

UniAGES
Centro Universitário
Bacharelado em Engenharia Agrônoma

ANNY CAROLINE FILGUEIRA DIAS

USO DE BIOESTIMULANTE E BIOATIVADOR NA
AGRICULTURA: Revisão Bibliográfica

Paripiranga

2021

ANNY CAROLINE FILGUEIRA DIAS

**USO DE BIOESTIMULANTES E BIOATIVADOR NA
AGRICULTURA: Revisão Bibliográfica**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação do Centro Universitário AGES como um dos pré-requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: MSc. Núria Mariana Campos

Paripiranga
2021

ANNY CAROLINE FILGUEIRA DIAS

**USO DE BIOESTIMULANTE E BIOATIVADOR NA
AGRICULTURA: Revisão Bibliográfica**

Monografia apresentada como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma, à Comissão julgadora designada pelo Colegiado Engenharia Agrônoma do Centro Universitário UniAGES.

Paripiranga, 30 de junho de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. MSc. Núria Mariana Campos
UniAGES

Prof. MSc. Carlos Allan Pereira dos Santos
UniAGES

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Veromar e Maria por todo apoio e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados.

Agradeço aos meus professores, Núria Mariana, Carlos Allan, Rafael Pombo e Lucimário, que proporcionaram recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias durante esses 5 anos de graduação.

Agradeço aos meus professores do ensino fundamental e médio, que com muita maestria e entusiasmo construíram uma base sólida de conhecimentos do qual sem eles nada disso seria possível.

Agradeço aos meus pais, Maria e Veromar, a quem eu devo a vida e todas as oportunidades que nela tive. Que sempre me motivaram a não desistir e pelo conforto de saber que nunca estarei só. Vocês são o motivo do meu empenho e dedicação.

Agradeço ao meu marido, Carlos Allan, meu companheiro de vida que sempre esteve ao meu lado incentivando meu crescimento pessoal e profissional, sempre me encorajando a ir em busca dos meus objetivos.

Agradeço a minha família, em especial a minha avó Maria, minha tia Ailta, minha irmã Mari, minha sobrinha Maria Luísa pelo apoio e sempre estarem comigo. Vocês fazem parte dessa conquista.

Agradeço a família do meu marido, em especial a minha sogra e sogro, Enilde e Carlos, as minhas tias Enilma, Enilza, Elizabeth e Enildete por todo carinho de sempre.

Agradeço ao lar da alegria, que durante essa trajetória compartilhamos diversos momentos, conhecimentos e história.

Agradeço aos meus colegas de trabalho na Inovagri, pela oportunidade e honra de trabalharmos juntos.

Agradeço também aos meus amigos que nessa caminhada me encorajaram e me apoiaram, sendo peças importantes para essa conquista.

*“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a
nós mesmos”*

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Devido à alta demanda de alimentos na atualidade, a utilização de bioestimulantes e bioativadores na agricultura vêm apresentando benefícios, graças às suas características que agregam produtividade nas culturas utilizadas. O objetivo deste presente trabalho foi ressaltar a importância de bioestimulantes e bioativadores em diversas culturas agrícolas. O trabalho foi realizado através de revisão bibliográfica utilizando a busca na base de dados científicos e bibliotecas virtuais. E conclui-se que a utilização de bioestimulantes e bioativadores em plantas são importantes, pois, além do incremento de produtividade pode-se contribuir com a agricultura sustentável pela capacidade de aumento da resistência das plantas, além da eficiência do uso de nutrientes, uma vez que atuação no metabolismo fisiológico e morfológico das culturas.

Palavras chaves: Bioestimulantes. Bioativadores. Hormônios vegetais. Produtividade.

ABSTRACT

Given the high demand for food nowadays, the use of bio-stimulants and bio-activators in agriculture has shown promising results in this area, thanks to their characteristics that add productivity to the crops used. The objective of this work was to emphasize the importance of bio-stimulants and bio-activators in numerous agricultural crops. The research was carried out through a literature review using the search in scientific databases and virtual libraries. And it is concluded that the use of bio-stimulants and bio-activators in plants is important, because, in addition to increasing productivity, it can contribute to sustainable agriculture through the capacity to increase plant resistance, as well as the efficient use of nutrients, since which role in the physiological and morphological metabolism of crops.

Keywords: Bio-stimulants. Bio-activators. Plant hormones. Productivity.

LISTA DE IMAGENS

Figura 1: Hormônios vegetais e suas principais funções nas plantas.	17
Figura 2: Esquema do experimento de Darwin (1880) em relação ao tropismo na cultura da aveia.	18
Figura 3: Fórmulas estruturais de algumas auxinas sintéticas: (A) ácido naftalenacético (a NAA) e (B) ácido indolbutírico (IBA) e auxinas naturais: (C) ácido indolil-3-acético (IAA) e (D) indol-3-acetonitrilo.	19
Figura 4: Fórmula estrutural da cinetina e zeatina.	20
Figura 5: Composto do qual são derivadas as diversas giberelinas (giberelano) e a fórmula estrutural do GA3.	21
Figura 6: Fórmula estrutural do ácido abscísico.	22
Figura 7: Fórmula estrutural do etileno.	23
Figura 8: Via de biossíntese do etileno.	23
Figura 9: Fórmula estrutural do brassinoesteróide.	24
Figura 10: Fórmula estrutural do ácido jasmônico.	25
Figura 11: Fórmula estrutural do ácido salicílico.	25
Figura 12: Modos de aplicação e respostas das culturas à utilização de agroquímicos de regulação hormonal.	27
Figura 13: Extrato de algas marinhas extraídas em laboratório.	28
Figura 14: Mecanismo de atuação das substâncias húmicas para ganhos de produtividade.	30
Figura 15: Mecanismos de ação das bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) em cana-de-açúcar.	31
Figura 16: Fórmula estrutural do aminoácido.	32
Figura 17: Representação esquemática do mecanismo de ação do tiametoxam.	34
Figura 18: Efeitos fisiológicos dos bioativadores em plantas.	35
Figura 19: Fórmula química do tiametoxam.	37
Figura 20: Modelo de ação fisiológico e metabólico do tiametoxam em monocotilédones.	37
Figura 21: Modelo conceitual referente ao efeito fisiológico da utilização do fungicida Piraclostrobina, do grupo das estrobilurinas, na cultura da soja.	38
Figura 22: Processo de germinação de sementes.	40
Figura 23: Evolução temporal da indução do mRNA do fator de resposta à GA e do mRNA da α -amilase pela GA3.	41
Figura 24: Ilustração de gemas axilares.	43
Figura 25: Esquema do movimento de herbicidas nos vasos condutores das plantas.	46
Figura 26: Produto comercial Stimulate®.	49
Figura 27: Germinação de sementes de soja tratadas com água (controle), Stimulate ou cada um dos reguladores vegetais isolados.	49
Figura 28: Efeito da inoculação de milho com as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de <i>Azospirillum</i> brasilense no crescimento radicular em ensaios conduzidos a campo.	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais grupos de substâncias reguladoras do crescimento de plantas.	15
Quadro 2: Principais hormônios e principais funções.	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Biorreguladores	14
2.2. Hormônios vegetais	16
2.3. Bioestimulantes	26
2.3.1 Extrato de algas.	28
2.3.2 Ácidos húmicos e fúlvicos	29
2.3.3 Rizobactérias estimulantes	30
2.3.4 Aminoácidos	32
2.4. Bioativadores e efeito verde	33
2.4.1 Aldicarb	35
2.4.2 Tiametoxam	36
2.4.3 Estrobilurinas	38
2.5 Fisiologia de plantas cultivadas	39
2.5.1. Fisiologia da germinação e dominância	39
2.5.2. Crescimento vegetativo e senescência	42
2.6 Florescimento e desenvolvimento de frutos	43
2.7. Efeitos de biorreguladores em culturas agrícolas.	45
2.8 Uso de bioestimulantes em culturas agrícolas	48
3. MARCO METODOLÓGICO	54
4. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A utilização de hormônios, reguladores e bioativadores na agricultura vem se intensificando, especialmente quando se pensa em incrementos de produtividade pois as plantas ficam mais eficientes uma vez que os mesmos participam de processos fisiológicos das culturas.

Os produtos de controle hormonal, de acordo com Castro e Vieira (2001) eles são conhecidos como biorreguladores, bioestimulantes e bioativadores. Seus usos na agricultura crescem a cada ano, especialmente pelas funções apresentadas por eles: antiestressantes e complexantes, condicionadores do sistema solo-planta entre outros.

É importante ressaltar que os hormônios vegetais são as substâncias que são endógenas as plantas, ou seja, são produzidas pelas próprias plantas no qual atuam no local onde é produzida e/ou em outras partes das plantas apresentando atividades biológicas. No entanto os reguladores vegetais são substâncias produzidas exogenamente, ou seja, fora da planta que ao realizar aplicação da planta agem em atividade biológica semelhante à dos hormônios vegetais.

Os hormônios vegetais agem nas plantas promovendo ou inibindo o desenvolvimento vegetal, dentre os principais hormônios hoje conhecidos tem-se as auxinas (AX), citocininas (CK) giberelinas (GA), ácido abscísico (ABA) e etileno (ET), brassinosteróides (BR), jasmonatos (JA), salicilatos (SA) e poliaminas (PA). Eles possuem ação em todo o processo produtivo das plantas, desde a germinação até a senescência.

Dentre os bioestimulantes, existem diversas substâncias utilizadas nas culturas agrícolas no qual desempenham diferentes funções sendo quatro principais: aminoácidos, substâncias húmicas, microrganismos e extrato de algas. A utilização destes demonstram efeitos benéficos para as culturas agrícolas, sua indicação é para utilização em pequenas quantidades e pode ser utilizada em tratamento de sementes ou pulverização, a depender da substância.

Os bioativadores agem em semelhança com os bioestimulantes agrícolas, agindo na fisiologia e morfologia das culturas agrícolas a principal diferença entre eles está na ação que eles ocorrem nas plantas, enquanto os bioestimulantes são

constituintes de mistura de reguladores vegetais, que pode conter outras substâncias, os bioativadores são produtos que induzem a produção deles e elas agem na fisiologia que interferem na transcrição do DNA da planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral. A literatura aborda principalmente os inseticidas tiametoxam, aldicarb, e atualmente tem-se reconhecido os efeitos fisiológicos do fungicida do grupo químico das estrobilurinas.

Estudos demonstram que os inseticidas tiametoxam e aldicarb ao serem aplicados nas plantas apresentam o incremento na produtividade, denomina-se de efeito verde. Rodrigues (2009) explica que esse efeito é resultado do incremento no metabolismo do nitrogênio e inibição do etileno, causando um retardamento na senescência da cultura.

O presente trabalho se justifica pelo fato do crescimento da demanda alimentar no mundo, e com isso, torna-se essencial a modernização da agricultura para que se tenha maior produtividade às culturas e a utilização de bioestimulante e bioativador na agricultura sabe-se que são produtos que agregará maior produtividade às culturas, logo, maior rentabilidade ao agricultor. Desta forma, o uso dessa tecnologia deve ser abordada e estudada, destacando os benefícios da mesma para a comunidade.

O objetivo da pesquisa é demonstrar a importância do uso de bioestimulantes na agricultura moderna, além de descrever os efeitos dos reguladores, bioestimulante e bioativador; mostrar a influência dos hormônios na fisiologia das culturas; identificar os tipos e atuação dos bioestimulantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Biorreguladores

Os hormônios vegetais são fundamentais para a regulação da relação fonte-dreno das plantas devido a participação ativa na partição dos fotoassimilados, realizando o controle do crescimento do dreno, senescência e diversos outros processos que envolve o desenvolvimento das culturas, um exemplo é o ácido jasmônico, que age como hormônio de defesa mediando a resposta de ataques de herbívoros e patógenos nas plantas, alterando também a alocação e partição dos fotoassimilados (TAIZ e ZEIGER, 2017).

Por definição, os hormônios vegetais são categorizados por substâncias orgânicas e não nutrientes produzidas endogenamente pelas plantas, com produção em pequenas quantidades $10^{-4}M$, e agem na planta no metabolismo fisiológico e morfológico podendo agir como inibidor ou modificador (VIEIRA et al., 2010).

Os reguladores vegetais ou biorreguladores são de produção exógena e sintética tem sua produção a partir de outras substâncias de forma natural, a exemplo da produção gerada através de fungos, ou são geradas artificialmente, que agem produzindo efeitos nas plantas no crescimento e desenvolvimento (MELO, 2002). A atuação destes é dinâmica, podendo atuar em diferentes estruturas celulares das plantas e nelas provocarem alterações químicas, físicas ou metabólicas (VIEIRA, et al., 2010).

Os reguladores vegetais são promotores, inibidores ou modificadores dos processos morfológicos e fisiológicos das plantas, podendo ser compostos orgânicos e/ou hormônios vegetais, como o grupo das auxinas, giberelinas, citocinina, retardadores, inibidores e etileno, além dos brassinosteróides, jasmonatos, salicilatos e poliaminas (SENA, CASTRO e KLUGE, 2019).

O uso de reguladores vegetais nas grandes culturas vem se tornando uma prática cada vez mais comum, devido seus efeitos benéficos expressos nas mesmas, e especialmente o ganho de produtividade que é o principal objetivo de um agricultor no campo. Com o uso de reguladores vegetais são demonstrados diversos benefícios, destacando o equilíbrio hormonal das plantas, beneficiando assim a expressão do seu potencial genético e estimulando o desenvolvimento da cultura (CASTRO e VIEIRA, 2001).

Com isso, o uso de reguladores vegetais (quadro 1) é promissor no âmbito da agricultura, Santos (2018) aborda algumas finalidades da sua utilização, como os produtos que agem no controle do crescimento, como retardadores do crescimento nas culturas do algodão e trigo, na quebra da dormência em sementes de muitas espécies, como herbicidas altamente conhecidos no mercado 2,4-D e o 2,4,5-T para o controle de plantas infestantes em grandes culturas e maturadores utilizados em algodão, café, tomate e frutíferas como antecipação de colheita, como promotores em hortaliças, frutíferas, ornamentais, feijão, algodão, milho e soja.

Os reguladores vegetais podem ser utilizados de forma de isolados análogos ou em misturas com outras substâncias, quando há a mistura com outras substâncias ele se enquadra como bioestimulantes, já que bioestimulante é definido pela mistura de dois ou mais reguladores vegetais, ou as misturas desses com outras substâncias, como: aminoácidos, nutrientes, vitaminas, sais minerais. Sendo um estímulo à planta para maximizar seu potencial genético, e atua no metabolismo fisiológico das culturas (CASTRO e VIEIRA, 2001; SENA, CASTRO e KLUGE, 2019).

Grupos	Endógenos	Sintético
Auxinas	IAA	IBA, 2,4-D, NAA
Giberelinas	GA	-
Citocininas	Zeatina	6-BA, BAP
Retardadores	-----	CCC, SADH
Inibidores	ABA	MH
Etileno	E2H4	Ethephon

Estimulantes Vegetais	-----	Stimulate ®
-----------------------	-------	-------------

Quadro 1: Principais grupos de substâncias reguladoras do crescimento de plantas.

Fonte: Vieira et al. (2010).

2.2. Hormônios Vegetais

A descoberta dos hormônios vegetais iniciou-se com Julius Von Sachs, um botânico que propôs que sinais químicos eram responsáveis pela deflagração dos processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento dos vegetais, ele dedicou-se a pesquisa com heliotropismo e geotropismo, chegando à conclusão que existiam sinais emitidos pelas plantas, a qual na época foi denominado de mediadores químicos. O botânico também foi responsável por elaborar teorias do embebedimento, processo de transpiração, formação de fotossintatos e outros (GAZZONI, 2008).

Os hormônios vegetais atuam em diversas partes das plantas (figura 1), atualmente são divididos em cinco classes principais, sendo auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico. Estes hormônios são produzidos em um sítio da planta e translocados para outros sítios para alterar o crescimento e desenvolvimento. O hormônio natural e outros materiais são essencialmente “mensageiros químicos”, que exercem influência sobre o desenvolvimento de diversos órgãos da planta (HALLMANN et al., 1988, apud GUERREIRO, 2008). Além das classes, os hormônios podem ser classificados quanto a sua área de atuação, podendo ser de crescimento, estresse e hormônio de choque (GAZZONI, 2008)

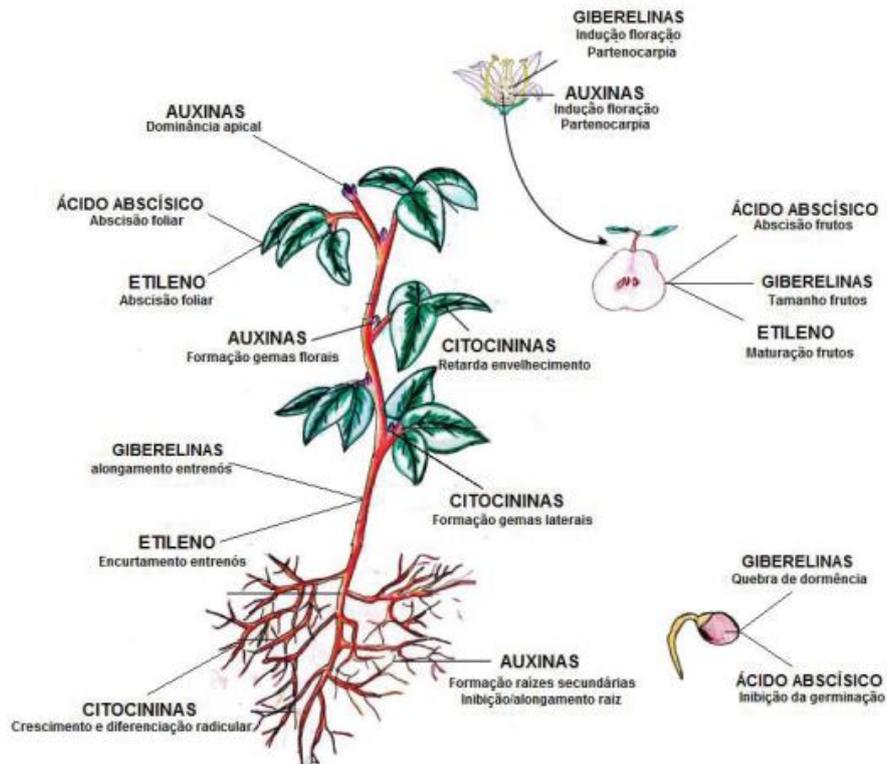


Figura 1: Hormônios vegetais e suas principais funções nas plantas.
Fonte: SILVA (2009).

Os hormônios possuem ligações, podendo exercer benefícios e malefícios, por isso é importante o conhecimento de cada hormônio para evitar interferência de um sobre o outro, já que um hormônio pode influenciar a biossíntese de outro, o caso mais conhecido é o da giberelina que pode induzir a síntese de auxina e vice-versa, desde que estejam desbalanceadas na planta (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Castro (1998) apud. Sena, Castro e Kluge (2019) explica que o hormônio vegetal é categorizado como um composto orgânico, natural, e não nutriente que é encontrado em baixas concentrações, que tem a ação de inibir, promover ou modificar os processos fisiológicos e/ou morfológicos do vegetal. Quando a substância é sintética, mas age como hormônio vegetal, é categorizada como regulador vegetal, e são aplicados de maneira exógena na planta.

Dentre as classes e grupos de substâncias reguladoras podemos citar o 2,4-diclorofenoxiacético ou 2,4-D e ácido naftalenoacético-NAA que são reguladores sintéticos que compõe o grupo das auxinas, ou o ácido indol-3-acético – IAA que é a auxina endógena. A giberelina ou ácido giberélico não possui substância sintética; o grupo das citocinina apresenta a zeatina que é endógeno, e as substâncias 6-benzilamina ou 6-BA, 6-benzilaminopurina ou BAP que são sintéticos. Já os retardadores sintéticos englobam os fenóis e cumarina como endógenos e ácido succínico-2,2-dimetilhidrazina ou SADH como sintético. O ácido abscísico – ABA é endógeno considerado inibitório e a hidrazida maleica ou MH são as substâncias sintéticas e por fim, há o grupo do etileno onde o C_2H_4 é a substância endógena e ethephon a sintética (CASTRO e VIEIRA, 2001)

A auxina foi a primeira substância a ser considerada hormônio vegetal, sendo o primeiro hormônio descoberto com trabalhos voltados para a fisiologia do mecanismo de expansão celular, os primeiros estudos iniciaram com Charles Darwin e seu filho Francis que estudavam o crescimento vegetal envolvendo o tropismo, conforme a figura 2, tendo como curiosidade e mecanismo de estudo a curvatura da planta em direção da luz (TAIZ e ZEIGER, 2004).

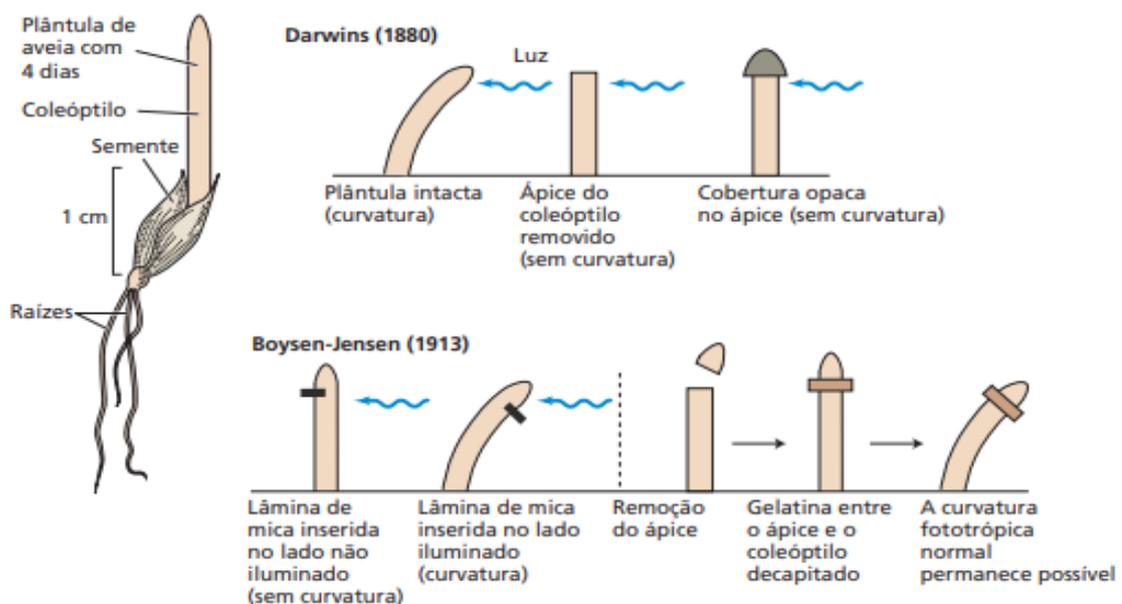


Figura 2: Esquema do experimento de Darwin (1880) em relação ao tropismo na cultura da aveia. **Fonte:** TAIZ e ZEIGER (2017).

Nesse caso, está ocorrendo o fototropismo, onde os coleótilos que são sensíveis a luz quando há um direcionamento lateral na cultura, como expresso na imagem acima, a planta tende a curvar pois o lado que recebe a luz irá paralisar a produção de auxina e o outro que não recebe irá continuar sua produção, isso faz com que ocorra a encurvadura da planta (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Em meados dos anos de 1930 a auxina foi denominada de ácido indol-3-acético (AIA), sendo o mais abundante e de maior relevância fisiológica, sendo que desempenha diversas funções nas plantas, não apenas o alongamento celular (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Depois da descoberta do ácido indol-3-acético (AIA) outros compostos artificiais (reguladores de crescimento) semelhantes ao AIA foram encontrados, conforme apresenta a figura 3.

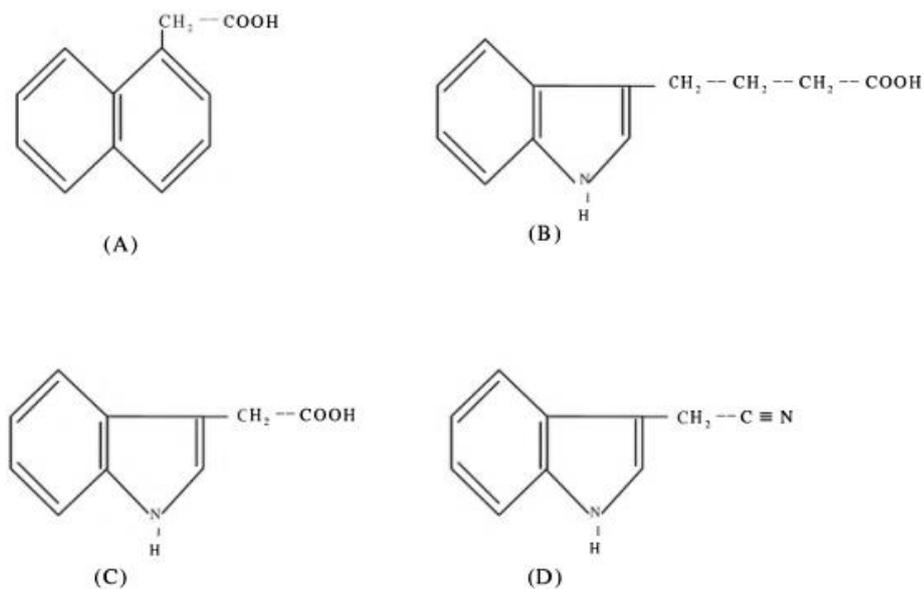


Figura 3: Fórmulas estruturais de algumas auxinas sintéticas: (A) ácido naftalenacético (a NAA) e (B) ácido indolbutírico (IBA) e auxinas naturais: (C) ácido indolil-3-acético (IAA) e (D) indol-3-acetonitrilo.
Fonte: Vieira et al. (2010).

As auxinas são sintetizadas nos tecidos meristemáticos dos órgãos aéreos das culturas, como: gema, folhas jovens, extremidade das raízes e flores e inflorescência de ramos florais, a nível celular ela promove a expansão, pois envolve a incorporação da parede celular, em sua forma natural é encontrada como ácido indolilacético (IAA) e o indolacetonitrilo, que são sintetizados pela L-triptofano. Entre os efeitos fisiológicos encontrado temos: alongação celular, fototropismo, geotropismo dominância apical, iniciação e alongação radicular, produção de etileno, crescimento de frutos abscisão, efeito herbicida, partenocarpia e partição de assimilados (SENA, CASTRO e KLUGE, 2019).

As citocininas foram descobertas a partir de estudos a respeito da divisão celular, por tal fato, foi denominada de citocinina que é derivado de citocinese (última fase da divisão celular) (GAZZONI, 2008).

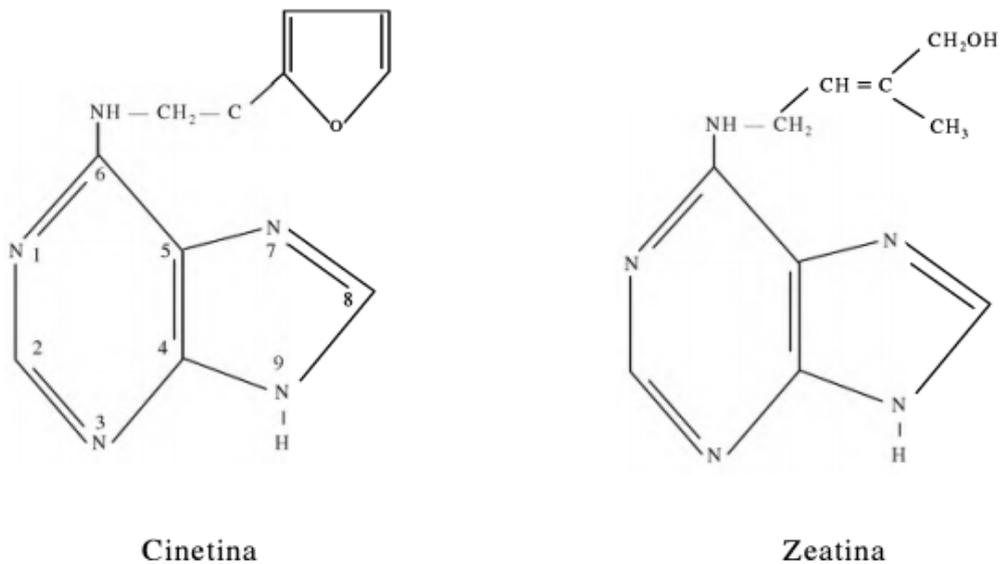


Figura 4: Fórmulas estruturais da cinetina e zeatina.
Fonte: MELO (2002).

A síntese desse hormônio é realizada na região apical da raiz, porém sua maior concentração situa-se em regiões meristemáticas, órgãos em crescimento. E os efeitos demonstrados por esse hormônio são: divisão celular e formação de órgãos, germinação de sementes, iniciação e crescimento radicular, desenvolvimento de gemas e brotações, retardamento da senescência, estimular a translocação de nutrientes e substâncias orgânicas e o movimento estomático (SENA, CASTRO e KLUGE, 2019). Este hormônio atua também na diferenciação de tecidos, alongamento celular, dominância apical, desenvolvimento de organelas, atividade enzimática, e no desenvolvimento de frutos (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A citocinina é conhecida por hormônio da juventude, pois dentre as suas funções tem-se o retardamento da senescência, atuando na inibição da formação de radicais livres, assim, inibindo a degradação de fosfolipídios da membrana, principalmente os polinsaturados, atuando na manutenção da integridade da membrana plasmática (VIEIRA; MONTEIRO, 2002; RAVEN et al., 2007).

A giberelina foi descoberta pelo cientista japonês Kurosawa, em 1916, a partir de estudos com a cultura do arroz (*Oryza sativa*), onde o mesmo estudava uma doença denominada de “plantinhas loucas”, que tinha como característica o rápido crescimento da cultura, logo, foi observado que esse crescimento era provocado por um fungo chamado *Gibberella fujikuroi* (LAVAGNINI, 2014).

A estrutura química das giberelinas possuem diterpenos cíclicos que possuem dois tipos de estrutura que é dependente do carbono, sendo então estruturas com 19 ou 20 átomos de carbono (MELO, 2002).

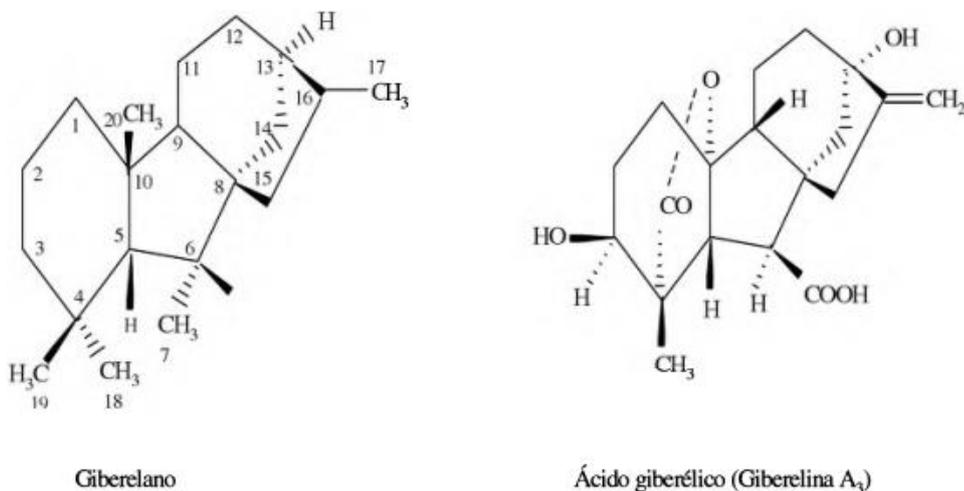


Figura 5: Composto do qual são derivadas as diversas giberelinas (giberelano) e a fórmula estrutural do GA3.

Fonte: Vieira et al. (2010).

A giberelina é o hormônio sintetizado em regiões de crescimento, sementes em germinação, frutos imaturos e ápices de caules e raízes, podendo ocorrer também em alguns fungos e bactérias, dentre os efeitos fisiológicos apresentados nas plantas, temos: crescimento de plantas intacta, reversão do nanismo genético, lançamento da inflorescência e florescimento e mobilização de reservas, efeitos na germinação e dormência de sementes (SENA; CASTRO e KLUGE, 2019).

Outra descoberta importante é do ácido abscísico que se deu a partir de pesquisas para elucidação das dormências das sementes, onde foi descoberto uma substância denominada dormina, presente em árvores decíduas em dormência, e posteriormente foi encontrada a abscisina II em plantas de algodão que faziam com que os frutos caíssem (GAZZONI, 2008)

O ácido abscísico (figura 6) são derivadas da degradação de carotenóides, especialmente violaxantina, e são encontrados em órgãos das plantas vasculares e pteridófitas, dentre as principais características biológicas está o fechamento estomático, defesa contra estresse salino e temperatura, dormência das gemas, germinação de sementes, atraso no crescimento e estímulo da senescência e a abscisão (SENA; CASTRO; KLUGE, 2019).

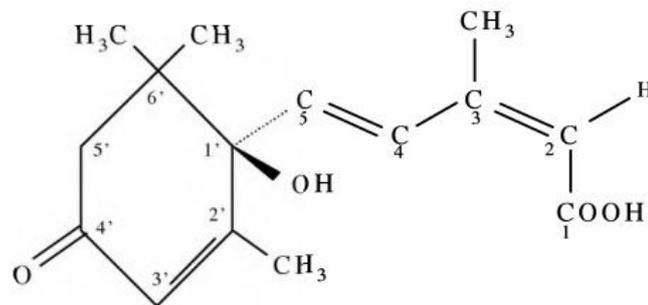


Figura 6: Fórmula estrutural do ácido abscísico.
Fonte: MELO (2002).

Este hormônio vegetal é sintetizado nos plastídios e transportado tanto via xilema quanto floema, o seu nível na planta é decorrente da fase de desenvolvimento ou resposta do ambiente, especialmente quando em estresse hídrico (GAZZONI, 2008). Este é encontrado em todas as plantas vasculares e em musgos, com síntese em todas as células que contenham cloroplastos, por via terpenos e terpenóides, que tem derivação na rota do ácido mevalônico, gerados a partir da enzima acetil-CoA ou na rota MEP (metileritritol fosfato) esse hormônio está ligado a regulação de vários processos celulares (MAGALHÃES JÚNIOR, 2010).

O etileno (figura 7) é um gás, que em meados de 1934 foi observado que promovia efeitos no crescimento e desenvolvimento das plantas, além de gás ele é sintetizado em tecidos vegetais em resposta a condições de estresse, sendo seus efeitos fisiológicos: germinação e crescimento de gemas, amadurecimento de frutos, abscisão de folhas e frutos, epinastia, floração, senescência, crescimento de plântulas, e outros efeitos como fotossíntese, transpiração entre outros (SENA, CASTRO e KLUGE, 2019).

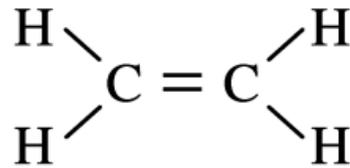


Figura 7: Fórmula estrutural do etileno.

Fonte: Vieira et al. (2010).

O aminoácido metionina é o precursor primário do etileno (figura 8), tendo o intermédio da S-adenosilmetionina (SAM) e o ácido aminociclopropano carboxílico (ACC) (TAIZ e ZEIGER, 2004).

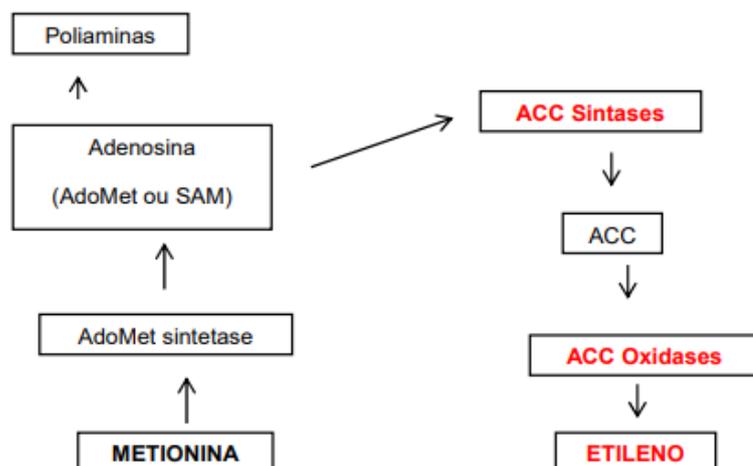


Figura 8: Via de biossíntese do etileno.
Fonte: Gonçalves (2013).

Recentemente foram descobertos outros hormônios vegetais como brassinosteróides, jasmonatos e ácido salicílico e as poliaminas, estes são menos conhecidos, no entanto desempenham funções importantes nas plantas.

Os brassinosteróides (figura 9) são conhecidos pela sigla BR, sendo liberado nas plantas quando constatam suprimento de açúcar e oxigênio abaixo das suas necessidades para que se mantenham funcionais, quando há ação de estresse no sistema radicular, como hídrico e ataque de pragas (GAZZONI, 2008)

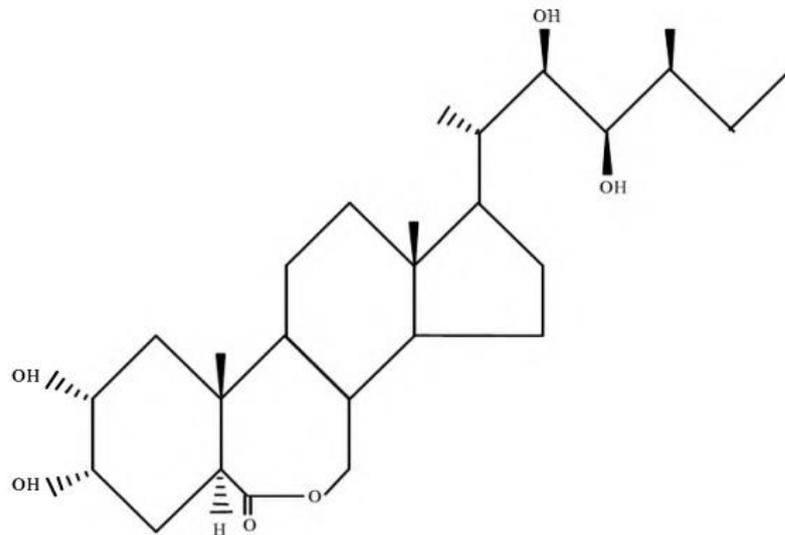


Figura 9: Fórmula estrutural do brassinoesteróide.
Fonte: Vieira et al. (2010).

Os efeitos dos brassinosteróides são alongamento do caule, inibição da senescência e abscisão das folhas e desenvolvimento radicular e apical, e indícios indicam o envolvimento nos efeitos gravitropismo (GAZZONI, 2008)

Os jasmonatos (JA) (figura 10) estão ligados com a dessecação das plantas e seus efeitos são similares a altas concentrações de ácido abscísico. Como, atuam na senescência, resposta a lesões, inibem germinação e promovem tubérculo, e amadurecimento e queda de frutos (GAZZONI, 2008) assim como atuam nas defesas de plantas contra fungos patogênicos e insetos contribuindo assim para melhoria da sanidade da cultura (TAIZ e ZEIGER, 2017).

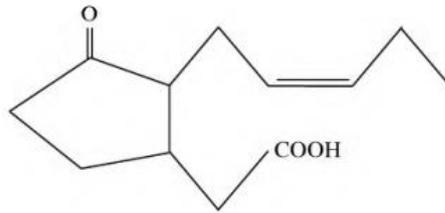


Figura 10: Fórmula estrutural do ácido jasmônico.

Fonte: Vieira et al. (2010).

Sua descoberta aconteceu em 206 espécies de plantas, em 150 famílias, sua síntese ocorre em sistema de ápice de folhas jovens, frutos imaturos e extremidade de raízes. Aplicações exógenas promovem senescência das folhas a partir da degradação da clorofila, além de ativar ACC-sintase ou oxidase promovendo a síntese de etileno (SENA, CASTRO e KLUGE, 2019).

O ácido salicílico (figura 11), conhecido também por aspirina, em plantas são sintetizados ao acabar condições de estresse, age como um sinalizador para que a planta reconheça que há disponibilidade de nutriente e condições ambientais ideais para seu desenvolvimento, contudo, ele regula a senescência (inibindo o etileno), induz a floração e inibe a germinação (GAZZONI, 2008)

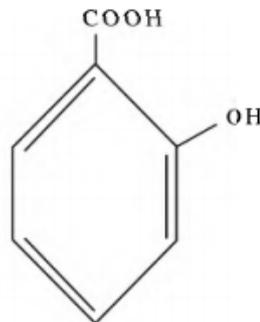


Figura 11: Fórmula estrutural do ácido salicílico.

Fonte: Vieira et al. (2010).

As poliaminas, como as putrescina, espermidina e espermina são reguladores de canais iônicos, e também, e quando ausentes o crescimento celular é lento podendo até parar, chegando na apoptose (GAZZONI, 2008). Esse hormônio tem apresentado variedade de feitos sobre as plantas, e estão envolvidas na divisão celular e morfogênese (VIEIRA et al., 2010).

Vale ressaltar que, além dos promotores de crescimento, há substâncias que agem como retardante no crescimento vegetal, agindo em antagonismo com os hormônios/reguladores vegetais, dentre esses inibidores químicos de crescimento podemos citar os AMO-1618, cycocel, uniconazole, BX112, LAB 198 999, paclobutrazol e ancymidol, tetcyclacis (MELO, 2002).

O modelo apresentado no quadro 2 mostra os efeitos principais dos hormônios vegetais conhecidos.

Hormônios Vegetais	Efeitos Principais
Auxina	Alongamento celular, divisão celular, diferenciação dos tecidos vasculares, formação de raízes, tropismo, dominância apical, senescência foliar(inibem) abscisão de folhas e frutos (via etileno), retarda o amadurecimento dos frutos, florescimento em bromeliáceas
Citocinina	Divisão celular, morfogênese, quebra de dominância apical, crescimento dos brotos laterais, expansão foliar, abertura dos estômatos, desenvolvimento dos cloroplastos
Giberelina	Crescimento do caule, indução da germinação de sementes e da produção de enzimas durante a germinação, crescimento de frutos e indução da masculinidade em flores dioicas.
Etileno	Quebra de dormência, epinastia, floração (em algumas espécies, abscisão de flores e frutos e amadurecimento de frutos.
Ácido abscísico	Fechamento dos estômatos, dormência de gemas, senescência e abscisão e indução de síntese de proteína em sementes

Quadro 2: Principais hormônios e principais funções.

Fonte: Melo (2002).

2.3. Bioestimulantes

Os bioestimulantes podem ser citados por 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 (SILVA, 2019).

Na agricultura moderna a utilização dos bioestimulantes (figura 12) vem sendo introduzido a fim de complementar ou suprir as necessidades estruturais das culturas, com incremento na síntese vitamínica e atuação e estímulo a enzimas, hormônios, clorofila, armazenamento e transporte de nitrogênio, logo, apresenta atuação ativa e direta para o maior desenvolvimento vegetal, além dos benefícios indiretos como maior tolerância ao estresse ambiental, e fitotoxidade, melhoria do florescimento e qualidade dos produtos colhidos (GAZZONI, 2008).



Figura 12: Modos de aplicação e respostas das culturas à utilização de agroquímicos de regulação hormonal.

Fonte: VASCONCELOS (2016).

Sua aplicação nas plantas pode ser realizada de diferentes formas, especialmente via foliar, irrigação ou via solo, a sua utilização é justificada por ser uma alternativa à suplementação de nutrientes em hortaliças. Outro fator que impulsiona a utilização destes é o custo dos mesmos que geralmente são baixos. Estes produtos têm como característica conter composições variadas para o posicionamento correto em fases fenológicas da cultura e por fim apresentar bons níveis de nutrientes (GAZZONI, 2008).

Os estimulantes vegetais são benéficos as plantas quando sua aplicação é em pequenas quantidades, cerca de 9000mg/L, seus efeitos são diversos, e destaca-se seu uso em condições ambientais adversas a fim de garantir o rendimento das culturas (VIEIRA et al, 2010).

2.3.1 Extrato de algas.

A utilização de produtos à base de extrato de algas no Brasil é regulamentada pelo Decreto nº4.954 (BRASIL, 2004) e acordo com Pessatti e Maraschim (1998) apud. Limberger e Gheller (2013), o extrato de alga (figura 13) é provindo dos polissacarídeos complexos na parede celular de algas, no quais podem apresentar diferentes formas de atividade biológica, assim como, aumento das respostas de defesa da planta, estímulo do crescimento vegetal, pois contém macro e micronutrientes, carboidratos, aminoácidos e estimuladores de crescimento.



Figura 13: Extrato de algas marinhas extraídas em laboratório.
Fonte: Embrapa (2018).

O principal efeito do extrato de algas nas plantas é o fortalecimento da estrutura da planta, através da melhoria da qualidade da planta, maior resistência a estresse além da melhoria da eficiência dos insumos e melhor desenvolvimento das raízes. Diversos trabalhos presentes na literatura relatam os efeitos de produtos à base de extratos de algas e os seus benefícios, dentre eles foi abordado a atividade da citocinina, com o aumento da divisão celular, a auxina com controle do desenvolvimento do caule e raiz, o ácido giberélico com a elasticidade e plasticidade, além das betaínas e manitol que reduz o estresse e é agente quelante respectivamente (FERNANDES e SILVA, 2011).

Diversas pesquisas têm apontado os efeitos benéficos da aplicação dos extratos de algas na agricultura, o principal fato estudado é a mitigação de estresses abióticos por ser o responsável por grandes perdas de produção. E estudos comprovam que produtos comerciais as bases do extrato de algas auxiliam as plantas na tolerância a diversos estresses, porém é importante ressaltar que não são 100% eficientes diante de condições ambientais adversas (CARVALHO e CASTRO, 2014).

O extrato de algas apresenta efeitos suaves nas plantas na maioria dos casos, pois os produtos irão estimular a atividade de enzimas do sistema antioxidante, além de outros compostos como osmólitos compatíveis, que são substâncias necessárias para as plantas tolerarem mais eficientemente os estresses (CARVALHO e CASTRO, 2014).

2.3.2 Ácidos húmicos e fúlvicos

Os ácidos húmicos e fúlvicos são importantes compostos da fração húmica do solo, sendo oriunda da decomposição dos resíduos vegetais e animais do solo, suas características químicas, microbiológicas e físicas podem garantir incremento na produtividade, pois irá promover benefícios para a estrutura física e química do solo e para o metabolismo da planta (CARON, GRAÇAS e CASTRO, 2015).

Os ácidos húmicos e fúlvicos, estão dentro das substâncias húmicas (SH) do solo, juntamente com a humina. Essas substâncias são entendidas como produtos das transformações químicas e biológicas dos resíduos vegetais e animais. Sua origem e processos de humificação ainda são hipotéticos, mas sabe-se que elas constituem cerca de 70 a 80% da matéria orgânica (MO) (COSTA PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011).

As substâncias húmicas estimulam a produção de hormônios vegetais naturais (auxinas, citocininas e giberelinas) que podem atuar diretamente e positivamente nos mecanismos fisiológicos do desenvolvimento da cultura (SILVA et al., 2011).

Caron, Graças e Castro (2015), abordam que a utilização de substâncias húmicas proporciona o incremento de movimentação e absorção de íons, respiração e aumento da velocidade de reações do ciclo de Krebs promovendo aumento da produção de ATP, especialmente nas células radiculares, além do aumento de níveis de clorofila e síntese de ácido nucleico. A interação das substâncias húmicas nas plantas pode resultar em aumento de produtividade (figura 14).

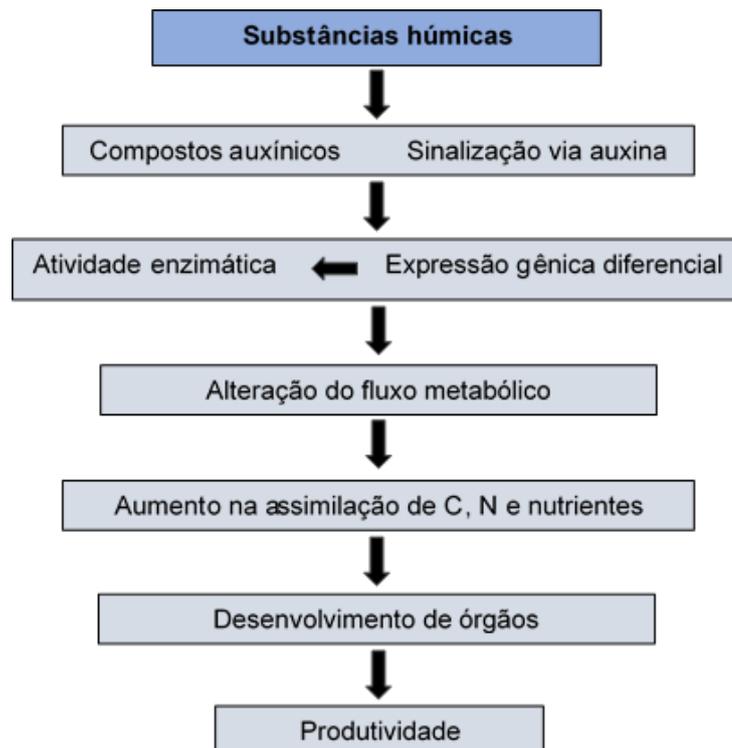


Figura 14: Mecanismo de atuação das substâncias húmicas para ganhos de produtividade.
Fonte: CARON; GRAÇAS; CASTRO (2015).

A utilização das substâncias húmicas ajuda a diminuir a perda de nitrogênio para a atmosfera, devido a redução do N_2 e o consumo de OH^- pelo H^+ além disso, aumenta a disponibilidade de NH_4^+ para o cultivo (CARON, GRAÇAS e CASTRO, 2015).

2.3.3 Rizobactérias Estimulantes

O desenvolvimento de inoculantes com rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP) vem sendo bastante difundido, especialmente por contribuir com a agricultura sustentável, sendo que a utilização de inoculantes biofertilizantes atuam com diversos incremento de produtividade, pela promoção do crescimento das plantas por meio de maior comprimento e número de raízes, bem como de produção de clorofila (RUZZI e AROCA, 2015).

As rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCP) são categorizadas como bactérias de vida livre no solo e que podem se associar com algumas plantas, o que desencadeia benefícios para o crescimento da planta hospedeira, como a biossíntese e fornecimento de hormônios vegetais (figura 15), essenciais para a coordenação de diversos aspectos fisiológicos, o principal hormônio fornecido e as auxinas e o ácido indol-acético mais abundante e mais responsivo estimulador do crescimento em plantas (GALDIANO, 2009).

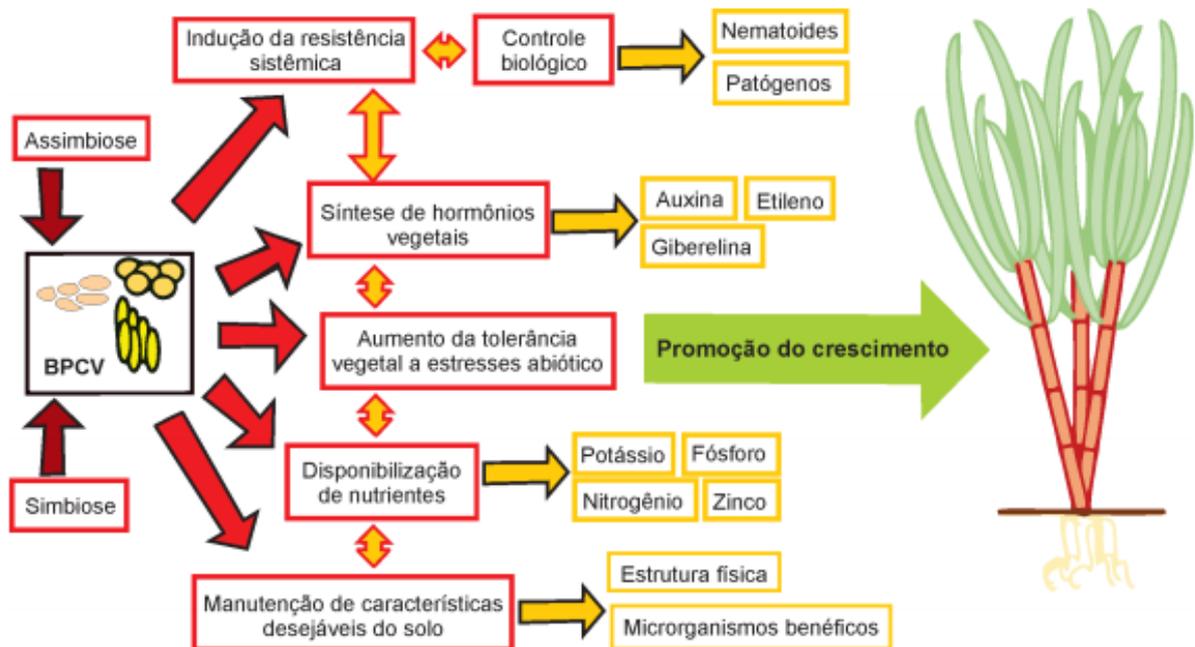


Figura 15: Mecanismos de ação das bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) em cana-de-açúcar.

Fonte: GRAÇAS et al. (2015).

A sua utilização pode acontecer antes da semeadura e/ou emergência da cultura, ou após a cultura estar formada antes do fechamento das entrelinhas. Como abordado, entre os diversos mecanismos de ação de bactérias promotoras de crescimento vegetal tem-se a disponibilidade de aplicação em diferentes fases da cultura (GUIMARÃES et al., 2017).

2.3.4 Aminoácidos

Os aminoácidos são moléculas de características estruturais em comum, formados por um carbono central, quase sempre assimétrico, ligado a um grupamento carboxila (COOH), um grupamento amino (NH₂) e um átomo de hidrogênio. Além destas três estruturas, os aminoácidos apresentam um radical chamado genericamente de “R”, que diferencia os mesmos (Figura 16) (CASTRO, 2014).

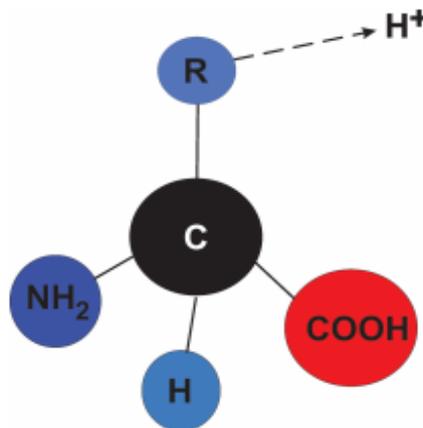


Figura 16: Fórmula estrutural do aminoácido.

Fonte: Castro e Carvalho, (2014).

Os aminoácidos têm diversas funções no metabolismo vegetal, possuindo a principal função na síntese proteica e na precursão de substâncias que regulam o metabolismo do vegetal, mas não tem o objetivo de suprir a necessidade para a síntese proteica, mas ativar o metabolismo fisiológico das plantas, podendo assim ter uma ação contra o estresse (FLOSS e FLOSS, 2008). E ainda Taiz e Zeiger (2004), citam que os aminoácidos atuam no metabolismo de alguns nutrientes, como a glicina e o ácido glutâmico que atuam no metabolismo do nitrogênio.

Dentre os vários benefícios atribuídos aos aminoácidos, estão o equilíbrio no metabolismo das plantas, melhoria da fotossíntese, diminuição da fitotoxicidade provocada por alguns agrotóxicos e tolerância às pragas e doenças, além de promover melhor absorção e translocação de nutrientes e tornar o sistema radicular mais desenvolvido e com maior vigor, regulando as atividades hormonais das plantas e aumentando a qualidade dos produtos colhidos (BRANDÃO, 2007).

Brandão (2007) aborda ainda que a utilização de aminoácidos através de aplicação via foliar é decisivo para suprir uma parcela das necessidades na formação de proteínas estruturais, vitaminas, hormônios vegetais, além da sua participação no metabolismo do nitrogênio, promovendo um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas.

Por suas características e funções, os aminoácidos também podem ser enquadrados no grupo de antiestressantes, pois eles são compostos que agem diretamente nos processos morfofisiológicos do vegetal como precursores de um hormônio endógeno, enzimas além de disponibilizar alguns compostos que são formadores dos promotores de crescimento como é o caso do triptofano, precursor do ácido indolacético, auxina promotora de crescimento vegetal (CASTRO, 2014)

2.4. Bioativadores e efeito verde

Os bioativadores são categorizados por substâncias que agem modificando o metabolismo vegetal, através de ativação de reações fisiológicas que resulta em expressão proteica que irão interagir com mecanismo de defesas, o que possibilitará a cultura melhores condições para enfrentar as adversidades (ALMEIDA et al., 2009); sendo substâncias complexas que interferem na transcrição do DNA da planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral (CASTRO et al., 2008 apud. ALMEIDA et al., 2009).

Eles são categorizados por serem substâncias orgânicas complexas, que são capazes de modificar a morfologia e fisiologia das plantas atuando na síntese e ação de hormônios endógenos, que induz a incrementos na produtividade. Nesta classe se enquadram alguns inseticidas como o aldicarb e o tiametoxam (figura 17), além da cianamida hidrogenada (PEREIRA,2010).

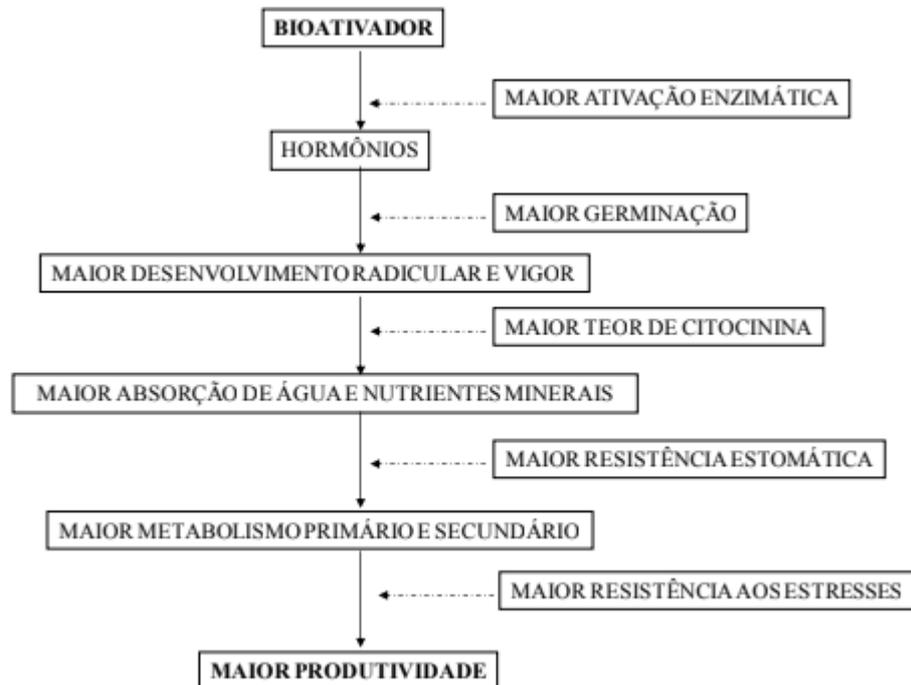


Figura 17: Representação esquemática do mecanismo de ação do tiametoxam.
Fonte: GAZZONI (2008).

Os bioativadores agem no crescimento, atuando na transcrição da planta e expressão gênica, proteínas de membrana, transporte iônico e enzimas metabólicas, acometendo o metabolismo secundário, modificando a nutrição mineral e levando a síntese hormonal (figura 18). Há dois princípios ativos reconhecidos atualmente: aldicarb e tiametoxam, sendo dois inseticidas sistêmicos que apresentam efeitos positivos nos processos fisiológicos de determinadas culturas (SENA, CASTRO E KLUGE, 2019).

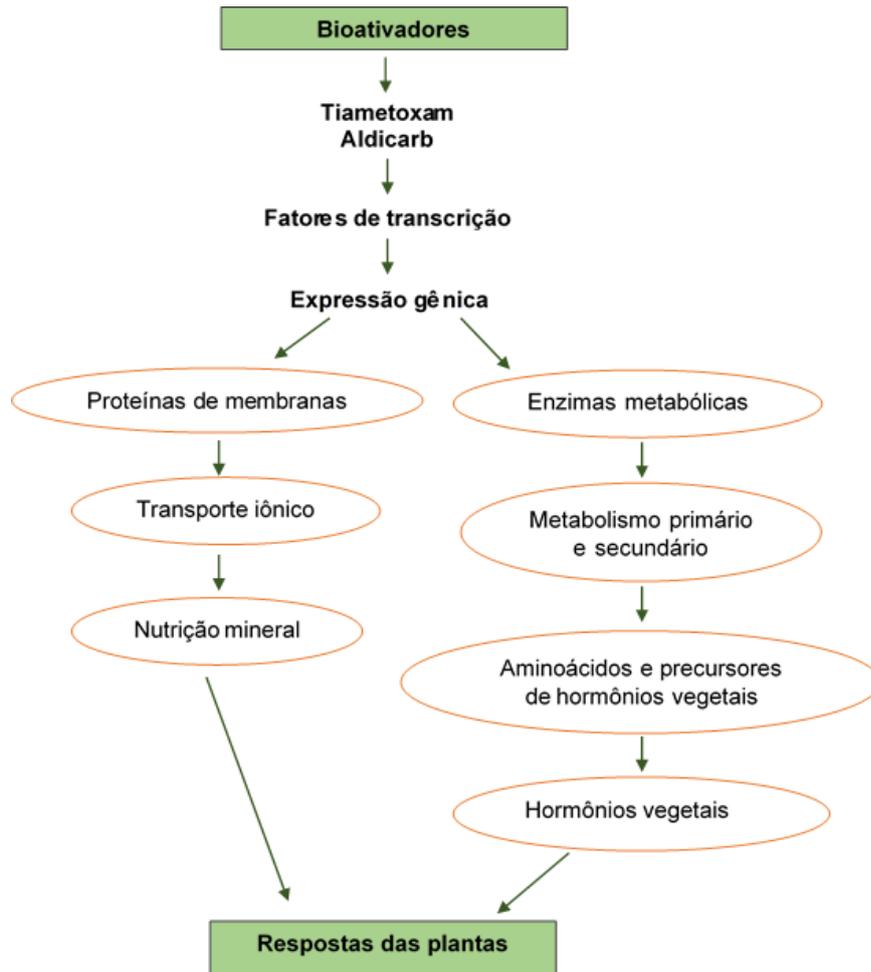


Figura 18: Efeitos fisiológicos dos bioativadores em plantas.
Fonte: Castro (2006).

Sena, Castro e Kluge, (2019) relatam que os bioativadores podem ser utilizados no tratamento de sementes quando há condições de estresse, pois estimulam e aceleram a germinação e esse efeito é visualizado especialmente em hortaliças como a cenoura onde geralmente apresentam baixo vigor e falhas no estande (NASCIMENTO, 1994).

2.4.1 Aldicarb

O inseticida aldicarb atua como inibidor da enzima acetilcolinesterase, em sua composição química há um átomo de enxofre que permite a oxidação em sulfóxido e sulfona, sendo também metabólitos ativos (XAVIER et al. 2007).

O aldicarb, 2-metil -2 (metiltio) propionaldeído Q-(metil carbamoyl) oxime, é um importante inseticida utilizado em grande escala, especialmente na cultura do algodoeiro, tendo efeitos verde na cultura, dando incremento no desenvolvimento, produtividade e fotossíntese (SENA; CASTRO; KLUGE, 2019).

Estudo realizado por REDDY et al., (1990) apud. Morzelle et al., (2017) mostrou que o tratamento de plantas de algodoeiro com aldicarb apresentaram melhor desenvolvimento das raízes com o aumento no número de radículas funcionais, no comprimento total das raízes e na densidade das raízes. O mesmo estudo indicou que estas plantas exploraram mais uniformemente a totalidade do perfil do solo para água e nutrientes, além de serem observadas melhores taxas fotossintéticas, florescimento precoce e massa dos capulhos mais altos.

No âmbito da agricultura, a utilização do aldicarb é indicado para aplicação via solo, onde será absorvido pelas raízes das plantas e distribuído por todo vegetal por ser um inseticida sistêmico. Mas deve-se ter cuidado com sua utilização pois após a aplicação caso tenha chuvas intensas o inseticida poderá ser lixiviado podendo então haver contaminação de águas subterrâneas (FARLEY; MCFARLAND, 1999 apud. XAVIER et al. 2007).

O Aldicarb é classificado como um inseticida extremamente tóxico a humanos e animais, ele apresenta DL 50 oral aguda em ratos de 0,93 mg/Kg de peso corpóreo. Ele é rapidamente convertido em sulfóxido, sendo este o inibidor mais potente da AchE, sendo o principal responsável pela reação tóxica aguda do Aldicarb (MORAIS, 1997)

2.4.2 Tiametoxam

É um inseticida sistêmico do grupo dos neonicotinóide, onde o tiamethoxam (figura 19), é o 3-(2-cloro-triazol-5-ilmetil) -5-metil-[1,2,5]oxadiazinan-4-ilideno-N-nitroamina, e diversos relatos observam efeitos na planta como: aumento de vigor, desenvolvimento e produtividade, especialmente em soja (SENA, CASTRO e KLUGE, 2019).

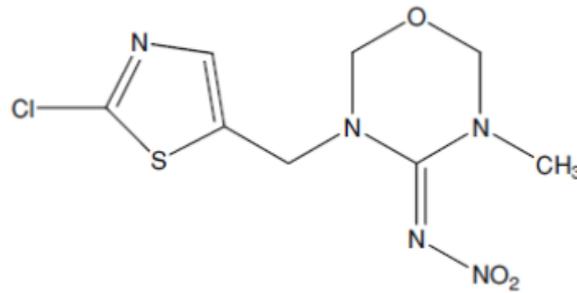


Figura 19: Fórmula química do tiametoxam.
Fonte: PEREIRA (2010).

O tiametoxam é transportado dentro da planta através das suas células e ativa várias reações fisiológicas como a expressão de proteínas. Estas proteínas interagem com vários mecanismos de defesa de estresses da planta, permitindo que ela enfrente condições adversas, tais como secas, baixo pH, alta salinidade de solo, radicais livres, estresses por temperatura altas, efeitos tóxicos de níveis elevados de alumínio, ferimentos causados por pragas, ventos, granizo, ataque de viroses e deficiência de nutrientes. Possui efeito fitotônico, isto é, desenvolvimento mais rápido do vegetal expressando melhor seu vigor (CASTRO, 2006).

A figura 20, demonstra a aplicação do tiametoxam em plantas monocotiledôneas apresentando os efeitos morfológicos e fisiológicos dessa aplicação.

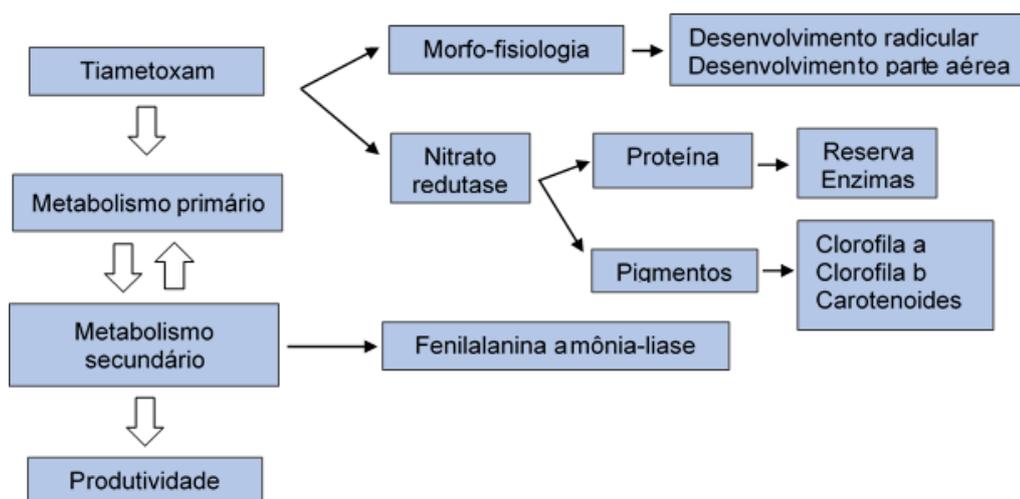


Figura 20: Modelo de ação fisiológico e metabólico do tiametoxam em monocotiledôneas.
Fonte: Visotto et al., (2015).

A ação do tiametoxam sobre a germinação reduz o tempo para estabelecimento da cultura no campo, diminuindo os efeitos negativos de competição com plantas daninhas ou por nutrientes essenciais presentes no solo (CATANEO et al., 2006).

Comercialmente, o tiametoxam é comercializado no Brasil sob os produtos Actara® 250WG e Cruiser® 350FS, no qual apresentam os ingredientes ativos, respectivamente, 250 g kg⁻¹ e 350 g L⁻¹ ou também pode ser encontrado em misturas com outros princípios ativos (PEREIRA, 2010).

2.4.3 Estrobilurinas

Os fungicidas do grupo das estrobilurinas vem sendo estudado por apresentar também efeitos fisiológicos nas plantas (figura 21), que apresenta obtenção de maiores produtividades. O mecanismo de ação do grupo das estrobilurinas ocorre através da inibição da respiração mitocondrial que bloqueia a transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c₁, no sítio Q₀ interferindo na produção de ATP bloqueando o abastecimento de energia da célula do fungo e suas funções vitais. O mecanismo de ação é sistêmico, ou seja, após a aplicação a substância ativa solubilizada penetra o interior da folha (RODRIGUES, 2009; TROJAN, 2009).

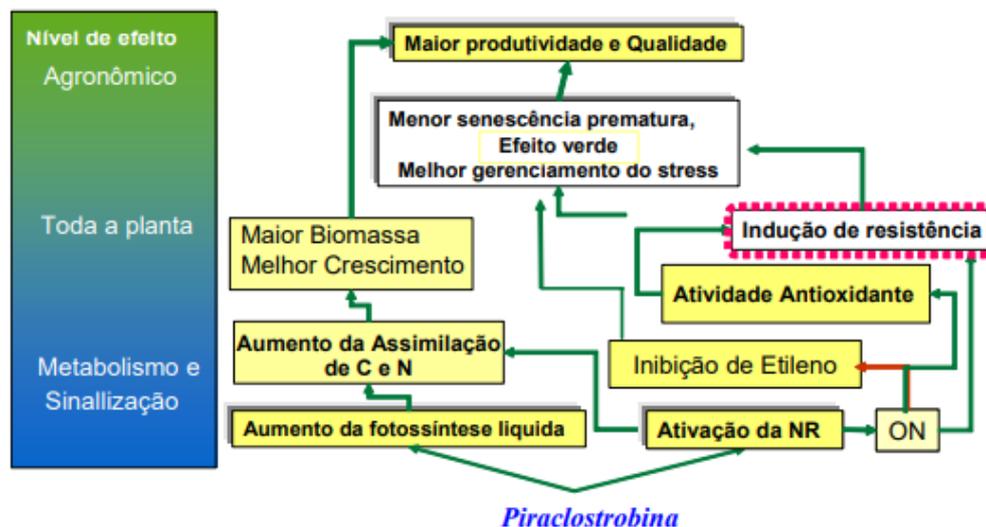


Figura 21: Modelo conceitual referente ao efeito fisiológico da utilização do fungicida Piraclostrobina, do grupo das estrobilurinas, na cultura da soja.

Fonte: Rodrigues (2009).

Experimentos realizados na cultura da soja concluíram que a aplicação de piraclostrobina possibilitou a planta um aumento significativo da fotossíntese líquida, diminuição da respiração, incremento na massa seca total, aumento da enzima nitrato redutase e aumento da tolerância a estresse (FAGAN et al., 2010).

2.5 Fisiologia de plantas cultivadas

2.5.1. Fisiologia da germinação e dominância

A germinação de sementes é um processo controlado por mecanismos endógenos e exógenos, que estimulam alteração nos processos fisiológicos da semente para que haja uma retomada no desenvolvimento do embrião, nesse processo, é necessário a interação de sinais ambientais (SENA, CASTRO e KLUGE, 2019).

Quando a semente madura possui teor de umidade entre 10 a 20% ela apresenta baixa atividade metabólica, sendo necessário, a absorção de água para estimular a atividade metabólica, onde irá ocorrer a tradução dos mRNAs pré-existentes, estocados juntos aos ribossomos funcionais, e após a embebição é necessário condições de água oxigênio e temperatura para que haja o crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário que dará início a emissão da plúmula e radícula, sendo a radícula a primeira estrutura do embrião a emergir e criará ramificações e pelos radiculares que serão responsáveis pela absorção de nutrientes (SENA, CASTRO e KLUGE, 2019).

O processo de germinação é dividido em três fases (figura 21): Na fase I, as sementes secas absorvem água rapidamente. Já que a água flui do potencial hídrico mais alto para o mais baixo, a absorção de água cessa quando a diferença no potencial hídrico entre a semente e o ambiente se torna zero. Durante a fase II, as células expandem-se e a radícula emerge da semente, completando a germinação. A atividade metabólica aumenta e ocorre o afrouxamento da parede celular. Na fase III, a absorção de água reinicia à medida que a plântula se estabelece (TAIZ et al., 2021).

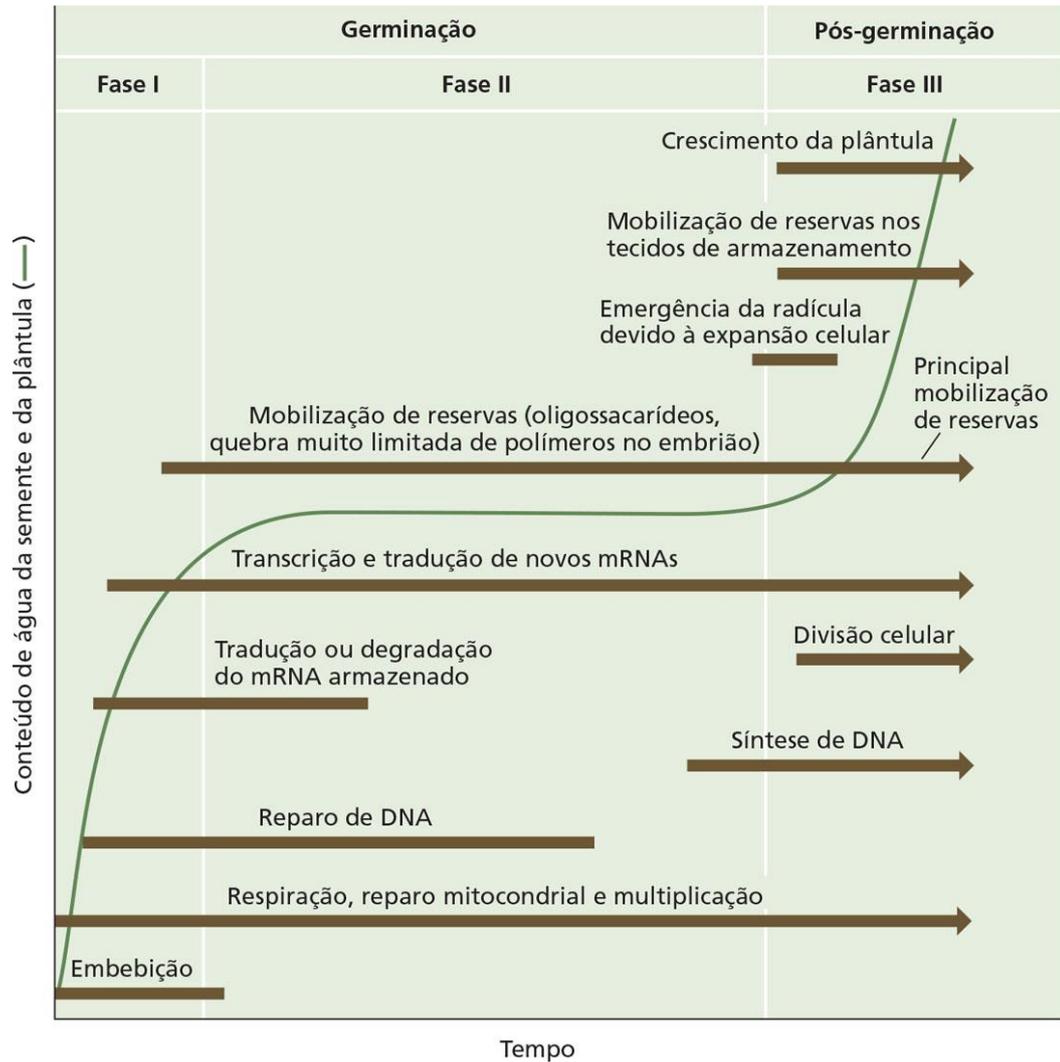


Figura 22: Processo de germinação de sementes.
Fonte: TAIZ et al., 2021).

Durante a germinação das sementes há a ação das giberelinas à qual são liberadas estimulando a produção e a liberação da enzima α -amilase e a giberelina irá se ligar ao receptor, iniciando assim uma rota de transdução de sinal que resulta no aumento da expressão de um ativador transicional da expressão gênica de α -amilase, conforme a imagem 22 levando à produção e secreção desta enzima (TAIZ et al., 2021).

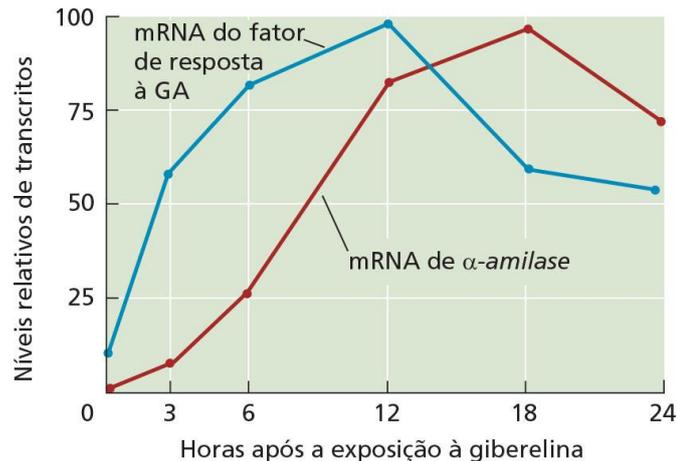


Figura 23: Evolução temporal da indução do mRNA do fator de resposta à GA e do mRNA da α -amilase pela GA3.

Fonte: TAIZ et al., (2021).

Em contramão está o ácido abscísico, que tem ação antagônica as giberelinas, através da inibição da síntese de enzimas hidrolíticas que são essenciais para a decomposição de reservas armazenadas durante o crescimento da plântula. Sendo que na α -amilase, ácido abscísico irá atuar inibindo a transcrição do mRNA da α -amilase (TAIZ et al., 2021).

De acordo com Vieira et al., (2010) há indícios que demonstram níveis endógenos de ABA estão envolvidos na germinação pois, inibe o desenvolvimento do embrião por completo, fazendo com que não ocorra uma germinação precoce, faz com que a planta entre em dormência quando em condições desfavoráveis para a germinação, ou seja, quando há baixo potencial de água reduz a habilidade de germinar.

Em cereais, quando embebida, há liberação de giberelina que induz a produção de enzimas hidrolíticas, onde a α -amilase se difunde até o endosperma para atuar no amido liberando a glicose que será utilizada como substrato para a respiração, que irá liberar ATP e produtos intermediários, como aminoácidos e hormônios (VIEIRA et al., 2010).

Ainda na fase de germinação, há a ação das citocininas onde agem como reguladoras de germinação, favorecendo a mobilização das reservas, aumento da força do dreno que são fundamentais para o processo germinativo, além da atuação na promoção da divisão e diferenciação celular (VIEIRA et al., 2010).

2.5.2. Crescimento vegetativo e senescência

Durante o crescimento vegetativo, há atuação de hormônios vegetais que determinam as fases de crescimento, sendo determinada pela programação do desenvolvimento e respostas ambientais, que atuam como sinais locais e de longa distância, as rotas de sinalização hormonal atuam no crescimento relativo de ramos diferentes e o ápice do caule, diante dos principais hormônios presentes nessa etapa estão as auxina, citocininas e estrigolactonas (TAIZ et al., 2021).

Diante da ação desses hormônios temos a auxina que irá atuar na regulação do crescimento de gemas axilares (dominância apical), sua síntese será realizada no ápice do caule e posteriormente transportada em direção às raízes, sendo que as plantas com dominância apical forte em geral são fracamente ramificadas e mostram uma resposta de ramificação intensa à decapitação. Já as plantas com dominância apical fraca em geral são bastante ramificadas e, quando muito, mostram uma pequena resposta à decapitação. Na prática, esse fenômeno é aproveitado pelos floricultores que “beliscam” crisântemos e muitas outras plantas com dominância apical forte para produzir densas moitas cupuliformes de inflorescências (TAIZ et al., 2021)

Por fim, as estrigolactonas vão atuar em combinação com a auxina regulando a dominância apical, em situações com defeito na biossíntese desse hormônio há o aumento na ramificação sem decapitação. Sua síntese é realizada no caule e raiz, mas sendo muito exigida na dominância apical, sendo que estudos abordam que a aplicação direta de citocinina às gemas axilares irá estimular o crescimento das gemas axilares o que sugere que tem influência na dominância apical (figura23) (TAIZ et al., 2021).

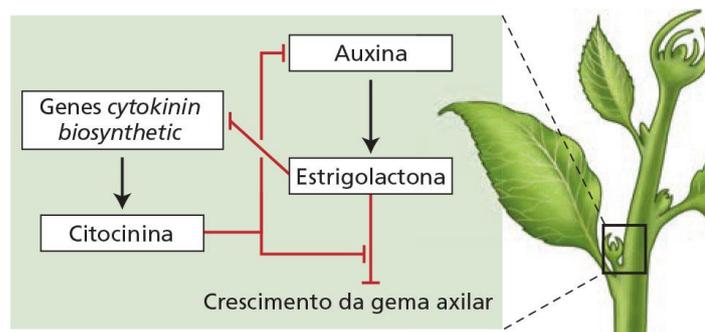


Figura 24: Ilustração de gemas axilares.
Fonte: Taiz et al., (2021).

Além dos hormônios vegetais a aplicação de bioestimulantes nessa fase é de grande valia como é o caso da aplicação de produtos à base de extratos de algas, de acordo com Carvalho e Castro (2014), os compostos que são encontrados nos extratos de algas tem efeitos positivos em várias etapas de desenvolvimento das culturas, especialmente no desenvolvimento inicial, sendo de grande valia no estabelecimento em campo e produção vegetal, além de ajudar no pegamento de mudas oriundas de estacas, especialmente em culturas que é de difícil pegamento.

Na senescência, os reguladores vegetais possuem um papel importante. As citocininas e giberelinas atrasam o processo pois atuam na atividade das clorofilas que agem na fotossíntese, proteínas e níveis de RNA. Outro hormônio que age nesta fase é a auxina, que quando se encontra em altas quantidades promovem a senescência agindo em conjunto com o etileno, mas em condições normais atrasam (VIEIRA et al., 2010).

O ácido abscísico tem como atuação a promoção da diminuição dos pigmentos da clorofila, síntese de ácidos nucleicos e proteínas, além da alteração de estruturas de membranas plasmáticas, esse fenômeno provavelmente é regulado ou controlado pela interação de diversas substâncias de crescimento sendo que os níveis de ABA, reduzem os níveis de CK, AIA e GA (VIEIRA et al., 2010).

2.6 Florescimento e desenvolvimento de frutos

No florescimento e desenvolvimento de frutos, a utilização de reguladores vegetais tem se tornado uma prática comum, seja para ampliação do período de florescimento ou incrementar a produção de espécies frutíferas, além dos reguladores os bioestimulantes também vem sendo utilizado (AGUSTÍ; ALMELA, 1991; apud. SILVA, 2019).

O florescimento é um estágio de desenvolvimento importante, no qual os organismos multicelulares passam por uma série de estágios de desenvolvimento mais ou menos definidos, cada um com suas características próprias e sendo um fator importante para definição da produtividade. Essa fase compõe uma interação com o meio ambiente para maximizar o seu processo (TAIZ et al., 2021).

É importante ressaltar que aspectos de interferência ambiental como a luminosidade, que quando em baixas concentrações, gera uma redução no suprimento de carboidratos ao ápice, que vai interferir na produção e desenvolvimento, já que, pode participar na transição entre a juvenilidade e a maturidade, além de ser fonte de energia e matéria-prima (TAIZ et al., 2021). Por essa característica há uma classificação em plantas de dias curtos e plantas de dia longos, que é categorizado pelo comprimento do dia. Em plantas de dias longos (DL) as giberelinas são essenciais para a floração (VIEIRA et al., 2010).

Durante a transição da fase vegetativa para reprodutiva e iniciação da floração há uma mudança na fisiologia do meristema, que precede por uma modificação morfológica, nesse caso, há um aumento na divisão celular na zona central abaixo do ápice do meristema vegetativo, que diferenciam as células do parênquima que rodeiam o meristema e origina o primórdio flora (VIEIRA et al., 2010).

Sendo importante ressaltar a importância da giberelina para a transição para fase reprodutiva em muitas culturas, estudos apontam que o uso de giberelina exógena, pode desencadear o florescimento autônomo e como os sinais ambientais primários de comprimento do dia e temperatura, desencadeando efeitos semelhantes a vernalização (SAGIO, 2012).

Outro hormônio bem atuante nessa fase é o etileno, que é utilizado para promover ou inibir o florescimento especialmente em frutos climatéricos, pois esse hormônio age no amadurecimento dos frutos através da promoção da respiração o que favorece a maturação, além disso, esse hormônio atua na regulação dos genes de sinalização (SAGIO, 2012).

No processo de maturação dos frutos, altas concentrações de auxina também influenciam nessa fase, através da capacidade de induzir a biossíntese do etileno, e ao contrário, tem-se as citocininas e as giberelinas, no qual tem ação antagônica com o etileno, logo, há o retardamento da maturação dos frutos (VIEIRA et al., 2010).

2.7. Efeitos de biorreguladores em culturas agrícolas.

As auxinas são utilizadas comercialmente para promover o crescimento radicular, uniformidade de floração e frutificação bem como evitar queda dos frutos

prematurados, além disso, é utilizado na reprodução por estaquia e indução de frutos partenocárpicos (GAZZONI, 2008).

De forma sintética, a auxina também é utilizada como herbicida para o combate de plantas daninhas de folhas largas, especialmente no cultivo do milho. Essa auxina sintética quando utilizado como herbicida, em plantas monocotiledôneas inativam rapidamente, tornando-as resistentes permitindo então o desenvolvimento de herbicidas para controle de plantas dicotiledôneas em culturas comerciais monocotiledôneas (GAZZONI, 2008).

Estes herbicidas são definidos como mimetizadores de auxina, pois eles atuam causando crescimento acelerado da planta nos mais diversos tecidos, tendo como sintomas a epinastia, o crescimento exagerado e acelerado que acontecem rapidamente, que acaba acometendo a morte das plantas pelo excesso de crescimento, logo, ele se tornou um dos herbicidas mais utilizados atualmente (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Oliveira Júnior, Constantin e Inoue (2011) abordam que além da epinastia pode-se observar deformações nas nervuras e no limbo foliar das folhas; além de paralisação do crescimento e engrossamento das raízes, podendo induzir o aparecimento de algumas raízes adventícias; e a morte tende a ocorrer de maneira lenta, geralmente entre 3 e 5 semanas após a aplicação do herbicida.

Este hormônio é muito utilizado no sistema de plantio direto, especialmente como dessecante em pré-plantio na cultura da soja e milho, quando há a infestação de plantas monocotiledôneas para controle, é indicado a utilização de outro herbicida em conjunto para o controle dessas plantas, visto que, o 2,4-D sua característica é de controlar apenas plantas dicotiledôneas (VARGAS et al., 2007).

O herbicida 2,4-D, ou ácido diclorofenoxiacético, é um dos herbicidas mais utilizados no mundo por ser um ácido orgânico, sistêmico, seletivo e de baixo custo (FIGURA 24). Ele está inserido no grupo de herbicidas que se comportam como mimetizadores de auxinas, que também são conhecidos como reguladores de crescimento ou herbicidas hormonais, em função da semelhança com a auxina natural das plantas (OLIVEIRA JÚNIOR, 2005).

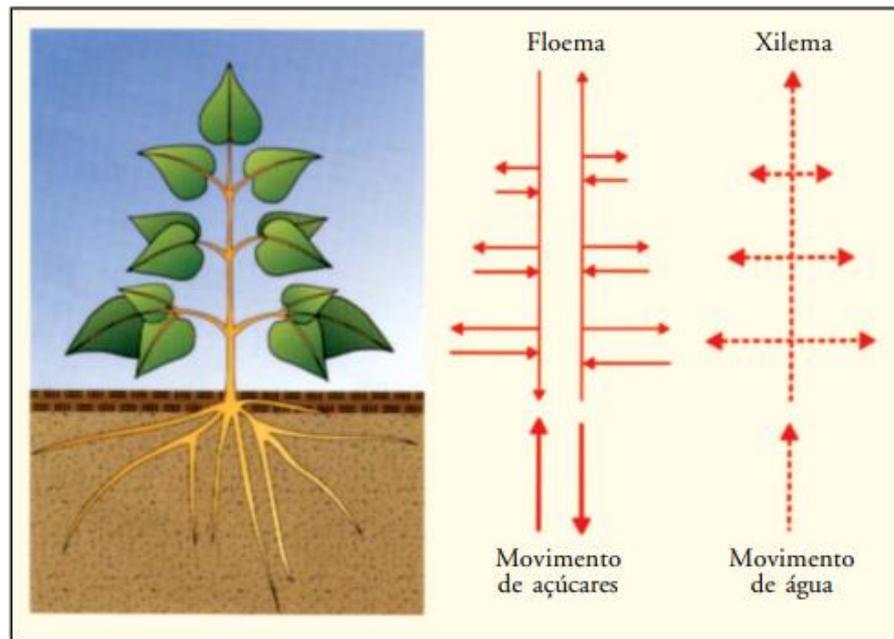


Figura 25: Esquema do movimento de herbicidas nos vasos condutores das plantas.
Fonte: Roman, E. S. et al. (2007).

No entanto, na cultura da uva, a utilização da auxina é como regulador de crescimento, utilizando produtos como o Quinmerac ou IUPAC (ácido 7-cloro-3-metilquinolina-8-carboxílico). Para promover o alongamento e o aumento no volume celular, tendo como resultado frutos maiores e mais pesados (PIRES, 1998 apud., TECCHIO et al., 2006).

Galvão (2015) demonstrou que o aumento de concentração de ácido indolbutírico AIB na pitaya branca, em mg/L ocorre um crescimento quadrático das raízes (g), a dosagem de 2197 mg/L de AIB houve um incremento de 35,53 g de biomassa fresca na pitaya, concluindo que o AIB é um bom regulador para estimular o enraizamento de estacas.

A aplicação de giberelina sintética, especificamente (GA1) pulverizado sob as plantas de milho normal e anão, apresenta efeitos como o alongamento das plantas de milho anão e, conseqüentemente, aumento da estatura, já no milho normal a aplicação causou pouco ou nenhum efeito (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Em contramão da aplicação de giberelina, temos os reguladores de crescimento, como o paclobutrazol (PBZ) que age reduzindo a biossíntese de giberelinas, este regulador age com ação nos três primeiros passos da síntese, fazendo com que haja a inibição da oxidação caureno e impedindo a formação de ent-

caurenol, ent-caurenal e ácido ent-caurenoico. Essas reações são catalisadas pela enzima caureno oxidase, que é inibida pela ação dos triazóis (TAIZ E ZEIGER, 2017).

O ácido abscísico possui uma gama de funções nas plantas, dentre eles temos o fechamento dos estômatos onde é apontado que o ABA desencadeia eventos que resultam no fechamento dos estômatos, logo, remete a tolerância ao estresse hídrico (MAGALHÃES JÚNIOR, 2010), além disso, ele está ligado a formação de sementes, onde em altas concentrações de ABA o embrião paralisa a divisão celular.

Estudos realizados em *Arabidopsis thaliana* foi observado três mutantes insensíveis ao ABA, sendo ABI1, ABI2 e ABI3, onde as plantas apresentavam coloração verde, e defeitos como: proteína LEA baixo, embriões eram verdes sempre, eram tolerantes à dessecação e não possuem dormência (MAGALHÃES JÚNIOR, 2010).

O ABA é utilizado em uva a aplicação exógena desse hormônio em uva apresenta melhoria na coloração da mesma, devido ao aumento no teor de antocianinas nas cascas da uva, que é um pigmento que confere cor aos frutos por participarem da impregnação de lignina nas paredes. Sendo no experimento realizado no Vale do São Francisco com a cultivar Isabel, obteve a conclusão que as maiores concentrações nos atributos de cor foram obtidos com concentração de 400 mg l⁻¹ aplicado duas vezes, 7 dias após o veraison e aos 10 dias antes da colheita (KOYAMA et al., 2004).

Domingues Neto (2016), aborda que a utilização de S-ABA em uva é benéfica pois reduz a perda de massa, desgrana e a podridão das bagas em cultivares de uva 'rubi' durante o armazenamento, aumentando assim a vida de prateleira da fruta e conseguindo um aumento de tempo para comercialização dessas uvas.

Experimentos demonstraram que o ácido giberélico, realiza uma promoção de altura de plantas e melhoria na eficiência da utilização de ferro. A utilização de 5 a 10 ml/L de GA no desenvolvimento inicial da cultura com baixa estatura e que produzem vagens próximas ao colo pode elevar altura das vagens o que na prática, facilitaria a mecanização no momento da colheita e em contrapartida a utilização de TIBA nas doses de 30ml/L, em V4, na cultivar de soja 'pintado', houve uma redução na altura das plantas, que na prática evitou o acamamento (CASTRO et al., 2016).

É importante ressaltar que, o etileno, jasmonato e salicilato também agem como mecanismo de defesa contra patógenos, estudos realizados apontam que plantas pré-tratadas com etileno apresentaram uma queda na suscetibilidade a

Botrytis cinerea, uma doença bastante comum na cultura, e as plantas pré-tratadas com 1-MCP, que é um inibidor de etileno, resultou em aumento da doença, então foi observado que no tratamento com o hormônio etileno houve um aumento da expressão de diversos genes de PR-proteínas antes da infecção por *B. cinerea*. (DIAZ et al., 2002).

2.8 Uso de bioestimulantes em culturas agrícolas

De modo geral, o modo de aplicação de bioestimulantes é realizado via tratamento de semente ou na fase vegetativa, o que terá efeito no aproveitamento das culturas. A utilização via tratamento de semente tem como objetivo estimular a germinação e o estabelecimento das culturas no campo, além de aumentar a capacidade de absorção de água e nutrientes, além de promover uma maior resistência ao estresse hídrico, na prática, permite maior desempenho das culturas em condições adversas (LANA et al., 2009).

O bioestimulante comercialmente mais conhecido é um composto que contém auxinas, citocininas e giberelinas, todas sintéticas, sendo conhecido comercialmente por Stimulate® (figura 25) (CASTRO et al., 1998 apud. FREITAG, 2014) Seus constituintes são: ácido indolbutírico (auxina) 0,005%, cinetina (citocinina) 0,009% e ácido giberélico (giberelina) 0,005% (ADAPAR, 2014).

Segundo um estudo realizado por Dourado Neto et al (2004), o uso de Stimulate® na cultura do milho aplicado via sementes fez com que houvesse um aumento das variáveis: diâmetro do colmo e número de grãos em cada fileira da espiga. Ele concluiu também que a aplicação do fitorregulador é mais eficiente quando executada no tratamento de sementes, em comparação com a pulverização na linha de semeadura e a pulverização a 43 dias após a semeadura.



Figura 26: Produto comercial Stimulate®.
Fonte: próprio autor (2021).

Albrecht (2009), em estudo da utilização do uso do biorregulador Stimulate® na cultura da soja, concluiu que o seu uso causou um acréscimo de produtividade na cultura da soja, a elevação da dose foliar até $339,68 \text{ ml ha}^{-1}$ ou $286,25 \text{ ml ha}^{-1}$ em V5, além disso, foi observado que os teores de óleo e proteínas foi incrementado pela ação do biorregulador (figura 26).



Figura 27: Germinação de sementes de soja tratadas com água (controle), Stimulate ou cada um dos reguladores vegetais isolados.
Fonte: Stoller (2019).

O extrato de alga é um outro bioestimulante que vem desempenhando um papel importante nas culturas agrícolas, Fernandes e Silva (2011) após um experimento de dois anos observou que a utilização do extrato de algas *Ascophyllum nodosum* promove significativo aumento na produtividade da lavoura podendo alcançar cerca de 70%, utilizando a dose 2 L/ha a qual obteve 39 sacas em média de café, além disso foi possível observar que o extrato de algas interfere também no controle de pragas com a mesma dose, onde auxiliou no controle da ferrugem.

A aplicação do extrato comercial de *Ascophyllum nodosum* tem se mostrado determinante para aumentar a germinação e o vigor de plântulas de uma gama de espécies (CARVALHO e CASTRO, 2014).

Os ácidos húmicos e fúlvicos governam a dinâmica e disponibilidade dos nutrientes no solo, favorecendo especificamente o maior enraizamento e aumento do número de sítios mitóticos, que facilita a absorção de nutrientes, com o aumento da atividade de várias enzimas e do número de pontos de colonização para as bactérias (CONCEIÇÃO et al., 2008; HAMZA e SUGGARS, 2001 apud. NICCHIO et al., 2013).

Hormônios vegetais são moléculas bioquímicas que regulam diferentes atividades das plantas. As RPCP são capazes de sintetizar diversos fitohormônios como citocininas, giberelinas, ácido abscísico e auxina. O gênero de bactérias *Azospirillum*, comumente mais conhecido no mercado, possui pelo menos três vias de síntese de AIA, onde suas é dependente do triptofano (PATTEN E GLICK, 1996 apud. OLIVEIRA, URQUIAGA E BALDANI, 2003).

Sabendo que a auxina age no crescimento e desenvolvimento da cultura, a inoculação da bactéria promotora desse hormônio irá aumentar o desenvolvimento radicular favorecendo a absorção pelas raízes em maior volume de solo. Patil (2010) em seus experimentos observou que a utilização de 50% da dose recomendada de N, e 50% utilizando matéria orgânica e *Azospirillum* houve um acréscimo de 32 a 66% do rendimento do sorgo de inverno, logo, foi possível concluir que essa bactéria foi capaz de fixar cerca de 10 a 25 kg/ha de nitrogênio.

Estudos realizados por Hungria et al. (2010) trouxeram que a inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense* no milho, obteve ganhos significativos de produtividade, alcançando um aumento de 24 a 30%, que equivale a 662 a 823 kg/ha em relação a testemunha.

Em plantas leguminosas, há uma interação simbiótica entre bactérias rizobiáceas e leguminosas, que é uma relação importantíssima onde o enovelamento

intenso dos pêlos radiculares promovido por estímulos bacterianos hormonais leva a formação de nódulos, proporcionando condições ideais para a fixação de nitrogênio, que apresenta grande taxa de sucesso quando avaliada a interação simbiótica entre bactérias rizobiáceas e leguminosas (GUIMARÃES, 2017).

Experimentos realizados por Portugal et al. (2012), utilizando doses de nitrogênio e inoculação *Azospirillum brasilense* na cultura do milho realizado na safra verão conseguiram obter um incremento de produtividade na cultura de 868 kg ha⁻¹, alcançando um aumento de 14,75% em comparação com as plantas de controle, em termo de matéria seca houve um decréscimo, logo, concluíram que provavelmente houve maior translocação de massa para os grãos do que para a planta refletindo em maior produtividade de grão.



Figura 28: Efeito da inoculação de milho com as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense* no crescimento radicular em ensaios conduzidos a campo.

Fonte: Hungria (2011).

Outro experimento utilizando a realizado por ANDRADE et al., (2016) utilizando bactéria *Azospirillum brasilense* ao fazer uma análise de hormônios vegetais do produto comercial Azos® (estirpe AbV5) na concentração de 1x10⁸ unidades formadoras de colônias/ml, foram encontrados níveis de ácido indol-acético que variaram de 4,7 ppm a 6,3 ppm.

Pesquisas realizadas por Brandão (2007), com a cultura da cana-de-açúcar comprovam a eficiência dos aminoácidos sobre o enraizamento; mesmo quando aplicado somente nos toletes o resultado se mostrou superior à testemunha.

A utilização de bioestimulantes que induzem defesas da planta representam uma ferramenta útil que pode ajudar a mitigar os efeitos prejudiciais do estresse (DU JARDIN, 2015).

2.9. Efeitos de bioativadores em culturas agrícolas

A utilização de agroquímicos no tratamento de sementes pode aumentar a atividade metabólica das sementes, por esse motivo, há um grande interesse agrônomo, permitindo uma homogeneização na germinação, conseqüentemente melhoria no estande na lavoura (MACEDO, 2012).

Estudos realizados com tiametoxam na cultura da soja, foi possível observar que, a utilização no tratamento de semente (TS), induz a uma maior resposta da fixação biológica de nitrogênio (FBN), agindo como agente modulador, induzindo e/ou estimulando a produção de proteínas da FBN desencadeando mecanismos que estimulam a indução da interação da planta com o rizóbio (GAZZONI, 2008)

O bioativador tiametoxam estimula o desempenho fisiológico de sementes de alface. As doses de 0,4 e 0,6 ml por 1000 sementes⁻¹ de alface correspondem a máxima eficiência técnica, A aplicação de tiametoxam pode ser relevante para culturas que, como a alface, podem apresentar germinação baixa, lenta e irregular, com emergência desuniforme em função do lote de sementes. O produto age como um potencializador, permitindo a expressão do potencial germinativo das sementes, acelerando o crescimento das raízes até o período avaliado (DEUNER et al., 2014).

Estudos realizados com o aldicarb em plantio e floração no algodoeiro demonstraram aumento no vigor e acúmulo de fitomassa, devido aumento da taxa fotossintética, além de promover aumento de radículas funcionais, e florescimento precoce (GAZZONI, 2008).

A utilização de estrobilurina piraclostrobina na cultura do milho proporcionou um acréscimo médio de 56% em relação aos tratamentos sem aplicação, onde foi constatado que com a aplicação houve aumento da atividade da enzima nitrato redutase, tornando-a mais eficiente quando ocorre adição de doses de N no solo (BARBOSA et al., 2011). Em outro estudo, realizado por Silva, Carvalho e Costa Netto (2016) corroboram abordando que após aplicação de piraclostrobina em V4. no milho houve incremento da atividade da enzima NADH⁺ redutase do nitrato quando

submetidos a aplicação, e obtiveram o resultado de incrementos de até 49,52% em relação a testemunha

3. MARCO METODOLÓGICO

O trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica, de caráter exploratório e descritivo, sendo de abordagem qualitativa. De acordo com Oliveira (2011), na pesquisa exploratória busca-se aprofundar o conhecimento acerca de um objeto de estudo ainda não muito pesquisado, possibilitando aprofundar mais o conhecimento sobre tal fato, necessitando que a pesquisa seja flexível para permitir analisar diversos aspectos relacionados ao assunto. Já a pesquisa descritiva busca enumerar a realidade investigada possibilitando sua compreensão, descrevendo as características do objeto de estudo, podendo estabelecer relações entre variáveis (GIL, 2002).

A abordagem qualitativa liga-se à interpretação da realidade, de maneira que o pesquisador busca atender seu estudo por meio de uma lógica de compreensão, não busca quantificar o conhecimento, mas encontrar os detalhes envolvidos no objeto de estudo, bem como suas nuances. Geralmente descritivos, os dados coletados nessas pesquisas possuem riqueza em descrição de situações, acontecimentos e documentos, por exemplo (OLIVEIRA, 2011).

A pesquisa é classificada como qualitativa, pois está associada à busca por informantes chave que possuam a capacidade de fornecer informações necessárias à investigação, é necessário, desta forma, definir o universo de pesquisa, ou seja, os sujeitos que poderão fornecer as informações buscadas. Assim, o universo de pesquisa deste trabalho foi composto pelo estudo da fisiologia e utilização de reguladores vegetais, bioestimulante e bioativador em culturas agrícolas, caracterizando seus benefícios e retorno produtivo com a sua utilização.

A coleta das informações, foi realizada a busca na base de dados científicos e bibliotecas virtuais, onde foram previamente estudados para composição do presente trabalho.

4. CONCLUSÃO

O uso de substâncias que agregam produtividade as culturas são de fundamental importância, especialmente, com a demanda de alimentos cada vez maior. E o presente trabalho, demonstra que os bioestimulantes e os biorreguladores quando utilizados de maneira correta propicia incrementos de produtividade nas culturas, é importante ressaltar que maiores produtividades fornece ao produtor um maior retorno econômico auxiliando então no desenvolvimento socioeconômico.

Os bioativadores também são importantes para o desenvolvimento da agricultura, pois a utilização de inseticidas como o tiametoxam foi uma revolução na agricultura pois além de ser utilizado no controle de pragas nas culturas registradas ele não é prejudicial ao meio ambiente e ainda apresenta um incremento de produtividade, agindo no metabolismo fisiológico da cultura melhorando-a.

Conclui-se a importância da utilização de produtos que induzam a produção de hormônios vegetais nas plantas agrícolas a fim de melhorar e potencializar sua genética, agindo no metabolismo fisiológico e assim deixando as plantas mais vigorosas e com maior poder de produção e produtividade.

REFERÊNCIAS

- ADAPAR - Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. **Bula Stimulate®**. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Outros/STIMULATE.pdf>> acesso em 05 mai. 2021.
- ALBRECHT, L. P. **Biorregulador no desempenho agrônômico, econômico e na qualidade de semente de soja**. 2009. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- ALMEIDA, A. S.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; PINHO, M. S. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. **Rev. bras. sementes** [online]. 2009, vol.31, n.3, pp.87-95. ISSN 0101-3122.
- ANDRADE, A. T. et al. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de Azospirillum brasilense. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 229-239, 2016.
- BARBOSA, K. A.; FAGAN, E. B.; CASAROLI, D.; CANEDO, S. de C.; TEIXEIRA, W. F. Aplicação de estrobilurina na cultura do milho: alterações fisiológicas e bromatológicas. **Cerrado Agrociências**. UNIPAM, set. 2011.
- BRANDÃO, R.P. Importância dos Aminoácidos na agricultura sustentável. **Informativo Bio Soja**, São Joaquim da Barra, inf.5, p.6-8, 2007
- BRASIL. Decreto nº. 4.954, de 14 de Janeiro de 2004. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 de jan. 2004. Seção1, p. 2. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsultaconsultarLegislaca>>. Acesso em: 06/04/2021.
- CARON, Vanessa C.; GRAÇAS, J. Pereira; CASTRO, P. R. C. Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: **ESALQ**, 2015.
- CARVALHO, Marcia Eugenia Amaral; CASTRO, Paulo Roberto de Camargo e. **Extratos de algas e suas aplicações na agricultura**. Piracicaba: ESALQ, 2014.
- CASTRO, P. R. C.; SENA, J. O. A.; KLUGE, R. A. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2 ed. 2019.
- CASTRO, P.R.C. Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical. **Boletim**, n.32, Série Produtor Rural, USP/ ESALQ/ DIBD, Piracicaba, 46p., 2006.
- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p
- CASTRO, Paulo Roberto de Camargo. **Aminoácidos e suas aplicações na agricultura**. Piracicaba: ESALQ, 2014.
- CATANEO, A C.; ANDRÉO, Y.; SEIFFERT, M.; BÚFALO, J.; FERREIRA, L.C. Ação do inseticida Cruiser sobre a germinação do soja em condições de estresse. In IV CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, **Resumos**, Londrina, p.90, 2006.

COSTA PRIMO, Dário; MENEZES, Rômulo Cezar; SILVA, Tácio Oliveira. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, 2011.

DEUNER, Cristiane et al. Desempenho fisiológico de sementes de alface tratadas com tiametoxam. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.

DIAZ, J.; HAVE, A. ten; KAN, J. A. L. van The role of ethylene and wound signaling in resistance of tomato to *Botrytis cinerea*. **Plant Physiology**, Rockville, v.129, p.1341-1351, 2002.

DOMINGUES NETO, F. J. **Ação do ácido abscísico na cor das bagas, na qualidade e no armazenamento pós-colheita da uva ‘Rubi’**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Horticultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2016. 63f.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N.; BONNECARRÉRE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Aplicação e influência do fitoregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista FZVA**, vol.11 n.2. Uruguiana-RS, 2004.

FAGAN, E.B.; NETO, D.D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R.B.; YEDA, M.P.; MASSIGNAM, L.F.; OLIVEIRA, R.F.; MARTINS, K.V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase, e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**. v.69, n.4, p.771-777, 2010.

FERNANDES, A. L.; 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**, GoiâniaGO, v. 7, n. 13, p. 147-157, 2011.

FLOSS, E. L.; FLOSS, L. G. Fertilizantes orgânicos minerais de última geração: funções fisiológicas e uso na agricultura. **Revista Plantio Direto**, ed. 100, 2007.

FREITAG, C. **Efeito do bioestimulante stimulate® em diferentes doses na produtividade total de milho (Zea mays)**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

FREITAS, S. S. **Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas**. In: SILVA, A. P. D. & FREITAS, S. S. Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental. Campinas: Instituto Agrônomo, 312p, 2007.

GALDIANO JR., R.F. ISOLAMENTO, **Identificação e inoculação de bactérias produtoras de auxinas associadas às raízes de orquídeas**. 84f. 2009. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista - Jaboticabal, SP, 2009.

GALVÃO, E. C. **Substrato e ácido indolbutírico na produção de mudas de pitaia vermelha de polpa branca**. 2015. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015

GAZZONI, D.L., et al. **Thiametoxam: uma revolução na agricultura**. São Paulo, 258p, 2008

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUERREIRO, R. T. **Seleção de Bacillus spp. promotores de crescimento de milho**. 2008, 55 p. Dissertação de mestrado, Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Presidente Prudente – SP.

GUIMARÃES, Vandeir Francisco et al. Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal: da FBN à regulação hormonal, possibilitando novas aplicações. **Ciências Agrárias: Marechal Candido**, p. 193-212, 2017.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n.1-2. P.413-4425, 2010

KOYAMA, Renata et al. Épocas de aplicação e concentração de ácido abscísico no incremento da cor da uva 'isabel'. **Semina: ciências agrárias**, v.35, n.4, p 167-1705,2004.

LANA, A. M. Q. et al. Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. **Bioscience Journal** , v. 25, n. 1, 2009.

LAVAGNINI, Celso Guilherme et al. Fisiologia vegetal-hormônio giberelina. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garças**, v. 25, n. 1, p. 48-52, 2014.

LIMBERGER, Pâmela Andressa; GHELLER, Jorge Alberto. Efeito da aplicação foliar de extrato de algas, aminoácidos e nutrientes via foliar na produtividade e qualidade de alface crespa. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 2, p. 14-21, 2013.

MACEDO, Willian Rodrigues. **Bioativador em culturas monocotiledôneas: avaliações bioquímicas, fisiológicas e da produção**. 2012. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) -Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2012. 80f.

MAGALHÃES JUNIOR, Ariano Martins de. (ed). Ácido abscísico e o estresse abiótico. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2010.

MEIRELLES, Ana Flávia Mairinck; BALDOTTO, Maribus Altoé; BALDOTTO, Lílian Estrela Borges. Produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas, em condições de campo. **Revista Ceres**, v. 64, n. 5, p. 553-556, 2017.

MELO, N. F. de. Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal. In: SEMINÁRIO CODA DE NUTRIÇÃO VEGETAL, 1., 2002, Petrolina. Anais... Petrolina: **CODA**, 2002. p. 37-54.

MENDES, Marcelo Cruz et al. Biorregulador aplicado em diferentes estádios fenológicos na cultura do trigo. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 476-480, 2016.

MORAES, Gustavo Figueirêdo. **Intoxicação aguda por carbamato (ALDICARB): uma revisão dos aspectos clínicos, laboratoriais e terapêuticos**. 1997. 46 f. Monografia (Especialização em Medicina do Trabalho) - Instituto de Saúde da Comunidade, Universidade Federal Fluminense, 1997.

MORZELLE, Maressa Caldeira; PETERS, Leila Priscila; ANGELINI, Bruno Geraldi; CASTRO, Paulo Roberto de Camargo e; MENDES, Ana Carolina Cabrera Machado. **Agroquímicos estimulantes, extratos vegetais e metabólitos microbianos na agricultura**. Piracicaba: ESALQ, 2017.

NASCIMENTO, W.M. A importância da qualidade de sementes de olerícolas. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, p.38-39, 1994.

NICCHIO, B.; BOER, C.A.; SIQUEIRA, T. P.; VASCONCELOS, A.C.P.; REZENDE, W.S.; LANA, R.M.Q. Ácido húmico e bioativador no tratamento de sementes de milho. **Journal of Agronomic Sciences**, v.2, n.2, 2013.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. **Mecanismos de ação de herbicidas**. Ed. Omnipax, 2005.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. 2011.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal. **Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em administração. Catalão: UFG, 2011.

PATIL, S. L. Azospirillum based integrated nutrient management for conserving soil moisture and increasing sorghum productivity. **African journal of agricultural research**, v.9, 2010

PEREIRA, Marcelo Andrade. **Tiametoxam em plantas de cana-de-açúcar, feijoeiro, soja, laranja e café**: parâmetros de desenvolvimento e aspectos bioquímicos. 2010. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PORTUGAL, J.R.; ARF, O.; LONGUI, W.V. et al. **Inoculação com Azospirillum brasilense Via Foliar Associada à Doses de Nitrogênio em Cobertura na Cultura do Milho**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 1413-1419.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 856p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6,ed. Londrina: IAPAR, 2011, 697p

RODRIGUES, M.A.T. **Avaliação do efeito fisiológico do uso de fungicidas na cultura da soja**, 2009, 198f. Tese (Doutorado em fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

RUZZI, M.; AROCA, R. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 124-134, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.042>.

SÁGIO, S. A. **Análise molecular e fisiológica do etileno durante o amadurecimento de frutos de café.** 2012. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2012.

SANTOS, Weber Dionisio da Silva. **O Efeito De Bioativadores No Desenvolvimento Inicial Da Soja.** 2018. 26 f. Monografia (conclusão de curso) - : Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Anápolis, 2018.

SILVA, A. C., et al. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1609-1617, 2011.

SILVA, Andreia Vanessa da; CARVALHO, Matheus Rodrigues; NETTO, Antônio Paulino da Costa. Modulação da atividade enzimática da redutase do nitrato em genótipos de milho cultivados em primeira safra pela presença de piraclostrobina. In: XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. *Anais [...]*. Bento Gonçalves: Cnms, 2016. p. 678-680.

SILVA, Deise Paula da. **Thiametoxam em cana-de-açúcar manejada com maturadores.** 2012. vi, 53 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2012. Disponível em:

SILVA, Taís da. **Uso de biorreguladores e bioestimulantes na agricultura.** 2019. 45 f. Traba

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719 p.

TAIZ. L. et al., **Fundamentos de fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2021.

TECCHIO, Marco Antonio et al. Uso de bioestimulante na videira 'Niagara Rosada'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1236-1240, 2006.

TROJAN, D. G. **Avaliação do efeito de piraclostrobina aplicada ao final do perfilhamento sobre a produtividade da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.).** 2009. (Dissertação de Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009. 56f.

VARGAS, L. et al. Buva (*Conyza bonariensis*) resistente ao glyphosate na região sul do Brasil. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 573–578, 2007

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S. de; SANTOS, A. R. dos; SILVA, J. dos S. **Manual de Fisiologia Vegetal.** São Luís: EDUFMA, 2010. 213p.

VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. Hormônios vegetais. In: Introdução à fisiologia vegetal. Maringá: Eduem, 2002, p.79-104.

VIEIRA, Elvis L.; CASTRO, Paulo R.C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

XAVIER, Fabiana Galtarossa; RIGHI, Dario Abbud; SPINOSA, Helenice de Souza. Toxicologia do praguicida aldicarb ("chumbinho"): aspectos gerais, clínicos e terapêuticos em cães e gatos. **Cienc. Rural**, Santa Maria , v. 37, n. 4, p. 1206-1211, Aug. 2007.