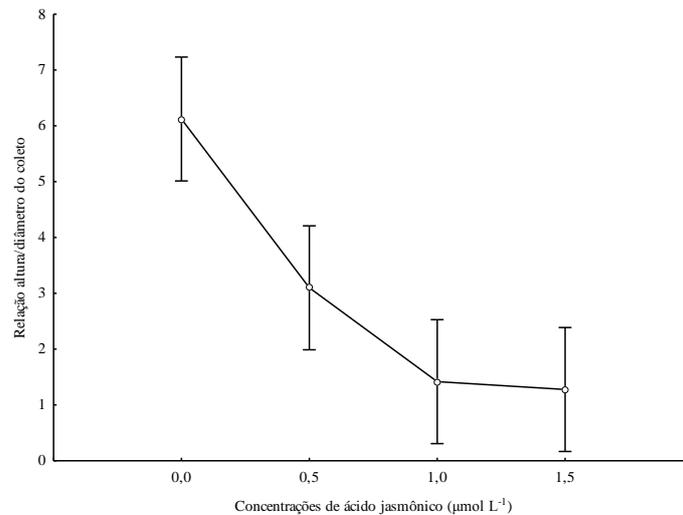


FIGURA 2 - Relação altura e diâmetro em mudas de ipê roxo em função das concentrações de ácido jasmônico.

O índice de qualidade de Dickson calculado com dados das mudas submetidas aos tratamentos com $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ (Figura 3) resultou em um valor 311,76% maior que as mudas controle.

Estudando o padrão de qualidade de mudas, Fonseca et al. (2002) avaliaram os parâmetros

morfológicos das mudas, relacionando ao índice de qualidade de Dickson. Mudas desenvolvidas, que apresentam maiores alturas da parte aérea, com redução do IQD e aumento na relação altura e diâmetro do coleto, apresentam qualidades inferiores.

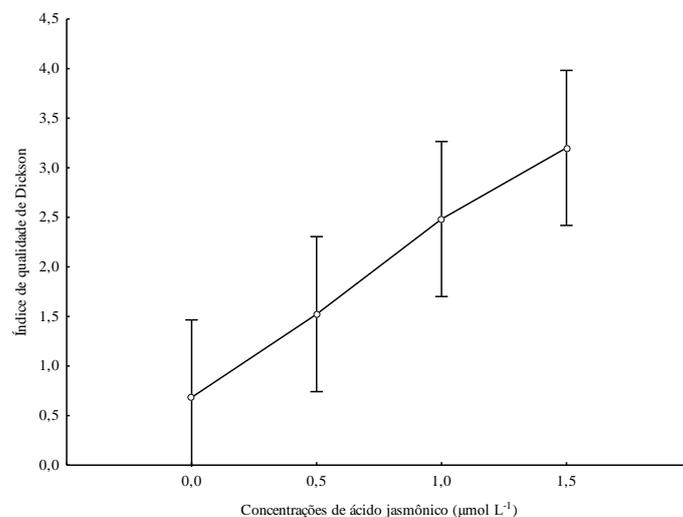


FIGURA 3 – Índice de qualidade de Dickson em mudas de ipê roxo em função das concentrações de ácido jasmônico.

O IQD é considerado um índice de robustez e do equilíbrio na distribuição da biomassa, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes, empregados na avaliação da qualidade das mudas (FONSECA et al., 2002).

As aplicações de AJ contribuíram para o aumento do teor de lignina nos tecidos aéreos de ipê roxo. O AJ mostrou efeito significativo ($P < 0,05$) nas concentrações de 1 e 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ aumentando a lignina em média 23,65%

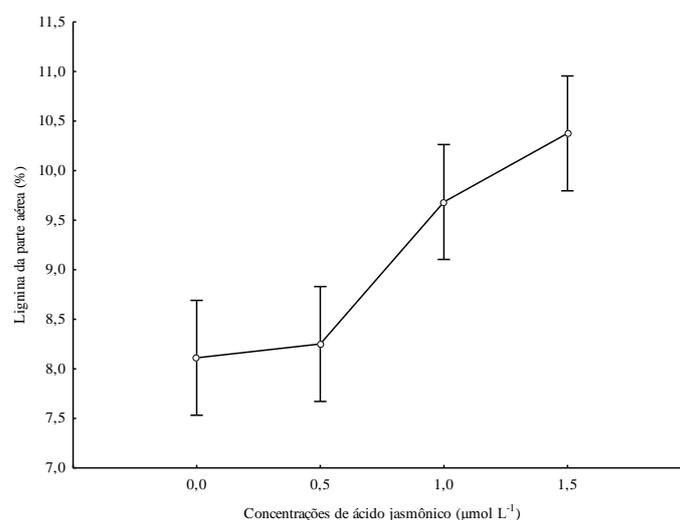


FIGURA 4 - Teor de lignina na parte aérea em mudas de ipê roxo em função das concentrações de ácido jasmônico.

Além de desempenhar papel importante na absorção, transporte e secreção de substâncias, a deposição de lignina na parede celular é responsável pela resistência mecânica de vegetais e é uma das principais formas de defesa da planta. Em geral, a parede celular se torna lignificada quando há um decréscimo da expansão celular, pois durante o processo de lignificação, a enzima Fenilalanina Amônia-liase (PAL) influencia diretamente no acúmulo de lignina, inibindo o crescimento da planta (MALAVASI; DAVIS; MALAVASI, 2016).

O processo metabólico de deposição de lignina na parede celular é necessário em todos os tecidos das plantas, e é uma etapa importante durante a expansão celular e o crescimento da raiz (BUCHANAN et al., 2000). O ácido jasmônico é uma das moléculas sinalizadoras que promove a ativação da expressão da PAL. A PAL é a primeira enzima da via fenilpropanóides, que converte o aminoácido fenilalanina em ácido cinâmico, sendo relacionada com a síntese de lignina nas paredes celulares da maioria das espécies vegetais (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Kavalier (2000) estudando o efeito do metil jasmonato na ativação e aumento da concentração da PAL

comparada aquela obtida das mudas testemunha (Figura 4).

A lignificação é um mecanismo comum de defesa das plantas, por liberarem em resposta aos estresses fenilpropanóides que provocam enrijecimento das paredes celulares, além de causarem diversos processos de oxidações com formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) diminuindo o crescimento vegetal (JUNG, 2004).

em *Brassica rapa*, observou que, borrifando 2 $\mu\text{mol L}^{-1}$, ocorreu um aumento de antocianina. Com o aumento na síntese de dímeros de ácidos fenólicos na parede celular ocorrem ligações de polissacarídeos, ocasionando aumento da rigidez e síntese de lignina nas raízes (SANTOS et al., 2004).

Nas plantas a presença de lignina é essencial para as junções entre células vizinhas, expansão e enrijecimento dos tecidos, promovendo uma barreira física eficiente contra a invasão de micro-organismos (BOUDET, 2000). Levando em conta a quantidade de lignina na raiz, pressupõe-se que em maior quantidade ofereça à planta maior sustentação no solo.

Com as aplicações de ácido jasmônico (AJ) em mudas de guajuvira, houve efeito significativo ($p < 0,05$) para incremento no diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro (H/D), índice de qualidade de Dickson (IQD) e teor de lignina da parte aérea. Mudas da espécie de guajuvira responderam aos tratamentos com ácido jasmônico, resultando em um aumento no incremento em diâmetro em 110,7% para os tratamentos com 1,0 e com 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ em relação ao tratamento controle (Figura 5).

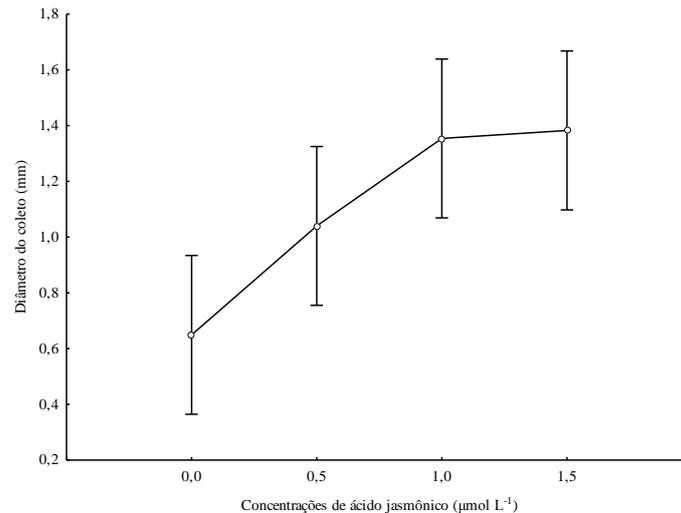


FIGURA 5 - Incremento no diâmetro do coleto de mudas de guajuvira em função das concentrações de ácido jasmônico.

Mudas que possuem diâmetro muito pequeno tendem a apresentar dificuldades em se estabelecer à campo, pois encontram maior dificuldade em se manter eretas. Há ainda um agravante em mudas que apresentam diâmetro de colo muito menor em relação à mudas com alturas maiores, pois são consideradas com menor qualidade em relação às com maiores diâmetros e menores alturas. Sendo assim, o diâmetro do coleto é um dos parâmetros mais importantes para determinar a qualidade de mudas, e com o qual se pode obter uma correlação positiva com a porcentagem de sobrevivência das mudas em campo (STURION; ANTUNES, 2000).

Del Campo et al. (2010), reportam que mudas de *Quercus ilex* L. com maior diâmetro de coleto, em geral, apresentaram maior sobrevivência, principalmente por apresentarem maior capacidade de formação de novas raízes.

Cadorin et al. (2015) verificaram que independentemente do método rustificativo que foi aplicado por 4 ou 8 semanas (concentrações de metil jasmonato e flexões caulinares), foi observado um aumento médio de 102% no crescimento em diâmetro do coleto em mudas de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, quando comparado ao tratamento controle.

A relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/D), resultou em diferenças significativas ($p < 0,05$) em função das concentrações de AJ aplicadas, sendo que houve redução de 46,9% no tratamento com 0,5 µmol L⁻¹ de AJ, 74,84% no tratamento com 1 µmol L⁻¹ e 77,46% no tratamento com 1,5 µmol L⁻¹ comparados ao tratamento controle. De acordo com Gomes et al. (2002), a qualidade da muda pode ser analisada com base nos resultados obtidos pelo diâmetro e altura da muda, pois são esses parâmetros utilizados em conjunto que contribuem com aproximadamente 33% para a qualidade das mudas, sendo recomendado também por ser um método de fácil avaliação e não destrutivo.

De acordo com Haase (2008), a relação H/D pode ser definida também como coeficiente de robustez, sendo que a qualidade é relacionada aos menores valores, pois quanto maior o valor maior de H/D maior a falta de proporcionalidade altura e diâmetro das mudas.

O cálculo do índice de qualidade de Dickson resultou em diferenças entre a testemunha e os demais tratamentos de aplicação de ácido jasmônico para guajuvira, aumentando de forma significativa no tratamento com 1,0 µmol L⁻¹, à semelhança do tratamento com 1,5 µmol L⁻¹ de AJ. O tratamento com aplicação de 1 µmol L⁻¹ teve aumento de 191,95% em relação ao tratamento controle.

O IQD é caracterizado como um bom indicador de qualidade de mudas pois o mesmo utiliza para seu cálculo a robustez (relação H/D) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação biomassa seca da parte aérea e biomassa seca das raízes), ponderando os resultados de várias características morfológicas importantes empregadas para avaliação da qualidade. Quanto maior o índice de qualidade de Dickson, melhor a qualidade das mudas. A literatura evidencia que o IQD é uma característica variável, em função da espécie, do manejo, do substrato, do volume do recipiente, da idade da muda avaliada (CALDEIRA et al., 2007).

Com as aplicações de AJ houve aumento do teor de lignina na parte aérea em mudas de guajuvira (Figura 6). O AJ quando aplicado na sua menor concentração de 0,5 µmol L⁻¹ não resultou em efeito significativo, enquanto a concentração de 1,0 µmol L⁻¹ expressou um aumento de 27,55% de lignina quando comparada à testemunha. Com relação a lignificação no sistema radicular não houve aumento significativo em mudas dessa espécie.

Em trabalho realizado por Monteiro et al. (2012) com aplicação de AJ em mudas de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, quando aplicado na sua menor concentração de 1,0 µmol L⁻¹ teve um resultado relevante aumentando consideravelmente o teor de lignina para 41,56 %, em

relação à testemunha com 26,43%. Na concentração de $2 \mu\text{mol L}^{-1}$, o AJ teve um efeito inibitório reduzindo a lignina para 20,49%, abaixo da testemunha.

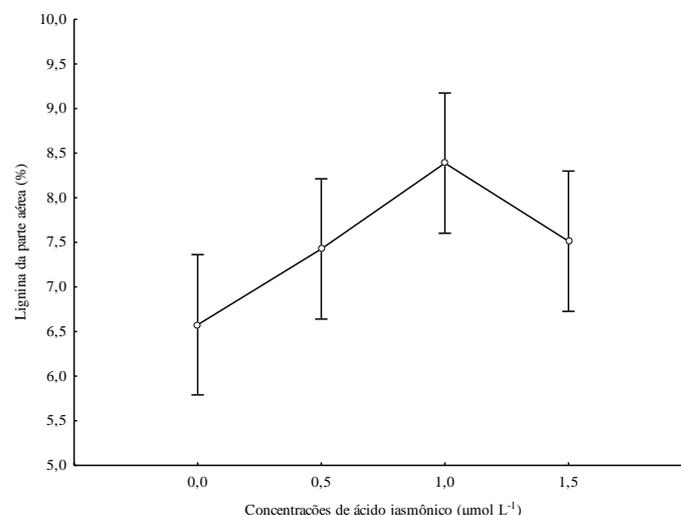


FIGURA 6 - Teor de lignina na parte aérea de mudas de guajuvira em função das concentrações de ácido jasmônico.

A rigidez mecânica da lignina promove fortalecimento do caule e do tecido vascular, possibilitando que a água e os sais minerais sejam conduzidos através do xilema sob pressão negativa, sem que haja colapso do tecido (YAMADA; CASTRO, 2007). A sobrevivência das mudas de ipê roxo e guajuvira após 3 meses de plantio a campo foi de 100%.

A avaliação do crescimento em mudas de ipê roxo em campo, aos 90 dias do plantio indicou que as

pulverizações com AJ afetaram apenas a taxa de crescimento em diâmetro do coleto (Tabela 1). Para os demais parâmetros não houve alteração ($P > 0,05$) cujos valores finais foram de 18,1 cm de altura com 50,3 folhas e índice de robustez de 4,38. Na avaliação do incremento em diâmetro do coleto em mudas de ipê roxo após 90 dias do plantio a campo, constatamos um aumento de 56,59% nas mudas submetidas ao tratamento com $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ comparado as mudas controle.

TABELA 1 - Valores médios iniciais das variáveis morfométricas em mudas de ipê roxo e guajuvira antes do plantio a campo.

Espécies	H (cm)*	DC (mm)	NF
Ipê roxo	16,70	4,20	29,60
Guajuvira	17,70	6,50	47,00

H = altura da muda, DC = diâmetro do coleto e NF = número de folhas.

Vários autores que trabalharam com metil jasmonato observaram que o mesmo induz a produção de etileno em diversos órgãos das plantas. Um dos efeitos do etileno é a redução do crescimento de plantas pois promove redução no transporte de auxinas, reorganização de microtúbulos e microfibrilas de celulose da parede celular para uma posição longitudinal, resultando em redução de altura e espessamento do caule (KERBAUY, 2013). Dranski et al. (2013) ao aplicarem etefon em mudas de *Pachystroma longifolium* (Ness). I.M. Johnst obtiveram aumento no diâmetro de coleto de até 44% com aplicação de $600 \mu\text{g L}^{-1}$.

As aplicações de ácido jasmônico em mudas de guajuvira resultaram em efeito significativo ($P < 0,05$) na análise do crescimento a campo para a relação altura/diâmetro (H/D). Após 90 dias do plantio, as mudas dos diferentes tratamentos apresentaram uma mesma velocidade de crescimento primário e secundário. A redução na relação H/D deve-se aos efeitos obtidos após a rustificação ainda no viveiro, visto que as variáveis

incremento em altura, incremento em diâmetro do coleto e número de folhas, não externaram significância e possuíram uma altura média de 23,2 cm e 7 mm de diâmetro do coleto, com 141,6 folhas.

A análise dos resultados da relação H/D indicou que os menores valores foram calculados em mudas que receberam as maiores concentrações de ácido jasmônico durante as pulverizações em viveiro ($1,0$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$), sugerindo que as mudas submetidas a maior concentração de ácido jasmônico apresentaram maior qualidade em comparação às demais.

Comparando com o tratamento controle, houve uma redução na relação H/D de 53,14% no tratamento com $1,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ e de 59,62% no tratamento com a concentração de $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ. Segundo Rosa et al. (2009) um dos parâmetros de qualidade de mudas de espécies florestais considerado importante é a relação H/D pois reflete o acúmulo de reservas, o que assegura maior resistência e melhor fixação no solo.

Mudas que apresentam baixo diâmetro do coleto geralmente possuem dificuldades de se manterem eretas após o plantio. Portanto, essa variável é reconhecida como um dos melhores, se não o melhor indicador do padrão de qualidade de mudas (CUNHA et al., 2005).

A altura combinada com o diâmetro do coleto é considerada uma das mais importantes características para estimar o crescimento das mudas após o plantio a campo e uma baixa relação altura/diâmetro do coleto garante às mudas maior sobrevivência e crescimento (GOMES; PAIVA, 2004; CUNHA et al., 2005).

CONCLUSÕES

A avaliação do efeito da pulverização exógena de ácido jasmônico na biossíntese de lignina resultou em aumento da concentração nos tecidos aéreos e radiculares em mudas de ipê roxo e nos tecidos aéreos de mudas de guajuvira.

O ácido jasmônico pode ser eficiente em promover a rustificação e melhorar o desempenho inicial a campo, sendo que a concentração de 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ resultou em maior qualidade das mudas de ipê roxo e a concentração de 1,0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ resultou em maior qualidade para mudas de guajuvira no viveiro e com ganho no desenvolvimento inicial a campo.

REFERÊNCIAS

- BJÖRKLUND, S. **Plant hormones in wood formation, novel insights into the roles of ethylene and gibberellins**. 2007. 53p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Swedish University Swedish of Agricultural Sciences, Umeå, SWE, 2007.
- BOUDET, A.M. Lignins and lignification: selected issues. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.38, n.1-2, p.81-96, 2000.
- CADORIN, D.A.; MALAVASI, U.C.; COUTINHO, P.W.R.; DRANSKI, J.A.L.; MALAVASI, M.M. Metil jasmonato e flexões caulinares na rustificação e crescimento inicial de mudas de *Cordia trichotoma*. **Cerne**, v.21, n.4, p.657-663, 2015.
- CALDEIRA, M.V.W.; MARCOLIN, M.; MORAES, E.; SCHAADT, S.S. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. **Ambiência**, v.3, n.3, p.1-8, 2007.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1a. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v.1, 1039p.
- CUNHA, A.O.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, J.A.L.; SOUZA, V.C. Efeito dos substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex D. C.) Standl. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.507-516, 2005.
- DEL CAMPO, 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.
- DRANSKI, J.A.L.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M.; JACOBS, D.F. Effect of ethephon on hardening of *Pachystroma longifolium* seedlings. **Revista Árvore**, v.37, n.3, p.401-407, 2013.
- EDWARDS, E.J.; CHATELET, D.S.; SACK, L.; DONOGHUE, M.J. Leaf life span and the leaf economic spectrum in the context of whole plant architecture. **Journal of Ecology**, v.102, n.2, p.328-336, 2014.
- EMATER. INSTITUTO PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO PARANÁ. 2006. Disponível em: <www.emater.pr.gov.br>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- FONSECA, E.P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N.A.N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.
- GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3a. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116p.
- HAASE, D.L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters Notes**, v.52, n.2, p.24-30, 2008.
- JACOBS, D.F.; LANDIS, T.D. **Nursery manual for native plants: Guide for tribal nurseries**. v.1. United States Department of Agriculture, Forest Service, 2009. 302p.
- JUNG, S. Effect of chlorophyll reduction in Arabidopsis thaliana by methyl jasmonate or norflurazon on antioxidant systems. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.42, n.42, p.225-231, 2004.
- KAVALIER, A. **The effects of methyl jasmonate on the anthocyanin content and growth rates of the Wisconsin fast plants Brassica rapa**. Research performed at the College of Charleston. Charleston: College of Charleston. 2000.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. 452p.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. Com um estudo de los climas de la tierra. México: FCE, 1948. 478p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Saraiva: Plantarum, v.1, 6a. ed., 2014.
- MALAVASI, U.C.; DAVIS, A.S.; MALAVASI, M.M. Lignin in woody plants under water stress: a review. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.4, p.589-597, 2016.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2a. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 469 p.
- MONTEIRO, M.B.O.; PEREIRA, R.P.W.; ABREU, H.S. Análise composicional por espectrometria de infravermelho da lignina de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake tratados com reguladores de crescimento.

Biochemistry and Biotechnology Reports, v.1, n.2, p.48-56, 2012.

ROSA, L.; VIEIRA, T.A.; SANTOS, D.S.; SILVA, L.C.B. Emergência, crescimento e padrão de qualidade de mudas de *Schizobium amazonicum* Huber ex Ducke sob diferentes níveis de sombreamento e profundidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, v.52, n.1, p.87-98, 2009.

SANTOS, W.D.; FERRARESE, M.L.L.; FINGER, A.; TEIXEIRA, A.C.N.; FERRARESEFILHO, O. Lignification and related enzymes in soybean root growth-inhibition by ferulic acid. **Journal of Chemical Ecology**, v.30, n.6, p.1199-1208, 2004.

SILVA, R.R.; FREITAS, G.A.; SIEBENEICHLER, S.C.; MATA, J.F.; CHAGAS, J.R. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. **Acta Amazonica**, v.37, n.3, p.365-370, 2007.

STATSOFT, INC. STATISTIC. **Data analysis software system**. Version 7.1. 2005.

STURION; J.A.; ANTUNES, B.M.A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Colombo, **Embrapa Florestas**, p.125-150, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5a. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2a. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

YAMADA, T.; CASTRO, P.R.C. **Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas**. Encarte do Informações Agronômicas, n.119, 2007. 32p.