
Uso de bioestimulantes na produção agrícola

Luan Martin Arejano, Rafael Miritz Bartz, Thalia Strelow dos Santos, Guilherme Hirsch Ramos, Gizele Ingrid Gadotti, Maurizio Silveira Quadro

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-08-4.c2>

Resumo

O presente estudo tem como objetivo observar e analisar resultados da aplicação de bioestimulantes na produção agrícola de diversas culturas, através de revisão bibliográfica extensiva. Com a evolução da produção agrícola nas últimas décadas e a explosão no crescimento populacional mundial, há a constante demanda por métodos mais eficientes de produção alimentícia e menos impactantes sobre o meio ambiente e a sanidade humana e animal, dando o termo conhecido como “agricultura sustentável”, no qual é possível produzir mais com menos recursos. Os bioestimulantes promovem a melhora da floração, do crescimento das plantas, da frutificação, da produtividade das culturas e uma maior eficiência do uso de nutrientes, além de serem capazes de melhorar a tolerância da planta contra uma ampla gama de estresses abióticos. Estas substâncias podem ser aplicadas através do tratamento de sementes, por meio de sulco, na forma localizada no colo da planta, e até mesmo por pulverização foliar. As diferentes aplicações promovem respostas favoráveis das plantas em diversos processos metabólicos, uma vez que são constituídos por reguladores vegetais ou sintéticos, com vitaminas e micronutrientes, podendo ser divididos em quatro grupos principais: biorreguladores, aminoácidos, substâncias húmicas e extrato de algas. O mercado de bioestimulantes tem evoluído, e este crescimento é atribuído à implantação de práticas sustentáveis na agricultura, a fim de limitar o uso de químicos prejudiciais, promovendo uma menor toxicidade tanto para o ambiente como para a saúde humana. Dessa forma, a utilização de bioestimulantes se torna uma alternativa sustentável para uma produção agrícola mais eficiente. Entretanto, ainda são necessários mais estudos para comprovar seus benefícios na aplicação em diversas culturas. Por conta disso, existe o interesse de incrementar esse setor, pelo qual este estudo visualiza como inovador e diferencial.

Palavras-chaves: agricultura, bioestimulantes, eficiência, sustentabilidade.

1. Introdução

A produção agrícola está em constante evolução a fim de suprir o aumento da produtividade necessária para alimentar a crescente população global concomitante ao aumento da eficiência do uso dos recursos naturais, para que haja a redução dos impactos tanto para o meio ambiente como para a saúde humana (ROUPHAEL, COLLA; 2020). De acordo com o *Department of Economic and Social Affairs - Populations Dynamics* (UNITED NATIONS, 2019), a estimativa é que a população mundial alcance 9,6 bilhões de pessoas até o ano de 2050, o que representa um aumento de 18% da população atual. Além disso, as alterações climáticas tem-se intensificado ao longo dos anos, principalmente em decorrência do aquecimento global, que resulta em limitações na produção de alimentos, em que as perdas em produtividade por conta de estresses abióticos podem atingir até 70% da produção (GOMEZ-ZAVAGLIA; MEJUTO; SIMAL-GANDRA, 2020; YAKHIN et al., 2017).

Nesse cenário, manter a produção das culturas para que haja suprimento de alimentos à toda população sem a necessidade da ampliação da área cultivada é necessário a utilização de insumos como fertilizantes e pesticidas, que desempenham um papel crucial no aumento do rendimento e produtividade contínua ao longo das estações, o que promove uma maior segurança ao produtor na produção. Atualmente, a adição de nutrientes no solo representa grande parte dos investimentos dos produtores (ROUPHAEL, COLLA; 2020; MARSCHNER, 2012).

O Brasil possui forte dependência de fertilizantes como potássio (K), nitrogênio (N) e fósforo (P), que são provenientes, principalmente, do mercado externo. Nos últimos três anos, o país importou cerca de 20,2 milhões de toneladas de fertilizantes. Esta dependência acarreta importantes consequências políticas e econômicas para o país, já que a produção agrícola é responsável por R\$ 1,2 bilhões e 21,46 % do PIB brasileiro (ZANDONADI, 2016).

Além disso, o uso de sementes de alta qualidade também é um dos parâmetros para que o produtor obtenha sucesso na produção, de forma a garantir boa germinação e emergência das plântulas (Lauxen et al, 2010). Para isso, o uso de produtos para a incorporação de aditivos às sementes intensificou-se a cada ano, sendo a principal características desses aditivos, a possibilidade de a semente conseguir germinar mesmo em condições edafoclimáticas

desfavoráveis ou ser atingidas por problemas acarretados por patógenos (SILVA, 2016).

O desenvolvimento de metodologias e produtos para o manejo e controle de fungos e bactérias nas plantas tornou-se uma necessidade da agricultura moderna, sendo fundamental a diminuição do uso de práticas que alteram e reduzem a biodiversidade (STADNIK; MARASCHIN, 2004). Diferentes inovações tecnológicas foram propostas nas últimas três décadas para promover a redução significativa de agroquímicos sintéticos e aumentar a sustentabilidade da produção agrícola, dentre essas inovações encontra-se o uso de bioestimulantes, que são produtos promissores com vistas à mitigação de tais problemas (ROUPHAEL, COLLA; 2020).

Os bioestimulantes promovem a melhora da floração, do crescimento das plantas, a frutificação, a produtividade das culturas e uma maior eficiência do uso de nutrientes, além de serem capazes de melhorar a tolerância da planta contra uma ampla gama de estresses abióticos (ROUPHAEL, COLLA; 2020). A presença de extratos naturais confere às plantas benefícios fisiológicos relacionados ao balanço hormonal e osmoproteção, que atua no interior das células vegetais, realizando a proteção contra a desidratação das plantas, e mantendo suas atividades metabólicas em níveis adequados, mesmo em situações adversas (CAVALCANTE et al., 2020).

Os bioestimulantes podem ser aplicados através do tratamento de sementes, por meio de sulco, na forma localizada no colo da planta, e até mesmo por pulverização foliar. As diferentes aplicações promovem respostas favoráveis das plantas em diversos processos metabólicos (RAMOS et al., 2015). Dessa forma, os bioestimulantes são constituídos por reguladores vegetais ou sintéticos, com vitaminas e micronutrientes, podendo ser divididos em três grupos principais: aminoácidos, substâncias húmicas e extrato de algas (DU JARDIN, 2015). Segundo Macedo et al. (2015), existe uma grande variedade de bioestimulantes no Brasil, dentre os produtos mais estudados, encontram-se o Stimulate, Promalin e GA+2,4-D, que são avaliados em diversos trabalhos em associação com biorreguladores nas mais variadas culturas.

A utilização destes produtos biológicos tem-se intensificado no Brasil. De acordo com a pesquisa divulgada pela *Business Intelligence Panel Safra 2019-20*, realizada pela Spark Inteligência Estratégica, os produtos biológicos

movimentam cerca de R\$ 930 milhões, o que representa 2,5% do faturamento do setor de proteção de cultivos no Brasil. Em 2018, o mercado de bioestimulantes ultrapassou US \$ 2,3 bilhões, e a estimativa é que esse mercado atinja R\$ 3,7 bilhões no país até o ano de 2030.

O mercado de bioestimulantes tem evoluído, e este crescimento é atribuído à implantação de práticas sustentáveis na agricultura, a fim de limitar o uso de químicos prejudiciais, promovendo uma menor toxicidade tanto para o ambiente como para a saúde humana. Em relação aos cultivos, em 2016, o segmento que obteve maior adoção de bioestimulantes foi a cultura de cana-de-açúcar, algodão e milho. Já em questão do método de aplicação, o segmento foliar obteve maior participação no mercado, em função da eficiência promovida através de uma aplicação mais simples e com absorção mais rápida (GOTTEMS, 2017).

Dessa forma, a utilização de bioestimulantes torna-se uma alternativa sustentável para a produção de uma agricultura mais eficiente tanto em relação a produtividade, como também para a segurança do meio ambiente. Mesmo sendo uma técnica benéfica, sua utilização ainda é pouca divulgada, sendo necessária a realização de pesquisas que possam comprovar sua utilização nas mais diversas culturas. Por conta disso, o presente estudo tem como objetivo a realização de uma pesquisa bibliográfica a fim de buscar informações sobre a utilização dos bioestimulantes no setor agrícola.

2. Bioestimulantes

Desde que se iniciaram os estudos e pesquisas sobre os bioestimulantes, diversas foram as definições empregadas pelos autores. De acordo com a definição de Yakhin et al. (2017), bioestimulantes não necessitam exclusivamente possuir nutrientes vegetais, reguladores de crescimento ou compostos protetores de plantas, bastando apenas ter um efeito positivo na produtividade da planta, através de propriedades novas ou emergentes do complexo de constituintes, desde que sejam biológicos.

A fim de regularizar e apresentar uma definição aceitável, a União Europeia - UE (UE, 2019) nomeou os bioestimulantes como um produto fertilizante cuja função é estimular os processos de nutrição das plantas,

independentemente do teor de nutrientes do produto, com o único objetivo de melhorar pelo menos uma das seguintes características das plantas ou da sua rizosfera: eficiência na utilização dos nutrientes; tolerância ao estresse abiótico; características de qualidade, ou disponibilidade dos nutrientes no solo ou na rizosfera. No mesmo regulamento da UE são impostas limitações de contaminantes que podem vir a estar presentes em bioestimulantes fabricados, alguns deles sendo chumbo, níquel, mercúrio e arsênio inorgânico.

Bioestimulantes ainda foram ditos como sendo a mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou de reguladores vegetais com outras substâncias, sendo elas, aminoácidos, nutrientes e vitaminas. Com essa mistura de componentes, dependendo da sua composição, concentração e proporção, podem vir a influenciar o crescimento vegetal, através da estimulação da divisão celular, alongamento de células e no aumento de absorção e a utilização de água e de nutrientes (VIEIRA, 2001).

3. Tipos de Bioestimulantes

Os bioestimulantes surgiram como uma nova e potencial categoria de insumos agrícolas, complementando agroquímicos, incluindo fertilizantes e pesticidas sintéticos. Devido às matrizes complexas contendo diferentes grupos de moléculas bioativas e sinalizadoras, é importante caracterizar os componentes bioativos e elucidar os mecanismos de estimulação molecular e fisiológica, sendo este um interesse para a comunidade científica e empresas comerciais (ROUPHAEL et al., 2018).

Os bioestimulantes podem ser sintéticos ou naturais, que são compostos por substâncias como hormônios vegetais, macro e micronutrientes, aminoácidos, proteínas e microorganismos que afetam a fisiologia das plantas quando aplicados em determinadas quantidades (CALVO et al., 2014). Segundo Du Jardin (2015), os bioestimulantes podem ser classificados em três grupos principais conforme sua composição: extratos de algas, proteínas hidrolisadas (peptídeos e aminoácidos livres) e substâncias húmicas (ácidos húmicos e fúlvicos).

3.1. Extratos de algas

A utilização de extratos de algas tem crescido nos últimos anos, por ser uma alternativa eficiente de fertilizante capaz de melhorar o desempenho das culturas agrícolas (KUMAR; SAHOO, 2011). Sua composição constitui-se de uma mescla de compostos orgânicos e inorgânicos que contém materiais de origem de carboidratos, minerais, osmólitos, metabólitos secundários, aminoácidos, vitaminas e hormônios de crescimento vegetal (BATTACHARYYA et al., 2015). Anualmente, são utilizados como bioestimulantes na agricultura uma parcela considerável dos produtos derivados dos mais de 15 milhões de toneladas métricas de algas marinhas colhidas, sendo contabilizados cerca de 25 produtos comercializados até o momento (CARVALHO, 2013).

Os extratos de algas podem ser formados a partir de hidrólise alcalina ou ácida e por extração aquosa. Os extratos de algas formados a partir da alga *Ascophyllum nodosum*, sendo a mais utilizada industrialmente, são formados a partir da mistura da biomassa da alga com uma solução de hidróxido de sódio ou de potássio, em temperaturas de 70 a 100 °C, fazendo com que ocorra o rompimento dos complexos polissacarídeos e surja oligômeros menores e de baixo peso molecular. Segundo Craigie (2011), a hidrólise alcalina tem o potencial de gerar novos compostos que antes não estavam presentes, a partir da interação química entre o hidróxido escolhido e a composição da macroalga, gerando ácidos monocarboxílicos e dicarboxílicos. Na hidrólise ácida é utilizado ácido sulfúrico ou clorídrico, em temperaturas de 40 a 50°C, por 30 minutos (SHARMA et al., 2014). De acordo com Ale et al. (2012), a hidrólise ácida é responsável por extrair os polissacarídeos sulfatados que contém fucose. De acordo com Sharma et al. (2014), o método de extração aquosa, corresponde a hidratação de uma farinha de algas marinhas desidratadas, onde estão os compostos dos bioestimulantes que serão recolhidas em seguida, para a separação, ocorre métodos de filtração para selecionar os compostos de interesse para o bioestimulante final.

Os extratos de algas possibilitam alta resistência ao estresse osmótico das plantas, além de reduzir a degradação de proteínas, evitando a oxidação dos cloroplastos e um atraso na senescência foliar que prolonga a atividade fotossintética da planta. Além disso, também atuam na absorção de nutrientes quando aplicados sob condições de crescimento abaixo do ideal ou sob estresse

ambiental (CROUCH; VAN STADEN, 1994; JANNIN et al., 2013). Produtos obtidos a partir do extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) tem sido utilizado como bioestimulante em diversas culturas, sendo frequentemente usada na comunidade Europeia através de aplicação via foliar ou diretamente no solo (UGARTE et al., 2006). O seu extrato possui a propriedade de estimular o crescimento vegetal devido à sua composição rica em macro e micronutrientes, carboidratos, aminoácidos e hormônios vegetais (ABREU et al., 2008).

Os hormônios vegetais são moléculas sintetizadas em pequenas concentrações pelos vegetais, que são capazes de produzir mudanças metabólicas na célula. Dentre os fatores que regulam a germinação, encontram-se os hormônios vegetais citocininas, giberelinas e auxina (TAIZ; ZEIGER, 2004). A citocinina possui a capacidade de atrasar a senescência foliar das plantas, além de realizar a divisão celular e promover a formação de gemas laterais e desenvolvimento radicular. A giberelina realiza o alongamento celular, estimulando a divisão da célula além de induzir a germinação das sementes. E a auxina estimula o crescimento vegetal, atuando na alteração da parede celular, o que proporciona a expansão e diferenciação da célula.

Nas algas, as citocininas estão presentes na sua composição, sendo essa a razão de promoverem a divisão celular. Além disso, o extrato de algas pode estimular a atividade de síntese da fitoalexina capsidiol e peroxidases em plantas, aumentando a sua resistência às doenças (ABREU et al. 2008). Os benefícios apresentados dos extratos de algas são dependentes da atuação de diversos fatores como a dose empregada, o modo e a frequência de aplicação, tipo de alga utilizada e as condições na qual foi coletada, também a nutrição utilizada na cultura deve ser levada em conta, bem como a espécie e cultivar na qual foram aplicados os produtos, o que explica os resultados divergentes encontrados nos trabalhos (CASTRO, 2001).

Em análise, Fernandes (2019) fez uma avaliação de doses de bioestimulante à base de extrato de algas e silício e sua influência em arroz, com e sem a presença de *Pyricularia grisea* e verificou que com o inóculo e com a aplicação de doses de bioestimulantes houve maior massa de matéria seca de parte aérea. Ainda temos o *Trichoderma* que age como um bioestimulante, propiciando um desenvolvimento melhor das raízes mediante a geração de

fitohormônios, fazendo com que a planta eleve a massa de raízes e melhore sua absorção de nutrientes e água (Harman et al., 2004).

Kocira et al. (2013) realizaram um experimento de aplicação de extrato de *Ecklonia maxima* em feijões (*Phaseolus vulgaris* L.), em que qualquer uma das aplicações do extrato, seja 0,2% ou 0,4%, fazia com que a massa das sementes e número de vagens superasse o grupo de controle, que não teve aplicação do extrato. Já Seif et al. (2016) realizaram estudos sobre a aplicação foliar de extrato de algas sobre vagens, para verificar seu crescimento e produção. Foram utilizados extratos de algas marinhas (3 mL/L), algas de água doce (1 mL/L), uma mistura entre ambos os extratos e controle (água destilada). A aplicação de qualquer tipo de extrato resultou em melhores parâmetros do que o grupo de controle, com a superior sendo a mistura de extratos, seguido pelo extrato de alga marinha.

Ainda Garcia-Gonzalez & Sommerfeld (2016) mostram na forma de células vivas, extratos celulares e biomassa seca, a aplicabilidade da microalga *Acutodesmus dimorphus* em plantas de um tomateiro. No estudo, a aplicação do bioestimulante foi feita a partir de tratamento de sementes, aspersão foliar e biofertilizante. Se verificou que todas as formas de aplicação incitaram a germinação, crescimento e rendimento nos tomateiros.

3.2. Proteínas hidrolisadas

As proteínas hidrolisadas incluem a síntese industrial de aminoácidos através de hidrólise química ou enzimática, ou até mesmo de ambas, de subprodutos agroindustriais de origem animal ou vegetal e biomassa de culturas (CAVANI et al., 2006). Os aminoácidos estão presentes em diferentes composições, sendo livres em oligopeptídeos de cadeia curta, até 10 aminoácidos e em polipeptídeos de cadeia longa com mais de 10 aminoácidos. Com a união dos aminoácidos, se formam as proteínas e dependendo da quantidade e da sua organização é determinada as propriedades fisiológicas e biológicas dos bioestimulantes. Através de reações enzimáticas através de processos de aminação e transaminação, as plantas sintetizam os aminoácidos. A aminação é feita por sais de amônio absorvidos do solo e ácidos orgânicos e a transaminação é a formação de novos aminoácidos a partir de alguns pré-existentes (SABORIO, 2002).

Para a produção do bioestimulante de proteínas hidrolisadas são utilizadas a hidrólise química, tanto a ácida como a alcalina, térmica e enzimática (COLLA et al., 2015; DU JARDIN, 2015; HALPERN et al., 2015). Os processos fisiológicos nas plantas são regulados por aminoácidos livres de cadeia curta, que podem atuar como agentes antiestresse, fonte de nitrogênio e precursores de hormônios, além de atuarem como aditivos com inseticidas e fungicidas e como agentes latentes (RAI, 2002; MAEDA; DUDAREVA, 2012).

A aplicação dos nutrientes em conjunto com os aminoácidos torna-se mais eficiente durante o processo de sua assimilação e incorporação nos tecidos vegetais da planta, em que nutrientes quelatos com aminoácidos formam moléculas eletricamente neutras e muito pequenas que aceleram sua absorção e transporte dentro da planta (ASHMEAD, 1986). A assimilação dos aminoácidos nas plantas é realizada através da sua incorporação ao metabolismo vegetal, como se fossem sintetizados pela planta sem haver gasto energético, o que melhora a nutrição das culturas, principalmente nas fases críticas de desenvolvimento da planta (JONES; KIELLAND, 2002; TEJADA et al, 2016).

Francesca et al. (2022) utilizaram bioestimulantes à base de proteínas hidrolizadas para identificar as respostas fisiológicas de dois tipos de fenótipo de tomate que mais se adaptam a situações de estresse abiótico. Puderam identificar que os aminoácidos livres auxiliam no crescimento das plantas tratadas e aumentou suas características fotossintéticas e fotoquímicas, supondo uma relação disso com a presença de glicina betaína e ácido aspártico na proteína hidrolizada. Por fim, o estudo demonstrou que a aplicação do bioestimulante diminuiu as respostas negativas pelo estresse, mostrando como esse tipo de bioestimulante pode ser utilizado para a proteção da cultura contra o meio ambiente.

Já Agliassa et al. (2021) foi capaz de ver pontos similares na cultura do pimentão (*Capsicum annum* L.), em que a aplicação de bioestimulante à base de proteínas hidrolizadas promoveu uma recuperação mais rápida das plantas tratadas após estresses abióticos, além de um crescimento acelerado. Ertani et al. (2013) utilizou um bioestimulante de proteínas hidrolizadas de alfafa em plantas de milho (*Zea mays* L.), também sofrendo algum tipo de estresse, sendo nesse caso salino. A utilização do bioestimulante promoveu a biomassa vegetal, mesmo sobre o estresse, provavelmente por conta da resposta do organismo às

moléculas presentes no bioestimulante que promoveram os sistemas antioxidante e de metabolismo de nitrogênio.

3.3. Substâncias Húmicas

As substâncias húmicas são componentes orgânicos quebrados formados pela decomposição de plantas e outros processos biológicos e podem ser encontradas em qualquer ambiente, seja terrestre ou aquático. Possuem várias utilidades devido a seus grupos funcionais e podem ser divididas em três tipos de acordo com sua solubilidade na água, sendo estes ácido fúlvico, ácido húmico e humina (MOTOJIMA et al., 2012). Mesmo sendo possível aplicar tais substâncias em operações agrícolas, os meios onde são encontrados, como lodo de esgoto por exemplo, podem ser extremamente tóxicos e contaminantes ao solo e água se aplicados diretamente, devendo então passar por tratamento para separação dos componentes e uma utilização correta das substâncias húmicas, assim também aumentando a valorização do tratamento de lodo de esgoto (MICHALSKA et al., 2022). A extração de substâncias húmicas normalmente é feita a partir de matérias-primas como carvão ou turfa, que são limitados e sua extração é extremamente regulamentada (CRISTINA et al., 2020). Tendo-se aberta a opção de utilizar lodo de esgoto, uma substância inevitável e poluente e que a retirada de substâncias húmicas é recomendada para o tratamento de águas residuais, se torna mais atraente a aplicação dessas substâncias em vários setores.

As substâncias húmicas são extraídas da vermicompostagem que é derivada da decomposição física, química e biológica de restos de alimentos, folhas secas, serragem e outras matérias orgânicas que, com o auxílio de minhocas, aceleram o processo de decomposição e humificação, resultando em um composto sólido (vermicomposto) e composto líquido (chorume) (AGUIAR et al., 2013). O vermicomposto é rico em nutrientes como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio que, quando adicionados no solo, estimulam o crescimento das plantas. Além disso, estes compostos melhoram as propriedades físicas do solo, bem como o uso da água, conferindo uma maior proteção da planta contra doenças pela supressão de microrganismos patogênicos e, ainda, aumentam a atividade e diversidade biológica (FRACCHIA et al., 2006; ALBIACH et al., 2001).

A Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS), propõe o fracionamento químico das substâncias húmicas, o qual leva às frações que o compõem: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas. Após o fracionamento químico, os ácidos fúlvicos e húmicos são as duas substâncias húmicas mais estudadas (BENITES et al., 2003). Os ácidos húmicos apresentam maior concentração de cálcio (C) e menos oxigênio (O) do que os ácidos fúlvicos, o que implica em uma maior polimerização do ácido húmico do que o ácido fúlvico, em que este contém mais agrupamento funcionais ácidos, por unidade de massa (SCHNITZER; KHAN, 1972). Esses efeitos das substâncias húmicas, principalmente da fração bioativa dos ácidos húmicos, têm despertado interesse das empresas e produtores rurais para uso no manejo de sistemas agrícolas (BALDOTTO, 2006). Yang & Li (2016) verificaram uma extração de 24% de substâncias húmicas de efluente termicamente tratado a partir do uso de cloreto férrico e sua aplicação em sementes de soja melhorou a absorção de nutrientes, reduzindo o tempo de germinação e aumentando o tamanho das raízes.

Silva et al., (2011) realizaram um trabalho de pesquisa sobre a promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas e tinha como objetivo avaliar a bioatividade das substâncias húmicas alcalino solúveis, ácidos húmicos e fúlvicos com matéria orgânica. Constataram que tanto os ácidos húmicos como as substâncias húmicas alcalinas solúveis foram eficazes em propiciar o surgimento de pelos radiculares das plantas recém-nascidas do tomateiro. Além disso, os ácidos húmicos demonstraram ter maior indução de raízes laterais na etapa incipiente do desenvolvimento do tomateiro com menor concentração.

Em outro estudo, Azcona et al. (2011) concluíram que a utilização de extratos húmicos líquidos derivados de lodo de esgoto em pimentas aumentou exponencialmente a altura, matéria seca e área foliar. Ademais, também acelerou o amadurecimento e florescimento de 12 a 14 dias antes do previsto. Isso mostra que a adição de substâncias húmicas à produção agrícola pode ser viável, desde que a sua extração e dosagem sejam adequadas para a cultura. E não somente plantas, mas também pode ser benéfica na alimentação animal: KHOLIF et al. (2021) identificaram que suplementação de humatos, que contém todos os tipos de substâncias húmicas, em doses de 40 g por dia às vacas lactantes aumentou a digestão de nutrientes, fermentação ruminal e produção

de leite. Algo em comum visto nos estudos foi que a adição de substâncias húmicas forneceu uma maior capacidade aos organismos de absorção de nutrientes, assim melhorando suas produções.

4. O uso agrícola de bioestimulantes

A agricultura é uma atividade que está sempre se moldando e buscando alternativas que promovam com eficiência e qualidade a produtividade das culturas, pois se justifica esses novos caminhos com as práticas agrícolas que estão se desenvolvendo cada vez mais devido às condições da cultura, genótipos e a engenharia inteligente presente em campo.

Os bioestimulantes são utilizados extensivamente na agricultura, como é mostrado em diversas pesquisas, para o crescimento do desenvolvimento vegetal. O aproveitamento de compostos biológicos com suplemento de organismos naturais apresenta uma evolução com o passar dos anos nas operações agrícolas. Produtos oriundos de forma natural, como por exemplo o extrato da biomassa de algas marinhas está sendo muito utilizado na agricultura como bioestimulantes, bem como na Europa vem sendo usado de forma assídua em produtos comerciais (MASNY et al., 2004).

Como sabemos, a maior parte da matéria orgânica e resíduos dos solos é integrada por substâncias húmicas, e conseqüentemente essas substâncias estão se mostrando com grande importância para a agricultura, pois exibem uma habilidade de fornecimento de nutrientes às culturas, operam na contenção de cátions, retêm a água, na aeração, confiscam compostos tóxicos e micronutrientes, além disso atuam na manutenção e aperfeiçoamento microbiano fazendo com que haja mais produtividade agrícola (ZANDONADI et al., 2014). Os resultados apurados nos últimos anos geram interesse em produtos à base de substâncias húmicas e na aplicação de culturas como o milho e a soja (SILVA et al., 2011).

Dessa forma, a Tabela 1 apresenta os efeitos do tratamento com bioestimulantes comerciais derivados de substâncias húmicas, extratos de alga e aminoácidos e proteínas hidrolisadas, relacionando-se os efeitos obtidos com as culturas e formas de aplicação do bioestimulante.

Tabela 1. Efeitos do tratamento de bioestimulantes em diferentes culturas.

Bioestimulante Comercial	Aplicação	Efeitos relatados	Cultura	Referência
Stimulate®	Foliar	Promoveu um aumento da produtividade em 37% em relação a testemunha	Soja	BERTOLIN et al. (2010)
	Embebição em Sementes	Aumento de produtividade e de massa seca em 25,1% e 35,8% respectivamente	Feijão	VIEIRA (2001)
Acadian®	Foliar	Aumento do peso, tamanho e firmeza dos frutos, além de maior rendimento	Uva	NORRIE et al. (2002)
Nobrico Super CoMo®	Embebição em sementes	Promoveu 11% de aumento da produtividade em relação à testemunha, além de maiores sementes por planta	Soja	HERMES (2015)
AZAL5	Diretamente no solo	Promoveu crescimento da planta e absorção de nutrientes	Canola	JANNIN et al. (2013)
	Embebição em sementes e foliar	Estimulou a germinação em 16-19%, e promoveu aumento do peso da	Milho	KULKARNI et al. (2019)

		parte aérea		
Seasol	Diretamente no solo	Aumento da resposta de crescimento das raízes	Morango	MATTNER et al. (2018)
Rygex	Foliar	Aumento do crescimento da planta e qualidade dos frutos	Tomate	DI STASIO et al. (2018)
Humifarm®	Foliar	Apresentou incrementos de produtividade (ganho de 8 sacas a mais por hectare) e superioridade nos percentuais de peneiras comparativamente ao tratamento controle	Café	SANDY et al. (2017)
Substância Húmica	Foliar	Aumento do tamanho das folhas	Alface	(MEIRELLES ; BALDOTTO; BALDOTTO, 2017)

De acordo com o encontrado na literatura, o uso de bioestimulantes na agricultura é promissor e ainda deve ser explorado, principalmente em relação à sua atuação na escala celular das plantas e solo. Os bioestimulantes já apresentam inúmeros benefícios, com destaque para o aumento do crescimento e peso das plantas, aumento da produtividade e aumento do crescimento das raízes. Ademais, são necessárias pesquisas que disponham de ferramentas

para contribuir com o entendimento da melhor aplicação dos bioestimulantes, como a melhor época de aplicação e método mais eficiente.

5. Referências

ABREU, G. F.; TALAMINI, V.; STADNIK, M. J. Bioprospecção de macroalgas marinhas e plantas aquáticas para o controle da antracnose do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 1, p 78-82, 2008.

AGLIASSA, C. *et al.* A new protein hydrolysate-based biostimulant applied by fertigation promotes relief from drought stress in *Capsicum annuum* L.. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 166, p. 1076-1086, 2021.

AGUIAR, N.O. *et al.* Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages. *Plant Soil* 362, p. 161–174, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1277-5>

ALBIACH, R. *et al.* Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years. *Bioresour. Technol.* v. 77, p. 109–114, 2001.

ASHMEAD, H. D. The absorption mechanism of amino acid chelates by plant cells. In: Ashmead, H. D. Foliar feeding of plants with amino acid chelates. **Noyes publications**, park ridge, NY. p. 219-235, 1986.

AZCONA, I. *et al.* Growth and development of pepper are affected by humic substances derived from composted sludge. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 174, n. 6, p. 916–924, 2011.

BALDOTTO, M. A. Propriedades redox e grupos funcionais de ácidos húmicos. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense “Darcy Ribeiro”, Campos dos Goytacazes, p. 100, 2006.

BATTACHARRYA, D. *et al.* 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.*1(196):39-48. Doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.012.

BENITES, V.M.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Comunicado Técnico 16, EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro. p. 7, 2003.

BERTOLIN, D. C. *et al.* Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, [S.L.], v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052010000200011>.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOPPER, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant Soil**. v. 1-2, n. 383, p. 3-41, 2014.

CARVALHO, M.E.A. Efeitos do extrato de *Ascopyllum nodosum* sobre o desenvolvimento e produção de cultivos. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado)-

Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2013.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Agropecuária, p. 132, 2001.

CAVALCANTE, W. S. et al. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **IRRIGA**, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020.

CAVANI, L. et al. Photosensitizing properties of protein hydrolysate-based fertilizers. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 24, p. 9160-9167, 2006.

COLLA, G. et al. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 96, 28–38. doi: 10.1016/j.scienta.2015.08.037.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, 2011.

CRISTINA, G. et al. Recovery of humic acids from anaerobic sewage sludge: Extraction, characterization and encapsulation in alginate beads. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, p. 277-285, 2020.

CROUCH, I. J., VAN-STADEN, J. 1994. Evidence for rooting factors in a seaweed concentrate prepared from *Ecklonia maxima*. *J. Plant Physiol.*3(137):319-322

Department of Economic and Social Affairs – Populations Dynamics (United Nations). World Population Prospects 2019. <https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/900>. Acesso em: 23 abr. 2022.

DI STASIO, E. et al. *Ascophyllum nodosum* based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. *J. Appl. Phycol.*, v. 30, p. 2675–2686, 2018.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, n. 1, p. 3-14, 2015.

ERTANI, A. et al. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. **Plant Soil**, v. 364, p. 145–158. 2013.

FERNANDES, Siloane do Valle Nogueira. **APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES DE BIOESTIMULANTE EM ARROZ INUNDADO**. 2019. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, I Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-Mg, 2019.

FRACCHIA, L.; DOHRMANN, A. B.; MARTINOTTI, M. G.; TEBBE, C. C. Bacterial diversity in a finished compost and vermicompost: differences revealed by cultivation independent analyses of PCR-amplified 16S rRNA genes. *Appl Microbiol Biotechnol.* 71:942–952. 2006. <https://doi.org/10.1007/s00253-005-0228-y>

FRANCESCA, S. *et al.* Phenotyping to dissect the biostimulant action of a protein hydrolysate in tomato plants under combined abiotic stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 179, p. 32-43, 2022.

GARCIA-GONZALEZ, J.; SOMMERFELD, M. Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n. 2, p. 1051–1061, 2016.

GOMEZ-ZAVAGLIA, A.; MEJUTO, J. C.; SIMAL-GANDARA, J. Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. **Food Research International**, v. 134, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109256>.

GOTTEMS, L. Mercado de bioestimulantes deve chegar a US\$ 3,29 bi em 2022. 2017. https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-de-bioestimulantes-deve-chegar-a-us--3-29-bi-em-2022_400842.html. Acesso em: 23 abr. 2022.

HALPERN, M., *et al.* The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. **Adv. Agron.** v. 130, p. 141–174. DOI: 10.3389/fpls.2017.00597, 2015.

HARMAN, G.E. *et al.* Trichoderma species- opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviewer**, 2: p.43-56, 2004.

HERMES, Estefani Cristiani Koner; NUNES, Joselito; NUNES, Joseli Viviane Ditzel Nunes. Influência do bioestimulante no enraizamento e produtividade da soja. *Cultivando o Saber*. **Anais**, v.8, 2015.

JANNIN, L. *et al.* 2013. *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms J. **Plant Growth Regul.** 1(32):31-52.

JANNIN, L. *et al.* *Brassica napus* Growth is Promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Seaweed Extract: Microarray Analysis and Physiological Characterization of N, C, and S Metabolisms. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 32, n. 1, p. 31–52, 2013.

JONES, D. L., KIELLAND, K. Soil amino acid turnover dominates the nitrogen flux in permafrost-dominated taiga forest soils. **Soil Biol. Biochem.** v. 2, n. 34, p. 209-219, 2002.

KHOLIF, A. E. *et al.* Humic substances in the diet of lactating cows enhanced feed utilization, altered ruminal fermentation, and improved milk yield and fatty acid profile. **Livestock Science**, v. 253, 2021.

KOCIRA, A.; KORNAS, R.; KOCIRA, S. Effect assessment of kelpak sl on the bean yield (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Central European Agriculture**, v. 14, n. 2, p. 67-76, 2013.

KULKARNI, M. G. *et al.* Bioactive molecules derived from smoke and seaweed *Ecklonia maxima* showing phytohormone-like activity in *Spinacia oleracea* L. *New Biotechnology*, v. 48, p. 83-89, 2019.

KUMAR, G.; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Applied Phycology*, v.23, n.2, p.251-255, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9660-9>.

LAUXEN, L. R.; VILLELA, F. A.; SOARES, R. C. Desempenho fisiológico de sementes de algodão tratadas com tiametoxam. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 61-68, 2010.

MACEDO, W. R.; CAMARGO & CASTRO, P.R. Biorreguladores, bioestimulantes e bioativadores na agricultura tropical. In: VISOTTO, L. E. et al. **Avanços tecnológicos aplicados à pesquisa na produção vegetal**. Universidade Federal de Viçosa, 2015.

MAEDA, H., DUDAREVA, N. The shikimate pathway and aromatic amino acids biosynthesis in plants. *Annu. Rev. Plant biol.* 2012. 1(63):73-105. Doi: 10.1146/annurev-arplant-042811-105439.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Austrália: Elsevier, p. 651, 2012.

MASNY, A.; BASAK, A.; ZURAWICZ, E. Effects of foliar application of KELPAK S. L. and GOEMAR B.M. Preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 12, p. 23-27, 2004.

MATTNER, S.W.; MILINKOVIC, M.; ARIOLO, T. Increased growth response of strawberry roots to a commercial extract from *Durvillaea potatorum* and *Ascophyllum nodosum*. *J Appl Phycol*, v. 30, p. 2943–2951, 2018.

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**, [S.L.], v. 64, n. 5, p. 553-556, out. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201764050014>.

MICHALSKA, J. *et al.* Characterization of humic substances recovered from the sewage sludge and validity of their removal from this waste. **EFB Bioeconomy Journal**, v. 2, 2022.

MOTOJIMA, H. *et al.* Amelioration effect of humic acid extracted from solubilized excess sludge on saline-alkali soil. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 14, n. 3, p. 169–180, 2012.

NORRIE, J.; BRANSON, T.; KEATHLEY, P. E. Marine plant extracts impact on grape yield and quality. *Acta Horticulturae*, v. 594, p. 315–319, 2002.

RAI, V. K. Role of amino acids in plant responses to stresses. *Biol. Plant.* 4(45):481-487. SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows user's guide. Release 9.4. SAS Institute, Cary, NC. 2002.

RAMOS, A. R. et al. Bioestimulante no condicionamento fisiológico e tratamento de sementes de feijão. **Revista Biociências**, v. 21, n. 1, p. 76-88, 2015.

ROUPHAEL, Y. et al. High-Throughput Plant Phenotyping for Developing Novel Biostimulants: from lab to field or from field to lab?. **Frontiers In Plant Science**, v. 9, 2018. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2018.01197>.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Editorial: biostimulants in agriculture. **Frontiers In Plant Science**, v. 11, 2020. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>.

SABORIO, F. Bioestimulantes en fertilización foliar. MELÉNDEZ, G.; MOLINA, E. **Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones**. Costa Rica: Asociación Costarricense de La Ciencia Del suelo, p. 107 - 124, 2002.

SANDY, E. C. et al. Avaliação da resposta e dose ideal do produto Triplus, a base de cobalto, molibidênio e níquel, na cultura do café arábica (*Coffea arabica* L.). SBI Café, Biblioteca do café. **Anais...** Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeiras, Poços de Caldas, v.47, 2017.

SCHNITZER, M.; KHAN, S.U. Humic substances in the environment New York, Marcel Dekker. p. 327, 1972.

SEIF, Y. I. A. et al. Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 61, n. 2, p. 187-199, 2016.

SHARMA, H. S. S. et al. Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, v. 26, n. 1, p. 465–490, 2014.

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**, Campinas, v. 35, n. 5, p. 1609-1617, 2011

SILVA, I. W. da. Avaliação de microrganismos promotores de crescimento no tratamento de sementes de soja (*Glycine max* L.). Trabalho de Conclusão de Curso. Ijuí: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul; 2016.

STADNIK, M. J.; MARASCHIN, M. Indução de resistência de plantas a fitopatógenos. In: STADNIK, M. J.; TALAMINI, V. **Manejo Ecológico de Doenças de Plantas**. Florianópolis: CCA/UFSC, v. 1, p. 293, 2004.

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

TEJADA, M. et al. Use of biofertilizers obtained from sewage sludges on maize yield. **Eur. J. Agron.**, v. 1, n. 78, p. 13-19, 2016.

UE (2019). Regulation of the european parliament and of the council laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2019:170:TOC>. Acesso em: 25 de abril de 2022.

UGARTE, R. A.; SHARP, G.; MOORE, B. Changes in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Plant morphology and biomass produced by cutter rake harvests in southern New Brunswick, Canada. **Journal of Applied Phycology**, v. 18, n. 3-5, p.351-359, 2006.<https://doi.org/10.1007/s10811-006-9044-8>VIEIRA

VIEIRA, E. L. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.). 2001. 140 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, 2001.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in Plant Science: a global perspective. **Frontiers In Plant Science**, v. 7, 2017. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>.

YANG, Y.; LI, H. Recovering humic substances from the dewatering effluent of thermally treated sludge and its performance as an organic fertilizer. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, v. 10, n. 3, p. 578–584, 2016.

ZANDONADI, D. B. *et al.* Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 1, p. 14-20, 2014.

ZANDONADI, D. B. Bioestimulantes e produção de hortaliças. 2016. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14218786/bioestimulantes-e-producao-de-hortalicas>. Acesso em: 23 abr. 2022.

Autores

Luan Martin Arejano*, Rafael Miritz Bartz, Thalia Strellov dos Santos, Guilherme Hirsch Ramos, Gizele Ingrid Gadotti, Maurizio Silveira Quadro

Universidade Federal de Pelotas, Rua Dona Mariana, 13 - Porto, 96010-450, Pelotas - RS, Brasil.

* Autor de correspondência: luanarejano@outlook.com