

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TAÍS DA SILVA

USO DE BIORREGULADORES E BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA

CURITIBA

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TAÍS DA SILVA

USO DE BIORREGULADORES E BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, Curso de Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Glaciela Kaschuk

CURITIBA

2019

FOLHA/TERMO DE APROVAÇÃO

TAÍS DA SILVA

USO DE BIORREGULADORES E BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, Curso de Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Glaciela Kaschuk
Orientador – Departamento de Agronomia – UFPR

Prof.
Departamento de

Prof.
Departamento de

Prof.
Departamento de
Curitiba, 31 de agosto de 2019.

RESUMO

A agricultura é uma prática que demanda a busca por ferramentas alternativas que incrementem a produtividade das culturas. Nesse contexto, pode citar-se o uso de reguladores vegetais, devido à influência positiva no incremento e na qualidade da colheita. Regulador vegetal ou biorregulador é um composto que quando aplicado na planta em baixas concentrações possuem as mesmas ações dos hormônios vegetais. Bioestimulantes são misturas de biorreguladores, podendo haver também a mistura com outros compostos. O presente trabalho tem como finalidade explicar o conceito sobre o uso de biorreguladores e bioestimulantes e sua ação sobre as principais culturas. A situação regulatória dos bioestimulantes é complexa devido a ausência de qualquer estrutura específica que enquadre estes produtos em uma categoria definida. O uso de bioestimulantes e biorreguladores na agricultura é eficiente e benéfico na maioria das culturas estudadas. Biorreguladores e bioestimulantes expressam melhor seus efeitos em situações em que a planta encontra-se sob estresse. Um mesmo hormônio pode trazer diferentes resultados na planta. Produtos contendo giberelina são eficazes no aumento da germinação, vigor da planta, emergência de plântulas, tamanho do fruto e retardação da maturação e na regulação da floração. O ethephon é eficiente na maturação e tamanho de frutos, redução de porte, antecipação de colheita, incremento em parâmetros de qualidade e abscisão floral. O produto Stimulate® apresenta bons resultados na quebra de dormência, uniformidade de emergência, raízes mais vigorosas, vagens com maior número de grãos, e consequentemente maior produtividade. Produtos à base de trinexapac-ethyl e cloreto de clorocolina reduzem o porte e o acamamento na cultura do trigo e algodão. Produtos à base de extrato de algas são capazes de reduzir o estresse nas plantas e propiciar melhores condições para seu desenvolvimento. Ácidos húmicos visam além da estimulação hormonal, melhor solubilização de nutrientes. Bioestimulantes não possuem uma categoria bem definida perante a legislação. Entretanto, isso não impede de ser ofertado junto ao produtor. Mais estudos são necessários para desvendar a relevância agrônoma dos seguintes biorreguladores/ bioestimulantes: cloreto de mepiquat, aminoetoxivinilglicina, ácidos indolacético, indolbutírico e naftaleno e 2,4-D.

Palavras-chave: Biorregulador. Bioestimulante. Hormônios vegetais. Regulador Vegetal.

ABSTRACT

Agriculture is a practice that demands the search for alternative tools that increase crop productivity. In this context, we can mention the use of plant regulators, due to the positive influence on the increase and quality of the harvest. Plant regulator or bioregulator is a compound that when applied to the plant at low concentrations has the same actions as plant hormones. Biostimulants are mixtures of bioregulators and may also be mixed with other compounds. This paper aims to explain the concept of the use of bioregulators and biostimulants and their action on the main crops. The regulatory situation of biostimulants is complex due to the absence of any specific structure that fits these products into a defined category. The use of biostimulants and bioregulators in agriculture is efficient and beneficial in most crops studied. Bioregulators and biostimulants better express their effects in situations where the plant is under stress. The same hormone can bring different results in the plant. Gibberellin-containing products are effective in increasing germination, plant vigor, seedling emergence, fruit size and retardation of ripening and flowering regulation. Ethephon is efficient in fruit maturation and size, size reduction, harvest anticipation, increase in quality parameters and floral abscission. The Stimulate® product has good results in dormancy break, emergence uniformity, more vigorous roots, pods with higher grains, and consequently higher productivity. Trinexapac-ethyl and chlorocholine chloride products reduce bearing and lodging in wheat and cotton crops. Algae extract products are able to reduce stress on plants and provide better conditions for their development. Humic acids aim beyond hormonal stimulation, better nutrient solubilization. Biostimulants do not have a well-defined category under the legislation. However, this does not prevent it from being offered to the producer. Further studies are needed to unravel the agronomic relevance of the following bioregulators / biostimulants: mepiquat chloride, aminoethoxyvinylglycine, indolacetic, indolbutyric and naphthalene acids and 2,4-D.

Key words: Bioregulator. Biostimulant. Vegetable hormones. Plant regulator.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA	19
2.1	BIORREGULADORES E BIOESTIMULANTES	9
2.1.1	ASPECTOS GERAIS	9
2.1.2	EFEITOS FISIOLÓGICOS	13
2.1.2.1	GIBERELINAS.....	14
2.1.2.2	CITOCININAS	15
2.1.2.3	AUXINAS.....	16
2.1.2.4	ETILENO	17
2.1.2.5	ACIDO ABSCÍSIKO	18
2.1.2.6	EXTRATOS DE ALGAS	18
2.1.2.7	ÁCIDOS HÚMICOS	19
2.2	USO NA AGRICULTURA	20
2.2.1	SEMENTES E RAÍZES	21
2.2.2	FLORAÇÃO	25
2.2.3	FRUTOS	26
2.2.4	INIBIDORES E REGULADORES DO CRESCIMENTO	29
3	CONCLUSÕES	34
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma prática que demanda constantemente a busca por ferramentas alternativas que incrementem a produtividade das culturas. Esse fato não é recente; há tempos o manejo vem se aperfeiçoando cada vez mais, de acordo com as exigências da cultura e, juntando isso às tecnologias disponíveis hoje a campo, temos diversas opções de sucesso que maximizam a produtividade final. Nesse contexto, uma dessas alternativas é o uso de reguladores vegetais, os quais tem a capacidade de otimizar o metabolismo da planta de maneira que a torne mais resistente às condições ambientais adversas, possibilitando que a cultura expresse um aumento na capacidade de produzir mais. Os reguladores vegetais são muito utilizados na agricultura, principalmente em frutos e vegetais, devido à influência positiva no incremento e na qualidade da colheita. São compostos que têm a capacidade de trazer efeitos como acelerar o crescimento das plantas, melhorar suas defesas ou estimular o poder germinativo das sementes (FETTER, 2018).

Apesar do grande potencial que o uso de reguladores vegetais tem demonstrado na agricultura, sua utilização ainda não é uma prática comum, principalmente nas culturas que não possuem um alto nível de tecnologia (CASTRO; VIEIRA, 2001). Uma das razões para isso é a grande variabilidade nos resultados obtidos em função da cultura, do ambiente e das práticas agrícolas empregadas. Além do mais, raramente os hormônios agem sozinhos, mesmo quando uma resposta no vegetal é atribuída à aplicação de um único regulador vegetal, o tecido que recebeu a aplicação contém hormônios endógenos que contribuem para as respostas obtidas (COBUCCI *et al.*, 2008).

O uso de reguladores vegetais pode ser feito em um número amplo de culturas, sendo que as pesquisas têm trazido resultados principalmente nas áreas de fruticultura, floricultura e olericultura. Quanto às grandes culturas ainda são poucas as pesquisas, como é o caso da soja e do milho, arroz e feijão. A utilização destes compostos têm trazido resultados positivos como incremento no sistema radicular, após a germinação e aumento no pegamento de vagens (KLAHOLD, 2006).

O uso de substâncias ativas que possam aumentar o crescimento e produtividade é de grande interesse econômico. Atualmente, além do uso dos

reguladores vegetais de modo isolado como substâncias ativas para a promoção do aumento da produção, produtos como os bioestimulantes estão em destaque. Bioestimulantes são misturas de reguladores vegetais com outros compostos de natureza bioquímica diferentes, tais como: aminoácidos, vitaminas, algas marinhas, micronutrientes e ácido ascórbico (VIEIRA, 2001).

Esses produtos contêm princípio ativo ou agente orgânico isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade podendo ser levado em conta o seu valor hormonal ou estimulante (KELTING, 1997). Os benefícios resultantes da aplicação de bioestimulantes sejam estes naturais ou sintéticos podem ser observados nas sementes, aumentando seu potencial de germinação e rápida emergência; nos estádios iniciais de desenvolvimento das culturas, estimulando o crescimento da raiz, promovendo estabelecimento uniforme das plantas, melhorando a resistência contra pragas e doenças, contribuindo para uma rápida recuperação em situações de estresse e auxiliando na capacidade da planta em absorver nutrientes. Estes produtos podem ser utilizados em tratamento de sementes, no sulco de semeadura ou em aplicações foliares. (DANTAS *et al.*, 2012; FETTER, 2018).

A descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias de crescimento, tem contribuído para solucionar problemas do sistema de produção e melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas (CASTRO E VIEIRA, 2001). Apesar de já terem sido feitos alguns estudos utilizando os bioestimulantes em diferentes culturas, os resultados obtidos até agora têm sido controversos, sendo necessárias, portanto, novas pesquisas para melhor avaliação dos efeitos destes produtos na agricultura, uma vez que seu uso tem sido propagado em várias regiões do mundo (VASCONSELOS, 2006).

Neste contexto, o presente trabalho tem como finalidade explicar o conceito sobre o uso de biorreguladores e bioestimulantes e sua ação sobre as principais culturas, de maneira a informar os benefícios que o uso dessa ferramenta pode trazer, e como ela pode ser utilizada na agricultura.

2 REVISÃO TEÓRICO EMPÍRICA

2.1 BIORREGULADORES E BIOESTIMULANTES

2.1.1 Aspectos gerais

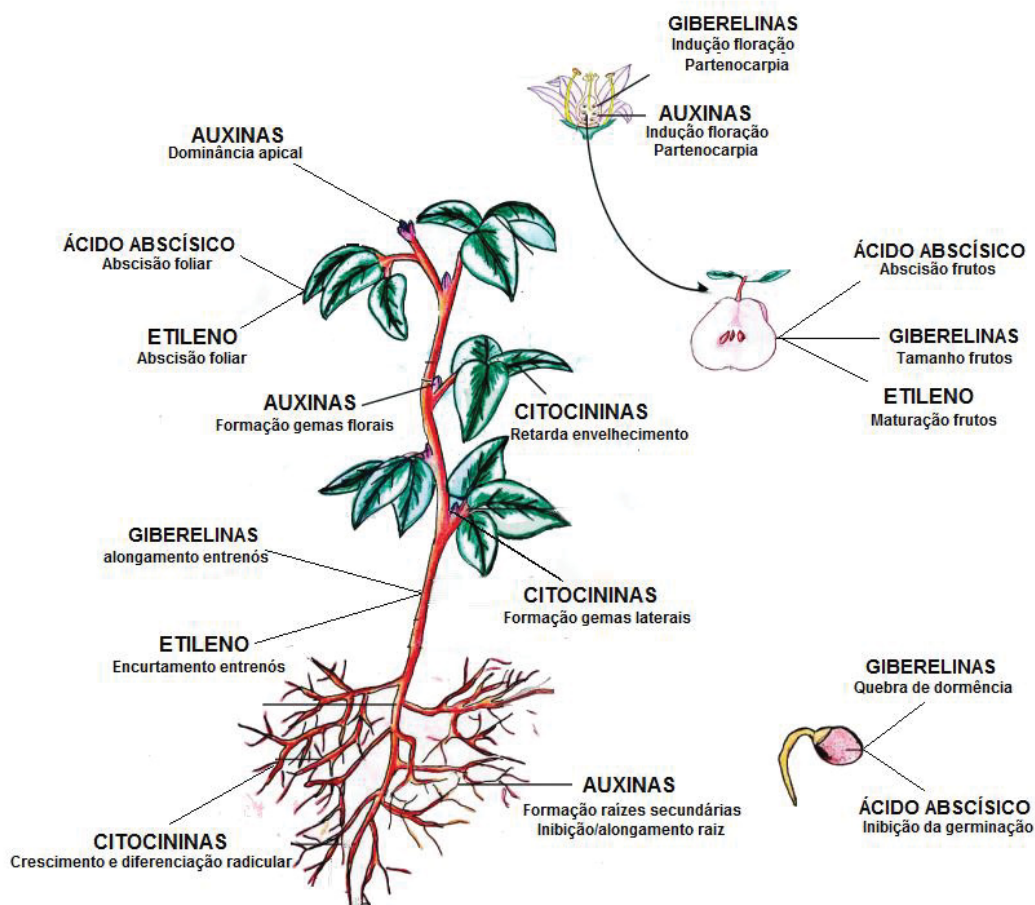
Regulador vegetal ou biorregulador é um composto orgânico, de função não nutricional que, quando aplicado exogenamente na planta em baixas concentrações possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais promovendo, inibindo ou modificando processos morfológicos e fisiológicos de um vegetal, tais como germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência (CASTRO E VIEIRA, 2001). Essas substâncias também agem modificando a morfologia e a fisiologia da planta, podendo-se levar a alterações qualitativas e quantitativas na produção. Os hormônios naturais são essencialmente “mensageiros químicos”, que exercem influência sobre o desenvolvimento de diversos órgãos da planta (GUERREIRO, 2008). Pode-se citar como exemplos de biorreguladores os hormônios vegetais: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, retardadores e inibidores. Além dos hormônios vegetais clássicos existem também outros compostos que apresentam efeitos similares aos hormônios, podendo afetar o crescimento e o desenvolvimento vegetal como os brassinosteroides, as poliaminas, o ácido jasmônico e o ácido salicílico (KERBAUY, 2012).

Os reguladores vegetais atuam diretamente nas estruturas celulares, podendo causar alterações físicas, químicas e metabólicas, além de estar envolvidos em processos de crescimento e desenvolvimento de um órgão ou tecido vegetal (FIGURA 1). Porém, essa resposta depende de alguns fatores como: a espécie, parte da planta, estágio de desenvolvimento, concentração, interação entre outros reguladores e vários fatores ambientais (CAMPOS *et al.*, 2008). A ação dos hormônios é primeiramente a nível de membrana plasmática, na qual estão as proteínas. (SALISBURY; ROSS, 1994).

Existem produtos comerciais de regulação hormonal que são associados com micronutrientes, visando um melhor estabelecimento das plantas no campo. Como os micronutrientes são requeridos em pequenas quantidades, a falta de qualquer um deles pode limitar o crescimento do

vegetal, mesmo que os outros nutrientes estejam presentes em quantidades adequadas. Sendo assim, a associação desses compostos em uma formulação comercial é uma estratégia para complementar a nutrição da planta de acordo com as suas necessidades (LOPES, 1989).

FIGURA 1 - PRINCIPAIS EFEITOS DOS HORMÔNIOS VEGETAIS NAS PLANTAS



FONTE: Adaptado de Embrapa (2018).

Já os bioestimulantes podem ser definidos como misturas de biorreguladores, podendo haver também a mistura destes com outros compostos de natureza química, como vitaminas, sais minerais, aminoácidos, etc (KLAHOLD *et al.*, 2006). Muitos dos efeitos benéficos dos bioestimulantes são baseados na sua habilidade de influenciar a atividade hormonal das plantas, que é responsável por regular o desenvolvimento normal da planta bem como as respostas ao ambiente onde se encontram (LONG, 2019). Como exemplos de bioestimulantes podem ser citados quatro grupos principais de substâncias: os aminoácidos e hidrolisados de proteínas, as substâncias

húmicas, os microrganismos e inóculos, e os extratos de algas. Todos os grupos possuem produtos comerciais disponíveis no mercado brasileiro.

A situação regulatória dos bioestimulantes é muito complexa hoje, devido à ausência de qualquer estrutura específica, situação ocorrente não só no Brasil, mas também na Europa e Estados Unidos. As principais razões para essa situação são a carência em âmbito global acerca da ação dos bioestimulantes e suas implicações no metabolismo na planta, ocasionando a ausência de uma definição formal e aceitação do conceito por órgãos reguladores (DU JARDIN, 2015; FARIA, 2018).

Na Europa, os bioestimulantes são colocados no mercado seguindo a regulamentação nacional de fertilizantes, onde os produtos são considerados fertilizantes orgânicos, sem a necessidade de haver declarado microrganismos no registro do produto, ou pela lei europeia dos pesticidas, que possui o mesmo rigor dos produtos agrotóxicos, onde a legislação conservadora visa a prevenção de contaminações e risco alimentar. (DU JARDIN, 2015; MORAES, 2015).

Em outubro de 2017, o parlamento europeu votou a favor de mudanças nas regras relacionadas à disponibilização no mercado de produtos de nutrição vegetal com a marcação CE, na qual estabeleceu a categoria funcional de bioestimulante, sendo este considerado “um produto que estimula os processos de nutrição das plantas, independentemente do teor de nutrientes do produto, com o único objetivo de melhorar uma ou mais das seguintes características das plantas: (a) eficiência do uso de nutrientes, (b) tolerância a estresses abióticos, ou (c) qualidade do cultivo” (EUROPEAN PARLAMENT, 2019).

Assim como na Europa, os Estados Unidos também buscam uma legislação própria para classificar os bioestimulantes de maneira a abranger as normas internacionais, já que atualmente a lei estadual para registro de fertilizantes está acima da lei federal (FARIA, 2018; MORAES, 2015).

No Brasil, os insumos agrícolas estão basicamente baseados em duas leis principais, a de fertilizantes que trata de insumos corretivos, fertilizantes, inoculantes e biofertilizantes, e a lei de agrotóxicos, que trata dos insumos envolvidos na proteção dos cultivos contra pragas, doenças e viroses, controle de plantas invasoras, desfolhantes, dessecantes, inibidores de crescimento, e estimulantes.

A legislação brasileira não faz uso do termo bioestimulante, ou seja, é uma classe inexistente dentro da legislação de agroquímicos ou de fertilizantes. Produtos que contém componentes com efeitos estimulantes, que promovam o crescimento, desenvolvimento, aumento da tolerância aos estresses abióticos, aumento da produtividade, não apresentem traços de produtos agroquímicos ou sejam fontes exclusivas de nutrientes são categorizadas de acordo com o Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004) da legislação de fertilizantes como “Biofertilizantes”.

De acordo com o decreto, biofertilizante é definido como “produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante”. Dessa maneira, esses produtos são em sua maioria, registrados como fertilizantes para aplicação via foliar, via irrigação localizada, aplicação no sulco de plantio ou aplicados às sementes (MÓGOR, 2010).

Além da classificação de biofertilizante, o decreto apresenta dentro da classe de fertilizante mineral aditivos ou compostos que desempenham papel de bioestimulantes nas plantas. Podem-se agrupar esses compostos que querem se utilizar do conceito de biofertilizantes no Brasil em três grupos principais: a) Extratos de algas ou extratos vegetais; b) Aminoácidos ou proteínas hidrolisadas e c) Substâncias húmicas (ácidos húmicos e/ou fúlvicos) (GODOY, 2018). Essa definição de biofertilizantes apresentada no decreto exclui organismos biológicos como fungos e bactérias benéficos, os quais são categorizados em outras classes como por exemplo, inoculantes, e exclui também os indutores de resistência em plantas (MÓGOR, 2010).

Já os produtos que contém reguladores vegetais sintéticos ou a sua mistura, são registrados no Ministério da Agricultura (MAPA) na legislação de Agrotóxicos como Regulador de Crescimento Vegetal (MORAES, 2015), devido à ausência de uma legislação que defina claramente esses produtos, o que torna difícil até mesmo para as empresas produtoras desses bioestimulantes. No presente momento, apenas 49 produtos estão registrados junto ao MAPA como reguladores de crescimento, atendendo aos requisitos da legislação de defensivos agrícolas (AGROFIT, 2019).

Os bioestimulantes são liberados pelo Ministério da Agricultura fazendo uso dos mesmos parâmetros de avaliação dos agrotóxicos e fertilizantes convencionais, ou seja, verificam-se apenas os teores de macro e micronutrientes e a presença de contaminantes, não havendo critérios definidos que avaliem os efeitos desses produtos nos diversos processos de desenvolvimentos das plantas e no acréscimo de produtividade das culturas, nem menção das particularidades dos diferentes produtos que possam regulamentar a validação de resultados, protocolos ou propriedades específicas dos diferentes grupos (SILVA, 2012; MORAES, 2015).

Essa falta de protocolos viáveis de avaliação agrônômica para esse tipo de produto resultaram na adequação destes produtos sob outras classes de registro, tais como: fertilizantes orgânicos, organo-minerais, inoculantes, condicionadores de solo, e outros, o que no curto prazo permite empresas de comercializarem seus produtos, porém sem a classificação correta, o que não julga os efeitos reais dos biofertilizantes (MORAES, 2015).

De acordo com Silva *et al.* (2012), o registro desses produtos para uso no território nacional é dificultado pela demora, burocracia e grau de exigências por parte de órgãos governamentais (MAPA, IBAMA, ANVISA). Apesar de produtos como extratos vegetais, ácidos húmicos e fúlvicos, extratos de algas, aminoácidos, polissacarídeos entre outros já estarem registrados de acordo com a legislação como fertilizantes orgânicos e mineirais, suas propriedades biológicas não podem ser divulgadas por questão de legislação, embora estejam liberados para uso pelo Ministério da Agricultura.

2.1.2 EFEITOS FISIOLÓGICOS

Quando o ambiente onde as plantas se encontram é favorável, elas desenvolvem-se bem e nestas condições, os efeitos dos bioestimulantes podem não ser facilmente identificados. Esses efeitos de melhor desenvolvimento podem ser observados em situações em que a planta encontra-se sob estresse. Essa melhora se dá devido à otimização no seu sistema de defesa que incrementa os níveis de antioxidantes na planta. (KARNOK, 2000) (VIEIRA, 2001).

Há diversos trabalhos pressupondo que plantas quando submetidas à aplicação de produtos à base de biorreguladores ou bioestimulantes respondem melhor ao estresse hídrico. Isso se deve ao aumento nos níveis das atividades de enzimas como superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT), resultante da ação desses produtos. Essas enzimas são antioxidantes, responsáveis por reduzir o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, as quais são produzidas em situações de estresse. Ou seja, essas enzimas acima citadas possuem a capacidade de eliminar compostos maléficos ao metabolismo vegetal, reduzindo os danos às plantas. (KARNOK, 2000).

A eficiência fotoquímica é outro fator que tem sido beneficiado com a aplicação de bioestimulantes ou biorreguladores (RICHARDSON *et al.*, 2004). A tolerância ao estresse e o incremento fotossintético podem, portanto, promover aumentos na produtividade, conforme evidenciado nos resultados do trabalho de Albrecht *et al.* (2009). Considerando que o crescimento e desenvolvimento das plantas são regulados por uma série de hormônios vegetais (Figura 1), cujas biossíntese e degradação se produzem em resposta a uma complexa interação de fatores fisiológicos, metabólicos e ambientais, a introdução de análogos desses hormônios promotores pode influenciar, condicionar, estimular e potencializar os resultados positivos (DARIO *et al.*, 2005).

2.1.2.1 GIBERELINAS

As giberelinas são responsáveis por uma ampla gama de fatores da germinação de sementes, incluindo a quebra de dormência e mobilização das reservas do endosperma. A giberelina é responsável por regular a expressão do gene que sintetiza a α -amilase, durante a germinação das sementes, ou seja, o ácido giberélico regula a mobilização de reservas do endosperma durante o desenvolvimento das plântulas (MARCOS FILHO, 2005).

O ácido giberélico está associado à promoção do crescimento do caule e a aplicação desse regulador vegetal à planta intacta pode induzir ao aumento significativo na sua altura; esse resultado é amplamente visto nas plantas da família Poaceae. A aplicação exógena de giberelina promove o alongamento

dos entrenós e associado a esse efeito, há também a diminuição na espessura do caule e no tamanho da folha, além da coloração verde clara das folhas. Apresentam pouco efeito no crescimento da raiz (TAIZ; ZEIGER, 2009).

As giberelinas também podem afetar a transição do estado juvenil para o maduro, bem como a indução da floração, determinação do sexo e o estabelecimento do fruto. Comercialmente a giberelina é utilizada no cultivo de frutas (aumento no comprimento do pedúnculo de uvas sem sementes), na maltagem da cevada e no aumento da produção de açúcar em cana de açúcar (TAIZ; ZEIGER, 2009).

2.1.2.2 CITOCININAS

As citocininas participam na regulação de muitos processos do vegetal, incluindo a divisão celular, senescência foliar, mobilização de nutrientes, dominância apical, formação e atividade dos meristemas apicais, desenvolvimento floral, germinação de sementes e a quebra da dormência de gemas. Parecem mediar também muitos aspectos do desenvolvimento regulado pela luz, incluindo a diferenciação dos cloroplastos, o desenvolvimento do metabolismo autotrófico e a expansão de folhas e cotilédones. A razão entre auxina e citocinina determina a divisão celular e a diferenciação em raiz ou gema de tecidos vegetais cultivados, sendo que uma alta relação auxina: citocinina estimula a formação de raízes (TAIZ; ZIEGER, 2009).

De acordo com Csinzinszky (1990), a presença de citocinina nos bioestimulantes pode ser benéfica para as plantas em períodos de estresse, pois, a produção interna de citocinina pode ser comprometida durante esses períodos que desfavorecem o desenvolvimento regular da planta. Além da citocinina, muitos compostos orgânicos são conhecidos por terem atividade auxínica, e assim, estimularem o crescimento radicular, uma vez que as raízes apresentam alta sensibilidade à presença de auxina. Desta maneira, o uso destes produtos tem sido crescente na agricultura por aumentarem a absorção de água e nutrientes pelas plantas, bem como sua resistência aos estresses hídricos e aos efeitos residuais de herbicidas no solo (RUSSO E BERLYN, 1992).

A função das citocininas tem sido elucidada por intermédio de sua aplicação exógena já que influenciam vários aspectos do desenvolvimento e da biossíntese de importantes compostos (TAIZ; ZEIGER, 2009; WAREING; PHILLIPS, 1981).

2.1.2.3 AUXINAS

A auxina foi o primeiro hormônio vegetal descoberto em 1927, sendo necessário para a viabilidade das plantas. É sintetizada no ápice caulinar e posteriormente é transportada em direção aos tecidos localizados abaixo do ápice. São substâncias quimicamente relacionadas com o ácido indolil-3-acético (AIA) que promovem o crescimento das plantas, principalmente através do alongamento celular. A indução do alongamento celular se dá pela ativação da bomba de prótons (ATPase), promovendo assim a acidificação da parede celular, possibilitando a ação das enzimas hidrolíticas sintetizadas pela ação das giberelinas (TAIZ; ZEIGER, 2009; KERBAUY, 2012).

A aspersão da planta com auxina exógena resulta em um modesto e breve estímulo no crescimento de caules jovens e coleóptilos. Baixos níveis de auxina são também necessários para o alongamento da raiz, sendo que altas concentrações podem inibir o crescimento desse órgão. Além de suas funções no crescimento e nos tropismos, a auxina participa na regulação da dominância apical, da iniciação das raízes laterais, da abscisão foliar, da diferenciação vascular, da formação de gemas florais e do desenvolvimento do fruto (TAIZ; ZEIGER, 2009). As aplicações comerciais de auxina incluem compostos para enraizamento e herbicidas.

Os efeitos fisiológicos da auxina dependem de alguns fatores como: estágio de desenvolvimento do tecido ou órgão; concentração; tipo, endógeno ou exógeno e, principalmente, a interação com outros reguladores vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009). Além disso, um hormônio pode influenciar a biossíntese de outro, sendo que a giberelina pode induzir a síntese de auxina e vice-versa. Os fatores ambientais tais como fotoperíodo e temperatura, podem alterar os níveis de giberelinas ativas nas plantas (BOURSCHEIDT, 2011).

2.1.2.4 ETILENO

O etileno é o único hormônio gasoso e tem por característica primordial a tríplice resposta: redução no alongamento do caule, aumento do crescimento lateral (intumescimento) e crescimento horizontal anormal (MACEDO; CASTRO, CAMARGO, 2015). Esse hormônio é regulado pela auxina, de forma que, a aplicação de auxina promove aumento na quantidade de etileno nas plantas, ou a remoção de tecidos meristemáticos promovem a redução do etileno no tecido adjacente (HOPKINS; HÜNER, 2004).

A síntese de etileno é mais ativa nas regiões meristemáticas e nos nós das plantas. Sua produção também é maior durante o processo de abscisão foliar, senescência de flores e amadurecimento de frutos. Qualquer tipo de lesão ou mesmo o estresse fisiológico causado por falta de água, resfriamento, inundação entre outros, pode induzir a biossíntese de etileno (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Em frutas não climatéricas o etileno desempenha a função de alterar a coloração do fruto. Isso se deve em função da elevação da taxa respiratória promovida pela ação do hormônio. O etileno promove aumento na atividade das enzimas que degradam a clorofila (clorofilases e oxidases) (YAMAUCHI *et al.*, 1997) e são responsáveis pelo desaparecimento da cor verde. Ao mesmo tempo, o etileno promove a carotenogênese, estimulando o aparecimento da cor amarela ou laranja e conduz à decomposição das giberelinas responsáveis pela manutenção da coloração verde (JACOMINO *et al.*, 2003).

A ação do etileno também é observada na manutenção do gancho plumular em plântulas de dicotiledôneas; tem função reguladora sobre a dormência em sementes; induz a formação de flores e auxilia na formação de raízes adventícias (MACEDO; CASTRO, 2005). Por se tratar de um gás, o etileno apresenta limitações na aplicação a campo, por isso, utiliza-se o composto ácido 2-cloroetilfosfônico ou mais comumente conhecido como ethephon, que é misturado a água e aplicado via pulverização. Quando absorvido pela planta, libera gás etileno (TAIZ; ZEIGER, 2009).

2.1.2.5 ÁCIDO ABSCÍSIKO

Inibidores do crescimento são substâncias reguladoras responsáveis por retardar o crescimento e desenvolvimento das plantas, em processos como alongamento de raízes e caules, germinação de sementes e brotamento de gemas. Os inibidores de crescimento se dividem em dois grupos: compostos fenólicos e não fenólicos.

Dentro do grupo dos inibidores não fenólicos encontra-se o ácido abscísico (ABA). Sua ação está relacionada com os processos fisiológicos de fechamento dos estômatos, dormência de gemas, indução da síntese de proteínas de reserva nas sementes e embriogênese, indução do transporte de fotoassimilados das folhas para sementes em desenvolvimento, abscisão de folhas e frutos e resposta da planta ao estresse hídrico. Também pode afetar a indução e a manutenção de dormência nas sementes e nas gemas de certas espécies (RAVEN, 1978).

2.1.2.6 EXTRATOS DE ALGAS

Muitas espécies de algas marinhas são utilizadas na agricultura há muitos anos como bioestimulantes e fertilizantes naturais. (KHAN *et al.*, 2009). Vários compostos que apresentam atividades de proteção às plantas e que são extraídos de macroalgas pertencem à classe dos polissacarídeos, possuindo grande importância por apresentarem uma ampla variação estrutural, podendo conter raros carboidratos e grupamentos sulfatos. (LAHAYE; ROBIC, 2007).

As algas constituem organismos vivos essenciais que podem ser utilizados em escala comercial. São comercializados sob a forma de extratos, compondo fertilizantes líquidos e bioestimulantes. Estes produtos contendo tais organismos têm apresentado efeitos positivos no crescimento, desenvolvimento e conseqüentemente nos rendimentos das culturas. Nesse aspecto, a presença das algas representa um auxílio as plantas a se adaptarem a condições adversas (MATYSIAK *et al.*, 2011).

As espécies de algas mais utilizadas na agricultura pertencem ao grupo das algas marrons, mais especificamente a espécie *Ascophyllum nodosum*. Os efeitos do seu uso estimulam processos fisiológicos nas plantas, ocasionando

melhora no seu crescimento, rendimento e qualidade do produto, além de aliviar estresses abióticos, como salinidade e estresse hídrico (KHAN *et al.*, 2009). Esses efeitos promovidos pelas algas podem ser explicados pela riqueza destes organismos em reguladores de crescimento (citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas), macro e micronutrientes (Ca, K, P, Fe, Cu, Zn, B, Mn, Co e Mo) (DAPPER *et al.*, 2014).

2.1.2.7 ÁCIDOS HÚMICOS

Estudos mostram que produtos compostos por substâncias húmicas estimulam a absorção mineral das plantas, o desenvolvimento radicular, os processos metabólicos, a atividade respiratória e o crescimento celular. Esses compostos podem apresentar também ação fitormonal, participar dos processos de fotossíntese, no conteúdo e na distribuição de açúcares e na maturação de frutas e legumes (RUSSO; BERLYN, 1992).

As substâncias húmicas podem trazer efeitos diretos e indiretos no desenvolvimento das plantas, sendo os diretos aqueles relacionados com a estimulação geral do crescimento e indiretos na solubilização de nutrientes. As substâncias húmicas são capazes de promover um aumento hormonal na planta, estimulando a germinação em sementes e o crescimento de mudas. Vários estudos envolvendo os efeitos das substâncias húmicas presentes nos produtos comerciais têm apresentado resultados positivos. Estes resultados mostram que os ácidos húmicos favorecem o desenvolvimento das plantas por meio da absorção de complexos de ferro pelas raízes, através da formação de quelatos (SANDERS *et al.*, 1990).

Em relação à estimulação hormonal promovida pelas substâncias húmicas, deve se levar em consideração que o crescimento promovido por estes compostos não deve ser limitado apenas aos hormônios, pois outras substâncias possuem efeitos similares a estes, tais como vitaminas e aminoácidos. As vitaminas, por exemplo, são reconhecidas como substâncias capazes de promover o crescimento das plantas por serem sintetizadas pelas plantas e microrganismos do solo (TAN, 2003).

2.2 USO NA AGRICULTURA

No que se refere às aplicações agrícolas dos biorreguladores, deve-se considerar que algumas plantas cultivadas já atingiram no Brasil estágios de evolução que exigem elevado nível técnico para alcançar melhor produtividade. Essas culturas já não se apresentam condicionadas por limitações de ordem nutricional e hídrica, além de serem protegidas adequadamente com defensivos. Nessas condições, a economicidade da utilização de tecnologia avançada tem levado ao emprego dos biorreguladores e bioestimulantes, que podem freqüentemente mostrar-se altamente compensadores (CASTRO E VIEIRA, 2001).

A descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias de crescimento, tem contribuído para solucionar problemas do sistema de produção e melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas (CASTRO E VIEIRA, 2001).

O emprego de biorreguladores e bioestimulantes como técnica agrônômica para se aperfeiçoar a produtividade de diversas culturas, tem crescido nos últimos anos. Os hormônios contidos nos bioestimulantes são moléculas sinalizadoras, naturalmente presentes nas plantas em concentrações basicamente pequenas, sendo responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os órgãos vegetais de uma planta são alterados morfológicamente pela aplicação de bioestimulantes, de modo que o crescimento e o desenvolvimento das plantas são promovidos ou inibidos, influenciando ou modificando os processos fisiológicos de modo a controlar as atividades referentes aos metabolismos planta (BOURSCHEIDT, 2011) (TABELA 1).

Dentre os produtos mais estudados e usados comercialmente encontra-se o Stimulate®, o Promalin e o GA + 2,4- D. Stimulate® é um bioestimulante da Stoller, constituído de 50 mg L⁻¹ de giberelina (GA), 50 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (IBA) e 90 mg L⁻¹ de cinetina (CK) Esse produto químico incrementa o crescimento e o desenvolvimento vegetal estimulando a divisão celular, a diferenciação e o alongamento das células, também aumenta a

absorção e a utilização dos nutrientes e é especialmente eficiente quando aplicado com fertilizantes foliares, sendo também compatível com defensivos.

2.2.1 SEMENTES E RAÍZES

Alterações na concentração hormonal de tecidos podem mediar toda uma gama de processos de desenvolvimento das plantas, muitos dos quais envolvem interações com os fatores ambientais (CROZIER *et al.* 2000). As substâncias reguladoras podem ser combinadas com outras substâncias, para agirem durante o processo germinativo das sementes e, também, em eventos pós-germinativos, como a mobilização de reservas, crescimento e desenvolvimento do embrião. Alguns trabalhos utilizando bioestimulantes demonstram que o produto aplicado via sementes é capaz de originar plântulas mais vigorosas, com maior comprimento, matéria seca e porcentagem de emergência em areia e terra vegetal proporcional ao aumento de doses do produto (BOURSCHEIDT, 2011).

Segundo Castro *et al.* (1985) a imersão de sementes em soluções com reguladores vegetais possibilita a quebra de dormência, uniformidade na emergência e modificações morfológicas e fisiológicas das plântulas, além de evitar a fitotoxicidade destes produtos quando aplicados na parte vegetal, pela utilização em pré-emergência.

Alleoni *et al.* (2000), avaliando o efeito da aplicação de Stimulate® (nos tratamentos de 0, 250, 375 e 750 mL ha⁻¹) nas sementes do feijoeiro observaram que houve um acréscimo no desenvolvimento inicial em até 1,2% quando o Stimulate® foi aplicado via semente, e incrementos na produtividade de até 5,6%. Entretanto, os autores não observaram diferença no “stand” inicial das plantas onde a semente foi tratada.

Ainda sobre o mesmo produto, Vieira (2001), estudou o efeito de diferentes dosagens de Stimulate® nas culturas da soja, feijão e arroz, obtendo aumentos expressivos sobre a produtividade das plantas, quando o produto foi aplicado diretamente nas sementes. Avaliando as concentrações de bioestimulante sobre as sementes, plântulas e plantas de soja, pôde-se constatar que a concentração de 3,5 mL de Stimulate® por 0,5 kg de sementes, proporcionou a quantidade máxima de plântulas normais

(incremento de 51,9% referente ao controle). Quanto à produção, obteve-se 157,4 grãos por planta de soja, com a concentração 5,0 mL de stimulate®, superando em 24,3% a concentração controle.

Resultados semelhantes foram observados por Castro e Vieira (2003) no feijão, onde o bioestimulante aplicado via semente proporcionou uma melhor uniformidade de germinação, favorecendo o surgimento de plântulas com qualidade superior, resultando em plantas com sistemas radiculares mais desenvolvidos, apresentando raízes mais vigorosas com massa seca, crescimento e comprimento total superiores aos encontrados nas plantas não tratadas. Este é um aspecto que certamente influi positivamente na produtividade das plantas.

Milléo e Zagonel (2002), estudando o efeito de bioestimulante na cultura do feijão obtiveram maior produção de vagens de 9 grãos por planta de feijoeiro, quando o produto foi aplicado via tratamento de semente. Segundo os autores, o tratamento de sementes com o produto causa maior absorção de potássio e maior concentração de proteínas nos grãos de feijão.

Almeida *et al.* (2004), relataram que a aplicação do bioestimulante Stimulate® na cultura da soja (cultivar BRS 123) via tratamento de sementes, nas doses de 0,25; 0,50 e 0,75 L 100 kg de sementes⁻¹, resultou em melhorias visuais no aspecto das plantas, aumento no número de plantas e conseqüentemente na produtividade e peso dos grãos, apesar de um decréscimo na velocidade de emergência, que se normalizou com o passar do tempo.

Milléo e Monferdini (2004) observaram que as sementes de soja (CD 206) tratadas com Stimulate® antes da semeadura e no sulco de semeadura emergiram mais cedo que a testemunha e que os outros tratamentos, e mostraram um maior número de sementes germinadas dez dias após a semeadura. Além disso, houve também incremento no número de vagens por planta e peso de mil grãos nas sementes tratadas e, como consequência, aumento na produtividade. O número de vagens por planta e peso de mil grãos nos tratamentos com Stimulate® foram maiores do que a testemunha. A produtividade foi influenciada positivamente pelos tratamentos com o produto, sendo que houve um aumento de 1.389 kg ha⁻¹ entre o melhor tratamento (Stimulate®, na dose de 500 mL ha⁻¹, via pulverização foliar) e a testemunha,

sendo a produtividade de 3.634 e 2.345 kg ha⁻¹, respectivamente. Ainda, conforme os autores, o produto permite diferentes formas de utilização, o que é desejável, de acordo com o sistema utilizado.

Leite *et al.* (2003), utilizando a aplicação conjunta de giberelina e citocinina em tratamento de sementes de soja observou que os efeitos da giberelina foram diminuídos quando sua aplicação foi associada ao outro hormônio, visto que o número de plântulas emergidas aos 15 dias foi reduzido com o tratamento de sementes. Com isso, evidencia-se que a relação entre os fitormônios determina muitas vezes seus efeitos e eventos fisiológicos, mais do que a sua concentração. Além disso, os fatores abióticos podem influenciar sobremaneira a ação dos fitormônios nas sementes e a aplicação dos fitormônios na superfície das sementes não garante a sua absorção, pelo menos em sua totalidade (BUCHANAN *et al.*, 2000).

Oliveira e Monferdini (2004) constataram, através de estudos com a cultura da soja, que o uso de bioestimulante não afeta a eficiência dos fungicidas, quando utilizados em associação no tratamento de sementes. A germinação das sementes e o vigor das plântulas não foram afetados pelos fungicidas ou pela associação com o bioestimulante. Assim, o tratamento de sementes com fungicidas e bioestimulante pode ser realizado em uma única operação, trazendo vantagens econômicas para o produtor.

Ferreira *et al.* (2001) testando diferentes concentrações e tempo de embebição em *Passiflora alata* verificaram que a giberelina em concentrações a partir de 100,0 mg GA3 L⁻¹ promoveram aumento na germinação. De acordo com Scalon (2009), o efeito da giberelina está ligado à ativação de enzimas hidrolíticas de reservas nutritivas, o que disponibiliza para o embrião energia e compostos intermediários para o crescimento e desenvolvimento deste. Esses resultados também foram obtidos por Santos *et al.* (2013), nas mesmas concentrações de GA3. Além disso, os autores também verificaram que quantidades crescentes de GA3 (até 94,0 mg L⁻¹) reduzem a porcentagem de sementes mortas do maracujazeiro amarelo, e que o hormônio em concentrações entre 128,0 e 160,0 mg L⁻¹ promove efeitos benéficos no vigor de plântulas de maracujazeiro, principalmente no comprimento da parte aérea e total.

Na cultura do algodão, também se observa a ação de biorreguladores na germinação de sementes. Belmont *et al.* (2003), avaliando o efeito do Stimulate® (10, 15, 20 e 25,0 mL / 0,5 kg de sementes) sobre a germinação de sementes de três cultivares de algodão (CNPA 7H, BRS Verde e Aroeira do Sertão) registraram resposta positiva na germinação de sementes. Resultados positivos também foram obtidos por Lamas (2001), que, avaliando o efeito do tratamento de sementes com bioestimulantes, concluiu que há um crescimento padronizado, maior rendimento e qualidade final da pluma colhida. Em concordância, Vieira e Santos (2005) e Albrecht *et al.*, (2009) concluíram que os bioestimulantes podem aumentar a porcentagem de emergência das plântulas e a velocidade de crescimento radicular, além de originar plântulas mais vigorosas.

Bevilaqua *et al.* (1998), estudando o efeito do tratamento de sementes de cenoura com reguladores de crescimento, observaram aceleração no metabolismo das sementes em maior proporção que o vigor, e verificaram que a giberelina aumenta a porcentagem e velocidade de emergência das plântulas. Na cultura da alface, Soares *et al.* (2012), não encontraram efeitos significativos quando as sementes foram tratadas com bioestimulantes, em condições favoráveis para a germinação. Entretanto, sua adição no processo germinativo aumenta a velocidade de germinação das sementes, o vigor das plântulas, seu comprimento total e o crescimento das raízes primárias, aumentando as chances de sucesso do estabelecimento da cultura, sendo que cultivares ou lotes de menor vigor respondem melhor à utilização de bioestimulantes.

Quanto à germinação de sementes cítricas Metivier (1986) evidencia o papel fundamental das giberelinas na germinação, as quais estão envolvidas tanto na quebra da dormência como no controle da hidrólise de reservas, da qual depende o embrião em crescimento. Entretanto, o autor relata a presença de outros hormônios envolvidos no processo além das giberelinas, como as citocininas, que são capazes de promover a germinação em algumas espécies, quebrando a dormência ou causando o início de alguns processos críticos.

2.2.2 FLORAÇÃO

A utilização de reguladores vegetais têm sido uma das alternativas para ampliar o período de florescimento ou incrementar a produção de espécies frutíferas. Dentre os principais grupos, com possibilidade de uso exógeno estão as giberelinas, citocininas, etileno, retardadores e inibidores, além da utilização de bioestimulantes. O controle da floração é um requisito indispensável em muitos casos quando se pretende aumentar a quantidade e qualidade das colheitas, sendo que esse controle engloba tanto o estímulo quanto a inibição (AGUSTÍ; ALMELA, 1991). A aplicação comercial dos reguladores vegetais já ocorre em várias espécies hortícolas, frutíferas e ornamentais, visando a produção de sementes e obtenção de plantas floridas fora de época, por ser de fácil aplicação e apresentando resposta satisfatória (CARDOSO, 2007).

Em condições adversas, com a polinização e a intensidade de floração baixa, a utilização de fitorreguladores pode ser uma estratégia a ser adotada. A fertilização nem sempre é pré-requisito para induzir a frutificação e o desenvolvimento de frutos. O uso de fitorreguladores durante a floração pode induzir à formação de frutos partenocárpicos, aumentando a frutificação efetiva (TROMP & WERTHEIM, 2005; PETRI, 2006). Aplicações com ácido giberélico sobre flores danificadas por geadas induzem à formação de frutos partenocárpicos, aumentando a frutificação, porém aplicações desse fitorregulador em condições favoráveis à frutificação não mostraram nenhum efeito benéfico (LAFER, 2008).

Essa ação dos fitorreguladores na formação de frutos partenocárpicos pode ser associada à alteração no balanço hormonal, acarretando aumento na importação de assimilados pelos frutos (BANGERTH, 2006). As giberelinas, especialmente o ácido giberélico ou GA3, apresentam-se como os hormônios mais ativos na regulação da floração de várias culturas frutíferas decíduas. Altos níveis de giberelinas inibem a floração e estimulam o crescimento vegetativo; enquanto esse hormônio em níveis baixos promove o aumento da floração. Dessa maneira, a principal função dos reguladores vegetais é a suprimir a biossíntese das giberelinas (DAVENPORT; NUÑEZ-ELISEA, 1997).

Em algumas plantas de dias curtos a aplicação de giberelina pode induzir a floração, além de substituir total ou parcialmente os efeitos do frio em plantas que precisam do frio para ocorrer a floração (GUERRA; RODRIGUES, 2004). Em plantas não estimuladas pelo fotoperíodo esse hormônio estimula e controla a expressão sexual, levando a floração (RAVEN & EVERT, 1978).

O raleio das flores de espécies frutíferas é um processo que pode ser favorecido pelo uso de biorreguladores. Um produto comercial muito utilizado é o Promalin®, mistura comercial de Benziladenina 1,8% e Ácido Giberélico (GA4+7) 1,8% que vem sendo utilizada como raleante de floração em locais onde a irregularidade da floração e frutificação devido à falta de frio hiberna resulta em um desenvolvimento de gemas de flores com anomalias anatômicas e morfológicas (THERON, 2013).

A auxina também é um hormônio que pode induzir a floração, como observado na cultura do abacaxizeiro. O abacaxi é uma planta que possui florescimento desuniforme; dessa maneira, o emprego de reguladores à base de auxina sintética visa a uniformidade da floração. Produtos como ácido naftaleno acético (ANA) e ácido indolbutírico (AIB), são estimuladores de etileno, diminuindo o nível de auxina natural na extremidade da haste, induzindo a floração. Além do ANA e do AIB, 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético) também é eficiente nesse processo (CUNHA, 2005)

O ethephon, composto que libera etileno quando absorvido pela planta, foi utilizado no trabalho de Churata-Masca *et al.* (1974) onde plantas de pepino 'Aodai' quando pulverizadas com ethephon 400 mg L⁻¹ anteciparam a antese da primeira flor feminina, possibilitando colheita precoce. Nas concentrações de 200 a 400 mg L⁻¹ aumentou o número de frutos produzidos e melhorou a qualidade dos mesmos.

Compostos que inibem a biossíntese de etileno também são utilizados na fase de floração. Um composto muito utilizado em fruticultura é a aminoetoxivinilglicina (AVG) que, aplicada na flor suprime a abscisão de frutos em início de desenvolvimento, aumentando o número de sementes por fruto. Esses resultados foram observados por Wertheim e Webster (2005) em pereiras. Segundo Sanzol e Herrero (2001), o aumento da frutificação pode ser resultante do prolongamento do período efetivo de polinização devido ao aumento da viabilidade dos óvulos.

2.2.3 FRUTOS

A utilização de bioestimulantes e biorreguladores é muito utilizada para melhorar a qualidade do produto final, seja pelo incremento de massa, tamanho do fruto, antecipação e uniformidade de maturação, entre outros efeitos benéficos.

No estudo do uso de bioerreguladores em frutíferas, como no caso do morango, Castro *et al.* (2009), observou maiores produções da fruta com a aplicação de ácido indolilacético (AIA) 10 mg L⁻¹ na cultivar ‘Monte Alegre’ na antese floral e repetindo-se duas vezes com intervalos de 7 dias.

Já o etileno, comumente conhecido pelos seus efeitos de amadurecimento do fruto encontra-se comercialmente na forma de ethephon. Exemplos do seu efeito foram obtidos por Vieira e Castro (1987) em tanger ‘Murcott’, onde o ethephon foi aplicado no período de florescimento (300 mL⁻¹), promovendo abscisão floral e aumentando significativamente a massa dos frutos remanescentes. Consequentemente, o uso do ethephon evitou a produção de excesso de frutos pequenos e a possibilidade da quebra de galhos da árvore de citros.

Na cultura do café a aplicação de ethephon (0,25 mL L⁻¹) promoveu incremento duas vezes maior na colheita dos frutos cereja do cafeeiro da cultivar ‘Catuaí Vermelho’ (CASTRO *et al.*, 2009). Em cana-de-açúcar Leonezi *et al.* (2006) obtiveram incremento no teor de sacarose dos colmos o que diminuiu significativamente a isoporização, além da antecipação da maturação com a pulverização de ethephon (2 L ha⁻¹).

O uso do bioestimulante Stimulate® aplicado via semente, foliar e nas duas formas na cultura da soja, trouxe diferenças significativas no número de vagens por planta, grãos por planta, massa de 100 grãos e produção final. Esses incrementos podem ser explicados pela maior atividade fotossintética promovida pela aplicação do bioestimulante, o que causou alterações fisiológicas na relação fonte/dreno, alterando a distribuição de fotoassimilados nos diferentes órgãos das plantas (Klahold 2006).

Em cítricos, o ácido giberélico retarda a indução floral, podendo incrementar a fixação dos frutos dessa cultura (Weaver, 1972). Marur *et al.* (1999), estudando o uso de ácido giberélico em frutos de tangerinas “Mexerica Montenegrina” (*Citrus deliciosa*) e “Ponkan” (*Citrus reticulata*), observaram que

a aplicação desse regulador vegetal permitiu o atraso da mudança de coloração do fruto, mantendo-os verdes por mais tempo. No estudo, o GA3 agiu somente na aparência da casca, sem alterar as características do suco.

No cultivo de uvas o uso em nível comercial de ácido giberélico (AG3) é muito comum, visando o aumento do tamanho dos bagos e na produção de uvas sem sementes (BOTELHO *et al.*, 2002). Segundo Métraux (1988), as giberelinas são responsáveis por promover o crescimento dos órgãos vegetais a partir do aumento do tamanho das células existentes ou recentemente divididas, sendo que o crescimento das células pode ser acompanhado por um incremento no número delas e se dá mediante a elasticidade da parede e expansão celular.

Uma explicação fisiológica para essa elasticidade da parede celular está relacionada com a ação da enzima xiloglucano endotransglicosilase (XET), responsável pelo afrouxamento das estruturas da parede celular (celulose e xiloglucano) (TAIZ; ZEIGER, 2009). Entretanto, podem ocorrer efeitos indesejáveis como a redução da fertilidade das gemas, aumento no vigor das plantas, degrana dos cachos pós-colheita e maior suscetibilidade dos frutos a podridões (RETAMALES *et al.* 1995).

Uma das alternativas para contornar esses efeitos, de acordo com Petri *et al.*, (1992) é o uso do thidiazuron (TDZ: N-fenil-N-1,2,3-tidiazol-5-tiuréia), uma feniluréia, registrada como herbicida, que mostra atividade citocinínica. Em concentrações muito baixas aplicado durante a divisão celular, pode estimular o aumento do tamanho e pegamento dos frutos de maçã, kiwis e uvas. O TDZ também é amplamente usado na cultura do algodoeiro para provocar desfolhamento. Nessa cultura o composto promove redução do nível e transporte endógeno do inibidor da abscisão (ABA) e aumento da produção do etileno (LOONEY, 1996).

Na cultura da soja, aplicações no período vegetativo podem fornecer condições de elevar o potencial produtivo, o qual será consolidado na fase reprodutiva. Isso se deve aos aspectos de desenvolvimento da cultura, onde o número de nós que a planta irá produzir é definido em V5 (BERGAMIN *et al.*, 1995). Sendo assim, ferramentas de manejo que possibilitem no processo de desenvolvimento o aumento de número de nós, podem gerar maior número de ráculos, flores, e conseqüentemente vagens com sementes. No estudo

dessas variáveis, Klahold *et al.* (2006) concluíram que uso do bioestimulante Stimulate® proporcionou incremento no número de vagens, no número de sementes e na produção por planta, na cultura da soja.

Na viticultura vários trabalhos sugerem que aplicações exógenas de ácido abscísico (ABA) proporcionam aumento no teor de antocianinas na casca de uvas, antecipando a época de colheita. Além disso, o ABA pode antecipar a época de colheita e aumentar as concentrações de antocianinas e proantocianinas nas cascas das uvas, melhorando consideravelmente sua coloração, proporcionando maior uniformidade e qualidade (CAMPAGNE *et al.*, 2010).

Produtos à base de algas também apresentam efeitos benéficos nas plantas, como aqueles produzidos por hormônios. Promovem atividade citocínica (aumento na divisão celular e mais controle do fruto); auxínica (controle do crescimento do caule); giberelínica (elasticidade e plasticidade da célula); betaínas (reduz estresses relacionados à água e rupturas) e manitol (agente quelante). Em muitas culturas tem sido empregado o uso de produtos à base da alga *A. nodosum*, para maior pegamento de frutos. Os efeitos consequentes do seu uso estão relacionados ao fortalecimento estrutural da planta devido à uma melhor absorção dos insumos, melhora a resistência ao estresse e propicia um melhor desenvolvimento mais das raízes (FERNANDES; SILVA, 2011).

2.2.4 INIBIDORES E REGULADORES DO CRESCIMENTO

O emprego de redutores de crescimento tem por objetivo tornar a arquitetura das plantas mais adaptadas e eficientes no uso dos recursos ambientais e de insumos para suportar alto rendimento agrônomico. Eles atuam como sinalizadores químicos, regulando o crescimento e desenvolvimento de plantas e podem agir também como antagonistas de promotores como auxinas, giberelinas e citocinina, ao impedir o alongamento de raízes e caules, a germinação de sementes e o brotamento de gemas, de acordo com o estágio fenológico de aplicação e a dose empregada (SAMPAIO, 1998). Seu estudo é muito aplicado em monocotiledôneas como cana-de-

açúcar, trigo, cevada e dicotiledôneas como algodão, e em menor escala, na soja (BERTI *et al.*, 2007).

Muitas culturas têm problemas com o crescimento excessivo de plantas em altura e menor diâmetro de caule, resultando em tendência ao acamamento e prejudicando a produção. O uso de reguladores vegetais é uma estratégia para redução de porte de plantas, ou para o manejo com maior densidade de semeadura ou adubação nitrogenada. Produtos que atuam como inibidores da biossíntese de giberelinas têm efeito na regulação do crescimento, sendo uma ferramenta para atender a essa necessidade em determinadas culturas. Eles atuam de forma semelhante aos genes responsáveis pelo nanismo das plantas, pois agem especificamente no bloqueio das etapas de biossíntese de GA, diminuindo os níveis de giberelinas endógenas e reduzindo o crescimento das plantas (HOPKINS, 2004).

Na cultura do trigo, um dos principais reguladores utilizados para esta finalidade é o trinexapac-ethyl. Ele promove redução acentuada do comprimento do caule e, conseqüentemente da altura da planta, evitando o acamamento. (HECKMAN *et al.*, 2002). Avaliando o efeito de trinexapac-ethyl na cultivar de trigo OR-1, Zagonel (2002) verificou redução no comprimento dos entrenós, aumento do número de espigas por metro e da produtividade. Em trabalho semelhante, Zagonel *et al.* (2002) obtiveram diferenças significativas nas mesmas variáveis analisadas, e também verificaram uma redução substancial da altura das plantas com aumento de produtividade. Outros reguladores muito utilizados no trigo são o prohexadione cálcio e o cloreto de chlormequat, também conhecido como cloreto de clorocolina (CCC), todos com a mesma premissa de ação, que é inibir a biossíntese de giberelinas.

O CCC, além de induzir o retardo do crescimento sobre muitas variedades de plantas, aumenta a atividade fotossintética, o teor de clorofila e aumento das células do mesofilo. Estudos do composto realizados em laranja 'Pera' por Castro & Vieira (2001), demonstraram redução nos sintomas de clorose variegada dos citros (CVC) devido à alteração da coloração verde das folhas e possível redução da infestação de cigarrinhas. Na cultura do algodão o CCC foi reduziu a altura e número de entrenós das plantas, suprimindo a necessidade de manter as plantas do algodoeiro compactas para viabilizar a mecanização da cultura (BARBOSA; CASTRO, 1984).

No algodão, inibidores da biossíntese de giberelinas como o cloreto de cloromequat e cloreto de mepiquat, são muito utilizados visando reduzir o comprimento dos entrenós do caule, viabilizando o cultivo principalmente em sistemas de cultivo adensado. Tanto para a cultura do algodoeiro como para a do trigo, a aplicação de retardantes do crescimento promove melhorias na arquitetura das plantas, como folhas menores e mais eretas, sem prejudicar a produtividade da cultura (FIOREZE; RODRIGUES, 2015).

Aplicações de inibidores de giberelina na cultura da soja podem aumentar o rendimento pela redução do acamamento da cultura em cultivares mais suscetíveis a esse problema. Além de caules mais grossos e curtos, há também maior vigor no crescimento radicular, folhas mais curtas, largas e horizontais nas plantas que recebem a aplicação. O número de vagens, por área, também pode aumentar, como resultado da aplicação dessa substância (HERTWIG, 1992)

Na soja ainda são poucos os trabalhos envolvendo o uso de redutores de crescimento, sendo necessário mais estudos para se obter informações a respeito dos efeitos da aplicação (tipo de produto, época de aplicação e dose a aplicar). Campos *et al.* (2010) avaliando a aplicação de ethephon a 600 mg L⁻¹ em soja observou que o redutor promoveu aumento nas ramificações laterais em plantas de soja, inibiu o crescimento das plantas e atrasou a degradação da clorofila, mas não reduziu a altura da inserção da primeira vagem, podendo ser recomendado para prevenir o acamamento das plantas de soja.

Já o uso de inibidores nas plantas tem por objetivo proteger a planta ou partes dela contra condições ambientais adversas, como aquelas relacionadas com temperatura ou déficit hídrico. São responsáveis por efeitos como: retardar o crescimento do meristema apical, inibir a germinação das sementes e o desenvolvimento das gemas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O inibidor hormonal mais conhecido é o ácido abscísico (ABA). Em condições adversas, ele é responsável pela regulação adaptativas da planta ao estresse. Sob baixa disponibilidade hídrica por exemplo, há um grande acúmulo de ABA regulando a abertura e o fechamento dos estômatos. Seu acúmulo em folhas estressadas exerce um grande papel na redução da perda de água pela transpiração (LIU *et al.*, 2005).

Na cultura do milho, Aroca *et al.*, (2003) observaram que a aplicação de ABA em genótipos submetidos ao estresse pelo frio apresentaram maior tolerância devido à maior capacidade de enfrentar o déficit hídrico (pelo decréscimo da condutância estomática) causado pelo estresse. Em condições de estresse hídrico, a aplicação de ABA aumenta atividade enzimática antioxidante em genótipos tolerantes à seca (KELLOS *et al.*, 2008). Em seringueira foram obtidos resultados semelhantes, onde a aplicação exógena foliar de ABA induziu maior tolerância de plantas à deficiência hídrica (MELO *et al.*, 2019)

Em cana de açúcar o ethephon é utilizado para inibir a floração, processo que demanda uma grande quantidade de energia para ocorrer, pois a planta passa a utilizar a sacarose armazenada nos colmos para ser convertida em energia. Outro efeito obtido pela aplicação do ethephon é redução dos entrenós do colmo, resultando em plantas de menor comprimento, conseqüentemente antecipando a colheita. Já na cultura do algodão, o ethephon é utilizado para induzir o desfolhamento. Outras substâncias sintéticas comerciais que bloqueiam a síntese de giberelinas são o AMO-1618, daminozide, paclobutrazol, uniconazole e ancymidol (ARAUJO, 2015).

TABELA 1 - RESUMO DOS PRODUTOS CITADOS NO ESTUDO

(continua)

Fase do desenvolvimento	Produto comercial	Efeito	Cultura	Referência
<i>Germinação</i>	Stimulate, GA3, Extrato de algas, Ácidos húmicos	Quebra de dormência; Velocidade germinação; Uniformidade; germinação	Feijão, Arroz, Soja, Maracujá, Algodão, Cenoura, Cítricos	Alleoni <i>et al.</i> 2000, Vieira (2001), Milleo e Zagonel (2002); Ferreira <i>et al.</i> (2004), Belmont <i>et al.</i> (2003); Bevilaqua <i>et al.</i> (1998); Metivier (1986); Sanders <i>et al.</i> , 1990
<i>Floração</i>	GA3, Promalin, ANA, AIB, 2,4-D, AVG, Ethephon	Indução da floração; Raleio de flores; Frutos partenocápicos	Pêra, Morango, Abacaxi, Pepino	Guerra; Rodrigues (2004); Cunha, (2005); Wertheim e Webster (2005)

TABELA 1 - RESUMO DOS PRODUTOS CITADOS NO ESTUDO

(conclusão)

Fase do desenvolvimento	Produto comercial	Efeito	Cultura	Referência
<i>Frutos/grãos</i>	AIA; Ethephon, GA3, TDZ, Stimulate, ABA, Extrato de algas	Mudança coloração frutos; Maturação; Incremento teor sacarose Maior nº vagens/ planta; Tamanho do fruto; Frutos sem semente; Pegamento de frutos	Tangor, Morango, Cana De Açúcar, Café, Soja, Uva, Kiwi, Maçã	Klahold (2006), Marur <i>et al.</i> (1999), Botelho, Petri (1992), Fernandes; Silva (2011)
<i>Inibidor crescimento</i>	ABA	Tolerância ao déficit hídrico	Milho, Seringueira	Aroca <i>et al.</i> (2003); Melo <i>et al.</i> (2019)
<i>Regulador crescimento</i>	Trinexapac- Ethyl, CCC, Ethephon, Cloreto de Mepiquat	Redução comprimento entrenós; Redução estatura; Redução acamamento; Maior nº ramos laterais	Trigo, Algodão, Soja, Cana De Açúcar	Barbosa; Castro (1984); Zagonel <i>et al.</i> (2002); Fioreze; Rodrigues (2015); Araujo (2015)
<i>Maturação</i>	Ethephon, TDZ	Desfolha	Algodão	Araujo (2015) Looney (1996)

3 CONCLUSÕES

Vários aspectos da utilização de biorreguladores e bioestimulantes ainda estão sendo desenvolvidos, entretanto, alguns aspectos já são conclusivos, entre eles:

- O uso de bioestimulantes e biorreguladores na agricultura é eficiente e benéfico na maioria das culturas estudadas; um hormônio vegetal pode ser utilizado tanto para prolongar quanto acelerar o ciclo de uma planta;
- Biorreguladores e bioestimulantes expressam melhor seus efeitos em situações em que a planta encontra-se sob situação de estresse;
- Em condições normais de desenvolvimento da cultura o uso desses produtos pode não trazer resultados eminentes;
- Esses produtos são importantes para amenizar as adversidades bióticas e abióticas que podem prejudicar a qualidade e produtividade final;
- Um mesmo hormônio pode trazer diferentes resultados na planta. Isso depende de fatores como: cultura, época de aplicação, dose, entre outros;
- Um hormônio pode influenciar ou inibir a biossíntese de outro, por isso a tamanha complexidade em entender os potenciais efeitos dessas interações de acordo com a cultura estudada;
- Produtos a base de auxina tem o poder de uniformizar a floração. É um hormônio que tem relação direta com o etileno, sendo que altos níveis de auxina estimulam a elevação dos níveis de etileno;
- Produtos contendo giberelina são eficazes no aumento da germinação, vigor da planta, emergência de plântulas, tamanho do fruto e retardação da maturação e na regulação da floração;
- Produtos que contêm citocinina na composição são boas ferramentas para o manejo de plantas em condições de estresse hídrico, pois esse hormônio estimula o crescimento radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes pelas plantas;
- O ácido Abscísico (ABA) promove redução do estresse hídrico em milho e seringueira devido ao fechamento estomático e consequente diminuição na taxa respiratória;

- O ethephon, produto a base de etileno, é um produto eficiente na maturação e no tamanho de frutos, redução de porte, antecipação de colheita, incremento em parâmetros de qualidade de certas culturas e na abscisão floral, não prejudicando o rendimento final;
- O produto comercial Stimulate® apresenta bons resultados na quebra de dormência, uniformidade de emergência, raízes mais vigorosas, vagens com maior número de grãos, e conseqüentemente maior produtividade;
- Produtos comerciais à base de trinexapac-ethyl e cloreto de clorocolina (CCC) reduzem o porte e o acamamento na cultura do trigo e algodão e, conseqüentemente, incrementam a produtividade;
- O thidiazuron (TDZ) pode ser usado tanto para promover desfolha em algodão quanto no pegamento de frutos em espécies frutíferas;
- Produtos a base de extrato de algas são capazes de produzir reguladores de crescimento, macro e micronutrientes. Logo, seu uso segue a mesma premissa de reduzir estresse nas plantas e propiciar melhores condições para seu desenvolvimento;
- Os ácidos húmicos são uma boa opção para uso na agricultura, visando além da estimulação hormonal, melhor solubilização de nutrientes;
- Tratando-se de formulações comerciais, o bioestimulante é um produto que não apresenta problemas quando associado com fungicidas em tratamento de semente, destacando sua versatilidade de uso;

Os bioestimulantes não possuem uma categoria bem definida perante a legislação. Entretanto, isso não impede de ser ofertado junto ao produtor, porém os reais efeitos promovidos por esses produtos não podem ser totalmente esclarecidos em níveis regulatórios, cabendo às próprias empresas fabricantes se responsabilizarem pela divulgação desses benefícios.

Visto que os estudos existentes não foram conclusivos, mais estudos são necessários para desvendar a relevância agrônômica dos seguintes biorreguladores/bioestimulantes: cloreto de mepiquat, aminoetoxivinilglicina, ácidos indolacético, indolbutírico e naftaleno e 2,4-D.

REFERÊNCIAS

AGROFIT – Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Banco de dados de todos os produtos agrotóxicos e afins registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com informações do Ministério da Saúde (ANVISA) e informações do Ministério do Meio Ambiente (IBAMA). Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> . Acesso em 27.mai.2019.

AGUSTÍ, M., ALMELA, V. Aplicación de fitorreguladores en citricultura. Valência: **AEDOS**, 1991. 269p.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, p. 191-198, 2009.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate® no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio UEPG** – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23-35, 2000.

ALMEIDA, J.C.V.; LEITE, C.R.F.; MONFERDINI, M.A. Stimulate® como regulador de crescimento na cultura da soja Resumo /Apresentado ao III Congresso Brasileiro de Soja, Foz do Iguaçu – PR, 2004.

ARAUJO, R. B. de. **Avaliação de diferentes tipos de propágulos no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2015. 101 12 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

AROCA R, VERNIERI P, IRIGOYEN JJ, SÁNCHEZ-DÍAZ M, TOGNONI F, PARDOSSI A. Involvement of abscisic acid in leaf and root of maize (*Zea mays* L.) in avoiding chilling-induced water stress. **Plant Sci** 165, 671–679, 2003.

BANGERTH, F. Flower induction in perennial fruit trees: still an enigma? **Acta Horticulturae**, Saitillo, v. 727, p. 177-195, 2006.

BARBOSA, L.M.; CASTRO, P.R.C. Alguns efeitos de reguladores de crescimento na morfologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. cv. IAC-17). **Hoehnea**, São Paulo, v. 11, p. 59-65, 1984.

BELMONT, K. P. DE C.; BRUNO, R. de L. A.; BELTRÃO, N. E. de M.; COELHO, R. R. P.; SILVA, M. T. C. Ação de fitorregulador de crescimento na germinação de sementes de algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., Goiânia, 2003. **Anais**. Goiânia, 2003, 4p.

BERGAMIN, M.; CANCIAN, M. A. E.; CASTRO, P. R. C. Ecofisiologia da soja. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Org.). **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. p. 73-90.

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio [Yield of wheat cultivars in function of trinexapac-ethyl and nitrogen rates]. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.2, p.127-134, 2007.

BEVILAQUA, G. A. P.; PESKE, S. T.; SANTOS FILHO, B. G.; SANTOS, D. S. B. Efeito do tratamento de sementes de cenoura com reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1271-1280, 1998.

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M.; CATO, S. C. Efeitos do thidiazuron e do ácido giberélico nas características dos cachos de uva de mesa cultivar Rubi, na região da nova alta paulista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 243-245, 2002.

BOURSCHEIDT, C.E. Bioestimulante e seus efeitos agronômicos na cultura da soja (glycine Max). **Pesquisa Agrônômica Brasileira**, Ijuí. 2011

BRASIL, Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. **Diário Oficial da União**: Aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Brasília, 2004.

Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL (2000) **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. American Society of Plant Physiologists. Rockville, Maryland. 1367p.

CAMPAGNE, S.; GAGNÉ, S.; GÉNY, L. Involvement of abscisic acid in controlling the proanthocyanidin biosynthesis pathway in grape skin: New elements regarding the regulation of tanin composition and leucoanthocyanidin reductase (LAR) and anthocyanidin reductase (ANR) activities and expression. **Journal Plant Growth Regulation**, New York, v.28, p.81- 90, 2010.

CARDOSO, Jean Carlos. **Ácido giberélico(GA3) na indução do florescimento de orquídeas**. 2007. 50 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88122>>. Acesso em 29 jan 2019.

CASTRO, P. R. C. *et al.* Agroquímicos de controle hormonal, fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical. [S.l: s.n.], 2009.

CASTRO, P. R. C; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. [S. l.]: Guaíba: Agropecuária, 2001.

CASTRO, P.R.C.; GONÇALVES, M.B.; DEMÉTRIO, C.G.B. Efeito de reguladores vegetais na germinação de sementes. **Anais da Esalq**, v.2, p.449-468, 1985.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E. L. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, V. (Ed.). **Feijão irrigado: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: Esalq, 2003.

CHURATA-MASCA, M.G.C.; CASTRO, P.R.C.; AWAD, M. Influência do ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon) na modificação da expressão do sexo e produção do pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 7-14, 1974.

COBUCCI, Tarcísio *et al.* EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS APLICADOS EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DO FEIJOEIRO COMUM. **Documentos, IAC**, Campinas, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/74658/1/243.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2019.

CROZIER, A.; KAMIYA, Y.; BISHOP, G.; YOKOTA, T. Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. In: BUCHANAN, B.B.; GRISSEN, W.; JONES, R.L. (Ed.) *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Maryland: **American Society of Plant Physiologists**, 2000. p. 850-894.

CSINZINSZKY, A.A. Response of two bell peppers (*Capsicum annum* L.) cultivars to foliar and soil-applied biostimulants. **Soil and Crop Science Society Florida Proceedings The Hague**, v. 49, p. 199-203, 1990.

CUNHA, G. A. P. Applied aspects of pineapple flowering. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 499–516, jan. 2005.

DANTAS, A. C. V. L.; QUEIROZ, J. M. O.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA, V. O. Effect of gibberellic acid and the bioestimulant Stimulate® on the initial growth of tamarind. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 008-014, 2012.

DAPPER, T. B.; PUJARRA, S.; OLIVEIRA, F. G. de; PAULERT, R. Potencialidades das Macroalgas Marinhas na Agricultura: Revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 295-313, 2014.

DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; BONNECARRERE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Influência do uso de fitorreguladores no crescimento da soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**. Uruguaiana, v. 12, n. 1, p. 63-70, 2005.

DAVENPORT, T.L.; NUNEZ-ELISEA, R. Reproductive Physiology. In: LITZ, R.E. **The mango**. Wallingford: CAB International, 1997, p.69-121

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3-14, 2015.

EMBRAPA. Conceitos sobre Fisiologia Vegetal. **Curso de atualização em soja da OCEPAR**. Londrina, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Conceitos+sobre+Fisiologia+Vegetal%2C+Fitoreguladores+e+Rela%C3%A7%C3%A3o+entre+ambiente%2C+gen%C3%B3tipo+e+manejo+-+Parte+3+-+Jos%C3%A9+Salvador+Simoneti+Foloni.pdf/be16dc15-d577-7980-0355-d17cdbc9221d>>

EUROPEAN PARLAMENT. **Relatório sobre a proposta de regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece regras relativas à disponibilização no mercado de produtos fertilizantes com a marcação CE**. Disponível em: <<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=REPORT&reference=A8-2017-0270&language=PT>>. (Acessado em 7 de janeiro de 2019).

FARIA, O. C. O. **Uso de bioestimulantes à base de substâncias húmicas e extrato de algas no desenvolvimento inicial do arroz de terras altas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Garças, 2018.

FERNANDES, A. L. T.; SILVA, R. O. Avaliação do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro irrigado por gotejamento e cultivado em condições de Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 13, p. 147-157, 2011.

FERREIRA, G.; FOGAÇA, L. A.; BLOEDORN, M. Efeito do ácido giberélico (GA3) aplicado em sementes de maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryander) para a produção de mudas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 126-129, 2001.

FETTER, P. R. **Hidrolisados de resíduos de raízes e caules de tabaco para estimulação da germinação de sementes de arroz e milho**. Dissertação (Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11624/2249>. Acesso em: 29 abr. 2019.

GODOY, Leandro José Grava. Uso de “bioestimulantes” na cultura da bananeira. In: II SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE BIOESTIMULANTES NA AGRICULTURA, 2018, Florianópolis. Registro, SP: [s. n.], 2018. Disponível em: http://www.bioestimulantes.ufsc.br/files/2018/11/Anais_II_SLABA_e_IX_ReBIR_PP_Vers%C3%A3o_Provis%C3%B3ria.pdf. Acesso em: 6 fev. 2019.

GUERRA, M.P.; RODRIGUES, M.A. Giberelinas. In: KERBAUY, G. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 235-269.

GUERREIRO, R. T. **Selection of bacillus spp in growth promotion of corn.** 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2008. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UOES_4119dfca02e27a8609fb0660b2965e4d> . Acesso em 20 de janeiro de 2019.

HECKMAN, N. L. et al. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Sci.**, v. 42, p. 423-427, 2002.

HERTWIG, K.V. **Manual de herbicidas desfolhantes, dessecantes e fitorreguladores.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1992.

HOPKINS, W. G.; HÜNER, N. P. **Introduction to Plant Physiology.** The University of Western Ontario: John Wiley; Sons, 2004. 560 p.

JACOMINO, A. P.; MENDONÇA, K; KLUGE, R. A. Armazenamento refrigerado de limões 'Siciliano' tratados com etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura vol.25 no.1** , Jaboticabal, 2003.

KARNOK, K J. Promises, promises: can biostimulants deliver? **Golf Course Management**, Newton, v. 68, p. 67-71, 2000.

KELLOS, T.; TÍMÁR I.; SILÁGYI V.; SZALAI G.; GALIBA G.; KOCSY G. Stress hormones and abiotic stress have different effects on antioxidants in maize lines with different sensitivity. **Plant Biol** 10, 563–572, 2008.

KELTING, M.P. **Effects of soil amendments and biostimulants on the post-transplant growth of landscape trees.** 1997. 58 p. Thesis (PhD) - Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 1997.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal.** 2 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012, 431p.

KHAN, W. et al. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Plant Growth Regulation**, v. 28, p. 386-399, 2009.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

LAFER, G. Effects of different bioregulator applications on fruit set, yield and fruit quality of 'Williams' pears. **Acta Horticulturae**, v.800, p.183-188, 2008.

LAHAYE, M.; ROBIC, A. Structure and function properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. **Biomacromolecules**, v. 8, n. 6, p. 1765-1774, 2007.

LAMAS, F. M. Reguladores de Crescimento. In: **Embrapa Agropecuária Oeste. Algodão: tecnologia de produção**, 2001, Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Embrapa Algodão. 2001. p.296.

LEITE, V.M., ROSELEM, C.A., RODRIGUES, J.D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.537-541, 2003.

LIU F.; JENSEN C.R.; ANDERSEN M.N. **A review of drought adaptation in crop plants: changes in vegetative and reproductive physiology induced by ABA based chemical signals**. Aust J Agr Res 56: 1245–1252, 2005.

LONG, E. **The importance of biostimulants in turfgrass management**. Disponível em://www.golfenviro.com/article%archive/biostimulants-roots.html. Acesso em 10 mai 2019.

LOONEY, N. E. Role of endogenous plant growth substances in regulating fruit tree growth and development. In: **The fruit physiology: Growth e development**. 1996. p. 31-40.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA/Fotapos, 1989, 153 p.

MACEDO, W. R; CASTRO, CAMARGO, P. R. Biorreguladores, bioestimulantes e bioativadores na agricultura tropical. In: **Avanços Tecnológicos Aplicados à Pesquisa na Produção Vegetal [S.l: s.n.]**, 2015.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARUR, C.J. et al. Ácido giberélico (GA3) e maturação de frutos das tangerinas 'Mexerica Montenegrina' e Poncã'. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 517-524, 1999.

MATYSIAK, K.; KACZMAREK, S.; KRAWCZYK, R. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. **Acta Scientiarum Polonorum**, v. 10, n. 1, p. 33-45, 2011.

MELO, H. C *et al.* A aplicação exógena foliar de ácido abscísico desencadeia mecanismos de tolerância à deficiência hídrica em seringueira. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, Santa Maria/RS, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/25824>. Acesso em: 19 abr. 2019.

METIVIER, J.R. Citocininas e giberelinas. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. São Paulo: EDUSP, 1986. v.2, cap. 4-5, p.93-162.

MÉTRAUX, J. P. Gibberellins and plant cell elongation. In: DAVIES, P. J. **Plant hormones and their role in plant growth and development**. 2. ed. Ordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 296-317.

MILLÉO, M. V. R.; ZAGONEL, J. Avaliação da eficácia agronômica de diferentes doses e formas de aplicação de Stimulate® na cultura do feijão. **Laudo técnico de praticidade e eficácia agronômica**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002. 186 p.

MILLÉO, M.V.R.; MONFERDINI, M.A. Avaliação da eficiência agronômica de diferentes dosagens e métodos de aplicação de Stimulate® em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2004.

MÓGOR, A.F. Potencial de Uso de Bioestimulantes na Horticultura. In: _____. (Org.). **Fertilizando a agricultura brasileira**. São Paulo: ABISOLO, v. 30, n. 07, 2010. 19 p.

MORAES, J.G.V. **Biofertilizantes: Identificação das barreiras regulatórias e propostas para viabilizar esse insumo agrícola**. São Paulo. EESP/FGV, 2015. 91 p. Dissertação. (Mestre em Agronegócio) – Programa de Pós-graduação da Escola de Economia de São Paulo. São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, S.H.F.; MONFERDINI, M.A. Compatibilidade de bioestimulante com fungicidas em tratamento de sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2004.

PETRI, J. L. Formação de flores, polinização e fertilização. In: **EPAGRI. A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 229-260.

RAVEN, P. H. , EVERT, R. F. & CURTIS, H. **Biologia vegetal**, 2ª ed., Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1978. 724 p.

RETAMALES, J.; BANGHERTH, F.; COOPER, T.; CALLEJAS, R. Effects of CPPU and GA3 on fruit quality of sultanina table grape. **Acta Horticulturae**, Leiden, n.394, 1995.

RICHARDSON, A. D. et al. Drought stress and paper birch (*Betula papyrifera*) seedlings: effects of an organic biostimulant on plant health and stress tolerance, and detection of stress effects with instrument-based, noninvasive methods. **Journal of Arboriculture**, v. 30, n. 1, p. 52-61, 2004.

RODRIGUES, J. D; FIOREZA, S. L. Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Visão agrícola nº13**, [S. l.], jul/dez 2015. Disponível em:

https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo4.pdf. Acesso em: 13 abr. 2019.

RUSSO, R.O.; BERLYN, G.P. Vitamin-humic-algal root biostimulant increases yield of green bean. **Hortscience**, St Joseph, v. 27, n.7, p. 847, 1992.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia vegetal**. México: Iberoamérica, 1994. 759 p.

SAMPAIO, E. Fisiologia vegetal: teoria e experimentos. Ponta Grossa: UEPG, 1998. p. 133-134

SANDERS, D.S.; RICOTTA, J.A.; HODGES, L. Improvement of carrot stands with plant biostimulants and fluid drilling. **Hortscience**, St. Joseph, v. 25, n.2, p. 181-183, 1990.

SANTOS, C. A. C ; VIEIRA, E. L; PEIXOTO, C. P. Germinação de sementes e vigor de plântulas de maracujazeiro amarelo submetidos à ação do ácido giberélico. **Bioscience Journal Vol 29 No 2**, Uberlândia, MG, mar/abr 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/14137/12282>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

SANZOL, J.; HERRERO,M. The 'effective pollination period' in fruit trees. **Scientia Horticulturae**, v.90, p.1-17, 2001.

SILVA, L. C. F.; MANIERO, M. A.; CASAGRANDE, J. C.; STOLF, R.; PIEDADE, S. M. S. Agricultura bioestimulada. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 14, p. 34-35, 2012.

SOARES, M. B. B.; GALLI, J. A.; TRANI, P. E.; MARTINS, A. L. M. Efeito da pré-embebição em solução bioestimulante sobre a germinação e vigor de sementes de *Lactuca sativa* L. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 17-23, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Artmed, 2009. 719p.

TAN, K.H. **Humic matter is soil and the environment: Principles and controversies**. New York: Marcel Dekker, 2003. 386p.

THERON, K. I. Chemical thinning of apple: South African Perspective. **Acta Horticulturae**. v. 998, p. 85-90, 2013.

TROMP,J.; WERTHEIM, S.J.Fruit growth and development. In: TROMP, J.; WEBSTER,A.D.; WERTHEIM, S.J.**Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden, Holanda: Backhuys Publishers. 2005. p.240-266.

VASCONSELOS, A. C. F. **Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e de soja**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito de bioestimulante no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro. *Magistra*, Cruz das Almas, v. 17, p. 1-8, 2005.

VIEIRA, E.L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine Max.* (L) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001.

122p. Tese (Doutorado em Agronomia, na área de Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

WAREING, P. F.; PHILLIPS, I. D. J. (1981), **Growth & differentiation in plants**. Pergamon International Library, Oxford.

WEAVER, R.J. **Plant growth substances in agriculture**. San Francisco: W.H. Freeman, 1972. 594p.

WEIRTHEIM, S.J.; WEBSTER, A.D. Manipulation of growth and development by plant bioregulators. In: **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Leiden, Holanda: Backhuys Publishers. 2005. p.267-294.

YAMAUCHI, N.; AKIYAMA, Y.; KAKO, S.; HASHINAGA, F. Chlorophyll degradation in Wase satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit with on-tree maturation and ethylene treatment. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.71, n.1/2, p.35-42, 1997.

ZAGONEL, J. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n.1, p. 25-29, 2002.