

**Alan Mario Zuffo e Jorge González Aguilera**  
(Organizadores)



# AGRICULTURA 4.0



Pantanal Editora

2020

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
(Organizadores)

# AGRICULTURA 4.0



Pantanal Editora

2020

Copyright<sup>©</sup> Pantanal Editora  
Copyright do Texto<sup>©</sup> 2020 Os Autores  
Copyright da Edição<sup>©</sup> 2020 Pantanal Editora  
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo  
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera  
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora  
Edição de Arte: A editora  
Revisão: Os autor(es), organizador(es) e a editora

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandro Argente-Martínez – ITSON (México)
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Ma. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI
- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI
- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Bel. Ana Carolina de Deus

Ficha Catalográfica

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A278 Agricultura 4.0 [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020.  
114 p. : il.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-990641-5-9

DOI <https://doi.org/10.46420/9786599064159>

1. Agricultura – Brasil. 2. Ecologia agrícola. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.

CDD 630

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos livros e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es). O download da obra é permitido e o compartilhamento desde que sejam citadas as referências dos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000. Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).

<https://www.editorapantanal.com.br>.

[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Os avanços nas Ciências Agrárias têm promovido o desenvolvimento de inúmeras tecnologias que tende a proporcionar o incremento da produção de alimentos, a melhoria da qualidade de vida da população, a preservação e sustentabilidade do planeta. Assim, nesse e-book “Agricultura 4.0” tem trabalhos que visam otimizar a produção e/ou promover maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas.

Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: manejo da adubação nitrogenada no algodoeiro, sistemas agroflorestais, reguladores de crescimento *in vitro*, escoamento de commodities agrícolas, adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum Brasilense* na cana-de-açúcar, efeito do pó de rocha no milho, desfolha e adubação nitrogenada na soja.

Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciências Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora.

Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	4
<b>CAPÍTULO I</b> MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA PARA O ALGODOEIRO NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA–PECUÁRIA	6
<b>CAPÍTULO II</b> RIQUEZA E ESTRUTURA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS CONTRIBUEM PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	26
<b>CAPÍTULO III</b> REGULADORES VEGETAIS NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS CULTIVADAS IN VITRO	46
<b>CAPÍTULO IV</b> ESCOAMENTO DE COMMODITIES AGRÍCOLAS BRASILEIRAS	58
<b>CAPÍTULO V</b> RESPOSTA DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR À ADUBAÇÃO NITROGENADA E INOCULAÇÃO COM <i>AZOSPIRILLUM</i> BRASILENSE	79
<b>CAPÍTULO VI</b> RESIDUAL EFFECT OF ROCK DUST DOSES AFTER TWO YEARS OF APPLICATION IN MAIZE	97
<b>CAPÍTULO VII</b> DESFOLHA E ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA À INOCULAÇÃO DE <i>BRADYRHIZOBIUM</i> <i>JAPONICUM</i> NA SOJA	105
ÍNDICE REMISSIVO	114

## Capítulo III

# Reguladores vegetais no crescimento e desenvolvimento de plantas cultivadas *in vitro*

Recebido em: 22/04/2020

Aceito em: 27/04/2020

 10.46420/9786599064159cap3

Cristiano Pereira da Silva<sup>1\*</sup> 

Margareth Ferreira Pistori<sup>2</sup>

Rony Carlos Barcelos Blini<sup>3</sup>

Aparecida Penha Lima de Santana<sup>4</sup>

## INTRODUÇÃO

As plantas são organismos multicelulares complexos, necessitando para o seu desenvolvimento ordenado um eficiente meio de comunicação entre os órgãos, tecidos e células via simplasto e/ou apoplasto. Para coordenar suas atividades, as células da planta devem ser capazes de se comunicar, frequentemente, a diferentes distâncias (Castro e Vieira, 2012). Os principais meios de comunicação intercelular são os hormônios, mensageiros químicos primários que carregam a informação entre células e, desta forma, coordenam o seu crescimento e desenvolvimento. O desenvolvimento da planta é regulado por cinco principais classes de hormônios: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico (Petri et al., 2016).

O desenvolvimento e o crescimento das plantas são regulados por fatores endógenos e externos. Os fatores endógenos são ativos não somente a nível celular e molecular, afetando os processos metabólicos via transcrição e tradução, mas também têm a função de coordenação do organismo como um todo, realizada por meio dos hormônios vegetais (Taiz; Zeiger, 2017). Os hormônios e reguladores vegetais são substâncias essenciais para os processos fisiológicos que promovem a formação de novos tecidos e conseqüentemente a formação das raízes, folhas, flores, frutos e sementes (Castro e Vieira, 2012; Petri et al., 2016).

---

<sup>1</sup> Departamento de Agronomia. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Rodovia Graziela Maciel Barroso, Km 12 Zona Rural, Cep: 79200-000. Aquidauana. Mato Grosso do Sul. Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Naturais. Secretaria Municipal de Educação e Cultura (SEMEC). Rua Alexandre Costa, 130 - Centro, Cep. 79640-110. Três Lagoas. Mato Grosso do Sul. Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Cap. Olinto Mancini, 1662 - Centro. Cep. 79600-080. Três Lagoas. Mato Grosso do Sul. Brasil.

<sup>4</sup> Departamento de Ciências Naturais. Centro Estadual de Educação Profissional CEEP Hércules Maymone. Av. Joaquim Murtinho 2612 - Itanhangá Park, Cep. 79003-020. Campo Grande. Mato Grosso do Sul. Brasil.

\* Autor de correspondência e-mail: cpsilva.cetec@gmail.com.

Existem algumas diferenças e conceitos sobre reguladores de crescimento vegetal, hormônios e estimulante de crescimento vegetal. Os hormônios vegetais, ou fitormônios, são substâncias orgânicas que desempenham a principal função no regulamento do crescimento (Raven et al., 2012). Já, os reguladores vegetais são substâncias sintetizadas exogenamente e, quando aplicadas nas plantas possuem ações similares aos compostos vegetais conhecidos. Os retardadores ou reguladores vegetais são compostos sintéticos, que retardam a alongação e a divisão celular no meristema subapical (Taiz; Zeiger, 2017).

Estas substâncias são sinalizadoras, responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento das plantas, atuando em concentrações bastante pequenas (Ecco et al., 2019). São substâncias que desencadeiam as respostas fisiológicas nas plantas, como o desenvolvimento ou a inibição da formação de tecidos e órgãos vegetais, podendo atuar sozinhas ou em conjunto com outros grupos de substâncias, compondo o balanço hormonal (Silva et al., 2013; Fagan et al., 2015).

Taiz e Zeiger (2017) destacam os cinco principais grupos de reguladores vegetais mais utilizados nos diferentes sistemas de produção vegetal, como as auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico e etileno.

As auxinas naturais e sintéticas estimulavam o alongamento celular, crescimento dos tecidos vegetais e conseqüentemente a divisão celular, na formação de novas massas celular, promovendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Hartmann et al., 2012; Taiz; Zeiger, 2017). As auxinas contribuem em muitos outros processos fisiológicos nas plantas, como: a) induz a formação de raízes em estacas, promove a cicatrização de lesões nos tecidos, induz o alongamento e crescimento celular e tecidual; induz a divisão celular em tecidos na formação de calos (tecidos diferenciados que podem resultar na formação de raízes) principalmente na presença de outro regulador de crescimento, as citocininas; promove a formação de raízes laterais em superfícies cortadas de caules; Induz o crescimento de frutos partenocárpico; Induzi a brotação de folhas próximo das gemas, induz na produção de etileno, por exemplo (Fagan et al., 2015).

As giberelinas são um grupo de hormônios envolvidos na regulação da germinação de sementes, expansão foliar, florescimento e desenvolvimento de frutos. Há nível celular, as giberelinas estimulam o alongamento e a divisão celular, porém associadas a indução floral, germinação e frutificação (Almeida e Rodrigues, 2016). Dentre as principais funções das giberelinas, destacamos o estímulo, alongamento e a divisão celular, na frutificação, germinação de sementes, iniciação floral e determinação do sexo. A giberelina endógena ( $GA_1$ ) está relacionada com a estatura e controle do crescimento do caule (Almeida e

Rodrigues, 2016). Uma das mais importantes propriedades fisiológicas das giberelinas está na indução da floração nas plantas mantidas em condições não indutivas. (Almeida; Rodrigues, 2016; Ecco et al., 2019).

As citocininas são sintetizadas com maior intensidade na extremidade das raízes. Sua translocação se dá via xilema. Movimenta-se das raízes para as folhas e extremidades dos ramos em crescimento. Entre as principais funções fisiológicas estão a divisão celular, o crescimento das células, o aumento da frutificação efetiva, o retardamento da entrada em senescência e a inibição do desenvolvimento de raízes (Ecco et al., 2019). Outros processos fisiológicos estão associados à citocininas, como a mobilização de nutrientes, a dominância apical, a formação e a atividade dos meristemas apicais, a germinação de sementes e a quebra da dormência de gemas. As citocininas estão associadas a diferenciação dos cloroplastos, o desenvolvimento do metabolismo autotrófico e a expansão de folhas e cotilédones (Taiz e Zeiger, 2017).

No que diz respeito à procura por tecnologias consideradas produtivas, foram alcançados, no mundo, avanços altamente significativos como a micropropagação de plantas ou cultivo *in vitro* (Albuquerque et al., 2016). O cultivo *in vitro* permite o crescimento e multiplicação de células, tecidos, órgãos ou partes de órgãos de uma planta, sobre um meio nutritivo e em condições assépticas e controladas (iluminação e temperatura). Esta técnica se baseia principalmente no aproveitamento da totipotência das células vegetais, como a organogênese ou embriogênese somática (Silva, 2017).

Entre as vantagens de sua utilização, estão as possibilidades de se obter várias plantas a partir de um único explante inicial, independentemente de condições climáticas; redução do tempo e da área necessária à propagação da espécie; melhores condições sanitárias por meio do cultivo de meristemas previamente tratados por termoterapia, para eliminação de doenças; reprodução do genótipo da planta-mãe, geralmente com fidelidade durante a multiplicação e a propagação vegetativa de espécies difíceis de serem propagadas por outros métodos (Cid; Teixeira, 2010; Moura et al., 2014; Pêgo et al., 2014; Carvalho et al., 2016; Gonçalves et al., 2018; Winhelmann et al., 2019). O presente trabalho tem como objetivo apresentar e discutir os efeitos dos reguladores vegetais no desenvolvimento e crescimento *in vitro* de propágulos de plantas frutíferas.

O presente trabalho é resultado de revisões de literatura e do acompanhamento de experimentação em laboratórios de micropropagação de plantas. Recomenda-se que os propágulos (gemas, brotos ou meristemas) de plantas frutíferas, na qual se deseja micropropagar, sejam separados dos ramos apicais de plantas matrizes com diferentes

tamanhos distintos (geralmente 0,5cm e 1cm de comprimento) recomendados por pesquisadores que atuam em Biotecnologia de Plantas.

Em seguida, regiões meristemáticas ou brotos devem ser tratados com fungicidas e bactericidas (tratamento fitossanitário) para a desinfestação dos explantes. O processo de desinfestação dos propágulos constituiu-se de seis etapas realizadas sucessivamente, como segue: 1) lavagem em água com detergente comercial (2 gotas/100mL) durante 2 minutos; 2) imersão em solução de álcool 70% por 10 segundos; 3) imersão dos segmentos caulinares em solução de hipoclorito de sódio a 1% acrescido de detergente (2 gotas/100mL) por 10 minutos; 4) três lavagens em água; 5) imersão em solução de bicloreto de mercúrio ( $\text{HgCl}_2$ ) a 0,1%, durante um período de cinco minutos; 6) seis lavagens consecutivas em água sob agitação constante. Todos os explantes são submetidos ao mesmo processo de desinfestação de acordo com as recomendações técnicas (Schwalbert, et al., 2014).

Após o processo de desinfecção é recomendado o início do processo de implantação dos propágulos (meristemas) ou brotos no meio de crescimento (meio MS (Murashige; Skoog, 1962) com concentração de sais e reguladores de crescimento, como a auxina (ácido indolbutírico AIB), giberelinas ( $\text{GA}_3$ ) e citotininina (zeatina CK). O meio MS (Murashige; Scoog, 1962) é o mais recomendado e utilizado nos dias atuais, contendo micro e macronutrientes, água, vitaminas e substâncias co-fatoras como cobre, boro, ferro, cálcio e magnésio etc. Recomenda-se que os meios de MS são acrescidos de  $30\text{gL}^{-1}$  de sacarose,  $100\text{mgL}^{-1}$  de mio-inositol e  $7\text{gL}^{-1}$  de ágar. O pH dos meios de culturas devem ser ajustados para 5,7 á 5,8 antes da autoclavagem. Os meristemas e brotos devem ser mantido em sala de crescimento sob temperatura controlada (média recomendada  $25\pm 2^\circ\text{C}$ , fotoperíodo de 14 á 16 horas de luz e intensidade luminosa de 30 á  $35\mu\text{mol m}^{-2\text{s}}^{-1}$  fornecida por lâmpadas fluorescentes branca-frias. É utilizado análises estatísticas com Delineamento Inteiramente Casualizado, com 4 repetições. As médias são comparadas com testes estatísticos como Duncan ou Tukey a 5% de probabilidade em programas como o SISVAR (Ferreira, 2000).

De acordo com levantamentos bibliográficos as auxinas e citocininas contribuem para o aumento do número de brotos (folhas jovens), número e comprimento das raízes. Ás auxinas e citocininas proporcionam o crescimento das plantas, devido á divisão celular e o alongamento dos tecidos. Geralmente recomenda-se as concentrações entre  $1\text{mg.L}^{-1}$  e  $2\text{mg.L}^{-1}$  AIB e CK, com um tempo médio de 30 e 60 dias em sala de crescimento (Tabela 1 e 2). Estas informações foram observadas por Dezan et al. (2012), Schwalbert et al. (2014) e Campos et al., (2019) onde descrevem os efeitos positivos da atuação das auxinas e

citocininas no desenvolvimento de brotos (folhas) e raízes em diferentes espécies de plantas que trabalharam.

Raven et al. (2012) citam que as principais funções da auxina é a regulação e promoção de crescimento por alongamento de caules e folhas novas, atuando na divisão e no alongamento celular, formando novos tecidos nas plantas. A auxina desempenha um papel na diferenciação de tecidos vasculares. Além disso, a auxina atua na regulação de dominância apical, diferenciação vascular, formação de gemas florais e desenvolvimento de frutos (Castro; Vieira, 2012).

Soares et al. (2012) trabalhando com micropropagação de maracujá silvestre (*Passiflora foetida* L.) avaliaram o número de brotações, comprimento e diâmetro das plântulas, número de calos número médio de gemas axilares, relatam que o meio MS acrescido por  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  de BAP (6-Benzilaminopurina) mantidos sob um fotoperíodo de 16h/8h (luz/escuro) à temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , apresentam ótimos resultados na obtenção de mudas nas variáveis estudadas, porém com um tempo médio de 180 dias. Os autores destacaram a importância do regulador vegetal (BAP) mostrou-se eficiente e deve ser utilizado para a conservação e propagação vegetativa da espécie.

Assim como observado neste trabalho, Santos et al. (2010) destacam que o ácido giberélico ( $\text{GA}_3$ ) não contribuiu na formação de brotos e raízes, quando acrescentados em meio MS contendo  $30 \text{ g L}^{-1}$  de sacarose, em tubos de ensaio e suplementado com zero, 20 ou  $40 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{GA}_3$ . Segundo os mesmos autores a micropropagação de maracujá-do-sono (*Passiflora setacea* DC) as concentrações do regulador vegetal não contribuíram para o desenvolvimento das plantas, mas destacaram a importância da  $28,51$  e  $28,74 \text{ g L}^{-1}$  de sacarose e apenas a dose  $20 \text{ mg L}^{-1}$  de ( $\text{GA}_3$ ) não inibiu o desenvolvimento das plantas.

Segundo Mercier (2012) e Ecco et al. (2019) as auxinas são substâncias essenciais no desenvolvimento de plantas, pois promovem modificações na parede celular durante o processo de divisão celular, permitindo a extensibilidade da célula, estimula o alongamento celular e a formação de novos tecidos. Podem também estimular várias respostas fisiológicas quando utilizadas na indução de raízes, folhas, gemas axilares ou apicais, embriões e calos. Conforme apresentado na tabela 01 e 02, as auxinas e citocininas atuam diretamente no desenvolvimento de tecidos e células meristemáticas, atuando fortemente na divisão celular, diferenciação celular, desenvolvimento de caules e folhas, na quebra da dominância apical, na formação de brotos, crescimento das raízes (Lima et al., 2016).

**Tabela 1.** Suplementação do meio de cultura Murashige e Skoog (1962) com reguladores vegetais auxinas, ácido indolbutírico (AIB), giberelina (GA<sub>3</sub>) e citocinina (CK zinetina) no vigor das mudas de *Passiflora alata* micropropagadas em 30 dias.

Tratamento	Número de Brotos (×)	Número de raízes (×)	Comprimento das raízes (cm)
MS (Controle)	2,5 d	2,3 d	1,8 d
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> AIB	3,9 c	3,2 c	3,8 c
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> AIB	4,8 b	5,0 b	4,5 b
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> CK	3,5 c	3,8 c	4,2 b
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> CK	4,7 b	4,6 b	4,8 b
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	3,4 c	4,3 b	3,2 c
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	3,3 c	4,8 b	3,7 c
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> AIB + 1mg.L <sup>-1</sup> CK	5,6 a	5,8 a	5,2 a
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> AIB + 2mg.L <sup>-1</sup> CK	5,8 a	6,3 a	5,5 a
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> AIB + 1mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	3,4 c	3,7 c	3,8 c
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> AIB + 2mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	3,6 c	3,9 c	3,6 c
CV (%)	8,9	9,2	7,8

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Os autores Silva e Corrêa (2004)

A técnica de propagação *in vitro* possibilita a obtenção de um elevado número de mudas em um curto espaço de tempo, pois as plântulas são cultivadas em tubos de ensaios ou potes de vidros vedados esterilizados, onde permanecem em sala de crescimento e rapidamente formam novas plantas geneticamente idênticas, que poderão ser comercializadas para inúmeros produtores que buscam cultivares homogêneos e uniformes.

Faria et al. (2007) trabalhando com a mesma espécie utilizado neste trabalho, maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) descrevem que o meio de cultura MS proporcionou o desenvolvimento das microplantas, independentemente da concentração do regulador vegetal. Destacaram que nos tratamentos foi observada a oxidação dos explantes o que dificultou o vigor das plantas, com comportamento crescente para comprimento das brotações e número de raízes ao longo do período de avaliação, com folhas de coloração verde mais intenso, principalmente nos meios MS com o dobro da concentração de sacarose (30 gL<sup>-1</sup>) diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Neste sentido, o uso da auxina e citocininas estimularam a maior produção de parte aérea e raízes neste trabalho, proporcionando do aumento número de gemas e apicais e formação de calos (regiões meristemáticas) após 60 dias. Estes resultados observados estão de encontro com Taiz e Zeiger (2017), Lima et al. (2016) onde descrevem que a citocinina promove a divisão celular, o crescimento das células e o do desenvolvimento de raízes. A auxina e a citocinina promovem juntos o desenvolvimento de caules, a formação de brotos,

crescimento da raiz, capacidade de multiplicidade de brotos. Auxina promove a promoção de crescimento e alongamento de caules, atua no alongamento inibição de raízes (em função da concentração) e na iniciação do crescimento de raízes laterais. A auxina desempenha um papel na diferenciação de tecidos vasculares (Raven et al., 2012).

Isto deve-se as regiões meristemáticas e aos reguladores vegetais, que promovem intensa divisão celular (Hartmann et al., 2012). Ferreira et al. (2020) trabalhando com micropropagação de mudas de maracujazeiro variedades com interesse comercial, como a 'BRS Mel do Cerrado' destacaram que o uso de 6-benzilaminopurina (BAP) adicionado ao meio de cultura promoveu a brotação dos explantes, não havendo diferença significativa entre as concentrações do fitorregulador para número e comprimento de brotos. A adição de BAP e consequentemente o aumento das concentrações (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mg L<sup>-1</sup>) no meio de cultura MS, proporcionou aumento da produção de massa fresca (vigor) das plantas de maracujazeiro 'BRS Mel do Cerrado'.

**Tabela 2.** Suplementação do meio de cultura Murashige e Skoog (1962) com reguladores vegetais auxinas, ácido indolbutírico (AIB), giberelina (GA<sub>3</sub>) e citocinina (CK zinetina) no vigor das mudas de *Passiflora alata* aos 60 dias.

<b>Tratamento</b>	<b>Número de Brotos (×)</b>	<b>Número de raízes (×)</b>	<b>Comprimento da planta (cm)</b>
MS (Controle)	4,5 d	3,3 d	3,3 d
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> AIB	5,3 c	4,2 c	4,8 c
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> AIB	5,7 c	4,6 c	4,9 c
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> CK	6,5 b	4,8 c	5,5 b
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> CK	6,8 b	5,6 b	5,8 b
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	5,4 c	5,5 b	4,4 c
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	5,7 c	5,7 b	4,9 c
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> AIB + 1mg.L <sup>-1</sup> CK	7,5 a	6,8 a	6,5 a
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> AIB + 2mg.L <sup>-1</sup> CK	7,8 a	7,4 a	7,2 a
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> AIB + 1mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	5,8 c	4,7 c	4,6 c
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> AIB + 2mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	5,6 c	4,9 c	4,9 c
CV (%)	10,2	11,5	10,5

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Os autores Silva e Corrêa (2004)

Alguns trabalhos evidenciam que as auxinas como o ácido indolbutírico (AIB) e a citocinina (zeatina-CK ou BAP) promovem a multiplicação dos tecidos meristemáticos, enquanto, que tratamentos em que se utilizou ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), os resultados não são positivos quando comparados aos demais reguladores vegetais, indo de encontro com as citações de Lacerda et al., (2008) e Murillo-Gómez et al., (2014) que destacam os efeitos com o regulador vegetal (GA<sub>3</sub>). Assim como ocorrido com Bakhtiar et al., (2016) que ao

trabalharem como micropropagação de plantas, não obtiveram resultados significativos utilizando 6-benzilaminopurina (BAP), na menor ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) e na maior ( $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) concentração, tendo produção de menos brotações e, por consequência, menor crescimento da parte aérea.

Nos testes de suplementação do meio de cultura MS com reguladores de crescimento, geralmente obtemos o crescimento e desenvolvimento das gemas apicais tanto da parte aérea como radicular, sendo poucos os estudos e a utilização das giberelinas que reduzem e inibem a divisão celular na formação de brotos e raízes.

Para o número de brotos a combinação MS + auxina AIB e  $\text{GA}_3$ , não contribuem para o aumento quando comparado com a combinação auxina AIB e CK. Geralmente o que se tem observado é maior número de brotações e raízes na combinação MS + auxina AIB e CK nos tratamentos entre com  $1\text{mg.L}^{-1}$  e  $2\text{mg.L}^{-1}$ . Quanto a altura média das plantas micropropagadas, alguns trabalhos relatam diferenças visuais entre os tratamentos combinados com auxina e citocinina (AIB, CK e MS com suplementação com reguladores de crescimento), indo de encontro com Soares et al. (2012) e Campos et al. (2019).

Em relação à massa fresca das mudas, recomenda-se que as plantas sejam pesadas em balança de precisão para obtenção dos resultados, como evidenciada na Tabela 3. De acordo com os resultados analisados com meio de cultura MS acrescido de auxina (ácido indolbutírico AIB) e citocinina (CK-zeatina), tende a proporcionar aumento na massa fresca. Estas afirmações estão de acordo com os obtidos por Soares et al. (2012), Desai et al. (2015) e Gonçalves et al. (2018). Figueiredo et al. (2007) trabalhando com duas espécie de maracujazeiro, *Passiflora gibertii* e *Passiflora edulis* apresentaram os melhores resultados no vigor das plantas micropropagadas na concentração de  $8,88 \mu\text{M}$  de BAP + meio de cultura MS, promovendo maior percentagem de calos a partir de segmentos foliares de maracujazeiro, com maiores resultados para a massa fresca.

Ferreira et al. (2020) trabalhando com micropropagação de maracujazeiro amarelo cv. 'mel do cerrado' observaram que a concentração de  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  de BAP, os explantes apresentaram relativamente maior conteúdo de massa fresca e massa seca. Isso ocorre porque o uso das citocininas além de estimular brotações, por promover a quebra da dominância apical, também aumenta a produção de biomassa ao estimular a formação de brotação lateral (Figueiredo et al., 2007; Pacheco et al., 2012). Assim, o acúmulo adequado de reservas nesta fase pode proporcionar aumento da taxa de sucesso na multiplicação do explante, mitigando perdas de plantas, o que reduz os custos de produção das mudas.

**Tabela 3.** Suplementação do meio de cultura Murashige e Skoog (1962) com reguladores vegetais auxinas, ácido indolbutírico (AIB), giberelina (GA<sub>3</sub>) e citocinina (CK zinetina) no vigor das mudas de *Passiflora alata* aos 60 dias.

Tratamento	Massa Fresca das mudas (g)
MS (Controle)	7,75 c
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> AIB	10,75 b
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> AIB	10,55 b
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> CK	11,25 b
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> CK	11,55 b
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	8,75 c
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	8,55 c
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> AIB + 1mg.L <sup>-1</sup> CK	12,75 a
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> AIB + 2mg.L <sup>-1</sup> CK	12,55 a
MS + 1mg.L <sup>-1</sup> AIB + 1mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	8,55 c
MS + 2mg.L <sup>-1</sup> AIB + 2mg.L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	8,75 c
CV (%)	9,7

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Os autores Silva e Correa (2004).

## CONCLUSÃO

Através de revisões de literaturas o presente trabalho destaca a importância do uso de reguladores vegetais auxina (ácido indolbutírico AIB) e citotina (zeatina CK) nas concentrações de 1mg.L<sup>-1</sup> e 2mg.L<sup>-1</sup>, como suplementação do meio de cultura MS na micropropagação *in vitro*, apresentaram os melhores resultados para número de brotos, número das raízes, comprimento das raízes e massa fresca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque MMS, Brito AL, Lima APPS, Alvim BFM, Santana JRF (2016). *In vitro* establishment of *Comanthera curralensis*, “sempre viva” native of Chapada Diamantina/Bahia. *Ciência Rural*, 46(1): 991-995.
- Almeida GM, Rodrigues JGL (2016). Desenvolvimento de plantas através da interferência de auxinas, citocininas, etileno e giberelinas. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, 9(3): 111-117.
- Bakhtiar Z, Mirjalili MH, Sonboli A (2016). *In vitro* callus induction and micropropagation of *Thymus persicus* (Lamiaceae), an endangered medicinal plant. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16(1): 48-54.
- Castro PRC, Vieira EL (2012). *Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical*. 1ª ed. Editora Guaíba: Agropecuária. 132p.

- Carvalho ACPP, Rodrigues AAJ, Santos EO (2016). *Panorama da Produção de Mudanças Micropropagadas no Brasil (2008–2015)*. Brasília: Boletim Técnico Embrapa 174. 36p.
- Campos AS, Melo, PBS, Bertini CHCM, Carvalho ACPP (2019). *Micropropagação de Antúrio 'Rubi' Estiolamento e Regeneração de Brotações*. Brasília: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 185. 23p.
- Cid LPB, Teixeira JB (2010). *Explante, meio nutritivo, luz e temperatura no cultivo in vitro de Plantas*. Brasília: Embrapa. p. 15-49.
- Dezan LF, Canassa F, Souza-Leal T, Diogo JA, Massaro R, Cordeiro GM, Pedroso-De-Moraes C (2012). Crescimento *in vitro* de *Schomburgkia gloriosa* (L) em meio de cultivo simplificados. *Revista Idesia*, 30(2): 78-82.
- Desai C, Inghalihal R, Krishnamurthy R (2015). Micropropagation of *Anthurium andraeanum* An important tool in floriculture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 4(3): 112-117.
- Ecco M, Morais WG, Reuter RJ, Pottker VL, Lenhardt VL, Vanzella T (2019). Uso de diferentes tratamentos de bioestimulante vegetal na cultura da soja. *Revista Científica Rural*, 21(2): 269-283.
- Fagan EB, Ono EO, Rodrigues JD, Chalfun J, Dourado Neto D (2015). *Fisiologia Vegetal: Reguladores Vegetais*. 1ª edição. Editora Andrei. 302p.
- Figueiredo MA, Paiva R, Souza AC, Porto JMP, Nogueira GF, Soares FP (2007). Indução *in vitro* de Calos em Duas Espécies de Maracujazeiro Nativo. *Revista Brasileira de Biociências*, 5 (supl. 2): 288-290.
- Ferreira DF (2000). Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, São Carlos. *Anais...* São Carlos: UFSCar, p.255-258.
- Ferreira LV, Barreto CF, Taniguchi M, Silva TB, Antunes LEC, Dutra LF (2020). Indução de brotos *in vitro* em maracujazeiro doce BRS mel do cerrado. *Brazilian Journal of Develoment*, 6(3): 9644-9652.
- Gonçalves JS, Muniz NP, Souza EH, Souza FVD, Silva HSA (2018). *Crescimento de mudas micropropagadas de abacaxizeiro em substratos suplementados com rizobactérias produtoras de ácido indolacético*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 92. Brasília: Editora Embrapa. 22p.
- Hartmann HT, Kester DE, Davis JRF, Geneve RL (2012). *Plant propagation: principles e practices*. 8ª ed. Boston: Prentice Hall. 915p.

- Lacerda GA, Chalfun-Júnior A, Paiva LV, Melo EF, Oliveira ACS, Rezende JC (2008). Influência de reguladores de crescimento no desenvolvimento radicular de sementes de *Coffea arabica* L. 'Rubi' *in vitro*. *Coffee Science*, 3(1):81-84.
- Lima AB, Albuquerque MMS, Resende SV, Carneiros CE, Santana JRF (2016). Rustificação *in vitro* em diferentes ambientes e aclimatização de microplantas de *Comanthera mucugensis*. *Revista Ciência Agronômica*, 47(1): 152-161.
- Mercier H (2012). *Fisiologia Vegetal: Auxinas*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 431p.
- Murashige T, Skoog F (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures. *Plant Physiology*, 15: 473-497.
- Moura LC, Titon M, Fernandes JFC, Santana RC (2014). Germinação *in vitro* e aclimação de plântulas de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). *Bioscience Journal*, 30(2): 678-687.
- Murillo-Gómez PA, Naranjo E, Callejas R, Atehortúa L, Urrea A (2014). Micropropagation of the native species *Anthurium antioquiense* (Engl.) for conservation purposes. *Agronomía Colombiana*, 32(3): 334-340.
- Pacheco G, Garcia EL, Vianna M, Mansur E (2012). Plant regeneration, callus induction and establishment of cell suspension cultures of *Passiflora alata* Curtis. *Scientia Horticulturae*, 144(1): 72-47.
- Pêgo RG, Paiva PDO, Paiva R (2014). Micropropagation protocol for *Syngonanthus elegans* (Bong.) Ruhland: an ornamental special. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 36(1): 347-353.
- Petri JL, Hawerth FJ, Leite GB, Sezerino AA, Couto M (2016). *Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado*. 1ª ed. Editora Epagri. 141p.
- Raven PH, Ray EF, Eichho R.N. (2012). *Biologia Vegetal*. 8º edição. Rio de Janeiro. Editora Guanabara. 739p.
- Silva CP, Corrêa, LS (2004). Micropropagação de frutíferas, uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos observados em laboratórios. In: 14º Encontro de Biólogos do CRBio 1ª Região (SP, MS, MT). *Anais...Editora CRBio*, 1(1): 107-108.
- Silva DM, Carneiro LL, Mendes DJ, Sibov ST (2013). Efeito das auxinas ácido naftaleno acético e ácido indol butírico no desenvolvimento *in vitro* de plântulas de *Cyrtopodium saintlegerianum* Rchb. F. (*Orchidaceae*). *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer*, 9(16): 852-860.
- Silva MMA (2017). Micropropagação da palma forrageira variedade miúda em meio de cultura simplificado. *Revista Tecnologia & Ciências Agropecuária*, 11(2): 25-29.

- Santos FC, Ramos JD, Pasqual M, Rezende JC, Santos FC, Villa F (2010). Micropropagação do maracujazeiro-do-sono. *Revista Ceres*, 57(1): 112-117.
- Soares WS, Rêgo MM, Rêgo ER, Barroso PA, Nascimento KS, Ferreira KT (2012). Estabelecimento *in vitro* e micropropagação de maracujá silvestre (*Passiflora foetida* L.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 14(n. especial): 138-142.
- Schwalbert R, Maldaner J, Aita MF, Amaral GA, Tarouco AK (2014). Concentrações de sais do meio MS no cultivo *in vitro* de *Desmodium incanum*. *Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer*, 10(18): 1009-1015.
- Taiz L, Zeiger E (2017). *Fisiologia Vegetal*. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- Winhelmann MC, Tedesco M, Luchese JR, Fior CS, Schafer G (2019). Propagação *in vitro* de *Angelonia integerrima*. *Revista Rodriguésia*, 70(1): 223-217.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

agricultura, 6, 10, 15, 16, 21, 22, 59, 60, 61, 63, 66, 67, 71, 72, 73, 75, 76, 82, 94, 107, 110, 112, 113  
agronegócio, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 71, 72, 73, 75, 76, 80

### B

biotecnologia, 50, 83, 110, 7  
*Bradyrhizobium japonicum*, 107  
braquiária, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18

### C

*commodities*, 59, 61, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 76  
cultivo *in vitro*, 49, 56

### D

desfolha, 107, 112

### E

escoamento, 59, 76  
espécies nativas, 26, 29, 36, 37, 39, 40

### G

*Gossypium hirsutum*, 6, 8, 12, 16, 18, 20, 21

### M

micropropagação, 49, 51, 53, 54, 55  
microrganismos, 15

### N

nitrogênio, 7, 8, 14, 16, 18, 21, 35, 80, 81, 82, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 107, 109, 113

### P

planta de cobertura, 10, 16

### R

Reguladores vegetais, 47

### S

*Saccharum officinarum*, 29, 80, 82, 86, 87, 90, 91  
soja, 28, 56, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 69, 72, 73, 75, 76, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113

### U

*Urochloa*, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 21



## Alan Mario Zuffo

Graduado em Agronomia pela UNEMAT. Mestre em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) UFPI. Doutor em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) UFLA. Pós-Doutorado em Agronomia na UEMS. Prof. UFMS em Chapadão do Sul.



## Jorge González Aguilera

Graduado em Agronomia pelo ISCA-B (Cuba). Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (Cuba). Mestrado em Fitotecnia e Doutorado em Genética e Melhoramento pela UFV e Pós-Doutorado na Embrapa Trigo. Prof. UFMS em Chapadão do Sul.

ISBN 978-659906415-9



Pantanal Editora  
Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)