

Agentes químicos na produção de mudas de elevada qualidade de *Schizolobium amazonicum*

Chemical agents in the production of high quality seedlings of *Schizolobium amazonicum*

Agentes químicos en la producción de plántulas de alta calidad de *Schizolobium amazonicum*

Recebido: 06/07/2020 | Revisado: 14/07/2020 | Aceito: 18/07/2020 | Publicado: 01/08/2020

Adriana Hernandes Pinto Matos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8503-321X>

Centro Universitário UNA, Brasil

E-mail: adriana-hpinto@hotmail.com

Abimael Gomes da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7146-9226>

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

E-mail: ag.silva@unesp.br

Flávio Ferreira da Silva Binotti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2248-8954>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: binotti@uems.br

Edilson Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7146-9226>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: edilson.costa@uems.br

Eliana Duarte Cardoso Binotti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7146-9226>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: elianaduarte@uems.br

Resumo

Objetivou-se avaliar o crescimento e qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) sob tratamento pré-germinativo de semente e aplicação foliar de agentes químicos durante a formação. O experimento foi realizado no laboratório de análises de sementes e casa de vegetação da Universidade Estadual de Mato Grosso do

Sul/Unidade Universitária de Cassilândia-MS. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x3, sendo constituído por dois tratamentos pré-germinativos por hidratação das sementes (TS1 – água e TS2 – nitrato de cálcio 0,2%) e três agentes químicos fornecidos via foliar (TF1 – testemunha sem tratamento, TF2 – Bioestimulante composto por giberelina 0,1% + auxina 0,2% + nitrato de cálcio 0,2% e TF3 – mistura contendo paclobutrazol 0,01% + uréia 0,2%) com 10 repetições por tratamento e 6 plantas por repetição. Aos 45 dias foi realizada as primeiras medições e a avaliação final foi realizada aos 60 dias (período de plantio das mudas no campo). O tratamento de sementes com nitrato de cálcio produziu mudas com qualidade semelhante as mudas originadas de sementes que foram hidratadas somente com água. O uso de paclobutrazol e nitrogênio na aplicação foliar resultou em mudas de elevada qualidade de *Schizolobium amazonicum*.

Palavras-chave: Aplicação foliar; Cultivo protegido; Inibidor de crescimento; Tecnologia de sementes.

Abstract

The objective was to evaluate the growth and quality of *Schizolobium amazonicum* seedlings (Huber ex Ducke) under pre-germinative seed treatment and foliar application of chemical agents during formation. The experiment was carried out in the seed analysis laboratory and vegetation house at the Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/Unidade Universitária de Cassilândia -MS. A completely randomized design was used, in a 2x3 factorial scheme, consisting of two pre-germinative treatments for seed hydration (ST1 - water and ST2 - 0.2% calcium nitrate) and three chemical agents supplied via leaf (FT1 - control without treatment, FT2 - Biostimulant composed of 0.1% gibberellin + 0.2% auxin + 0.2% calcium nitrate and FT3 - mixture containing 0.01% paclobutrazol + 0.2% urea) with 10 replicates per treatment and 6 plants per repetition. At 45 days the first measurements were made and the final evaluation was made at 60 days (planting period of seedlings in the field). The treatment of seeds with calcium nitrate produced seedlings with similar quality to seedlings originated from seeds that were hydrated only with water. The use of paclobutrazol and nitrogen in foliar application resulted in seedlings of high quality of *Schizolobium amazonicum*.

Keywords: Leaf application; Protected cultivation; Growth inhibitor; Seed technology.

Resumen

El objetivo fue evaluar el crecimiento y la calidad de las plántulas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) bajo tratamiento de semillas pregerminativo y aplicación

foliar de agentes químicos durante la formación. El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de análisis de semillas y en el casa de vegetación en la Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/Unidade Universitária de Cassilândia -MS. Se usó un diseño completamente al azar, en un esquema factorial 2x3, que consta de dos tratamientos pregerminativos para la hidratación de semillas (TS1 - agua y TS2 - 0.2% de nitrato de calcio) y tres agentes químicos suministrados a través de la hoja (TF1 - control sin tratamiento, TF2 - Bioestimulante compuesto por 0.1% de giberelina + 0.2% de auxina + 0.2% de nitrato de calcio y TF3 - mezcla que contiene 0.01% de paclobutrazol + 0.2% de urea) con 10 repeticiones por tratamiento y 6 plantas por repetición. A los 45 días se realizaron las primeras mediciones y la evaluación final se realizó a los 60 días (período de siembra de plántulas en el campo). El tratamiento de semillas con nitrato de calcio produjo plántulas de calidad similar a las plántulas originadas a partir de semillas que fueron hidratadas solo con agua. El uso de paclobutrazol y nitrógeno en la aplicación foliar dio como resultado plántulas de alta calidad de *Schizolobium amazonicum*.

Palabras clave: Aplicación foliar; Cultivo protegido; Inhibidor del crecimiento; Tecnología de semillas.

1. Introdução

O *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) pertence à família Leguminosae sendo uma espécie arbórea que possui o tronco reto (Sousa et al., 2005). Por ser um vegetal de rápido crescimento e resiliente para a desfolha (Duarte et al., 2016), características adequadas para cultivo comercial, que se destina a extração da madeira, reflorestamento e/ou consórcio agrossilvipastoril (Cordeiro et al. 2002; Silva & Sales, 2018), dessa forma, seu cultivo tem conquistado mais áreas. Essa expansão tem aumentado a exigência de controle da qualidade de sementes e das mudas. Para tal, tecnologias e técnicas são utilizadas, e dentre elas se destacam o uso de sementes vigorosas, substratos adequados, manejo de pragas e doenças, aplicação de nutrientes foliares, reguladores de crescimento, entre outras.

O uso de tratamentos pré-germinativos pode beneficiar a expressão do potencial fisiológico das sementes, proporcionando uma emergência rápida e uniforme que resulte na adequada arquitetura vegetal e na produção satisfatória (Marcos Filho, 2015). De acordo com Batista et al. (2015) o fornecimento de nutrientes via tratamento de sementes proporcionou maior desempenho inicial de plântulas e interferiu na velocidade na emergência e no maior acúmulo de massa seca pelas plântulas.

A administração de reguladoras de crescimento associadas aos nutrientes é capaz de alterar a arquitetura vegetal e resultar na melhoria da eficiência da absorção de água e nutrientes (Binotti et al., 2019; Brito et al., 2016; Milfont et al., 2008; Vieira & Castro 2001). O paclobutrazol, PBZ, atua como um regulador de crescimento agindo de forma antagônica à giberelina sendo utilizado para controlar o crescimento vegetativo, o que muda partição de fitomassa seca na produção, de mudas, possibilitando uma maior relação da mesma no sistema radicular em relação a parte áere do vegetal (Binotti et al., 2019). A paralização ou diminuição do crescimento em altura ocorre pela ação do regulador em rotas metabólicas, principalmente na inibição da síntese de giberelinas, hormônio que é responsável pelo crescimento (Parladore et al., 2019, Taiz, et al., 2017, Vaz et al. 2012).

O fornecimento de PBZ pode ocorrer por meio de aplicação via solo (Milfont et al., 2008), onde é absorvido pelas raízes, ele se move pelo xilema indo para folhas e brotos. Essa substancia pode ser administrada também por aplicação foliar (Benett et al. 2014) e está relatado que sua administração resultou em vegetais com menor porte mas com maior eficiência na produção de grãos (Gitti et al., 2012), frutos (Seleguini et al., 2016), maior índice SPAD (Brito et al., 2016). De acordo com Binotti et al. (2019) e Brito et al. (2016), a alteração da arquitetura vegetal ocorre com o uso desse inibidor de crescimento pois esse causa o translocamento da energia, que seria utilizada para o crescimento vegetativo, para outra parte da planta e resulta no aumento da relação raiz e parte aérea (Siqueira et al., 2008) e na produção de mudas de elevada qualidade (Cardoso et al., 2018, Santos et al., 2018).

Diante desses pressupostos e da necessidade de estudos que contribuam com a produção de mudas de qualidade de espécies arboreas, objetivou-se avaliar o crescimento e qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) sob tratamento pré-germinativo de semente e aplicação foliar de agentes químicos durante a formação.

2. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido ambiente de cultivo da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Cassilândia, no período de junho a agosto 2016. O local possui latitude de $-19,1225^{\circ}$ ($= 19^{\circ}07'21''$ S), longitude de $-51,7208^{\circ}$ ($= 51^{\circ}43'15''$ W) e altitude de 516 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, apresenta clima tropical, com verão chuvoso e inverno seco.

As sementes de *Schizolobium amazonicum* foram adquiridas de viveiro comercial Houve escarificação com o auxílio de esmeril para retirada parcial da lateral do tegumento,

procedimento necessário para a superação de dormência. A viabilidade das sementes foi avaliada, antes da instalação dos experimentos, pelo teste de germinação, constatando 96% de germinação e o grau de umidade de 4,86%.

As mudas foram produzidas sobre bancada de 1 m de altura do solo dentro do ambiente de cultivo do tipo telado agrícola, com estrutura de eucalipto nas dimensões de 6,0 x 6,0 x 2,5 m (comprimento x largura x altura) com cobertura e lateral de telado com malha de sombreamento de 35% (Sombrite®). Foram monitorados os dados de Umidade Relativa do Ar, Temperatura, e da Radiação Fotossinteticamente Ativa do ambientes de cultivo, telado agrícola, e do ambiente externo. A RFA foi obtida com o uso do aparelho APOGEE, mensurada diariamente às 10 horas da manhã. T e UR foram coletadas com o uso de data logger MOD.CDR-550, a cada 10 minutos (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de Umidade relativa do ar (UR em %), Temperatura (T em °C) e da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) do ambiente externo e do telado agrícola no período de execução do experimento.

Ambiente de cultivo	UR	T	RG
Ambiente Externo	72,40	23,20	1508,00
Telado Agrícola	72,45	23,03	854,15

Fonte: Autores.

O tratamento pré-germinativo foi realizado pela hidratação das sementes por imersão direta. Foram imersas 360 sementes em Becker, contendo 750 mL de solução e mantidas em câmara regulada a 25 °C por 23 horas, no escuro. Para o tratamento pré-germinativo de sementes com nitrato de cálcio a 0,2%, foi utilizada a solução aquosa desse sal. Os produtos empregados na preparação dos agentes químicos para aplicação foliar foram: paclobutrazol (PBZ); nutriente - nitrogênio na forma de uréia (45% de N) e nitrato de cálcio (0,2%); giberelina - na forma de ácido giberélico (GA_3) e auxina, na forma de ácido indolbutírico (AIB). A aplicação foliar dos agentes químicos, bioestimulante (giberelina 0,1% + auxina 0,2% + nitrato de cálcio 0,2%) e PBZ+N (0,01% de PBZ + 0,2% de uréia), foi realizada 20 dias após emergência de plântulas (DAE). Foram aplicados 4 mL das soluções em cada muda, de forma de umedecer toda superfície foliar, a aplicação foi realizada ao entardecer.

Após a hidratação foram semeadas duas sementes por recipiente. Aos 15 dias após a semeadura, com a estabilização da emergência dos tratamentos, foi realizado o desbaste de

plântulas com o auxílio de uma tesoura de poda deixando somente uma muda por recipiente. A emergência dos tratamentos pré-germinativos com água e nitrato de cálcio foram de 89 e 90% respectivamente e o índice de velocidade de emergência (IVE) de 3,19 com tratamento pré-germinativo com água e de 3,45 com nitrato de cálcio.

Para o formação das mudas foram utilizados sacos plásticos de polietileno na dimensão de 15 cm x 25 cm (1,8 L) e o substrato utilizado na produção das mudas foi uma mistura de solo de encosta da serra com 24% de matéria orgânica, areia grossa e vermiculita expandida média na proporção de 3:2:1 em volume, respectivamente. Foi realizada a análise do solo utilizado como substratos para a produção de mudas (Tabela 2). Houve adubação das mudas com NPK (10-20-20) aos 40 DAE com aplicação de 1 g da formulação por recipiente. As regas foram realizadas sempre que necessário para a manutenção da umidade no substrato.

Tabela 2. Características químicas de um solo de encosta de Cassilândia-MS (Brasil), 2016.

pH	-----cmol dm ⁻³ -----			mg dm ⁻³	cmolc.	g dm ⁻³	
CaCl ₂	Ca	Mg	Al	P (Mel)	CTC	MO	C
5.8	244	8.8	3.3	1,8	12.5	35,6	13.9
mg dm ⁻³ (ppm)		----- mg dm ⁻³ (ppm). Mehlich ⁻¹ -----				%	
S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	SB
4.8	0.13	0,4	14	90,5	1.7	ns	44,9

MO = matéria orgânica; SB = saturação de base. Fonte: Autores.

Para avaliar o crescimento e a qualidade das mudas foram utilizadas análises não destrutivas (realizadas aos 40 e 60 DAE) e análises destrutivas, já as análises destrutivas foram realizadas aos 60 DAE. Os períodos das análises correspondem a idade das mudas no momento de serem levadas ao campo (Sousa et al., 2005).

Análises não destrutivas: diâmetro do colo (DC): utilizou-se um paquímetro digital e os resultados foram expressos em mm; altura da planta (AP): foi medida do colo até a inserção da última folha com o auxílio de régua graduada e os resultados foram expressos em cm; número de folhas: determinado pela contagem de todas as folhas das plantas.

Análises destrutivas: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e massa seca total (MST): obtidas a partir das mudas submetidas em estufa de circulação de ar forçado mantida a 65 °C. Os resultados foram expressos em g muda⁻¹; comprimento radicular: após, feita com o auxílio de uma régua graduada em cm para

mensurar a raiz principal (resultados expressos em cm); volume do sistema radicular: foi mensurado com o auxílio de uma proveta de 100 mL e volume conhecido de água (expressos em mL); teores de clorofilas: *a*, *b* e total, foram determinados conforme a metodologia adaptada de Arnon (1949), além da relação clorofila *a/b*. Uma amostra de 0,5 g de tecido foliar foi macerada em 10 mL de acetona. O extrato, centrifugado a 1500 rpm por 10 minutos, foi utilizado para retirar o sobrenadante para realizar as diluições. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro com comprimentos de onda a 645 e 663 nm. Essas leituras foram utilizadas nas equações para as quantificações de: Clorofila *a* (mg L^{-1}) = $12,7 \times \text{DO663} - 2,69 \times \text{DO645}$ e Clorofila *b* (mg L^{-1}) = $22,9 \times \text{DO645} - 4,69 \times \text{DO663}$. Os resultados foram expressos em μg por g de massa fresca.

Para avaliar a qualidade das mudas foi determinado a relação altura e diâmetro do colo (RAD), relação altura da parte aérea pela massa seca da parte aérea (RAM) relação entre a massa seca aérea e massa seca do sistema radicular (RMS) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960).

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST (g)}}{\frac{\text{AP (cm)}}{\text{DC (cm)}} + \frac{\text{MSPA (g)}}{\text{MSSR (g)}}}$$

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x3, sendo constituído por dois tratamentos pré-germinativos por hidratação das sementes (TS1 – água e TS2 – nitrato de cálcio 0,2%) e três agentes químicos fornecidos via foliar (TF1 – testemunha sem tratamento, TF2 – Bioestimulante composto por giberelina 0,1% + auxina 0,2% + nitrato de cálcio 0,2% e TF3 – mistura contendo PBZ 0,01% + uréia 0,2%) com 10 repetições por tratamento e 6 plantas por repetição. Os dados foram avaliados através da análise de variância e pelo teste F; havendo significância entre os tratamentos utilizados foi aplicado o teste Tukey a 5% para o fator “agentes químicos” (Banzatto & Kronka, 2006; Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

Não houve interação (P valor de TS x TF > 0,05) entre os tratamentos pré-germinativos da semente e agentes químicos via foliar para as variáveis número de folhas, altura de plantas, diâmetro do colo, teor de clorofila *b* e relação de clorofila *a/b* (Tabela 3). Dessa forma, essas variáveis foram analisadas sob a influência de cada tratamento isoladamente (P < 0,05).

Tabela 3. Número de folhas (NF), altura de plantas (AP, cm) e diâmetro do colo (DC, mm) com 40 e 60 dias após a emergência (DAE), teor de clorofila (CL, $\mu\text{g g}^{-1}$) *b* e relação de clorofila ($\mu\text{g g}^{-1}$) *a/b*, em função de tratamento pré-germinativo das sementes e aplicação foliar em mudas de paricá.

Tratamentos	NF		AP		DC	CL <i>b</i>	CL <i>a/b</i>
	40DAE	60DAE	40 DAE	60 DAE	40 DAE	60 DAE	
Água	3,36 a	5,00 b	15,75 a	27,07 a	3,95 a	3,12 a	1,29 a
Nitrato de Ca	2,23 a	5,29 a	15,39 a	26,96 a	3,83 b	2,49 b	1,26 a
TF							
Testemunha	3,35 a	5,14 a	11,89 b	18,47 b	3,50 b	3,11 a	1,13 b
Bioestimulante	3,00 b	5,00 a	24,03 a	46,13 a	4,49 a	2,98 ab	1,39 a
PBZ + N	3,55 a	5,29 a	10,79 b	16,43 b	3,60 b	2,32 b	1,30 ab

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro do fator tratamento pré-germinativo e aplicação foliar diferem significativamente entre si pelo teste F e Tukey a 5% de probabilidade, respectivamente. TS – tratamento pré-germinativo; TF – aplicação foliar. Fonte: Autores.

O uso do nitrato de cálcio, no tratamento de sementes, proporcionou o maior número de folhas de paricá aos 60 dias após emergência (DAE). Porém, as mudas com esse tratamento apresentaram menor teor de clorofila *b* (60 DAE). A relação entre as clorofilas *a* e *b*, assim como a altura das mudas não apresentaram diferença quanto aos tratamentos administrados na semente. As variáveis que demonstram o crescimento vegetal (diâmetro e altura das mudas) foram influenciadas pela solução de bioestimulante. A absorção pelas folhas da composição com giberelina, que promoveu o crescimento longitudinal, acarretando no maior crescimento secundário do caule que influencia o diâmetro do colo de forma positiva. Quanto aos teores de clorofila, é possível observar que o tratamento foliar com administração de bioestimulante resultou em mudas com maior relação entre esses pigmentos. No entanto, o uso do bioestimulante, por tratamento foliar, resultou em mudas de paricá com maior relação de clorofila *a/b* quando comparadas com as do tratamento testemunha.

Houve interação significativa dos tratamentos ($P < 0,05$) para o diâmetro do colo aos 60 DAE, o teor de clorofila *a* e o teor de clorofila total. De acordo com a Tabela 4 é possível observar que a interação entre os tratamentos tiveram comportamento semelhante quando se compara o diâmetro de colo e teor de clorofila *a*: em sementes tratadas com a mesma solução: o uso do tratamento foliar com PBZ + N apresentou resultados semelhantes aos das mudas sem aplicação de solução que interfere no metabolismo vegetal. Dessa forma, as mudas

provenientes de sementes tratadas com água associado à aplicação foliar de biostimulante apresentou as maiores médias para o diâmetro de colo, teor de clorofila *a* e teor de clorofila total.

Tabela 4. Desdobramento da análise de variância do diâmetro do colo (DC, mm) aos 60 dias após a emergência (DAE), teor de clorofila ($\mu\text{g gMF}^{-1}$) *a* e teor de clorofila total ($\mu\text{g gMF}^{-1}$) em função de tratamento pré-germinativo das sementes e aplicação foliar em mudas de paricá, Cassilândia-MS/2016.

Tratamentos	DC 60DAE			Clorofila <i>a</i>			Clorofila total		
	Test.	Bioest.	PBZ+N	Test.	Bioest.	PBZ+N	Test.	Bioest.	PBZ+N
TS/TF									
Água	3,88 Ab	4,88 Aa	3,80 Ab	3,71 Aa	5,05 Aa	2,97 Ab	7,12 Aab	8,62 Aa	5,34 Ab
N. C.	3,83 Ab	4,61 Ba	3,85 Ab	3,26 Aa	3,23 Ba	3,04 Aa	7,07 Aa	5,63 Ba	5,31 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula dentro da coluna e letras minúsculas na mesma linha não diferem entre si pelo teste F para o tratamento de sementes e Tukey para o tratamento foliar, ambos a 5% de probabilidade. N. C.: nitrato de cálcio; Trat.: tratamentos (TS: tratamento pré-germinativo; TF: aplicação foliar). Test.: testemunha; Bioest.: bioestimulante; PBZ+N: paclobutrazol mais nitrogênio. Fonte: Autores.

Como a interação dos tratamentos não foram significativa para o comprimento de raiz (CR), volume da raiz (vol.), massa seca da parte aérea, massa seca da raiz (MSPA), massa seca total (MSR), relação massa seca aérea e radicular (RMS), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAD), relação altura da planta e massa seca da parte aérea (RAM) e índice de qualidade de Dickson (IQD) ($P > 0,05$) os resultados expressos na Tabela 5 foram analisados sob a influência de cada tratamento isolado.

Observou-se que o tratamento pré-germinativo de sementes promoveu resultados semelhantes para todas as variáveis, exceto para o comprimento de raiz (CR) onde o menor crescimento da raiz principal foi obtido em mudas provenientes de sementes tratadas com nitrato de cálcio. Para os efeitos da aplicação foliar, não houve diferença entre as soluções utilizadas tanto para o crescimento da raiz principal e acúmulo das massas secas. No entanto, a aplicação foliar de PBZ associado ao nitrogênio resultou no maior volume de raiz quando comparado ao uso do bioestimulante. A atuação do PBZ no crescimento e desenvolvimento de raízes resulta em diferentes respostas, dependente da espécie utilizada ou mesmo do genótipo (Wanderley et al., 2014). A diminuição do crescimento em altura da planta disponibiliza energia para outra parte do vegetal, pois essa energia é translocada para outra parte da planta resultando em alterações da arquitetura vegetal (Taiz, et al., 2017, Binotti et

al., 2019). O bioestimulante resultou em menor volume de sistema radicular em relação PBZ, pois o mesmo apresenta giberelina, que propiciou maior crescimento em altura e diâmetro, acarretando assim, uma maior partição de energia para crescimento desse órgão, afetando o crescimento do sistema radicular.

O maior valor da relação entre a massa seca aérea e massa seca radicular (RMS) foi de 2,46 (Tabela 5). Esse foi obtido com a aplicação foliar de bioestimulante. Valores adequados de RMS devem variar de 1 a 2, ou seja, uma distribuição equilibrada (1/1) até no máximo o dobro (Carneiro, 1995; Silva et al., 2020). Mudanças com RMS acima dos valores ideais indicam que a parte aérea é bem mais desenvolvida do que o sistema radicular. Essas são indesejáveis para transplante por ser suscetíveis ao tombamento e por apresentar menor eficiência na fixação e exploração do solo pelo sistema radicular (Simões et al., 2015). Dessa forma, a aplicação foliar de PBZ, resultou em mudas de qualidade, de acordo com o RMS, semelhante ao tratamento testemunha.

A relação altura e diâmetro do colo (RAD) serve para demonstrar que o equilíbrio do crescimento vegetal e está relacionado a essas duas variáveis (Carneiro, 1995). Os menores valores são indicativos de mudas robustas, com menor chance de ocorrer acamamento após o transplante, pois são mudas com diâmetro do colo desenvolvidos o suficiente para aguentar a massa da área foliar, ou seja, apresentam um equilíbrio de crescimento entre a altura da parte aérea e o diâmetro do colo. Em contra partida, os maiores valores indicam vegetais com arquitetura frágil: o caule apresentando o diâmetro frágil para suportar a parte aérea. Dessa forma, observou-se que os menores valores em mudas onde houve o uso foliar de PBZ ou ausência de substância foliar ativa; o bioestimulante absorvido pelas folhas resultou nos maiores valores para a RAD.

A relação altura da planta e massa seca da parte aérea (RAM) com valores mais elevados indica que a qualidade da muda é baixa; ou seja, valores elevados podem indicar distúrbios da arquitetura vegetal, como por exemplo: estiolamento. Dessa forma, vegetais com maior capacidade de sobrevivência no campo são caracterizados por RAM de valores baixos (Gomes, 2002). Dessa forma, a aplicação foliar de PBZ + N, assim como o tratamento testemunha, resultou em mudas de qualidade desejável quando comparadas àquelas que desenvolveram com a aplicação foliar de bioestimulante (Tabela 5).

A aplicação foliar de PBZ + N proporcionou o maior IQD. O IQD indica a robustez, o equilíbrio da distribuição da massa seca na muda e combina as variáveis de crescimento, assimilação de massa seca e índices biométricos, (Costa et al., 2020, Fonseca et al., 2002, Silva et al., 2020). Esse índice apresenta valores que são diretamente proporcionais à

qualidade da muda (Costa et al., 2020; Gomes, 2002; Vargas; Marques, 2016; Silva et al., 2018).

Tabela 5. Comprimento de raiz (CR, cm), volume da raiz (VR, mL), massa seca da parte aérea (MSPA, g), massa seca da raiz (MSSR, g), massa seca total (MST, g), relação massa seca aérea e radicular (RMS), relação altura da planta e diâmetro do colo (RAD), relação altura da planta e massa seca da parte aérea (RAM) e índice de qualidade de Dickson (IQD), em função de tratamento pré-germinativo das sementes e aplicação foliar em mudas de paricá.

Tratamentos	CR	VR	MSPA	MSSR	MST	RMS	RAD	RAM	IQD
TS									
Água	31,31 a	4,04 a	1,18 a	0,58 a	1,76 a	2,13 a	6,23 a	3,52 a	1,47 a
N.C	29,97 b	3,80 a	1,05 a	0,50 a	1,55 a	2,19 a	6,36 a	3,68 a	1,45 a
TF									
Testemunha	30,93 a	4,00 ab	1,11 a	0,54 a	1,66 a	2,11 b	4,79 b	2,64 b	1,52 b
Bioestimulante	30,16 a	3,28 b	1,27 a	0,59 a	1,86 a	2,46 a	9,80 a	5,91 a	1,00 c
PBZ + N	30,84 a	4,48 a	0,96 a	0,49 a	1,45 a	1,91 b	4,30 b	2,25 b	1,86 a

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste F para o tratamento de sementes e Tukey para o tratamento foliar, ambos a 5% de probabilidade. N. C.: nitrato de cálcio; TS: tratamento pré-germinativo; TF: aplicação foliar). Fonte: Autores.

Os resultados dos índices biométricos auxiliam, ainda mais, a interpretação das variáveis de crescimento isoladamente, pois são indicativos da arquitetura vegetal: estiolamento, compactação, distribuição da massa seca; e servem para avaliar a qualidade das mudas (Carneiro, 1995, Silva et al., 2020). Observou-se que a aplicação de PBZ + N, de acordo todos os índices utilizados (Tabela 4), resultou em mudas desejáveis por apresentar elevada qualidade. Dessa forma, o tratamento foliar com essa substância aumenta a resistência vegetal às adversidades, e isso pode significar a diminuição de falhas no plantio pela mortalidade das mudas e a homogeneidade do plantio refletindo na produtividade. A falha pela mortalidade diminui a produtividade de madeira e por esse motivo a qualidade de sementes e mudas refletem no aumento da produtividade.

4. Considerações Finais

O tratamento de sementes com nitrato de cálcio produziu mudas com qualidade semelhante às mudas originadas de sementes que foram hidratadas somente com água. O uso de paclobutrazol associado ao nitrogênio, por aplicação foliar, resultou em mudas de *Schizolobium amazonicum* com elevada qualidade.

Agradecimentos

A CAPES e à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul, pelo apoio financeiro (UNIVERSAL-MS, Processo 23/200.480/2014 – No FUNDECT 165/2014 e FUNDECT/CNPq/PRONEM – MS, Processo 59/300.116/2015 – No FUNDECT 080/2015).

Referências

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24 (1), 1-15.

Banzatto, D. A., & Kronka, S. N. (2006). *Experimentação Agrícola*. (4a ed.), Jaboticabal: Funep.

Batista, T. B., Binotti, F. F. S., Cardoso, E. D., Bardivieso, E. M., & Costa, E. (2015). Aspectos fisiológicos e qualidade de mudas da pimenteira em resposta ao vigor e condicionamento das sementes. *Bragantia*, 74 (4), 367-373. doi: 10.1590/1678-4499.0133

Benett, K. S. S., Faria Junior, M. J. A., bennett, C. G. S., Seleguini, A., & Lemos, O.L. (2014). Efeito de concentrações paclobutrazol sobre a produção de mudas de tomateiro. *Comunicata Scientiae*, 5 (2), 164-169. doi: 10.14295/cs.v5i2.295

Binotti, E. D. C., Binotti, F. F. S., Lucheti, B. Z., Costa, E., & Pinto, A. H. (2019). Shading levels and plant growth regulator for formation of *Schizolobium amazonicum* compact seedlings. *Engenharia Agrícola*, 39 (5), 586-591. Epub November 04, 2019. doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n5p586-591/2019

- Brito, C. L. L., Matsumoto, S. N., Santos, J. L., Gonçalves, D. N., & Ribeiro, A. F. F. (2016). Efeito do paclobutrazol no desenvolvimento de plantas de girassol ornamental. *Revista de ciências agrárias*, 39 (1). doi: 10.19084/RCA15044
- Cardoso, E. D., Costa, E., Binotti, F. F. S., & Batista, T. B. (2018). Chemical agents and shading levels for the production of pepper seedlings. *Engenharia agrícola*, 38, 450-456. doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n4p450-456/2018
- Carneiro, J. G. A. (1995). *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*, Curitiba: UFDR/FUPE. 451 p.
- Cordeiro, I. M. C. C., Lameira, O. A., Lopes, S. C., & Rios, M. S. (2002). Germinação *in vitro* de paricá *Schizolobium amazonicum* Huber. *Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, 5 (27), 58-61.
- Costa, E., Lopes, T., Silva, A., Zoz, T., Salles, J., Lima, A., Binotti, F., & Vieira, G. (2020). Reflective material in the formation of *Dipteryx alata* seedlings. *Research, Society and Development*, 9(8), e430985428. doi: 10.33448/rsd-v9i8.5428
- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, 36, 10-13.
- Duarte, D. M., Barretto, V. C., Ribeiro, R. M., & Rodrigues, F. (2016). Paricá recoverability after simulated defoliation. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36 (88), 475-480.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, 35, 1039-1042.
- Fonseca, E. P., Valeri, S. V., Miglioranza, E., Fonseca, N. A. N., & Couto, L. (2002). Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*, 26 (4), 515-523.

Gitti, D. C., Arf, O., Buzetti, S., Ferreira, M. M. R., Kappes, C., Kaneko, F. H. & Rodrigues, R. A. F. (2012). Aplicação de paclobutrazol e doses de nitrogênio em feijão de inverno cultivado em sistema plantio direto. *Scientia Agraria Paranaensis*, 11 (3), 35-46. doi: 10.18188/1983-1471/sap.v11n3p35-46

Gomes, J. M., Couto, L., Leite, H. G., Xavier, A., & Garcia, S. L. R. (2002). Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, 26 (6), 655-664.

Marcos Filho, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba, SP: FEALQ, 2015. 655 .

Parladore, N., Silva, A. G., Costa, E., Binotti, F. F. S., Silva, L. A., Vieira, G. H. C., & Oliveira, A. F. G. (2019). Substrate volumes and application of paclobutrazol for ornamental pepper production. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6 (3), 1-5. doi: 10.32404/rean.v6i3.3342

Milfont. M. L., Antonino, A. C. D., Martins, J. M. F., Maciel Netto, A., Gouveia, E. R., Correa, M. M. (2008). Transporte do paclobutrazol em colunas de solos. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 32 (5), 2165-2175.

Santos, S. M. S., Matsumoto, S. N., Silva, R. A., Oliveira, L. S., & Viana, A. E. S. (2018). Modulation of the initial growth of Eucalyptus clones using paclobutrazol: when smaller is better. *Australian Journal of Crop Science*, 12 (4), 610-616.

Seleguini, A., Vedrusco, E. P., Campos, L. F. C., & Jânior, M. J. A. F. (2016). Efeito do paclobutrazol sobre o crescimento de plantas e produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em ambiente protegido. *Scientia Agropecuaria*, 7 (4), 391-399.

Silva, A. G., Costa, E. Pereira, T. C. C., Binotti, F. F. S., Scalopi Junior, E. J., & Zoz, T. (2020). Quality of rubber tree rootstock seedlings grown in protected environments and alternative substrates. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 42 (1), e43469. doi: 10.4025/actasciagron.v42i1.43469

Silva, A. R., & Sales, A. (2018). Crescimento e produção de paricá em diferentes idades e sistemas de cultivo. *Advances in Forestry Science*, 5 (1), 231-235.

Silva, B. L. B., Costa, E., Binotti, F. F. S., Benett, C. G. S., Silva, A. G. (2018). Growth and quality of *Garcinia humilis* seedlings as a function of substrate and shading level. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 48 (4), 407-413.

Simões A. C., Alves, G. K. E. B., Ferreira, R. L. F., & Araujo Neto, S. E. (2015). Qualidade da muda e produtividade de alface orgânica com condicionadores de substrato. *Horticultura Brasileira*, 33, 521-526.

Siqueira, D. L., Salot, L. C. C., Cecon, P. R., & Fernandes, A. R. (2008). Distribuição da massa de matéria seca em limoeiro 'Volkameriano' submetido a diferentes doses de paclobutrazol e ácido giberélico. *Ceres*, 55 (6), 512-517.

Sousa, D. B., Carvalho, G. S., & Ramos, E. J. A. (2005). Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. *Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia*, 13, 2.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6th ed., p. 888). Porto Alegre: Artmed.

Vargas, G., & Marques, R. (2017). Crescimento e nutrição de angico e canafístula sob calagem e gessagem. *Floresta e ambiente*, 24, e20160102.

Vaz, F. L. (2012). Biodegradação de paclobutrazol por *Pseudomonas* spp. em sistemas de solo saturados. *Química Nova*, 35 (6), 1090-1096. doi: 10.1590/S0100-40422012000600004

Vieira, E. L., & Castro, P. R. C. (2001). Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, 23 (2), 222-228.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Adriana Hernandes Pinto Matos – 30%

Abimael Gomes da Silva – 20%

Flávio Ferreira da Silva Binotti – 20%

Edilson Costa – 15%

Eliana Duarte Cardoso Binotti – 15%