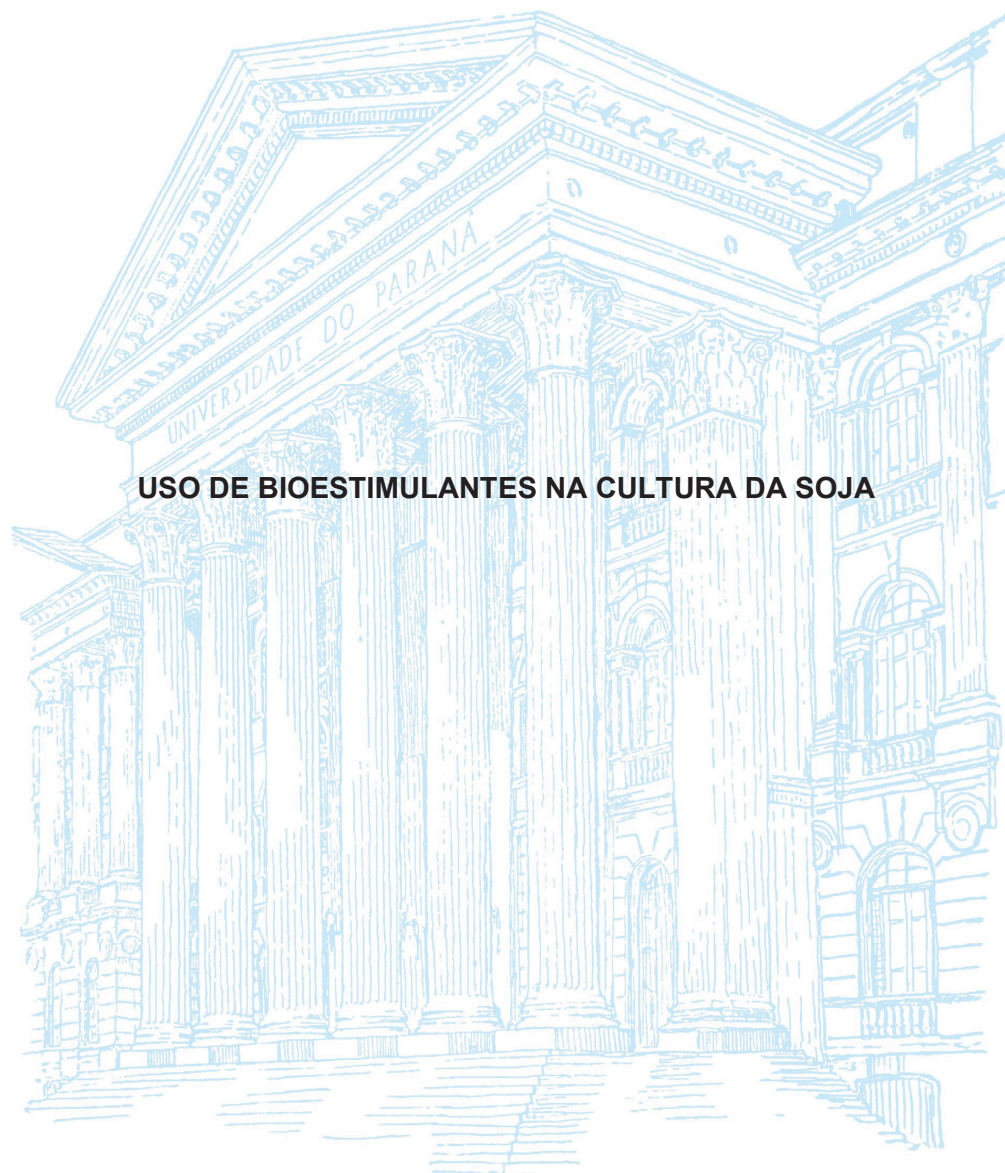


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THAÍSA FERNANDA PIETROVSKI



USO DE BIOESTIMULANTES NA CULTURA DA SOJA

CURITIBA

2020

THAÍSA FERNANDA PIETROVSKI

USO DE BIOESTIMULANTES NA CULTURA DA SOJA

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título em Especialista em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Me. Jair Augusto Zanon
Coorientador: Prof. Me. Felipe A. Grabarski

CURITIBA

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar e me dar forças para seguir em frente.

A minha família, em especial minha mãe, por todo apoio e incentivo.

Aos professores do curso, especialmente aos orientadores Jair e Felipe pelas contribuições para melhoria deste trabalho.

Aos amigos que me auxiliaram nesta caminhada.

RESUMO

O uso de bioestimulantes têm se mostrado como uma importante ferramenta para melhorar o processo produtivo da soja (*Glycine max* L. Merrill), tanto pelo incremento direto da produção, ou indiretamente, através da conferência de melhor tolerância a fatores bióticos e abióticos que prejudicam o potencial produtivo das plantas. Esses produtos podem ter origem natural (extrato de algas e outros vegetais) ou sintética (sais inorgânicos, reguladores vegetais) e serem fornecidos para as plantas via tratamento de sementes ou pulverização foliar. O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento biográfico visando entender a ação desses produtos na cultura da soja e os ganhos potenciais que podem representar para ela. A maior parte dos produtos pesquisados representam de fato um ganho potencial para a planta, sendo que as doses, formas e momentos para fornecer os produtos são variáveis de grande impacto no resultado obtido. O ganho que se pode obter com o uso de bioestimulantes varia de acordo com a condição do experimento e autor, e o ganho máximo relatado foi de até 58% em relação à testemunha. A forma e o momento de aplicação são fatores que influenciam diretamente na produtividade da cultura da soja, sendo que tanto a aplicação via semente ou pulverização foliar se apresentam como práticas de manejo adequadas.

Palavras-chave: extrato de algas; *Ascophyllum nodosum*; indutores de crescimento; tratamento de sementes, pulverização foliar.

ABSTRACT

The use of biostimulants has been shown to be an important tool to improve yield of soya plants (*Glycine max* L. Merrill). They act either by directly improving yield or indirectly by conferring a better tolerance to biotic and abiotic stress that can impair the potential grain production by the crop. These products can be of natural origin (seaweed extract and other plants) or synthetic (inorganic salts, plant hormones) and are supplied to plants via seed treatment or foliar spray. The present work carried out is a biographical survey aiming primarily to understand the action of these products on soybeans and the ways in which they can enhance the growth of the crop. Most of the available products in the market can, in fact, result in a benefit to the crop when applied strategically. Concentration, application methods, and maturity of the plant at the point of application were hereby varied to analyze the impact on the plant growth. A certain degree of enhancement can be attained through the use of these products, though the exact extent in literature varies depending on the author and experimental conditions. The maximum reported yield improvement resulting from the application of aforementioned products was up to 58% in relation to the control group. Growth stage of spraying and application methods are factors that directly influence soybean yield. Application via means of foliar spray as well as seed treatments both are adequate management practices.

Keywords: seaweed extract; *Ascophyllum nodosum*; growth inducers; seed treatment, leaf spraying.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	7
1.2	OBJETIVOS	9
1.3	JUSTIFICATIVA	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A CULTURA DA SOJA	12
2.1.1	No mundo	12
2.1.2	No Brasil	12
2.2	BIOESTIMULANTES	14
2.2.1	Surgimento e utilização histórica	14
2.2.2	Usos e efeitos na atualidade	14
2.2.3	Tratamentos via semente	17
2.2.4	Tratamentos via foliar	18
3	METODOLOGIA	21
3.1	TIPO DE ESTUDO	21
3.2	FONTES	21
3.3	COLETA DE DADOS	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1	APLICAÇÃO VIA TRATAMENTO DE SEMENTES	22
4.2	APLICAÇÃO VIA PULVERIZAÇÃO FOLIAR	25
5	CONCLUSÕES	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A cultura da soja assume posição de destaque no cenário econômico nacional, sendo a *commodity* agrícola de maior importância na balança comercial brasileira, devido a sua representatividade de aproximadamente 35 milhões de hectares, somando 118 milhões de toneladas na safra 2018/19 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2020). No estado do Paraná, a produtividade para a safra 2019/20 é estimada em 4,041 Mg ha⁻¹, superior à média da safra 2018/19 que foi de 3,757 Mg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020).

O incremento da produtividade acontece com a adesão de novas tecnologias de todo o setor, através do melhoramento genético, com cultivares mais produtivas, adaptadas e resistentes a adversidades climáticas (LUEDDERS, 1977). Busca-se também melhorar a tolerância ao ataque de pragas e doenças, adoção de melhores práticas de manejo e utilização de novos produtos (LOPES; LIMA, 2010). Neste contexto, a utilização de tecnologias de cultivo como nutrição de plantas e utilização de defensivos possuem papel fundamental para elevar os patamares de produtividade.

Diante disso, a utilização de bioestimulantes vêm se mostrando interessante pela capacidade de induzir uma maior produtividade e amenizar as perdas por condições adversas (VAN OOSTEN et al., 2017; ZHANG; ERVIN; SCHMIDT, 2003). Esses produtos também se destacam por sua versatilidade de aplicação: via semente, solo ou foliar.

A legislação brasileira de fertilizantes determina e incentiva o uso do termo “biofertilizante”, de acordo com o Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004). Esta dispõe o biofertilizante como produto que contém “princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante”. Em 2016 a Instrução Normativa 6 (BRASIL, 2016) define que para novos registros quando se tratar de biofertilizantes, deve-se comprovar que “o produto atua, isolada ou cumulativamente, no crescimento, na ontogenia, em variáveis bioquímicas e na resposta a estresses abióticos, elevando a produtividade da cultura”.

The European Biostimulants Industry Council (EBIC) definiu os bioestimulantes como produtos que contêm substâncias e/ou microrganismos, cuja função quando aplicada às plantas ou à rizosfera é estimular os processos naturais para melhorar e beneficiar a absorção e a eficiência dos nutrientes, a tolerância ao estresse abiótico e a qualidade da cultura agrícola (DU JARDIN, 2015).

Nos Estados Unidos, a legislação segue o regimento estadual, que obriga as empresas a obterem registros nos estados que desejam atuar, sendo a variabilidade das características de solo presentes no território nacional a principal justificativa para a descentralização da legislação de fertilizantes (ASSOCIATION OF AMERICAN PLANT FOOD CONTROL OFFICIALS, 2019). O estado da Califórnia, por exemplo, é um dos estados onde a legislação é mais rigorosa e consequentemente a licença para venda requer mais testes e demora mais tempo para ser emitida. Produtos biológicos a base de microrganismos e enzimas, precisam especificar exatamente quais são e em quais quantidades estão presentes na composição do produto. (CALIFORNIA DEPARTMENT OF FOOD AND AGRICULTURE, 2020). Outros estados, por outro lado, podem ser menos exigentes quanto ao que é necessário especificar no momento de registrar o produto. Dessa forma, regras específicas se aplicam de acordo com a legislação de cada estado (MORAES, 2015).

Em relação a classificação do termo bioestimulantes, questiona-se que estes não devem ser considerados fertilizantes, pois fornecer nutrientes para as plantas não é sua principal função. Eles podem aumentar a eficiência da nutrição, porém este efeito é diferente do fornecimento de nutrientes (DU JARDIN, 2012).

De maneira geral, os bioestimulantes podem ser de origem natural ou sintética. Os naturais são preparos ou infusões que possuem na sua composição aminoácidos, extratos de frutas ou algas marinhas, microrganismos, substâncias húmicas ou quitosanas. Na categoria de sintéticos estão incluídos elementos químicos benéficos, sais inorgânicos, antitranspirantes, além de outras substâncias sintéticas (CALVO; NELSON; KLOEPPER, 2014).

Os efeitos que os bioestimulantes podem ter nas plantas são os mais variados, mas todos de forma geral induzem algum efeito positivo desejável durante o processo produtivo (CALVO; NELSON; KLOEPPER, 2014; VAN OOSTEN et al., 2017). Muitos bioestimulantes podem ainda, melhorar a capacidade de defesa da planta, porém nem todos possuem este efeito. Alguns aminoácidos, como a glicina e a betaína, possuem

relação com a tolerância a estresses abióticos, mas pouca contribuição a resistência a pragas e doenças (DU JARDIN, 2012).

Uma importante categoria de bioestimulantes que merecem destaque são os produtos à base de algas e outros extratos vegetais. Esses produtos provocam uma série de ganhos e estímulos para as plantas, pois além de conterem elementos químicos essenciais e benéficos, possuem também aminoácidos, hormônios vegetais e outros metabólitos secundários que provocam um efeito desejável nas plantas (MOONEY; VAN STADEN, 1986). Esses efeitos são diversos e dependem de qual produto exatamente está sendo aplicado. No entanto, incluem melhor crescimento e potencial produtivo (ZHANG; ERVIN; SCHMIDT, 2003), além de melhorarem a capacidade de absorver nutrientes dos solos pelas plantas (TURAN; KÖSE, 2004). Há também relatos que os extratos podem melhorar a capacidade germinativa das sementes (RAMARAJAN; JOSEPH; GANTHI, 2012; YILDIRIM et al., 2002), assim como as propriedades antioxidantes (VERKLEIJ, 1992). Outra vantagem importante desses produtos é que em razão da sua origem natural e menores custos, podem ser utilizados em todas as variantes de agricultura, incluindo tanto as de alto quanto baixo nível tecnológico, bem como em vastas áreas convencionais ou até as manejadas dentro do sistema orgânico (RUSSO; BERLYN, 1991). Além destas categorias de bioestimulantes e seus respectivos usos, existem outras que serão discutidas ao longo do trabalho.

Apesar de resultados animadores terem sido encontrados com os usos desses extratos, muito ainda está incerto em relação ao entendimento dos seus mecanismos de ação (COLAPIETRA; ALEXANDER, 2006; KHAN et al., 2009) assim como a viabilidade econômica num ambiente de cultivo.

Diante do exposto, faz-se necessário a realização de pesquisas a fim de elucidar questões referentes aos efeitos da utilização de bioestimulantes. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi realizar uma revisão, trazendo informações sobre conceitos, forma de utilização e benefícios do uso de bioestimulantes na cultura da soja.

1.2 OBJETIVOS

- Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi levantar informações por meio de revisão bibliográfica, sobre a efetividade e viabilidade no uso de bioestimulantes no cultivo comercial da soja.

- Objetivos específicos

Com base na bibliografia disposta em acervos periódicos, a pesquisa tem como objetivos específicos:

- Avaliar o efeito na germinação de sementes;
- Avaliar o uso de bioestimulantes e sua relação com o crescimento radicular e vegetativo das plantas;
- Avaliar os efeitos do uso de bioestimulantes em relação a produtividade da soja;
- Determinar a eficiência dos bioestimulantes a campo, em relação ao potencial de ganhos, considerando o momento de aplicação.

1.3 JUSTIFICATIVA

A soja é a cultura mais importante do agronegócio brasileiro, sendo responsável por grande parte do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Dessa forma, o aumento na produção deve ser uma preocupação constante visando atender a demanda do mercado que é crescente. Por outro lado, há também a questão ambiental referente à preservação das matas nativas que pode ser contrastante com a ideia de aumentar a produção. Assim, a principal forma de aumentar a produção, sem a expansão de novas áreas, que necessitariam de análises aprofundadas no âmbito legal e ambiental, é o incremento da produtividade das áreas já em uso.

Para isso se tornar possível, há necessidade de investir em tecnologias de manejo que englobam todas as esferas, incluindo manejo do solo e da água, investimentos em nutrição, uso de sementes melhoradas, defensivos, reguladores vegetais e outros aspectos da agricultura moderna. Produtos que vêm sendo cada vez mais difundidos no presente para essa finalidade, em especial para a cultura da soja, são os bioestimulantes. Eles influenciam processos metabólicos na planta, estimulando a síntese ou aumentando a atividade de fitormônios, resultando em um maior crescimento do sistema radicular, favorecendo a atividade da rizosfera e

aumentando a absorção, translocação e utilização de nutrientes pela planta e, consequentemente a qualidade e produtividade da lavoura (KOCIRA et al., 2018).

No mercado, encontram-se produtos das mais variadas composições que prometem desencadear benefícios para as plantas. Eles supostamente atuam de diversas formas, seja melhorando diretamente a produtividade ou indiretamente, através da indução de tolerância às adversidades, que incluem fatores bióticos (pragas, doenças) ou abióticos (tipo de solo, estresse hídrico, salinidade, estresse térmico) (DU JARDIN, 2015).

Muitos destes produtos não possuem ainda, seu mecanismo de funcionamento totalmente desvendado (COLAPIETRA; ALEXANDER, 2006; KHAN et al., 2009) nem a relação custo/benefício que representam numa lavoura. Apesar disso, sabe-se que a indução é realizada através de moléculas complexas que possuem em sua composição baixíssimas concentrações de ingrediente ativo (CROUCH et al., 1992).

Considerando essa problemática, o presente trabalho visa através de uma revisão bibliográfica detalhada, ajudar a elucidar essas questões. Busca-se conhecer melhor a forma de atuação dos bioestimulantes e seus efeitos nas plantas, dentro do manejo da soja adotado no Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA SOJA

2.1.1 No mundo

A soja, ou feijão-soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma cultura de importância global em razão dos seus teores de óleo e proteína. Muitos produtos tanto para consumo humano quanto animal, são feitos à base deste grão. Por esta razão, há uma preocupação global em aumentar sua produtividade, visando principalmente a segurança alimentar da população (STUPAR, 2010).

Nos primórdios, a planta aparenta ter sido domesticada a partir da espécie próxima *Glycine soja*, entre 6.000 e 9.000 anos atrás (CARTER et al., 2016). De acordo com os autores, a localização exata onde a domesticação iniciou é incerta, mas estudos apontam que as possíveis localidades incluem: sul da China; vale do rio amarelo (China central) e nordeste da China, além de algumas regiões no Japão e Coreia. Apesar disso, por muitos milênios o cultivo da planta ficou restrito a regiões asiáticas e não despertaram o interesse de outros países ao redor do mundo. Até o início do século XX a Ásia produzia a maior parte da soja do mundo, mas a partir da década de 40 os EUA começaram a apresentar grande interesse e até o final dessa mesma década, já eram os maiores produtores do mundo (HYMOWITZ, 1970).

2.1.2 No Brasil

Bonato e Bonato (1987) acreditam que no Brasil o cultivo da soja iniciou de forma tímida, sendo na Bahia em 1882 o primeiro registro do cultivo da cultura. Em 1892, os primeiros relatos de estudo foram iniciados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), mas naquele momento a cultura era ainda muito desconhecida e pouquíssimo explorada no país (BONATO; BONATO, 1987). Segundo os mesmos autores, apenas em 1941 a cultura apareceu pela primeira vez nas estatísticas oficiais de cultivos, no estado do Rio Grande do Sul. Nesse mesmo ano, ocorreu também a criação da primeira fábrica de processamento, a qual teve enorme importância para a fixação da cultura no estado. Em 1945, a soja apareceu nos bancos de dados do

estado de São Paulo e em 1949 o Brasil entrava nas estatísticas internacionais como produtor da cultura (BONATO; BONATO, 1987).

Apesar de ser conhecida em nossas terras há mais de 80 anos, apenas na década de 1960 a soja começou a ser vista com importância comercial, principalmente no sul do país onde era plantado principalmente o trigo. A soja surgia como uma opção viável para essas áreas após o cultivo do trigo como cultura de verão, ademais, outro estímulo que aconteceu foi a explosão do preço da oleaginosa em meados dos anos 70. Tal fato chamou a atenção de produtores e também do governo da época (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005).

Movidos por esses estímulos, houve também maiores incentivos para pesquisas, principalmente em relação ao melhoramento genético, pois permitiu a adaptação da cultura nos climas tropicais e foi possível que fosse plantada em regiões mais quentes e de baixa latitude (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005). Tal fato teve papel importantíssimo para a difusão da cultura no país e permitiu que se alastrasse pelo território da forma que observamos hoje. Para a safra de 2019/2020, estima-se que a produção nacional será de 124 milhões de toneladas, 4 milhões a mais do que anterior. Essas estimativas colocam o Brasil como maior produtor mundial, 22% a mais que os EUA (segundo colocado) (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2020). Segundo a mesma fonte, o Brasil será nessa safra também o maior exportador, com 68% do total produzido para esta destinação.

Em 2020, estima-se também que haverá um aumento de 1 milhão de hectares plantados em relação à safra anterior, o que representa 2,6% do total (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020). Segundo a mesma fonte, o aumento expressivo observado nesta safra pode ser explicado pela alta liquidez da cultura. Além disso, as flutuações cambiais recentes tornaram o produto mais atrativo para exportação afetando assim positivamente a lucratividade.

O grande sucesso da cultura no Brasil foi possível devido alguns fatores, tais como: a facilidade em adaptar os cultivares tomando como base variedades dos Estados Unidos da América; difusão já existente do trigo na região sul que permitiu reaproveitar o mesmo maquinário já existente; carência de bons óleos vegetais para substituir os animais; possibilidade completa de mecanizar a cultura; entre outros (BONATO; BONATO, 1987).

2.2 BIOESTIMULANTES

2.2.1 Surgimento e utilização histórica

Bioestimulantes e fertilizantes a base de algas marinhas foram utilizados desde os primórdios da civilização. A recomendação de compostagens à base de algas consta desde o século I d.C. quando Columela recomendou que mudas de repolho tivessem suas raízes cobertas e posteriormente fertilizadas com substrato de algas. Há também relatos do século IV d. C. onde recomendava-se aplicar algas decompostas em plantas de romã e *Citrus* spp. (CRAIGIE, 2011).

Apesar do notório reconhecimento e utilização desses extratos orgânicos há mais de dois mil anos, pesquisas mais técnicas e industriais iniciaram-se em 1947. Utilizando algas marinhas como substrato, o bioquímico Reginald F. Milton desenvolveu um método de processamento que visava extrair e potencializar esses compostos benéficos. Milton utilizou como base um ambiente pressurizado, quente e alcalino para realizar a extração. Mais tarde, em 1949, essa metodologia seria a base para o processo batizado de Maxicrop que futuramente daria origem para uma gama de produtos cada vez mais tecnificados (CRAIGIE, 2011).

2.2.2 Usos e efeitos na atualidade

Atualmente, a pesquisa com bioestimulantes está mais avançada, com uma gama maior de produtos industrializados, os quais visam utilizações mais específicas do que nos séculos passados. Apesar disso, em muitos casos, principalmente quanto aos extratos de algas, ainda não se conhece exatamente quais são as substâncias ativas e nem qual é o mecanismo de ação que faz o efeito estimulante (HALPERN et al., 2015; KHAN et al., 2009; SOARES et al., 2016). Acredita-se ainda que podem existir várias substâncias e juntas provocam um efeito sinérgico nas plantas (FORNES; SÁNCHEZ-PERALES; GUARDIOLA, 2002). Os bioestimulantes apresentam, por exemplo, potencial para melhorar a absorção de nutrientes e obter maior eficiência no uso dos fertilizantes minerais (HALPERN et al., 2015).

Além deste uso, os bioestimulantes também podem ser usados para outras finalidades, que incluem: auxiliar no controle de doenças (JAYARAJ et al., 2008), aumentar a produção vegetal (BERTOLIN et al., 2010; SOARES et al., 2016) e reduzir

o efeito deletério de herbicidas (CONSTANTIN et al., 2016). No caso da soja, especialmente em condições climáticas desfavoráveis, como o déficit hídrico, esta condição pode ocasionar estresse e perdas na produção (SHUKLA et al., 2018). Busca-se também produtos capazes de melhorar a tolerância à condição de estresse hídrico (GOÑI; QUILLE; O'CONNELL, 2018). Muitos são os tipos de bioestimulantes utilizados globalmente, sendo que se destacam: hormônios sintéticos, subprodutos de fermentação e principalmente extrato de algas (SOARES et al., 2016).

Dentre as espécies de algas utilizadas na manufatura de bioestimulantes naturais, uma que merece atenção especial é a *Ascophyllum nodosum*. Este é um tipo de alga de climas tropicais encontrada nos mares Ártico e Atlântico e vem sendo estudada devido suas propriedades, que incluem promoção no crescimento de plantas e uso em alimentação animal (COLAPIETRA; ALEXANDER, 2006). Conforme os mesmos autores, há resultados que indicam uma maior produção e melhora na saúde de diversas culturas mediante a utilização de extratos dessa alga, embora em muitos casos o real mecanismo de ação ainda não tenha sido determinado.

Extratos de *A. nodosum* (ANE) podem ser usados ainda para reduzir impactos negativos do estresse hídrico, tal como na cultura do tomate (GOÑI; QUILLE; O'CONNELL, 2018). Segundo os autores, pode-se realizar extratos dessas algas seguindo vários procedimentos incluindo pH alcalino e neutro, além de se realizar o uso de calor. Apesar disso, há evidências que sugerem que o uso de alta temperatura num meio neutro geram um bioestimulante de maior qualidade e com maior capacidade de induzir tolerância à seca pelas plantas.

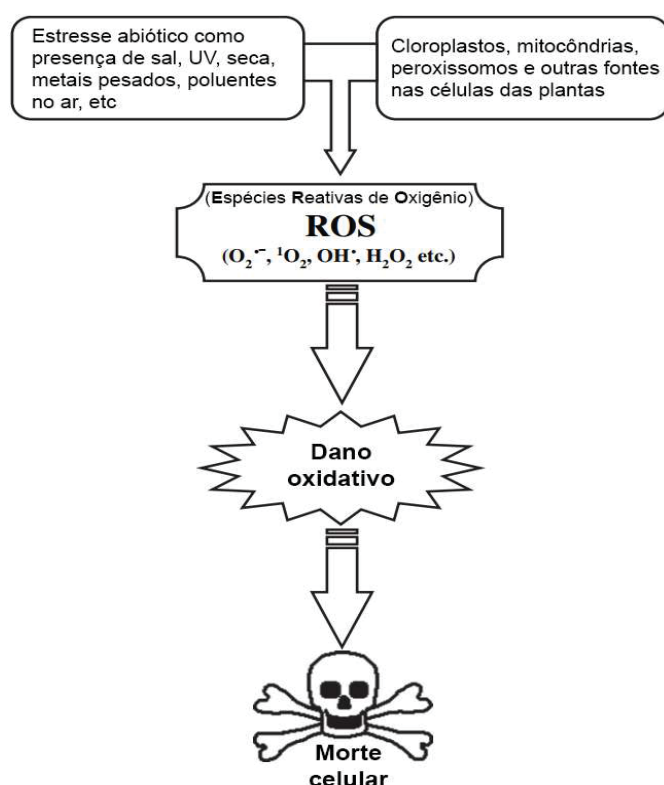
Acredita-se que o ANE atua reduzindo o efeito da seca através da regulação da temperatura da folha assim como no turgor das células (MARTYNENKO et al., 2016). De acordo com os autores, numa condição de estresse hídrico a planta reduz a troca de gases por vias estomáticas o que aumenta a temperatura da folha e reduz a turgidez. Nesse contexto, o extrato atua mantendo a atividade estomática, o que reduz a temperatura e como consequência os efeitos negativos pela falta d'água (MARTYNENKO et al., 2016).

Uma explicação aceitável para a atuação de extratos de algas quanto à redução de perdas induzidas por estresse hídrico está na atuação desses sobre a expressão dos genes GmBIP e GmGST em soja (SHUKLA et al., 2018). Esses autores observaram que plantas tratadas com ANE tiveram a expressão dos genes alteradas,

o que atrasou efeitos de senescência induzida por seca e outros danos nos tecidos por oxidação.

Outra forma que os bioestimulantes atuam é reduzindo as espécies reativas de oxigênio (ROS) (GILL; TUTEJA, 2010). Segundo os autores, essas moléculas assim como radicais livres, podem afetar as propriedades da membrana e causar dano oxidativo em ácidos nucleicos, lipídios e proteínas tornando-os disfuncionais. Naturalmente, as células são equipadas com mecanismos de defesa, que podem ser enzimáticos (como a superóxido dismutase e catalase glutathione peroxidase) ou não-enzimáticos (glutathione, carotenoides, flavonoides) que visam neutralizar os efeitos deletérios dessas espécies (FOYER; NOCTOR, 2005; GILL; TUTEJA, 2010). No entanto, segundo os mesmos autores, nem sempre os mecanismos celulares são eficazes reduzindo o dano causado pela ROS. Dessa forma, pode haver efeito benéfico com a aplicação de bioestimulantes neste aspecto, evidenciando assim mais uma importante função que esses produtos possuem. A FIGURA 1 ilustra como ocorre o dano oxidativo podendo levar a morte celular:

FIGURA 1 – ESTRESSE ABIÓTICO INDUZIDO POR PRODUÇÃO DE ESPÉCIES REATIVAS DE OXIGÊNIO (ROS) SEGUIDO POR MORTE CELULAR



FONTE: Adaptado de GILL; TUTEJA (2010)

Nesse cenário, indutores apresentam grande importância, pois podem fornecer essas substâncias que combatem as ROS ou estimular a planta em sua produção. Visando combater efeitos deletérios por salinidade, sabe-se por exemplo, que a glicina, prolina e betaina desempenham funções importantes (TUTEJA, 2007).

2.2.3 Tratamentos via semente

Tratamentos via semente são altamente benéficos e recomendados nas principais culturas, pois possuem uma grande facilidade operacional quanto à sua aplicação, que é rápida, efetiva e economicamente viável. Outra vantagem deste método é que a quantidade de produto exigida é menor por unidade de área, comparando com métodos de pulverização. Dessa forma, através do tratamento de sementes se consegue otimizar ganho potencial propiciado pelo produto em relação ao investimento realizado (WORRALL et al., 2012).

Bertolin et al. (2010) não encontraram diferenças significativas entre os resultados de produtividade de soja obtidos a partir da aplicação de uma dose de bioestimulante via semente ou foliar. Porém, os autores ressaltaram que a produtividade foi incrementada em 40% em relação à testemunha quando houve aplicação via semente. Além dos ganhos econômicos e facilidade no manejo, esse modo de aplicação é o único capaz de beneficiar a planta antes mesmo desta surgir na superfície do solo, promovendo aumento de vigor já no desenvolvimento inicial ainda como plântula. Esse tratamento é capaz de aumentar a produção de massa seca da raiz, parte aérea e total, além de promover benefícios na rizosfera (SANTOS, 2004).

Por outro lado, bioestimulantes a base de vitaminas, microelementos e reguladores vegetais não necessariamente podem aumentar a taxa germinativa de sementes de soja, mas ativam o metabolismo e geram plântulas de maior vigor e massa seca (VINKOVIĆ et al., 2007). Essas substâncias promovem mudanças fisiológicas as quais estimulam crescimento, favorecendo uma maior produtividade (SOARES et al., 2016).

O uso de bioestimulantes a base de extratos vegetais, macro e micronutrientes pode ser capaz de aumentar a germinação de sementes de alho-poró, salsa e salsão (YILDIRIM et al., 2002). Os autores relataram que ácido húmico provocou um efeito

benéfico no crescimento das hortaliças e atuou positivamente na indução da germinação de sementes destas espécies.

A utilização de regulador de crescimento vegetal associado com complexo de nutrientes e aplicado via semente pode melhorar o desenvolvimento inicial de plântulas (BINSFELD et al., 2014). Ademais, essas substâncias também promovem um melhor desempenho perante condições adversas (ZHANG; ERVIN; SCHMIDT, 2003), como por exemplo: condições de estresse hídrico, geadas, temperaturas altas, salinidade, presença de poluentes, metais pesados, presença de pestes e patógenos. Acredita-se que essas adversidades são as principais fontes responsáveis por perdas na produtividade agrícola e os bioestimulantes exercem uma importante função visando contorná-las, mitigando seus efeitos na redução da produtividade (KOCIRA et al., 2018).

2.2.4 Tratamentos via foliar

Tratamentos via foliar são compostos por soluções contendo ingredientes ativos diluídos em grande quantidade de água, visto que as substâncias bioindutoras possuem esse efeito em elevada diluição (1:1000 ou mais) (CROUCH; VAN STADEN, 1993a). Assim, forma-se o que chamamos de calda que é posteriormente pulverizado sobre as plantas, sendo então absorvidos por via estomática (compostos de baixo peso molecular) (EICHERT et al., 2008) ou apoplástica (SAA et al., 2015). É importante lembrar que para obter resultados otimizados é necessário determinar adequadamente para as diferentes culturas qual é a melhor concentração para as aplicações, assim como a frequência de pulverização a ser adotada (CROUCH; VAN STADEN, 1993b). Essa via de aplicação possui como principal vantagem a possibilidade de escolha exata do momento da aplicação, como logo após a emergência das plântulas ou logo no início da fase reprodutiva, aumentando assim sua efetividade. Outra vantagem é a viabilização de doses mais elevadas que não seriam possíveis através do processo de tratamento de sementes.

Por outro lado, pulverizações representam um maior investimento tanto em relação a quantidade de produto necessária, como mão de obra e despesas com maquinário. Porém, este último pode ser mitigado através da aplicação de vários produtos simultaneamente, como pesticidas e herbicidas (ERASMUS; NELSON; VAN STADEN, 1982). Para ser efetivo, o momento da aplicação deve ser levado em conta

cautelosamente para evitar perdas e maximizar ganhos (ZODAPE et al., 2011). Os mesmos autores sugerem que para a cultura do tomate, deva-se fazer o uso de duas aplicações, uma sete dias antes e a outra sete dias depois do florescimento.

Para a cultura da soja, o tratamento via foliar com bioestimulantes geralmente é realizado no estágio V5, R1 ou R5, períodos cruciais para definição da capacidade produtiva. Dessa forma, consegue-se maximizar os efeitos positivos dos produtos. Pode-se também, utilizar o mesmo produto disponibilizado via semente pré-plantio (BERTOLIN et al., 2010). Conforme relatos destes autores, este manejo empregado conscientemente tem gerado resultados proeminentes, alcançando uma produtividade de até 4,987 Mg.ha⁻¹ quando adota-se simultaneamente ambas as vias de aplicação.

Além da interferência direta na produtividade, a pulverização de bioestimulantes também é uma forma de promover a tolerância e redução de danos no momento no qual a planta é ameaçada por pragas e doenças (CHALFOUN et al., 2018). Um elicitador presente no extrato de *Ascophyllum nodosum*, pode ser muito efetivo na redução de doenças, como por exemplo na incidência de *Alternaria* spp. e *Botrytis* spp. em cenouras cultivadas em estufa. Acredita-se que, pelo menos em partes, esse fenômeno seja explicado pela maior acumulação de substâncias fenólicas produzidas pela planta (JAYARAJ et al., 2008). De acordo com os mesmos autores, quando pulverizado o extrato induz uma maior produção de fenóis, tornando a folha menos atrativa para os fungos e reduzindo consequentemente a infestação de doenças.

Outro efeito conhecido da pulverização de extratos de algas (e outros vegetais) é sua capacidade de conferir às plantas uma capacidade maior de resistir a condições adversas como déficit hídrico, salinização do solo e temperaturas pouco favoráveis para o crescimento vegetal (DU JARDIN, 2015). Quanto à restrição de água, acredita-se que os bioestimulantes atuam melhorando a produção da planta de metabólitos secundários como prolina, substâncias fenólicas e flavonoides os quais melhoraram a fisiologia da planta (ELANSARY; SKALICKA-WOŹNIAK; KING, 2016). Outros autores atribuem esse efeito a uma resposta estomática mais rápida em razão de uma nutrição mais completa de Ca²⁺ e K⁺ fornecida pelo bioestimulante, melhorando dessa forma a eficiência no uso da água pela cultura (MANCUSO et al., 2006; SPANN; LITTLE, 2011). Em muitos países, o uso de estimulantes visando melhor tolerância à climas frios é uma realidade crescente (VAN OOSTEN et al., 2017). Acredita-se que para

esses casos, o uso de extratos ricos em micronutrientes (principalmente Zn e Mn) ajuda a mitigar os efeitos negativos por melhorarem a resposta anti-oxidativa pelas plantas em razão desses microelementos entrarem como co-fatores em importantes enzimas que atuam eliminando espécies reativas de oxigênio (ROS) (BRADÁČOVÁ et al., 2016).

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica, através da revisão de literatura de outros autores, com pesquisa de informações em livros e artigos científicos. Buscou-se estudar o tema e explicar a problemática com base nas informações retiradas das publicações de referência.

3.2 FONTES

A bibliografia de resultados e discussão do uso de bioestimulantes na cultura da soja foi feito com base nos acervos de periódicos, como Capes, Scielo, Elsevier, Google® Acadêmico entre outros. Utilizou-se indexadores de busca como “bioestimulantes”, “*Glycine max*”, “aplicação foliar de bioestimulantes” “bioestimulantes como tratamentos de sementes”, “bioestimulante na soja”, “extratos de algas na cultura da soja”, entre outros. Alguns artigos foram encontrados a partir da citação de alguma informação relevante em outro trabalho, onde julgou ser necessário consultar o artigo original para aprofundar o tema abordado. Foram consultados artigos, tanto de fontes nacionais como internacionais.

3.3 COLETA DE DADOS

Foi realizada a leitura do material bibliográfico selecionado. A primeira etapa constituiu em uma leitura rápida e objetiva, para averiguar o interesse no tema do material. A segunda etapa se baseou em uma leitura seletiva e aprofundada dos materiais que realmente eram de interesse, acompanhado do registro das informações relevantes. A terceira etapa consistiu na escrita de uma conclusão e resumo para o trabalho considerando todo o material consultado, além da padronização da formatação conforme a NBR 6023 com auxílio de manual disponibilizado pela UFPR (AMADEU et al., 2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mencionado anteriormente no presente trabalho, os bioestimulantes não possuem uma categorização bem definida perante a legislação brasileira. Portanto, para apresentação dos resultados, optou-se em utilizar a divisão pela forma de aplicação na planta: via tratamento de sementes ou pulverização foliar. Resultados que trouxeram aplicações em ambas as vias em conjunto, foram englobados ao final da última seção, sobre pulverização foliar.

4.1 APLICAÇÃO VIA TRATAMENTO DE SEMENTES

Mais econômicos e de aplicação facilitada, o tratamento de sementes é considerado por muitos, como a via preferencial para o fornecimento de bioestimulantes para as plantas. De acordo com a revisão bibliográfica apresentada, pode-se afirmar que os bioestimulantes para tratamento de sementes podem ser de várias origens e assim provocar efeitos distintos nas plantas dependendo do que se deseja obter com sua aplicação. Uma categoria bastante utilizada é a dos bioestimulantes à base de reguladores vegetais. Essas substâncias sintéticas e exógenas imitam hormônios fabricados pelas plantas, causando um efeito similar mais ou menos intenso que o hormônio endógeno produzido pela planta (DAVIES, 2004).

Neste sentido, Bertolin et al. (2010) testaram o efeito de um produto comercial a base de reguladores vegetais (cinetina, ácido giberélico e ácido indolbutírico) na dose de 6 mL kg⁻¹ de sementes de soja, tanto transgênicas como convencionais. O tratamento adotado apresentou-se altamente eficiente promovendo um aumento de produtividade de até 40%. De forma geral, o tratamento aplicado na variedade convencional resultou numa maior produtividade em relação à transgênica RR, mas acredita-se que isso foi puramente devido ao maior potencial produtivo desta variedade. Essa forma de aplicação apresentou-se tão efetivo quanto o tratamento via foliar, e até mesmo a utilização simultânea de ambas as formas. Acredita-se que, pelo menos em partes, o resultado positivo observado pelo tratamento de sementes pode ser explicado pelo fornecimento de hormônios durante à germinação da plântula, que acelera o desenvolvimento inicial, tornando futuramente a planta mais produtiva (BERTOLIN et al., 2010).

Além de reguladores vegetais, macronutrientes, micronutrientes e aminoácidos também possuem ação bioestimulante em plantas (DU JARDIN, 2015). Nesta prerrogativa, Soares et al. (2016) realizaram dois experimentos, um a campo e outro em estufa, visando compreender a ação bioestimulante dessas substâncias em plantas de soja (cv. NA-7255-RR). O estudo foi realizado na cidade de Patos de Minas, Minas Gerais, onde os autores observaram o efeito de tratamentos de sementes compostos por três distintas misturas a base de micronutrientes, hormônios e aminoácidos. Obteve-se em todos os tratamentos empregados, resultados positivos quanto a produtividade e atuação como ativadores; sendo que o tratamento com hormônios interferiu também na emergência das plântulas (SOARES et al., 2016). A TABELA 1 mostra um resumo dos resultados encontrados:

TABELA 1 - EMERGÊNCIA (E, %) E PRODUTIVIDADE (P, KG HA⁻¹) DE SOJA COM A PRESENÇA DE TRATAMENTO DE SEMENTES

T	E	P
C	54,5b*	1321c
M	63,0b	1939a
H	76,0a	1623b
Aa	58,7b	1847ab
cv (%)	9,71	7,23
DMS	12,86	255,61

FONTE: SOARES et al. (2016).

NOTA: *Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si considerando teste de Tukey com probabilidade de 5%. T = tratamento; C = controle; M = micronutrientes; H = hormônios; Aa = aminoácidos; DMS = diferença mínima significativa.

Avaliando os resultados obtidos chega-se à conclusão de que o tratamento com hormônios (H) foi o único que conseguiu gerar uma maior emergência de sementes, aproximadamente 39%. Por outro lado, foi o que menos interferiu na produtividade final propiciando um aumento de apenas 22%. O tratamento com micronutrientes (M) e aminoácidos (Aa) não foram capazes de melhorar a taxa de germinação, porém possibilitaram maior produtividade tanto em relação ao controle (C) quanto no tratamento com hormônios. Estes últimos, propiciaram um aumento na produtividade de respectivamente, 46% e 39% em relação ao controle (SOARES et al., 2016).

Dentro deste contexto, Vinković et al. (2007) e Bontempo et al. (2016), observaram algumas diferenças para a metodologia e resultados obtidos. Vinković et al. (2007), testaram um bioestimulante a base de microelementos, vitaminas, ácido giberélico e indol-acético para verificar o efeito na germinação de sementes de soja.

Segundo relato do autor, verificou-se que o produto, apesar de não aumentar a porcentagem germinativa, aumentou a massa seca dos hipocótilos, evidenciando que o tratamento proposto ativa o metabolismo da semente, provocando um aumento no vigor da plântula gerada. O tratamento com prolina, por outro lado, não apresentou nenhum resultado positivo nas sementes de soja (VINKOVIĆ et al., 2007).

Já Bontempo et al. (2016) testaram o efeito de bioestimulantes e soluções nutritivas na forma de tratamento de sementes no crescimento inicial de plântulas de soja, feijão e milho. Os autores testaram diversos produtos comerciais (doze ao total), contendo composições variadas de ingredientes ativos como micronutrientes, macronutrientes além de reguladores vegetais. Os experimentos tiveram repetições tanto em estufa e à campo. Como resultado, obteve-se que nenhum tratamento foi capaz de melhorar a taxa germinativa e crescimento inicial das plântulas para as culturas teste utilizadas. Para soja especificamente, o único parâmetro que os tratamentos utilizados afetaram de forma significativa foi quanto ao volume de raízes. Para este, obteve-se uma melhoria importante com a utilização de um tratamento contendo zinco (Zn) e molibdênio (Mo) (BONTEMPO et al., 2016). Acredita-se que o resultado observado seja pelo fato desses elementos interferirem positivamente na simbiose com bactérias nitrificantes (Zn) (GELAIN et al., 2011) e no metabolismo da auxina (Mo) (MALTA et al., 2002) os quais acabam interferindo no crescimento e como consequência volume das raízes.

Por outro lado, há também produtos à base de algas e outros derivados vegetais que além de apresentarem nutrientes e hormônios em sua composição, podem conter também outros metabólitos secundários não catalogados, os quais induzem um melhor desempenho pelas plantas (MOONEY; VAN STADEN, 1986). Nesse contexto, Ramarajan, Joseph e Ganthi (2012) avaliaram o efeito de bioestimulantes a base de algas (*Sargassum wightii* e *Ulva lactuca*) visando melhorar a germinação e performance de plântulas de soja. Segundo os autores, utilizou-se extratos naturais feitos à base de algas frescas que foram coletadas, limpas e secas e depois submetidas à processo de extração utilizando água quente. Conforme relatos, os produtos foram capazes de melhorar tanto a germinação quanto parâmetros de folha e raízes. Para germinação, os melhores resultados foram obtidos com *Ulva lactuca* em solução mais diluída (RAMARAJAN; JOSEPH; GANTHI, 2012). Para os outros parâmetros avaliados, pode-se encontrar na TABELA 2 um resumo com as médias dos tratamentos:

TABELA 2 - EFEITOS DOS EXTRATOS DE ALGAS QUANTO A DIVERSOS PARÂMETROS EM PLANTAS DE SOJA (VALORES EM CENTÍMETROS)

Tratamento	Controle	S1	S2	U1	U2
Comp. caule	20,69 ± 0,49	22,8 ± 0,38	22,23 ± 0,16	23,57 ± 0,33	22,57 ± 0,39
Comp. folhas	4,66 ± 0,46	6,25 ± 0,36	5,61 ± 0,30	6,80 ± 0,25	5,18 ± 0,15
Largura folhas	4,60 ± 0,71	5,72 ± 0,26	5,60 ± 0,49	5,27 ± 0,30	5,13 ± 0,49
Nº de folhas	4,99 ± 0,71	6,97 ± 0,09	6,73 ± 0,52	6,73 ± 0,20	6,18 ± 0,26
Comp. raízes	4,30 ± 0,49	5,33 ± 0,36	4,92 ± 0,42	4,91 ± 0,14	4,81 ± 0,14

FONTE: Adaptado de RAMARAJAN, JOSEPH, GANTHI (2012).

NOTA: S = tratamento com *Sargassum wightii*; U = tratamento com *Ulva lactuca*; 1 = solução utilizando 1% extrato; 2 = solução utilizando 2% extrato.

Conclui-se que todos os tratamentos melhoraram os parâmetros propostos e por isso os extratos de algas são adequados para melhorar o desempenho de soja e possivelmente outras plantas cultivadas. Evidências sugerem que para *Sargassum wightii* e *Ulva lactuca* a diluição maior a 1% promove melhores resultados que concentrada a 2% (RAMARAJAN; JOSEPH; GANTHI, 2012).

4.2 APLICAÇÃO VIA PULVERIZAÇÃO FOLIAR

A pulverização foliar possui a principal vantagem de fornecer substâncias ou estimular a planta em momentos específicos e críticos, como mais tardiamente no ciclo da cultura quando o que foi fornecido através do tratamento de sementes já se tornou insuficiente. Pode-se ainda aplicar logo após a manifestação de uma condição inadequada (como seca, baixa umidade) ou porque a planta está entrando numa fase crítica que pode ser, por exemplo, a identificação do início do ciclo reprodutivo.

Nesse cenário, a utilização de bioestimulantes contendo reguladores vegetais atuam como uma ferramenta viável para atingir esses objetivos. Bertolin et al. (2010) utilizaram um bioestimulante a base de cinetina (0,009%), ácido giberélico (0,005%) e ácido indolbutírico (0,005%) para avaliar a performance e ganho na produção potencial da soja. Segundo os autores, foram realizados de 1 a 3 pulverizações por hectare na dose de 0,25 L ha⁻¹, em diversos estádios fenológicos da planta (V5; R1; R5) e em dois cultivares. Conforme relatado, não houve diferença entre uma ou duas aplicações na mesma safra, mas houve entre o momento da aplicação. A aplicação em R1 foi a que promoveu um maior ganho na produtividade, seguido por V5 e R5. A análise ortogonal realizada mostrou um ganho médio de 37% na produtividade em relação à testemunha (BERTOLIN et al., 2010). Este ganho é sem dúvida de grande

valia, pois em situações reais de campo pode ser a diferença em lucrar ou ficar no prejuízo ao final da safra.

Além de reguladores, extratos de algas são amplamente estudados para aplicação foliar, pois possuem diversos nutrientes e aminoácidos em sua composição e também contém metabólitos secundários complexos, os quais geram estímulos diversos em plantas (MOONEY; VAN STADEN, 1986). Diversos autores já estudaram efeitos práticos dessas substâncias numa gama de culturas como em gramíneas, olerícolas e ornamentais (CROUCH; VAN STADEN, 1993a) além da soja. Rathore et al. (2009) conduziram um experimento de campo a fim de avaliar o efeito de um extrato de algas a base de *Kappaphycus alvarezii* visando melhorar a absorção de nutrientes, crescimento e produtividade de plantas de soja (*Glycine max* L.). Os autores utilizaram duas aplicações via pulverização foliar durante a safra com tratamentos envolvendo concentrações diferentes, variando entre 0 até 15% de extrato. Com exceção da testemunha e das duas menores concentrações (2,5 e 5%), todas as outras melhoraram significativamente a produção de grãos e MS. As doses de 7,5; 10; 12,5 e 15% melhoraram igualmente a produção de palhada de acordo com a análise estatística, embora a dose de 10% tenha obtido a maior média geral. Quanto ao ganho na produtividade, as duas maiores concentrações (12,5 e 15%) propiciaram os melhores ganhos de 46 e 57% respectivamente. Apesar das diferenças nas médias desses tratamentos, segundo a ANOVA realizada não houve diferença significativa entre eles (RATHORE et al., 2009). Pode-se observar na TABELA 3, o resumo dos resultados experimentais observados:

TABELA 3 – EFEITO NA ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO (N), FÓSFORO (P), POTÁSSIO (K) E ENXOFRE (S) PROVOCADO PELA APLICAÇÃO DE UM EXTRATO DE ALGAS

Tratamento (%)	Absorção pelos grãos (kg ha ⁻¹)				Absorção pela palhada (kg ha ⁻¹)			
	N	P	K	S	N	P	K	S
0	79,71e	8,66c	23,41d	4,17b	49,41a	21,15d	101,16ab	8,20a
2,5	83,20de	9,15c	25,17d	3,89b	42,26a	20,23cd	86,27d	7,54a
5	81,91de	9,68bc	26,25cd	5,82ab	43,42a	22,68bc	104,11ab	8,84a
7,5	94,45cd	9,88bc	30,43bc	6,04ab	50,26a	27,35a	108,07a	10,25a
10	104,09bc	10,87b	30,32bc	6,85a	46,55a	24,99ab	97,68bc	8,70a
12,5	119,02a	13,32a	31,20ab	7,11a	53,19a	20,27cd	89,91cd	8,25a
15	108,33ab	13,96a	34,82a	8,08a	48,26a	18,60d	84,22d	8,98a

FONTE: Adaptado de RATHORE et al. (2009).

NOTA: Letras diferentes numa mesma coluna mostram diferenças estatisticamente significativas para P<0,05.

Obteve-se ainda, que o produto foi capaz de melhorar a atividade hormonal, além da extração e utilização dos nutrientes pelos grãos principalmente de N, P, K e com menor intensidade para S (RATHORE et al., 2009).

De forma similar, Kocira et al. (2018) testaram o efeito de pulverização de um bioestimulante a base de algas sobre 3 cultivares de soja, sendo um deles super precoce, outro precoce e o último médio, durante três safras. De acordo com o relato, o número de pulverizações do produto variou de 1 a 2 e as concentrações usadas de 0,7 e 1%. Como resultado, os autores obtiveram que o produto conseguiu aumentar a produção das plantas dos três cultivares testados sem reduzir a qualidade das sementes. Notou-se também que o número de aplicações e a concentração utilizada influenciou fortemente o resultado obtido, embora todas as doses testadas tenham apresentados resultados animadores. A menor dose em uma única aplicação aumentou o número de vagens, enquanto a maior dose (1%) em 2 pulverizações foi a que mais aumentou produtividade. Para este último, obteve-se como média para as três safras o aumento de 18, 27, 23% em relação à testemunha para o cultivar super precoce, precoce e médio (respectivamente). Observou-se também que o uso do bioestimulante influenciou positivamente o teor de substâncias fenólicas e flavonoides (KOCIRA et al., 2018).

Além do gênero *Kappaphycus*, o *Gracilaria* também pode ser utilizado na produção de bioestimulantes para plantas. Lodhi et al. (2015) avaliaram o efeito a campo de dois extratos de algas a partir desses dois gêneros, visando melhorar a produção de grãos de soja. Os autores testaram os produtos em concentrações crescentes variando de 0 até 15% v/v. Para todos os testes utilizou-se três repetições com três pulverizações em cada, com o intervalo de 25 dias entre elas (25, 50 e 75 dias após plantio) (LODHI et al., 2015). Na TABELA 4 pode-se encontrar o resumo com a média das repetições para cada tratamento:

TABELA 4 - EFEITO DE DOIS EXTRATO DE ALGAS EM DIFERENTES DOSES CONSIDERANDO DIVERSOS PARÂMETROS DE PRODUÇÃO PARA A PLANTA DE SOJA

Tratamento	Altura das plantas (cm)	Matéria seca por planta (g)	Queda de flores por planta (Nº)	Vagens por planta (Nº)	Peso de 100 sementes (g)	Produtividade de grãos (Mg*ha ⁻¹)
2,5% K sap + RDN	80,33	30,34	22,00	63,87	9,45	1,729
5% K sap + RDN	82,92	33,53	20,00	68,20	9,66	1,930
10% K sap + RDN	83,58	35,17	19,00	79,83	9,81	2,192
15% K sap + RDN	90,50	40,32	13,30	93,43	10,37	2,510
2,5% G sap + RDN	79,92	30,42	23,00	59,43	9,41	1,712
5% G sap + RDN	80,17	32,25	22,00	66,70	9,64	1,926
10% G sap + RDN	82,78	33,53	20,70	78,03	9,78	2,164
15% G sap + RDN	89,33	39,35	15,70	88,17	10,29	2,430
Água + RDN	79,30	29,53	24,70	52,44	9,22	1,586
7,5% K sap + 50% RDN	76,89	28,92	24,30	57,53	9,32	1,693
SEm ±	2,46	2,34	1,42	4,62	0,20	0,123
CD(p=0,05)	7,30	6,95	4,24	13,72	0,58	0,366

FONTE: Adaptado de LODHI et al. (2015)

NOTA: G sap = extrato de *Gracilaria* sp.; K sap = extrato de *Kappaphycus* sp.; RDN = dose recomendada de nutrientes

Como conclusão, os autores sugeriram que ambas as espécies testadas de algas são viáveis para serem utilizadas como bioestimulantes visando produtividade. Para a maior parte dos parâmetros avaliados e em especial para a produtividade, não houve diferenças significativas entre as duas espécies de algas. Porém, observou-se de forma generalizada um efeito maior quanto maior foi a concentração utilizada. Assim, as melhores produtividades foram obtidas utilizando concentrações máximas testadas de 15% v/v (LODHI et al., 2015). Os mesmos autores acreditam que esse ganho de produtividade e performance superior das plantas tratadas é em razão de fatores múltiplos como o fornecimento de giberelinas, citocininas, micronutrientes, vitaminas e aminoácidos provindos dos extratos.

Além da melhoria na produtividade, pode-se ainda minimizar danos através da pulverização desses bioestimulantes. Constantin et al. (2016) averiguaram a eficiência de um bioestimulante feito de algas, complexo de magnésio (1%), ácido fúlvico e húmico para reduzir injúrias causadas pela aplicação de herbicidas pós emergência em soja. Segundo os autores, este dano causado pelo tratamento químico é conhecido por ser uma fonte de perda de produtividade, por isso um produto capaz de atenuar essa consequência é altamente desejável. Considerando esses fatores, testou-se a eficiência de uma ou duas aplicações do produto, em tratamentos onde foi

testado separadamente glifosato, lactofem e clorimurom-elílico, assim como diversas misturas entre eles (CONSTANTIN et al., 2016).

A TABELA 5 mostra os dados obtidos para o experimento onde houve apenas uma aplicação de um ou mais desses produtos:

TABELA 5 – PESO DE MIL SEMENTES E PRODUTIVIDADE PARA A COMBINAÇÃO DO BIOESTIMULANTE COM DIFERENTES HERBICIDAS

Tratamentos	Peso mil sementes (g)			Produtividade (kg ha ⁻¹)			Signif. de F
	Tratamento	Controle	Diferença	Tratamento	Controle	Diferença	
GLY	13,77	13,70	-0,07	4133,31	4419,37	286,05*	0,064
FP	13,41	13,70	0,29	4439,71	4298,40	-141,30	0,345
GLY+LAC	13,83	14,02	0,19	3952,62	4251,40	298,78*	0,054
GLY+CHL	14,03	14,02	-0,01	3971,05	4383,95	412,90*	0,010
GLY+FP	14,59	13,96	-0,63	4528,91	4601,31	72,40	0,625
GLY+LAC+FP	14,02	14,12	0,10	4307,22	4635,84	328,61*	0,035
GLY+CHL+FP	14,01	13,34	-0,67	4130,20	4401,76	271,56*	0,077
CV (%)		4,82			6,66		

FONTE: Adaptado de CONSTANTIN et al. (2016).

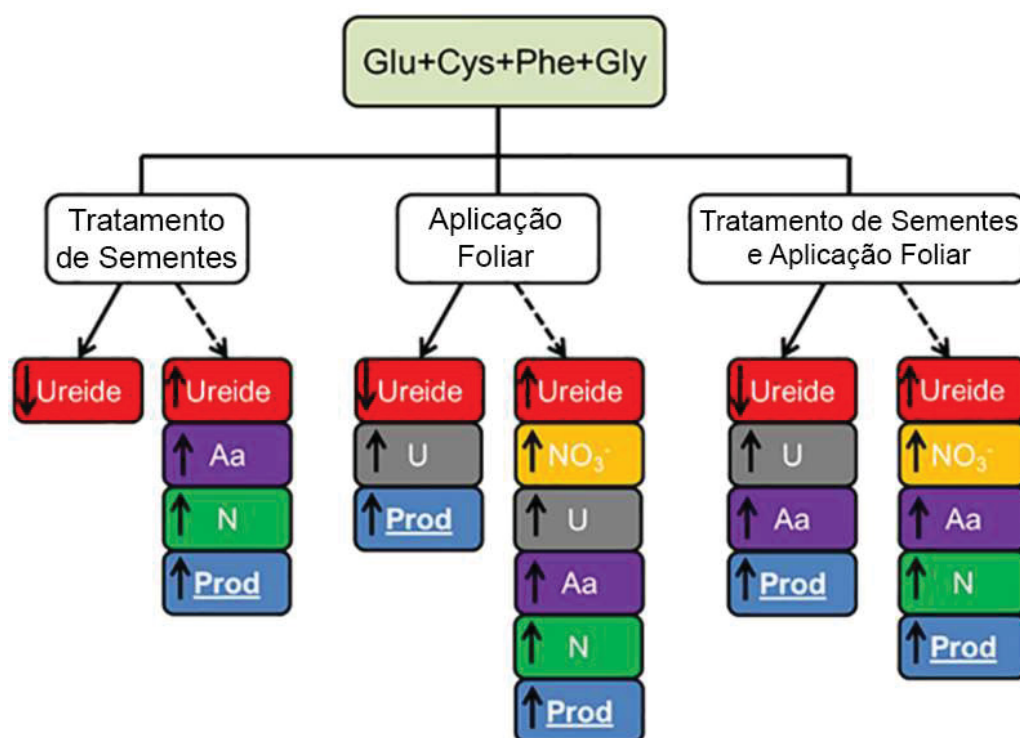
NOTA: FP = bioestimulante; GLY = glifosato; LAC = lactofem; CHL = clorimurom-elílico; * = resultados significativos ($p \leq 0,10$). Vários produtos separados por "+" indica que houve mistura na mesma aplicação.

Obteve-se com o experimento que o produto testado foi eficiente para reduzir a perda de produtividade por glifosato tanto em uma como duas aplicações, possibilitando um aumento na produtividade de quase 10% em comparação com a testemunha. Porém, nas aplicações de lactofem ou clorimurom-elílico, assim como nas associações desses 2 últimos com glifosato, o produto não foi capaz de evitar as perdas (CONSTANTIN et al., 2016).

Alguns autores optam ainda por fazer experimentos mais complexos onde diferentes produtos, doses ou vias de aplicação são testados simultaneamente. Exemplos de pesquisadores que realizaram experimentos nesses moldes foram Teixeira et al. (2018). Neste, avaliou-se a produtividade, concentração de nutrientes e N-acil ureia na planta de soja provocado pelo uso de bioestimulantes a base de diferentes aminoácidos. Os autores testaram o efeito da glicina, cisteína, fenilalanina e glutamato; assim como a mistura de todos; em tratamentos via foliar, via semente (somente) e via semente com complementação via foliar. Realizou-se repetições tanto em campo quanto em estufa (TEIXEIRA et al., 2018). Na FIGURA 2 observa-se a

comparação entre os resultados obtidos para o tratamento que utilizou todos os aminoácidos de forma simultânea:

FIGURA 2 – RESUMO DO EFEITO DA GLICINA (GLY), CISTEÍNA (CYS), FENILALANINA (PHE) E GLUTAMATO (GLU) APLICADO ATRAVÉS DE DIFERENTES VIAS EM PLANTAS DE SOJA SOB CONDIÇÃO DE CAMPO E ESTUFA



FONTE: Adaptado de TEIXEIRA et al. (2018)

NOTA: flechas pontilhadas representam resultados obtidos à campo; flechas contínuas representam resultados obtidos em estufa.

Como conclusão, obteve-se que todos os tratamentos utilizados melhoraram a produtividade das plantas tanto em campo (22% ou mais), como em estufa (21% ou mais). De acordo com os mesmos autores, o melhor resultado a campo (46% de ganho de produção) foi observado com o tratamento de sementes somente com fenilalanina (TEIXEIRA et al., 2018).

Bertolin et al. (2010) também realizaram uma abordagem similar, comparando o momento da aplicação, tratamentos e número de aplicações na forma de contrastes ortogonais. Na TABELA 6 pode-se encontrar o resumo de todos os resultados pertinentes encontrados pelos autores em seu trabalho:

TABELA 6 - NÚMERO RELATIVO DE VAGENS SECAS POR PLANTA, TOTAL DE VAGENS POR PLANTA E PRODUTIVIDADE DE GRÃOS EM FUNÇÃO DOS CONTRASTES ORTOGONAIS SIGNIFICATIVOS ENTRE OS TRATAMENTOS

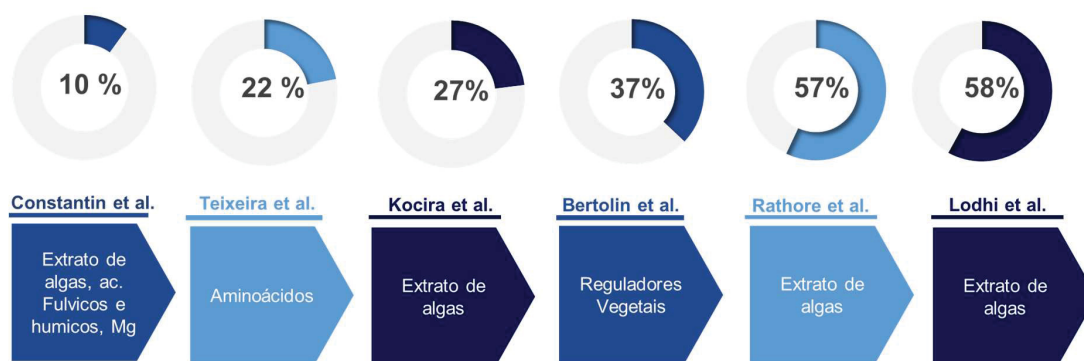
Vagens secas por planta	Incremento
C1= Testemunha (T) vs. Bioestimulante (B)	23% em relação à Testemunha
C2= T vs. B via sementes	25% em relação à Testemunha
C3= T vs. B via foliar	26% em relação à Testemunha
C5= B em V5 vs. B em R1 e R5	25% em relação à aplic. em V5
C14=1 aplicação foliar de B vs. 2 aplic. foliares de B	3% em relação à 2 aplic. Foliares
Total de vagens por planta	Incremento
C1= Testemunha (T) vs. Bioestimulante (B)	22% em relação à Testemunha
C2= T vs. B via sementes	30% em relação à Testemunha
C3= T vs. B via foliar	25% em relação à Testemunha
C5= B em V5 vs. B em R1 e R5	24% em relação à aplic. em V5
C14= 1 aplicação foliar de B vs. 2 aplic. foliares de B	2% em relação à 2 aplic. Foliares
Produtividade relativa de grãos	Incremento
C1= Testemunha (T) vs. Bioestimulante (B)	37% em relação à Testemunha
C2= T vs. B via sementes	40% em relação à Testemunha
C3= T vs. B via foliar	37% em relação à Testemunha

FONTE: Adaptado de BERTOLIN et al. (2010).

Observa-se o impacto na produtividade de soja com o uso de um bioestimulante sintético formulado com 0,009 % de cinetina, 0,005 % de ácido giberélico e 0,005 % de ácido indolbutírico. Os autores testaram o produto em uma cultivar transgênica e outra convencional, com aplicações diretamente na planta em diferentes estágios fenológicos ou também na forma de tratamento de sementes pré-plantio. Com o experimento obteve-se diferentes incrementos dependendo do número de aplicações e estádios fenológicos como é possível observar na TABELA 6 acima. O estimulante cumpriu com o objetivo proposto e conseguiu melhorar a produtividade entre 37% até 40% em comparação à testemunha (BERTOLIN et al., 2010). Segundo os autores, não foi observado diferenças significativas entre usar a via de tratamento de sementes ou pulverizado na planta (BERTOLIN et al., 2010).

A seguir, na FIGURA 3, pode-se observar um compilado das porcentagens de ganhos na produtividade, encontrados para aplicação via foliar pelos autores consultados. Nenhum dos trabalhos relatou ganho nulo (ou perda), sendo o maior acréscimo encontrado de 58% (Lodhi et al., 2015). A média entre os valores mostra um ganho aproximado de 35% para bioestimulantes diversos fornecidos dessa forma:

FIGURA 3 - INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE PARA APLICAÇÃO DE DIFERENTES BIOSTIMULANTES VIA FOLIAR RELATADO POR AUTOR



FONTE: O autor (2020).

5 CONCLUSÕES

O uso de bioestimulantes se revela como uma grande ferramenta, capaz de melhorar a produtividade das culturas, favorecendo o crescimento vegetativo das plantas e interferindo positivamente em sua produtividade potencial, além de melhorar o poder de extração e utilização dos nutrientes e tolerâncias a fatores adversos. Entre esses produtos, um dos destaques são os bioestimulantes à base algas.

Em relação à forma de aplicação via tratamento de sementes, há diversos relatos dessas substâncias influenciando positivamente a germinação e crescimento radicular. Como produto pulverizado em dose única, geralmente recomenda-se a aplicação próximo aos estádios V5 ou R1. Porém, caso tenha sido realizado um tratamento de sementes pré-plantio e a pulverização será uma complementação, pode-se adiar a aplicação para R3 ou R5. Assim, a planta pode se beneficiar dos efeitos estimulantes durante o enchimento de grãos, fase crítica para se obter uma excelente produtividade.

Considerando resultados de autores consultados, estima-se que os estimulantes à base de algas melhoram a produtividade em até 58%. Contudo, para obter melhoras significativas, depende também de fatores como nutrição adequada, além de condições edafoclimáticas e controle de pragas e doenças. Outro fator de grande influência é a origem do bioestimulante, assim como a concentração utilizada.

A forma de aplicação e o momento em que esta é feita, também possuem interferência direta nos ganhos obtidos. Dentre os trabalhos consultados, a maior média de produtividade obtida para a soja ocorre quando realizado o tratamento de sementes com bioestimulantes seguido de uma complementação via foliar no estádio R5.

Dessa forma, o presente trabalho contribuiu para elucidar a efetividade e viabilidade do uso de bioestimulantes no cultivo comercial da soja, evidenciando o ganho de produtividade, seja pela aplicação via semente, foliar ou ambas as vias.

REFERÊNCIAS

AMADEU, M. S. U. dos S. et al. **Manual de normalização de documentos científicos de acordo com as normas da ABNT**. Curitiba: Ed. UFPR, 2015. *E-book*. Disponível em: https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/45654/Manual_de_normalizacao_UFPR.pdf

ASSOCIATION OF AMERICAN PLANT FOOD CONTROL OFFICIALS (AAPFCO). **The Model for Fertilizer Regulation in North America**. Estados Unidos da América, 2019. Disponível em: <https://www.aapfco.org/index.html>. Acesso em: 25 jun. 2020.

BERTOLIN, D. C. et al. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 339–347, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0006-87052010000200011>

BINSFELD, J. A. et al. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 88–94, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100010>

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina, Paraná: EMBRAPA-CNPSo, 1987. *E-book*. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/446431?mode=simple>

BONTEMPO, A. F. et al. Influência de Bioestimulantes e Nutrientes na Emergência e no Crescimento Inicial de Feijão, Soja e Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, Minas Gerais, v. 15, n. 1, p. 86–93, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n1p86-93>

BRADÁČOVÁ, K. et al. Micronutrients (Zn/Mn), seaweed extracts, and plant growth-promoting bacteria as cold-stress protectants in maize. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 19, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0069-1>

BRASIL. Decreto Federal no. 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Regulamenta a Lei no. 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 jan, 2004.

BRASIL. Instrução normativa no. 6, de 10 de março de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 mar, 2016.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF FOOD AND AGRICULTURE (CDFA). **BARCLAYS OFFICIAL CALIFORNIA CODE OF REGULATIONS - § 2304. Biotics**. Califórnia, 2020. Disponível em: <https://govt.westlaw.com/calregs/Document/I6CE92C0034F84D4E95C76932409E784B?originationContext=document&transitionType=StatuteNavigator&needToInjectTerms=False&viewType=FullText&contextData=%28sc.Default%29>. Acesso em: 26 jun. 2020.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants.

Plant and Soil, [S. l.], v. 383, n. 1–2, p. 3–41, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

CARTER, T. E. et al. Genetic Diversity in Soybean. *In: Soybeans: Improvement, Production and Uses*. Madison, Wisconsin: Am. Soc. of Agro., 2016. v. 34p. 303–416. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronmonogr16.3ed.c8>

CHALFOUN, N. R. et al. Elicitor-Based Biostimulant PSP1 Protects Soybean Against Late Season Diseases in Field Trials. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 9, n. June, p. 1–14, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00763>

COLAPIETRA, M.; ALEXANDER, A. Effect of foliar fertilization on yield and quality of table grapes. **Acta Horticulturae**, [S. l.], v. 721, p. 213–218, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.721.28>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira grãos, v.7 Safra 2019/20 - Quarto levantamento**. Brasília, janeiro, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/30348_aa345b3df6694e420f12eedc8ffb970d.

CONSTANTIN, J. et al. Prevention of yield losses caused by glyphosate in soybeans with biostimulant. **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 11, n. 18, p. 1601–1607, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.10809>

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 371–393, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>

CROUCH, I. J. et al. Identification of Auxins in a Commercial Seaweed Concentrate. **Journal of Plant Physiology**, [S. l.], v. 139, n. 5, p. 590–594, 1992. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)80375-5](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)80375-5)

CROUCH, I. J.; VAN STADEN, J. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. **Plant Growth Regulation**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 21–29, 1993 a. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00207588>

CROUCH, I. J.; VAN STADEN, J. Commercial Seaweed Products as Biostimulants in Horticulture. **Journal of Home & Consumer Horticulture**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 19–76, 1993 b. Disponível em: https://doi.org/10.1300/J280v01n01_03

DAVIES, P. J. **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!** Holanda: Kluwer Academic Publishers, 2004. *E-book*. Disponível em: https://www.academia.edu/9346963/Plant_Hormon

DU JARDIN, P. The Science of Plant Biostimulants - A bibliographic analysis, Ad hoc study report. **European Commission**, [S. l.], p. 1–37, 2012.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, Gembloux, Bélgica, v. 196, p. 3–14, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

EICHERT, T. et al. Size exclusion limits and lateral heterogeneity of the stomatal foliar

uptake pathway for aqueous solutes and water-suspended nanoparticles. **Physiologia Plantarum**, [S. l.], v. 134, n. 1, p. 151–160, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01135.x>

ELANSARY, H. O.; SKALICKA-WOŹNIAK, K.; KING, I. W. Enhancing stress growth traits as well as phytochemical and antioxidant contents of *Spiraea* and *Pittosporum* under seaweed extract treatments. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 105, p. 310–320, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.05.024>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2006**. Londrina, Paraná: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. *E-book*. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/download/publicacao/central_2005.pdf

ERASMUS, D. J.; NELSON, W. R.; VAN STADEN, J. Combined use of a selective herbicide and seaweed concentrate. **South African Journal of Science**, [S. l.], v. 78, n. July, p. 423–424, 1982.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Preliminary 2009 Data Now Available For Selected Countries And Products**. [S. l.], 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 9 jun. 2020.

FORNES, F.; SÁNCHEZ-PERALES, M.; GUARDIOLA, J. L. Effect of a seaweed extract on the productivity of “de Nules” clementine mandarin and Navelina orange. **Botanica Marina**, [S. l.], v. 45, n. 5, p. 486–489, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/BOT.2002.051>

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Redox Homeostasis and Antioxidant Signaling: A Metabolic Interface between Stress Perception and Physiological Responses. **The Plant Cell**, [S. l.], v. 17, n. 7, p. 1866–1875, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1105/tpc.105.033589>

GELAIN, E. et al. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 259–269, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000200005>

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 48, n. 12, p. 909–930, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>

GOÑI, O.; QUILLE, P.; O’CONNELL, S. Ascophyllum nodosum extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Tralee, Irlanda, v. 126, n. Março, p. 63–73, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.024>

HALPERN, M. et al. The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. **Advances in Agronomy**, Stuttgart, v. 130, p. 34, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, [S. l.], v. 24,

n. 4, p. 408–421, 1970. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02860745>

JAYARAJ, J. et al. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. **Crop Protection**, Burnaby, Canadá, v. 27, n. 10, p. 1360–1366, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.05.005>

KHAN, W. et al. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. **Journal of Plant Growth Regulation**, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 386–399, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>

KOCIRA, S. et al. Modeling Biometric Traits, Yield and Nutritional and Antioxidant Properties of Seeds of Three Soybean Cultivars Through the Application of Biostimulant Containing Seaweed and Amino Acids. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 9, n. Março, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00388>

LODHI, K. K. et al. Impact of seaweed saps on growth, flowering behaviour and yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill.]. **The Bioscan**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 479–483, 2015. Disponível em: [http://www.thebioscan.in/Journal Supplement/101Sup45 K. K. LODHI.pdf](http://www.thebioscan.in/Journal%20Supplement/101Sup45%20K.%20K.%20LODHI.pdf)

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. de S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: UFV, 2010.

LUEDDERS, V. D. Genetic Improvement in Yield of Soybeans. **Crop Science**, [S. l.], v. 17, n. 6, p. 971–972, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700060040x>

MALTA, M. R. et al. Efeito da aplicação de zinco via foliar na síntese de triptofano, aminoácidos e proteínas solúveis em mudas de cafeeiro. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 31–37, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202002000100004>

MANCUSO, S. et al. Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. **Advances in Horticultural Science**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 156–161, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1400/53262>

MARTYNENKO, A. et al. Thermal imaging of soybean response to drought stress: the effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract. **SpringerPlus**, [S. l.], v. 5, n. 1, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3019-2>

MOONEY, P. A.; VAN STADEN, J. Algae and Cytokinins. **Journal of Plant Physiology**, [S. l.], v. 123, n. 1, p. 1–21, 1986. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(86\)80061-X](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(86)80061-X)

MORAES, J. G. V. **Biofertilizantes: identificação das barreiras regulatórias e propostas para viabilizar esse insumo agrícola**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV, São Paulo, 2015. Disponível em: [https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/13494/DISSERTAÇÃO Joao Moraes MPAgro 28012015_revisado 03032015.pdf](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/13494/DISSERTAÇÃO%20Joao%20Moraes%20MPAgro%2028012015_revisado%2003032015.pdf).

RAMARAJAN, S.; JOSEPH, L. H.; GANTHI, A. S. Effect of Seaweed Liquid Fertilizer

on the Germination and Pigment Concentration of Soybean. **Journal of Crop Science and Technology**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 1–5, 2012.

RATHORE, S. S. et al. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. **South African Journal of Botany**, India, v. 75, n. 2, p. 351–355, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.10.009>

RUSSO, R. O.; BERLYN, G. P. The Use of Organic Biostimulants to Help Low Input Sustainable Agriculture. **Journal of Sustainable Agriculture**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 19–42, 1991. Disponível em: https://doi.org/10.1300/J064v01n02_04

SAA, S. et al. Foliar application of microbial and plant based biostimulants increases growth and potassium uptake in almond (*Prunus dulcis* [Mill.] D. A. Webb). **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 6, n. FEB, p. 1–9, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00087>

SANTOS, C. M. G. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento do algodoeiro**. 61 f. Dissertação (Mestrado em ciências agrárias) - Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, UFBA, Cruz das Almas, 2004. Disponível em: [http://www.repositorio.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/597/1/CAIO MÁRCIO GUIMARÃES SANTOS.pdf](http://www.repositorio.ufrb.edu.br/bitstream/123456789/597/1/CAIO_MÁRCIO_GUIMARÃES_SANTOS.pdf).

SHUKLA, P. S. et al. Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. **AoB PLANTS**, Exeter, Inglaterra, v. 10, n. 1, p. 1–8, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plx051>

SOARES, L. H. et al. Soybean seed treatment with micronutrients, hormones and amino acids on physiological characteristics of plants. **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 11, n. 35, p. 3314–3319, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11229>

SPANN, T. M.; LITTLE, H. A. Applications of a Commercial Extract of the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* Increases Drought Tolerance in Container-grown 'Hamlin' Sweet Orange Nursery Trees. **HortScience**, [S. l.], v. 46, n. 4, p. 577–582, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.4.577>

STUPAR, R. M. Into the wild: The soybean genome meets undomesticated relative. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, St. Paul, Minnesota, v. 107, n. 51, p. 21947–21948, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1016809108>

TEIXEIRA, W. F. et al. Seed and Foliar Application of Amino Acids Improve Variables of Nitrogen Metabolism and Productivity in Soybean Crop. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 1–12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00396>

TURAN, M.; KÖSE, C. Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science**, [S. l.], v. 54, n. 4, p. 213–220, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09064710410030311>

TUTEJA, N. Mechanisms of High Salinity Tolerance in Plants. **Methods in**

Enzymology, [S. l.], v. 428, n. 07, p. 419–438, 2007. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(07\)28024-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(07)28024-3)

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **World agricultural supply and demand estimates (WASDE - 601)**. Washton, DC: The department, 2020. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0620.pdf>.

VAN OOSTEN, M. J. et al. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 5, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>

VERKLEIJ, F. N. Seaweed Extracts in Agriculture and Horticulture: a Review. **Biological Agriculture & Horticulture**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 309–324, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01448765.1992.9754608>

VINKOVIĆ, T. et al. Maize and soybean seed vigour under influence of seed age, seed treatment and temperature in cold stress test. **Cereal Research Communications**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 1213–1216, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1556/CRC.35.2007.2.262>

WORRALL, D. et al. Treating seeds with activators of plant defence generates long-lasting priming of resistance to pests and pathogens. **New Phytologist**, [S. l.], v. 193, n. 3, p. 770–778, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03987.x>

YILDIRIM, E. et al. The Effects of Different Salt, Biostimulant and Temperature Levels on Seed Germination of Some Vegetable Species. **Acta Horticulturae**, [S. l.], v. 579, n. 579, p. 249–253, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.579.41>

ZHANG, X.; ERVIN, E. H.; SCHMIDT, R. E. Plant Growth Regulators Can Enhance the Recovery of Kentucky Bluegrass Sod from Heat Injury. **Crop Science**, [S. l.], v. 43, n. 3, p. 952–956, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.9520>

ZODAPE, S. T. et al. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Scientific & Industrial Research**, [S. l.], v. 70, n. Março, p. 215–219, 2011.